

**Masterarbeit**

# **VARIANTENMANAGEMENT DURCH MODULARE BAUKÄSTEN**

ausgeführt am



FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

Fachhochschul-Masterstudiengang

Innovationsmanagement

von

**Dipl.- Ing. (FH) René Pichlbauer**

1510318028

betreut und begutachtet von

DI Gerd Hribernig

begutachtet durch

FH-Prof. DI Dr. mont. Michael Terler

Graz, im November 2016

  
.....  
Unterschrift

## **EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



.....

Unterschrift

## **GLEICHHEITSGRUNDSATZ**

Um den Lesefluss nicht durch eine ständige Nennung beider Geschlechter zu stören, wird in dieser Arbeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Dies impliziert aber immer auch die weibliche Form.

## **DANKSAGUNG**

Zu Beginn möchte ich mich bei allen Personen bedanken, welche mich im Rahmen meines bisherigen Lebensweges unterstützt haben, um jene Ziele zu erreichen, die ich mir selbst gesetzt habe. So gilt mein Dank vor allem jenen, die mich in der stressigen Zeit meines Studiums begleitet und mich stets unterstützt haben. Aufgrund des berufsbegleitenden Charakters des Studiums stellte dies eine starke Doppelauslastung meiner Person dar. Darüber hinaus sind meinerseits Personen zu nennen, mit denen ich gemeinsame Wege beschritten habe und welche mich stark geprägt haben.

Mein erster, direkt adressierter Dank gilt meinem unternehmensinternen Betreuer Thomas Linortner für die interessante Aufgabenstellung im Bereich des Variantenmanagements. Die offene Themenstellung sowie der Handlungsspielraum in der Umsetzung waren grundlegend für die Bearbeitung der Probleme und Herausforderungen. Ich schätze die stetige Möglichkeit zu kurzfristigen Feedbacks sehr. Neben Thomas möchte ich mich bei allen Workshop-Teilnehmern zum einen für ihre Zeit, zum anderen für die aktive Mitarbeit und Offenheit gegenüber den angewandten Methoden bedanken.

Des Weiteren danke ich Hrn. DI Gerd Hribernic für die Betreuung im Rahmen der Erstellung der Masterarbeit. Vielen Dank für Ihr Verständnis für die berufliche Auslastung und ebenfalls offene Handhabung der Abarbeitung sowie die rasche Reaktion auf Anfragen meinerseits.

Nicht zu vergessen sind alle Freunde zu erwähnen, die diesen Weg mit mir gemeinsam beschritten. Ich weiß, dass aufgrund meiner Auslastung gemeinsame Treffen leider seltener wurden. Zeit ist das wichtigste Gut, welches man besitzen kann – aus diesem Grunde danke ich euch für jede gemeinsame Minute, da ich daraus immer die notwendige Energie und Motivation für die weiteren Herausforderungen generieren konnte. Ich bin euch überaus dankbar und freue mich wieder auf intensivere Zeiten.

Ebenso bin ich meiner gesamten Familie zu Dank verpflichtet. Neben dem Verständnis für meine gesteckten Ziele, fehlende Zeit und die Unterstützung danke ich euch besonders für die Vorbereitung auf mein Leben. Ehrgeiz, Ausdauer und ebenso Geduld sind zählen unter anderem zu den besten Eigenschaften, welche ich durch euch in meiner Jugend erlernen und verinnerlichen konnte.

Darüber hinaus danke ich einer Person, welche mich sehr stark in meinem Berufsleben geprägt hat. Aus diesem Grund bedanke ich mich bei meinem ersten Vorgesetzten Thomas Eidenböck. In der Zeit unserer gemeinsamen Zusammenarbeit hast du mich gefördert in meinen Fähigkeiten, ermutigt Neues auszuprobieren, und bist auch bei ‚verrückt scheinenden Ideen‘ hinter mir gestanden. In besonderem Maße weiß ich den Zuspruch deinerseits zum Verwirklichen meiner Träume und Ziele zu schätzen. Dein Umgang mit den Mitarbeitern und Kollegen im Unternehmen hat sich bei mir im positiven Sinne eingepreßt.

Zu guter Letzt widme ich mich der wichtigsten Person in meinem Leben. Mein größter Dank gilt meiner Lebenspartnerin Erna. In der Zeit meines Studiums hast du alle Höhen und Tiefen mit mir durchlebt. Alle Entbehrungen, welche zur Erreichung meiner Ziele erforderlich waren, hast du hingenommen und mich in allen Ecken und Enden unterstützt und gefördert. In diesem Sinne gilt dieser Erfolg in gleichem Maße als dein Eigener, da ohne dich dies kaum möglich gewesen wäre. Ich liebe dich und blicke zum Zeitpunkt des Verfassens unserer gemeinsamen Zukunft entgegen.

## **KURZFASSUNG**

Die stetig steigende Variantenvielfalt in der Automobilindustrie ist eine der Kernherausforderungen der heutigen Zeit für die beteiligten Unternehmen. Sowohl Automobilhersteller selbst, als auch Zulieferbetriebe müssen sich in Zukunft dieser Thematik stellen. Die Verwendung von Komplexitäts- und Variantenmanagement entwickelt zu einem der wichtigsten Erfolgsfaktoren für Tier-1-Zulieferbetriebe und Automobilhersteller. Mit der Verwendung von modularen Baukastenstrukturen geht eine tiefgreifende Veränderung in der Automobilindustrie einher. Gesamtprodukte werden vermehrt in Module unterteilt. Die Module werden über eine breite Anzahl von Produkten wiederverwendet. So ist es möglich, mit wenigen standardisierten Modulen durch geschickte Kombination eine Vielfalt an Produkten zu generieren. Mit der Integration derartiger Strategien geht eine Anpassung von bestehenden Unternehmensprozessen einher. Besonders Prozesse im Bereich der Produktentwicklung müssen sich dieser Herausforderung stellen.

Mithilfe weitreichender Literaturrecherche wurde ein Vorgehensmodell zur Entwicklung modularer Baukästen entwickelt, welches Methoden aus den Bereichen des Marketings, des industriellen Managements, des Variantenmanagements sowie des Innovationsmanagement kombiniert. Der Fokus des Modells liegt auf der Phase vor dem Entwicklungsbeginn von Modulen und Produkten. Die Durchführung einer Anforderungsanalyse der Zielprodukte ermöglicht die Auswertung der Daten mithilfe einer Faktoren- und Clusteranalyse. Die Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine zielgerichtete Variantenbildung und Unterteilung modularer Baukästen. Durch den Einsatz von Workshop-Techniken werden die Ergebnisse in Expertenrunden validiert.

Die Magna Powertrain GmbH & Co KG stellt einen der größten Tier-1-Zulieferbetrieb im Automotive-Bereich für Allradantriebssysteme dar. In Kooperation mit dem Unternehmen wurde das Vorgehensmodell angewandt, um die Erstellung von modulare Baukastenstrukturen für die Produktkategorie ‚Verteilergetriebe‘ durchzuführen. Durch die Durchführung im Unternehmen stellte sich heraus, dass zwei Hauptvarianten der Verteilergetriebe in Zukunft notwendig sind, um sich den neuen Herausforderungen am Markt zu stellen: Einerseits ist eine sportliche Ausprägungsvariante notwendig, um sportliche Limousinen- und SUV Applikationen zu bedienen. Andererseits besteht die Erfordernis nach einer geländetauglichen Variante für große SUVs, Pick-Up-Trucks und Offroad-Fahrzeuge, für welche die Off-Roadtauglichkeit ein relevantes Merkmal widerspiegelt. Entsprechende Module im Rahmen der Baukastenstrukturen sind notwendig, um zum einen die notwendige Flexibilität in der Funktionalität zu gewährleisten. Darüber hinaus ist die Erhaltung einer Anpassungsfähigkeit bei entsprechenden Schnittstellen vorzusehen, um die Integration in entsprechende Kundenfahrzeugapplikationen sicherzustellen. Die Kernfähigkeit für Unternehmen in der Automobilindustrie stellt das Erkennen von mehr oder weniger versteckten Kundenwünschen dar, um sich am Markt zielgerichtet zu positionieren und einen Mehrwert und Unterscheidungsfähigkeit der eigenen Produkte zur Konkurrenz zu generieren.

## **ABSTRACT**

The automotive industry is a highly dynamic sector. In order to a significant increase of the complexity and variety of automobiles, the industry is facing a huge challenge in the near future. The ability of managing complexity and variants will be a key success factor for Tier-1 suppliers and OEMs. Additionally, the strategy of using modular toolkits represents a new development within the industry. Products are split into modules which are interchangeable to achieve a high variety with a few standard modules. A change of existing, inflexible product structures to a product structure which is using modular toolkits creates a big need for change in the processes within a company. Especially the development processes have a necessity to handle the upcoming challenges.

Based on the literature research a process model for developing modular toolkits has been created which combines methods from marketing, industrial management, variant management and innovation management. The main focus in the model is within the preface of development: The extraction of critical product attributes out of different sources is the starting point of the analysis. By performing requirement research for the products, factor analysis and cluster analysis a baseline is created for clustering the modular toolkit into relevant variants for future applications. The validation of the model is done by workshops.

In cooperation with Magna Powertrain, who is one of the biggest Tier-1 supplier for all-wheel drive systems globally, the process model is used to prepare a development of modular toolkits for transfer case applications. The results show two major variants for the products: one sporty design of standardized transfer cases and one off-road capable design create a new clustering of future products. Nevertheless, a flexibility to customer interfaces is necessary to ensure an easy adaption for different customers. Moreover, the understanding of the customers more or less hidden needs is essential to development modular toolkits which contains a high market acceptance and a competitive advantage in a dynamic market.

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	1
1.1	Aufgabenstellung .....	1
1.2	Untersuchungsdesign der Arbeit .....	2
2	Innovationsmanagement und Variantenmanagement .....	4
2.1	Was ist eine Innovation?.....	4
2.2	Arten der Innovation .....	5
2.2.1	Produktinnovationen .....	5
2.2.2	Prozessinnovation .....	6
2.2.3	Organisatorische Innovation .....	6
2.2.4	Marketinginnovation.....	7
2.2.5	Geschäftsmodellinnovation.....	7
2.3	Zusammenhang von Innovation und Variantenmanagement .....	7
3	Variantenmanagement in der Entwicklung.....	10
3.1	Modularität in der Produktwelt .....	10
3.1.1	Was ist Modularität .....	10
3.1.2	Arten von Variantenhandling .....	11
3.1.3	Vor- und Nachteile von Modularisierung.....	14
3.2	Entwicklung von Produkten auf Basis modularer Baukästen .....	17
3.2.1	Vorgehensweise zur Entwicklung von modularisierten Produktstrukturen in der Literatur ...	18
3.2.2	Kernelemente der bekannten Vorgehensweisen .....	21
3.3	Methoden zur Marktsegmentierung .....	22
3.3.1	Geographische Segmentierung .....	23
3.3.2	Soziodemographische Segmentierung .....	24
3.3.3	Psychographische Segmentierung .....	24
3.3.4	Verhaltensorientierte Segmentierung .....	25
3.3.5	Lifestyle-Typologien .....	26
3.3.6	Nutzenbasierte Segmentierung .....	28
3.4	Ermitteln von Marktsegmenten .....	28
3.4.1	Faktorenanalyse .....	29
3.4.2	Clusteranalyse .....	31
3.4.3	Multidimensionale Skalierung .....	32
3.4.4	Conjoint-Analyse.....	32
3.5	Methoden zur Variantenstrukturierung .....	33
3.5.1	Strukturierung anhand Stücklisten .....	33
3.5.2	Merkmals-Ausprägungs- und Kombinationsmatrix .....	34
3.5.3	Variantenbaum vs. Merkmalbaum .....	35
4	Variantenmanagement in der Implementierung .....	37
4.1	Ablauf von Entwicklungsprozessen in der Automobilindustrie.....	37
4.1.1	Allgemeine Darstellung von Vorgehensmodellen in der Entwicklung.....	37

4.1.2	Das V-Modell als Entwicklungsvorgehensweise.....	39
4.1.3	Vorgehensmodell in Anlehnung an die Entwicklung bei OEMs .....	40
4.1.4	Auswirkungen auf bestehende Entwicklungsprozesse .....	41
4.2	Erforderliche Eingriffe in die Organisationsstrukturen .....	42
4.2.1	Organisatorische Anpassung bei den Automobilherstellern .....	42
4.2.2	Neue Positionierung der Lieferanten im Zuge modularer Produktstrukturen.....	43
4.3	Auswirkungen auf die Unternehmensbereiche .....	44
4.3.1	Entwicklung.....	44
4.3.2	Produktion und Montage.....	44
4.3.3	Beschaffung .....	45
5	Road-Map zur Entwicklung und Implementierung von modularen Baukästen.....	46
5.1	Vorgehensmodell für die Entwicklung von modularen Baukästen .....	46
5.1.1	Situationsanalyse.....	47
5.1.2	Marktanalyse.....	50
5.1.3	Moduldefinition.....	51
5.1.4	Konzept- und Serienentwicklung der Module .....	52
5.1.5	Komponenten- und Modultesting.....	53
5.2	Adaption der Prozesse und Strukturen im Unternehmen .....	53
5.2.1	Sequenzielle Integration in den Entwicklungsprozess .....	53
5.2.2	Lead-Project-Approach.....	55
5.2.3	Indexed-Integration-Approach .....	57
5.2.4	Welches Vorgehen für mein Unternehmen?.....	59
6	Abweichungen von definierten Baukästen .....	60
6.1	Ursachen und Auswirkungen von Abweichungen .....	60
6.2	Umgang mit dem Risiko der Abweichung.....	61
7	Anwendung der Road-Map an einem Tier-1-Zulieferer.....	63
7.1	Phase 1: Situationsanalyse .....	64
7.1.1	Produktdefinition und strategische Ausrichtung.....	64
7.1.2	Umfeldanalyse und Wettbewerbseinschätzung .....	66
7.1.3	Einteilung der Produkte in Modulgruppen.....	70
7.1.4	Kritische Produktattribute des Verteilergetriebes.....	72
7.2	Phase 2: Marktanalyse .....	74
7.2.1	Datenerhebung aus Kundendaten .....	74
7.2.2	Faktorenanalyse .....	76
7.2.3	Clusteranalyse .....	83
7.3	Phase 3: Moduldefinition .....	92
7.3.1	Moduleinteilung und Variantenerstellung.....	93
7.3.2	Festlegung der Anforderungen für Modulgruppen und Standardbauteile.....	95
7.3.3	Varianten der standardisierten Verteilergetriebearchitektur .....	97
8	Integrationszeitpunkt der modularen Baukästen in die Entwicklungsstrategie .....	102
8.1	Analyse der Integrationszeitpunkte.....	102
8.1.1	„Sequential-Integration-Approach“ .....	102

8.1.2	„Lead-Project-Approach“ .....	104
8.1.3	„Indexed-Integration-Approach“ .....	105
8.2	Potentielle Adaptionen im Unternehmen .....	107
9	Schlussfolgerungen.....	108
9.1	Besonderheiten der Baukastenentwicklung für einen Tier-1 .....	111
9.2	Handlungsempfehlung.....	111
10	Resümee .....	113

# 1 EINLEITUNG

*„Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black“<sup>1</sup>*

Dieses Zitat von Henry Ford spiegelt den Beginn der Ära der Massenfertigung von Automobilen für jedermann wider. Seit diesen Anfängen hat sich in der Automobilindustrie viel verändert. Die Zeiten sind dynamischer, die Kunden anspruchsvoller und der Wettbewerb durch eine Vielzahl von Automobilherstellern härter geworden. Der heutige Markt fordert Individualisierungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Ausprägungen – Wagenfarbe, Sonderausstattung, Bereifung, Motor-Fahrzeugkombinationen, etc. – und die Hersteller erwidern diese.

Daraus entwickelt sich in den letzten Jahren eine unglaubliche Variantenvielfalt, was auch auf den Straßen beobachtet werden kann. Die Automobilindustrie sieht einer zunehmenden Vielfalt ihrer Produkte entgegen. Für einen Fahrzeugtyp bieten Hersteller eine Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten an, mit welchen sich der Endkunde sein gewünschtes Fahrzeug individuell gestalten kann. Nicht nur offensichtliche Merkmale, wie Lackfarbe und Innenausstattung, sind betroffen. In den vergangenen Jahren ist die Anzahl der Motor-Fahrzeugkombinationen nicht zuletzt wegen der Einführung neuer Fahrzeugklassen und -segmente stark gestiegen (z.B. SUV, Crossover-SUV, Kompakt-SUV, Grand Coupé, ...).

Um die notwendige Erweiterung der Produktpalette wirtschaftlich erfolgreich umsetzen zu können, setzen die Automobilhersteller zunehmend auf Plattformstrategie und Modulkastenbauweise ihrer Fahrzeuge. Beginnend mit der Verwendung von Gleichteilen über einheitliche Fertigungsprozesse bis hin zu einer modularen Bauweise erstrecken sich die unterschiedlichen Möglichkeiten für das Variantenmanagement.

Dieser Eingriff in die Produktstrategie der Unternehmen zieht neben Vorteilen wie der Kostenreduktion bei Entwicklung, Stückkosten und der Überschaubarkeit der Variantenvielfalt ebenso Nachteile wie Verwechslungsgefahr in Produktionslinien sowie den möglichen Verlust von Alleinstellungsmerkmalen einzelner Produkte aufgrund fehlender Produktdifferenzierung nach sich.

## 1.1 Aufgabenstellung

Neben Automobilherstellern wie beispielsweise BMW<sup>2</sup> oder Volkswagen<sup>3</sup> versuchen auch Tier-1-Automobilzulieferer die steigende Komplexität mithilfe von Plattformen und Baukästen zu managen. Fahrzeughersteller versehen ihre Produkte mit markentypischen Attributen. Dazu gehören unter anderem ein sportliches Fahrverhalten, eine herausragende Geländetauglichkeit oder ein hohes Maß an Komfort.

---

<sup>1</sup> Ford (2007), S. 72.

<sup>2</sup> Vgl. BMW Group (2014), Onlinequelle [06.03.2016].

<sup>3</sup> Vgl. Volkswagen AG (2012), Onlinequelle [06.03.16].

Diese Merkmale können auf Basis von Baukästen der OEMs in ähnlichem Maße für die Großzahl ihrer Produkte abgedeckt werden.

Demgegenüber muss ein Zulieferer von Modulen wie beispielsweise Automatikgetriebe mit einem Produktbaukasten eine Vielzahl von unterschiedlichsten Kundenanforderungen abdecken können. Um dies sicherzustellen, sind die Produkte in gewissen Merkmalen skalierbar zu gestalten (z.B.: Übersetzungsverhältnisse der Gänge im Automatikgetriebe, Drehmomentanforderungen).

Diese Arbeit betrachtet die modularen Baukästen aus unterschiedlichen Perspektiven. Einführend werden daher verschiedene Begriffsdefinitionen aus der Literatur diskutiert und klare Abgrenzungen festgelegt. Zielsetzung ist es zunächst, die Vor- und Nachteile von modularen Baukastensystemen zu ermitteln. Als ein Risiko solcher Strategien werden potentielle Abweichungen von fertigen entwickelten Baukästen erwartet. Weiterführend wird hierzu untersucht, welche Gefahren und Auswirkungen daraus resultieren können.

Neben den grundlegenden Betrachtungen werden in der hier vorliegenden Arbeit auch Methoden zur Definition von modularen Baukästen ermittelt und anschließend im empirischen Teil an einer Unternehmung angewendet. Bei der Unternehmung handelt es sich um die Magna Powertrain GmbH und Co. KG, einem der größten Automobilzulieferbetriebe (Tier-1). Für ausgewählte Antriebsstrangkomponenten werden marktkritische Attribute analysiert und definiert, um die Entwicklung von modularen Baukästen in diesem Unternehmen zu ermöglichen.

## 1.2 Untersuchungsdesign der Arbeit

Die Arbeit unterteilt sich in zwei große Blöcke: Zuerst werden theoretische Grundlagen und Definitionen in Bezug auf modulare Baukastenstrukturen vorgenommen, sowie entsprechende Methodenwerkzeuge für die weitere Verwendung im Vorgehensmodell erläutert. Abschließendes Ergebnis der theoretischen Betrachtung stellt ein Vorgehensmodell dar, welches die Festlegung und Unterteilung von Produkten in modulare Baukastenelemente ermöglichen soll. Im Zuge des theoretischen Teiles werden folgende Forschungsfragen erörtert und in den entsprechenden Bereichen beantwortet:

Zuerst soll ermittelt werden, welches Potential und welches Risiko mit der Verwendung von Baukastenstrukturen verbunden ist.

- Welche Vor- und Nachteile bzw. Chancen und Risiken sind für die Unternehmen aus der Baukastenstrategie zu erwarten?

Eine weitere Kernfrage lautet wie folgt: Wie muss ein Baukastenmodul definiert werden um nachhaltig den Erfolg der Baukastenstrategie in einer Unternehmung zu sichern? Diese Frage unterteilt sich in die folgenden Unterpunkte:

- Wie ist es möglich, kritische Merkmale für zukünftige Baukastenentwicklungen festzulegen?
- Wie können einzelne Module und Komponenten in Varianten gegliedert werden und wie können diese gemanagt werden?
- Welche Auswirkungen sind aufgrund von Abweichungen der definierten Baukästen zu erwarten?
- Wie kann dieser Problematik bereits in der Entwicklung der Baukästen vorgebeugt werden?

Der zweite Teil der Arbeit befasst sich mit der Validierung des Vorgehensmodells. Anhand der Anwendung des Modells an einem Tier-1-Zulieferbetrieb im Automobilsektor wird die Relevanz der einzelnen Methoden und Schritte untersucht. Im Zuge des zweiten Teilbereiches werden folgende Forschungsfragen diskutiert: Sind für den Tier-1-Zulieferer markante Unterschiede zu einem OEM in der Festlegung kritischer Attribute zu erwarten?

- Welche zukünftigen Anforderungen an Antriebsstrangkomponenten werden von Automobilherstellern an Tier-1-Zulieferer gestellt?
- Welche marktkritischen Merkmale sind für diese Komponenten zu definieren?
- Welche Skalierbarkeit und Variabilität der definierten Baukästen ist vorzusehen, um zukünftigen Herausforderungen des Automobilmarkts gewachsen zu sein?
- Wie beeinflusst die Implementierung einer Baukastenstrategie bestehende Prozesse einer Unternehmung?
- Welche Barrieren gibt es für Tier-1-Zulieferer, welche für OEMs der Automobilindustrie nicht existieren?

Die graphische Strukturierung dieser Masterarbeit wird in Abb. 1 in Form eines Bezugsrahmens dargestellt. In diesem sind auch die logischen Abfolgen und Verknüpfungen der Inhalte erkenntlich.

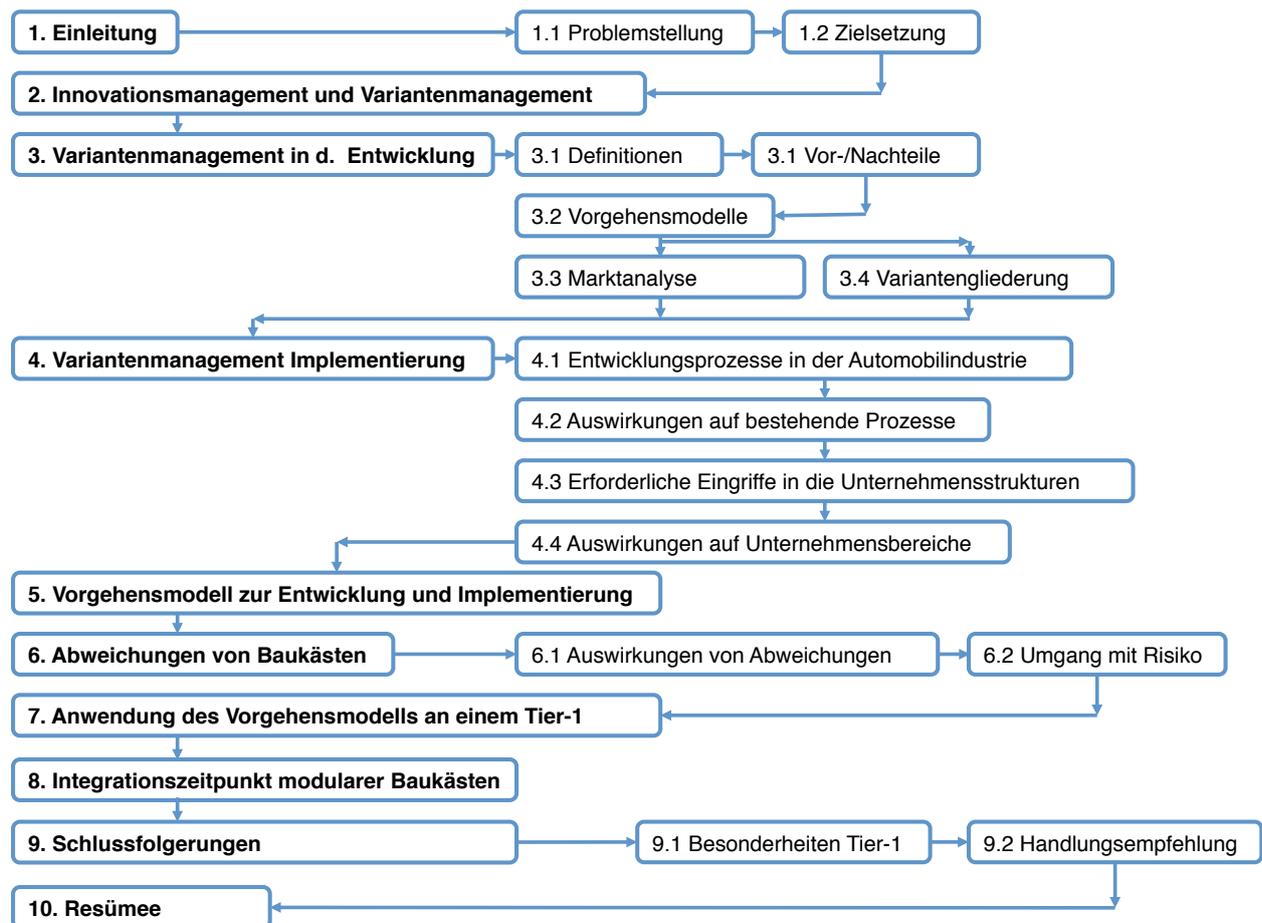


Abb. 1: Aufbau der Arbeit, Quelle: Eigene Darstellung.

## 2 INNOVATIONSMANAGEMENT UND VARIANTENMANAGEMENT

*„An innovation, to be effective, has to be simple and it has to be focused. It should do only one thing, otherwise, it confuses. If it is not simple, it won't work. Everything new runs into trouble; if complicated, it cannot be repaired or fixed. All effective innovations are breathtakingly simple.“<sup>4</sup>*

Um die Motivation hinter der Arbeit zu verstehen, muss grundsätzlich der Zusammenhang zwischen modularen Baukästen und Innovationsmanagement geklärt werden. Eine Diskussion über Variantenmanagement in modularen Baukästen kann von verschiedenen Wissenschaften (Maschinenbau, Betriebswirtschaftslehre, etc.) mit einem Schwerpunkt auf technologische Unternehmen geführt werden. Allerdings ermöglicht das spezifische Vorstudium des Innovationsmanagements eine differenzierte Betrachtungsweise dieser Thematik. Es wird in weiterer Folge die Betrachtung der Gesamtheit verfolgt. Die Arbeit setzt ein technisches Grundverständnis im Bereich der Automobilindustrie voraus, da technische Produkte, Merkmale und Schnittstellen beschrieben werden. Der Fokus liegt allerdings auf den Prozessen im Umgang mit Variantenmanagement innerhalb von bestehenden Unternehmungen. Die notwendige Beherrschung von Disziplinen der Technik, der Betriebswirtschaftslehre und des Innovationsmanagements spiegelt sowohl die Grundsätzen als auch den Umfang des Studiums Innovationsmanagement wider. Neben modularen Baukästen, welche sich mithilfe von technischen Innovationen Produktinnovationen fördern und darstellen, stellt das Variantenmanagement durch modulare Baukästen Prozessinnovationen innerhalb der Unternehmungen dar.

Zuvor muss allerdings einerseits geklärt werden, was eine Innovation ist. Andererseits muss jedoch auch die Frage nach den Begriffen Prozess- und Produktinnovation erörtert werden. In weiterer Folge wird der Innovationsbegriff erläutert und die möglichen Arten von Innovationen beschrieben. Abschließend findet sich eine detaillierte Darstellung des Zusammenhangs zwischen Innovation und modularen Baukästen wieder.

### 2.1 Was ist eine Innovation?

Der Begriff Innovation beschreibt eine Neuartigkeit, wobei zwischen subjektiver und objektiver Innovation unterschieden werden kann. Die objektive Innovation stellt im weitläufigen Begriff eine Weltneuheit dar.<sup>5</sup> Ein Unternehmen verwendet die neuartige Idee zum ersten Mal und ist somit Vorreiter. Eine subjektive Neuartigkeit beschreibt eine Neuheit für eine Unternehmung oder eine Organisation. Diese hat nicht den Anspruch, weltweit zu allererst Anwendung zu finden. Ein wesentliches Merkmal von Innovation ist die resultierende wirtschaftliche Nutzung einer Erfindung.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> Drucker (1985), S. 135.

<sup>5</sup> Vgl. Corsten/Meier (1983), S. 251, zitiert nach: Vahs/Brem (2015), S. 22.

<sup>6</sup> Vgl. Vahs/Brem (2015), S. 20-22.

Eine Invention kann im weitesten Sinne als Vorstufe zur Innovation bezeichnet werden. Sie ist eine Erfindung, welche bisher neuartige Problemlösungen bietet. Im Gegensatz zur Innovation ist es bei der Invention nicht ausschlaggebend, ob diese wirtschaftlich erfolgreich genutzt werden kann oder nicht.<sup>7</sup>

## 2.2 Arten der Innovation

Unterschiedliche Merkmale einer Innovation helfen, diese zu kategorisieren. Sie lassen sich in den Gegenstandsbereich, die Auslöser, den Neuheitsgrad oder auch nach dem Veränderungsumfang einteilen. Diese befasst sich mit der Frage, worauf sich Innovationen beziehen. Folglich können diese in Produkt-, Prozessinnovationen, soziale Innovationen, organisatorische Innovationen, Marketing- und Geschäftsmodellinnovationen unterteilt werden.<sup>8</sup>

### 2.2.1 Produktinnovationen

Der Begriff des Produktes unterteilt sich in materielle Produkte und immaterielle Produkte (Dienstleistungen). Er meint sowohl Güter in jeglicher Erscheinungsform als auch Dienstleistungen sowie auch Wissen und Information, welche durch die Kombination von Produktionsfaktoren innerhalb eines Unternehmens erstellt werden. Zur Leistungserstellung sind zumeist mehrere Tätigkeiten notwendig, welche in einer Abfolge von betrieblichen Prozessen abgearbeitet werden.<sup>9</sup>

Ein Produkt kann unabhängig von seiner Erscheinungsform in ein Produktinneres und ein Produktäußeres eingeteilt werden. Das Produktinnere trägt die Funktionalität des Produktes selbst in sich. Die Gestaltung des Produktes liegt dem Produktäußeren inne. Über die Erscheinungsform hinweg kann es einen oder mehrere Zusatznutzen bieten.<sup>10</sup>

Die Definition eines Produktes im erweiterten Sinne umfasst das Produkt selbst sowie zugehörige Dienstleistungen und Serviceangebote. Wichtig ist hierbei, dass die Kunden dies als Gesamtpaket verstehen. Im umfassenden Sinn eines Produktes wird das Ansehen der verkaufenden Unternehmung hinzugefügt. Somit umfasst das Produkt darüber hinaus die Stellung der Marke selbst.<sup>11</sup>

In der Automobilindustrie ist dieses Vorgehen anhand der Markenaufładbarkeit von Komponenten erkennbar. So setzen Hersteller auf gewisse Komponenten und Charakteristika von Automobilen Akzente. Am Beispiel von BMW ist erkennbar, dass der Fokus bei den Fahrzeugen dem Leitspruch ‚Freude am Fahren‘ folgt. Alle Komponenten, welche für die Fahrdynamik relevant sind (Motor, Getriebe, Lenkung, Fahrwerk), werden gezielt mit markentypischen sportlichen Attributen ausgestattet. Diese werden auch verstärkt für das Marketing genutzt. Demgegenüber sind Sicherheitssysteme zwar vorhanden, werden allerdings nur im Hintergrund behandelt. Die Gestaltung des Produktäußeren ist dementsprechend markant und sportlich gestaltet. Der Automobilhersteller Volvo setzt wiederum auf

---

<sup>7</sup> Vgl. Voigt (2008), S. 369.

<sup>8</sup> Vgl. Vahs/Brem (2015), S. 52.

<sup>9</sup> Vgl. DIN 1325-1 (1996), S. 3, zitiert nach: Müller (2013), S. 10.

<sup>10</sup> Vgl. Müller (2013), S. 14-15.

<sup>11</sup> Vgl. Schönsleben (1998), S. 4-6.

sein Image des sicheren Automobils und legt die Sportlichkeit klar in den Hintergrund. Die Formgebung der Fahrzeuge ist weitaus dezenter gestaltet.<sup>12</sup>

Um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen sicherzustellen, ist eine stetige Weiterentwicklung der Produkte erforderlich. Mithilfe der Produktinnovationen ist es möglich, neuartige Produkte am Markt anzubieten und so die Unternehmensposition am Markt sicherzustellen. Produkte, welche neue Bedürfnisse, die vorher unbekannt waren, bei den Konsumenten wecken, können die unternehmenseigene Marktsituation nachhaltig positiv verändern.<sup>13</sup>

### 2.2.2 Prozessinnovation

Die Leistungserstellung innerhalb von Unternehmen besteht aus der Kombination von einzelnen Tätigkeiten. Diese Verknüpfung von Tätigkeiten wird im Allgemeinen als Prozess beschrieben. Prozesse können darüber hinaus in materielle und informationelle (z.B.: Datenaustausch) Prozesse unterschieden werden.<sup>14</sup> Die Einzelschritte sind logisch verknüpft und in einer zeitlichen Reihenfolge voneinander abhängig. Jede Einzeltätigkeit trägt einen Beitrag zum Endprodukt bei. Das Ausgangsprodukt eines Einzelschrittes ist das Eingangsprodukt für den nachfolgenden Bearbeitungsschritt.<sup>15</sup>

Prozessinnovationen haben das Ziel, die Abläufe in den Unternehmen effizienter zu gestalten. Neben Kosteneinsparungen sind Themen wie Qualitätserhöhung oder auch die Steigerung der Sicherheit im Vergleich zu bestehenden Prozessen.<sup>16</sup>

Ferner ist erkennbar, dass Produkt- und Prozessinnovation stark miteinander verknüpft sind und wechselseitige Auswirkungen aufeinander haben. Durch die Änderung der Produktstruktur, wie beispielsweise durch Standardisierung der Produktpalette, ist es erforderlich, die unternehmensseitigen Prozesse in allen Ebenen zu adaptieren. So muss sich in den Bereichen der Produktentwicklung und der Produkterstellung ein dementsprechender Wandel vollziehen, um die Strategie nachhaltig erfolgreich im Unternehmen zu implementieren.<sup>17</sup>

### 2.2.3 Organisatorische Innovation

Organisatorische Innovation wird in der Literatur ebenso als strukturelle Innovation bezeichnet. Prozess- und Produktinnovationen können im Extremum Auswirkungen auf die gesamte Unternehmung haben. Sind die Neuerungen derart schwerwiegend, dass sie mit der bestehenden Organisation nicht mehr bearbeitbar sind, so zieht dies eine Reorganisation nach sich. Differenziert werden Ziele im Zuge der organisatorischen Innovation in harte (direkt messbar) und weiche Komponenten bzw. Ziele (beispielsweise die Mitarbeiterzufriedenheit).<sup>18</sup>

---

<sup>12</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 117-119.

<sup>13</sup> Vgl. Pleschak/Sabisch (1996), S. 14 f.; Trommsdorff/Schneider (1990), S. 4., zitiert nach: Vahs/Brem (2015), S. 54.

<sup>14</sup> Vgl. Perl (2007), S. 39.

<sup>15</sup> Vgl. Voigt (2008), S. 23-24.

<sup>16</sup> Hauschildt (2005), S. 26.

<sup>17</sup> Vgl. Franken/Franken (2011), S. 199.

<sup>18</sup> Vgl. Vahs/Brem (2015), S. 60 f.

## 2.2.4 Marketinginnovation

Die Disziplin des Marketings selbst ist als äußerst umfangreiches Aufgabengebiet zu verstehen. Beginnend mit den klassischen Instrumenten der Marktforschung war es zunächst wichtig, die vorhandenen Bedürfnisse der Konsumenten zu verstehen, damit in weiterer Folge Unternehmen diese Informationen für die Entwicklung der Produkte heranziehen können. Die Untergliederung der Märkte in entsprechende Marktsegmente sowie die Bearbeitung der Märkte mit Vermarktungsmethoden sind ebenso im Aufgabengebiet des Marketings angesiedelt.<sup>19</sup>

Angefangen von der Werbemethoden über den Umgang mit Marken bis hin zu Preisgestaltungen können Neuerungen im Sinne von Marketinginnovationen durchgeführt werden. Die Verwendung von solchen Methoden zählt hierzu, wenn es sich um Ergebnisse einer Marketingstrategie handelt.<sup>20</sup>

## 2.2.5 Geschäftsmodellinnovation

Das Nutzungsversprechen, die Architektur der Wertschöpfung sowie die Beschreibung der Ertragsmodelle sind fixe Bestandteile von Geschäftsmodellen. Im Grunde beschreiben diese wie, womit und mit der Hilfe von wem Unternehmen Geld verdienen. Diese Modelle sind verständlich aufgebaut und werden unter anderem dazu genutzt, Kapitalgeber von der Geschäftsidee zu überzeugen.<sup>21</sup>

Neben der Darstellung des gegenwärtigen Geschäftsmodells eines Unternehmens besteht bei der Erstellung von Geschäftsmodellen ebenso die Möglichkeit der Projektion in die Zukunft. Die erste Variante der zukünftigen Betrachtungsweise nimmt auf ein bereits existierendes Modell Bezug und zeigt auf, wie sich das derzeitige Geschäftsmodell verändern muss, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmung zu steigern. Der zweite Ausblick in die Zukunft von Geschäftsmodellen befasst sich mit völlig neuen Geschäftsfeldern und soll zeigen, wie diese aufzusetzen sind.<sup>22</sup>

Die Neuentwicklung oder Anpassung bestehender Geschäftsmodelle versucht, die Anforderungen bzw. Kundenwünsche in optimierter Form zu erfüllen, um somit einen Vorteil im Wettbewerbsumfeld zu erlangen. Aufgrund einer hohen Komplexität dieser Modelle sind diese stets mit einem hohen Risiko des Scheiterns verbunden.<sup>23</sup>

## 2.3 Zusammenhang von Innovation und Variantenmanagement

Damit die folgenden Zusammenhänge zwischen Innovation und Variantenmanagement nachvollziehbar sind, muss zuerst der Begriff des Variantenmanagements geklärt werden. Um die Notwendigkeit näher zu erläutern, ist die Ursache für Komplexität und Vielfalt in der Automobilindustrie zu definieren.

Als ein zentraler Treiber der Vielzahl bzw. Vielfalt ist ein Wandel der Industrien hin zu einem qualitativen Marktwachstum anzusehen. Abb. 2 zeigt den Verlauf der aktiven, sich im Umlauf befindlichen Teile im

---

<sup>19</sup> Vgl. Olbrich (2006), S. 17-22.

<sup>20</sup> Vgl. Rammer u.a. (2014), S. 4.

<sup>21</sup> Vgl. Weis (2012), S. 88.

<sup>22</sup> Vgl. Weis (2012), S. 94.

<sup>23</sup> Vgl. Franken/Franken (2011), S. 199-201.

Bezug auf die Typen und die verkauften Maschinen pro Jahr bzw. pro Modell für ein im Anlagenbau tätiges Unternehmen. Die Anzahl der verkauften Maschinen ist klar rückläufig und erreichte 1994 ihren Tiefpunkt. Bei annähernd gleichbleibender Anzahl an verkauften Maschinen ist allerdings ersichtlich, dass sich die Typen- bzw. Modellanzahl erhöht hat und somit die verkauften Einheiten pro Type klar zurückgingen. Demgegenüber steigt die Anzahl der aktiven Teilenummern bzw. Bauteile seit 1992 von 55000 auf 75000 Stück, was einer Steigerung der Teilevielfalt um rund 36% entspricht.<sup>24</sup>

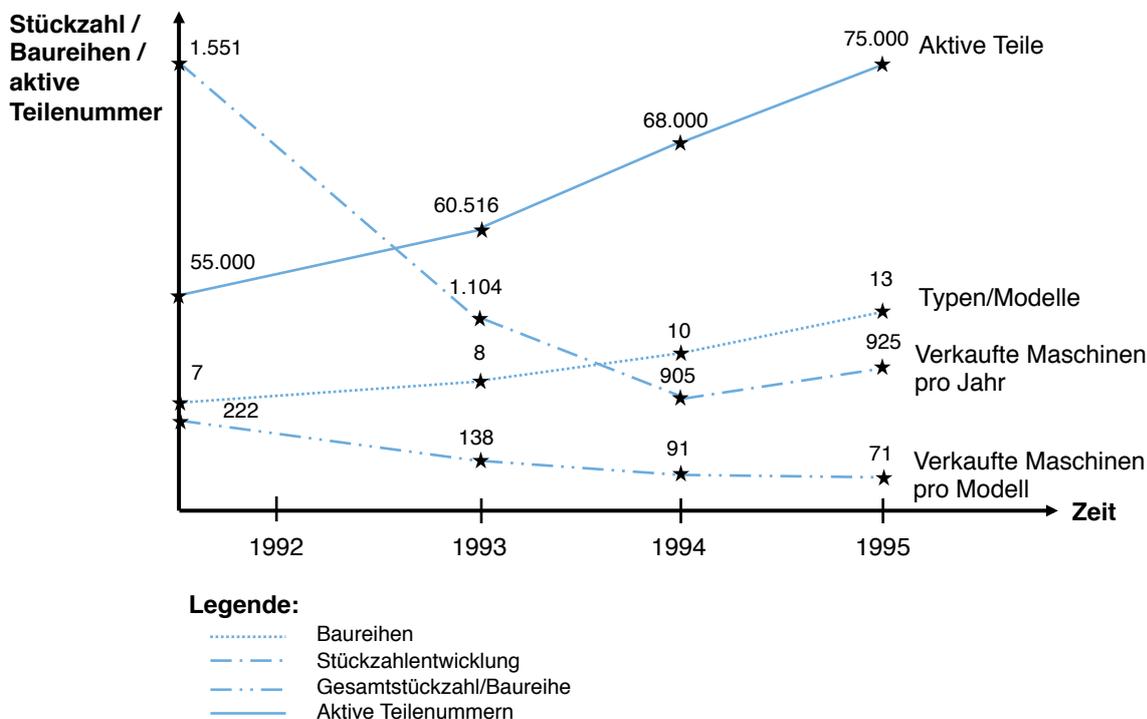


Abb. 2: Vielfaltsentwicklung im Anlagenbau, Quelle: Schuh (2005), S. 10.

Aufgrund der steigenden Variantenvielfalt und der somit verbundenen Komplexität ist die Nutzung von Strategien zum Variantenmanagement unabdingbar. Ziel ist es, durch den Einsatz von Variantenmanagement die Märkte mit zielgruppenspezifischen Produktlösungen zu bedienen.<sup>25</sup>

Die Endkunden fordern Möglichkeiten zur Individualisierung ihrer Fahrzeuge. Die Antwort auf diese Bedürfnisse kann lediglich eine wachsende Vielfalt sein. Trotz der geforderten Erhöhung der Individualisierungsmöglichkeit und der daraus resultierenden Vielfalt müssen Unternehmen in der Automobilindustrie versuchen, ihre Effizienz im Umgang mit dieser Thematik zu erhöhen. Auf den ersten Blick erscheint dies wie ein Widerspruch. Allerdings kann durch die Modularisierung der Produkte dieser Zielkonflikt aufgelöst werden, da die Anpassung der Produktstrukturen klar eine Produktinnovation darstellt. Ferner müssen sich auch unternehmensinterne Prozesse neu gestalten, um den neuen Herausforderungen gewachsen zu sein.<sup>26</sup>

<sup>24</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 8-10.

<sup>25</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 36 f.

<sup>26</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 125-128.

Zusammenfassend gilt es anzumerken, dass die Einbringung von Variantenmanagement und modularen Baukastenstrukturen in der Zukunft insbesondere in Unternehmen der Automobilindustrie weitreichende Veränderungen nach sich ziehen werden. Diese Adaptionen werden eine Reihe von Innovationen beinhalten. Die offensichtlichste Änderung bildet sich in den Produktportfolios der Unternehmen ab. Eine reine Anpassung der Produktwelt innerhalb existierender Unternehmen kann allerdings dazu führen, dass Prozesse aufgrund der fehlenden Adaption obsolet bzw. ineffizient sind. Die Anpassung der Produkte zieht somit eine Neugestaltung der Prozesse mit sich. Durch die Standardisierung müssen Abläufe innerhalb eines Unternehmens angepasst werden, um weiterhin effizient zu sein. Es ist sicherzustellen, dass die Abläufe innerhalb des Unternehmens den neuen Anforderungen und Aufgaben gewachsen sind.

### 3 VARIANTENMANAGEMENT IN DER ENTWICKLUNG

*„Es zeigt sich, dass es letztlich darum geht, dem Automobilkäufer Produkte anzubieten, die ein hohes Maß an Individualität bieten und gleichzeitig die Wertschöpfungskette bedeutend effizienter durchlaufen als heute. Dies führt unausweichlich zu der Forderung, den Konflikt zwischen steigender Vielfalt und angestrebter Standardisierung effizienter zu lösen“<sup>27</sup>*

Jene Herausforderungen, welche sich die Automobilindustrie und all ihre Beteiligten stellen müssen, wurden abschließend im vorhergehenden Abschnitt beschrieben. Hüttenrauch/Baum fassen diese passend in dem angeführten Zitat zusammen. Der folgende Abschnitt beschäftigt sich nun mit dem Thema des Variantenmanagements. Neben Begriffsdefinitionen werden bestehende Vorgehensmodelle zur Erstellung eines modularen Baukastens bzw. einer Plattformarchitektur erläutert. Darauf folgend gilt es, notwendige theoretische Grundlagen zu diskutieren, um weitergehend ein konkretes Vorgehensmodell zu entwickeln, welches unterschiedlichste Methoden zusammenfasst und die Unterteilung von Produktstrukturen in modulare Baukästen ermöglicht und um weiterführend entsprechende Varianteneinteilungen vornehmen zu können.

#### 3.1 Modularität in der Produktwelt

##### 3.1.1 Was ist Modularität

Bereits in Abschnitt 2.3 wurde die zugrundeliegende Notwendigkeit des Variantenmanagements aufgrund der stetig steigenden Komplexität und des Variantenreichtums, mit welchen sich OEMs und Lieferanten heutzutage auseinandersetzen müssen, dargestellt. Modularität ist eine derjenigen Strategien, welche sich mit diesem Thema befasst. Die Zusammenhänge werden in den folgenden beiden Absätzen näher erläutert.

Im Prinzip der Modularisierung werden einzelne Komponenten (Module) zu einem Produkt zusammengefügt, welches gewisse Funktionen erfüllt. Standardisierte Schnittstellen ermöglichen die Austauschbarkeit, wodurch eine Individualisierung zu wirtschaftlich vertretbaren Aufwänden realisiert wird. Diese Adaption der Produkte lässt eine einfache Erstellung von Produkten zu, die sich bei gleichzeitiger Nutzung von Effizienzvorteilen in ihren Leistungsmerkmalen unterscheiden.<sup>28</sup>

Sowohl die steigende Nachfrage als auch das Angebot individueller Produkte bieten eine der größten Herausforderungen für die Industrie im heutigen Wirtschaftsgeschehen. Allerdings bringt die notwendige Individualisierung eine individuelle Fertigung der Produkte und eine steigende Komplexität mit sich. Um die Komplexität zu managen, können drei Vorgehensweisen bzw. Maßnahmen getroffen werden. Die nachfolgende Betrachtung befasst sich mit Komplexität auf Produkt- bzw. Komponentenebene. Die

---

<sup>27</sup> Hüttenrauch/Baum (2008), S. 2.

<sup>28</sup> Vgl. Piller (2006), S. 196-200.

Komplexitätsvermeidung beschäftigt sich mit der Komplexität, welche bereits im Entwicklungsprozess definiert wird und mit welcher sich im Anschluss die gesamte Organisation beschäftigt. Um Komplexität bereits in einer frühen Phase zu vermeiden, werden Gleichteilestrategien, Standardisierung der Produkte sowie Modularisierungsstrategien verfolgt, aus welcher sich Erleichterungen angefangen von der Entwicklung bis hin zu den Montagelinien ergeben können.<sup>29</sup> Die Komplexitätsreduktion befasst sich ausschließlich mit dem Ist-Zustand und behandelt Methoden wie die Verringerung der Vielfalt oder die Erhöhung der Standardisierung, um bereits bestehende Komplexität zu managen. Die restliche Komplexität, welche weder reduziert noch vermieden werden kann, muss mittels Maßnahmen gemanagt werden und fällt unter den Begriff der Komplexitätsbeherrschung.<sup>30</sup>

### 3.1.2 Arten von Variantenhandling

In der Fachliteratur werden die Begriffe Plattform, Baukasten sowie Modulbaukasten (auch: modularer Baukasten) stark unterschiedlich betrachtet und auch einzelne Aspekte miteinander kombiniert. In einzelnen Quellen werden Plattformen und Baukästen als eine gemeinsame Methode behandelt, in anderen Quellen wird nicht zwischen Baukästen und Modulbaukästen differenziert. Im folgenden Abschnitt werden die Merkmale und Verbindungen zwischen den Definitionen aufgezeigt, um die notwendige Basis für die weiterführende Betrachtung dieser Masterarbeit zu ermöglichen.

#### 3.1.2.1 Skalierbare und konfigurierbare Produktfamilien

Simpson/Siddique/Jiao beschreiben die zur Gestaltung von entsprechenden Produktfamilien als Methoden zur Simplifizierung von Produktstrukturen. Im Zuge dessen unterteilen sie hierbei in skalierbare und konfigurierbare Produktfamilien bzw. Plattformen,<sup>31</sup> welche in den nächsten beiden Absätzen näheren Betrachtung unterzogen werden.<sup>32</sup>

Skalierbare Produktstrukturen haben das Ziel, Produkte entsprechend zu gestalten, sodass der Großteil der Komponenten fixiert ist und eine kleine Restmenge an Komponenten variabel ausgeführt ist, um einen sogenannten ‚stretch‘ der Produkte zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass die Funktionen der Varianten gleich sind, sich diese lediglich in ihren Leistungsmerkmalen unterscheiden. Die gleichbleibenden Komponenten finden in weiterer Folge in jedem Produkt ihre Anwendung.

Demgegenüber sind konfigurierbare Produktstrukturen unterteilt in entsprechende Module. Die Module beinhalten, wie bereits erwähnt, Funktionen und Komponenten. Diese standardisierten Module werden entsprechend den Anforderungen an das Endprodukt kombiniert und ermöglichen so die Realisierung von individualisierten Produkten.

#### 3.1.2.2 Plattformen

Plattformen sind längst ein fixer Bestandteil in der Automobilindustrie. Die Kategorisierung der Fahrzeuge in ihre Segmente dient als Grundlage für die Plattformgestaltung. In diesen Plattformen werden Komponenten zusammengefasst, welche den Hauptbeitrag an den Produktkosten darstellen. Da diese

---

<sup>29</sup> Vgl. Adam (1998), S. 59.

<sup>30</sup> Vgl. Piller (2006), S. 193-196.

<sup>31</sup> Vgl. Simpson/Maier/Mistree (2001), S. 2-22, zitiert nach: Simpson/Siddique/Jiao (2006), S. 5.

<sup>32</sup> Vgl. Simpson/Siddique/Jiao (2006), S. 5-10.

Bauteile wie die Antriebssysteme und die Fahrwerkskomponenten den Unterbau von Fahrzeugen (die Bodengruppe) beinhalten, bestimmen die Plattformen im ursprünglichen Sinn die Grunddimensionen der Fahrzeuge (z.B.: Radstand). Da die Abmessungen in weiterer Folge die Fahrzeugklasse definieren, ist eine Fahrzeugklasse in einer Plattform enthalten. Um den größten Nutzen aus ihren Plattformen zu ziehen, werden sie markenübergreifend verwendet. So geht die Produktion der Fahrzeuge von Audi, VW, Skoda und Seat eines Segments auf idente Strukturen zurück.<sup>33</sup>

Die Einschränkung der Fahrzeugdimensionen wurde jedoch in den letzten Jahren flexibilisiert. Die Festlegung des Radstandes hat eine gewisse Flexibilisierung erhalten, was eine eingeschränkte, segmentübergreifende Verwendung der Plattformen ermöglicht.<sup>34</sup>

Die Plattformen fassen eine Reihe gemeinsamer Funktionen aus unterschiedlichen Endprodukten zusammen. Wesentliches Merkmal hierbei ist, dass für den Anwender bzw. den Kunden nicht erkennbare bzw. sichtbare Komponenten in der Plattform zusammengefasst sind.<sup>35</sup> Um die einzelnen Produkte voneinander zu differenzieren, werden die erkennbaren Komponenten und Module auf die Plattform aufgesetzt. Diese stellen die sogenannten Hutmodule dar und dienen in weiterer Folge zur Variantenerstellung.<sup>36</sup>

### 3.1.2.3 Baukästen

Eine Aufbauform von Produktstrukturen bietet die Erstellung von Baukästen. Die Gesamtfunktion der Produkte wird hierbei in Teilfunktionen und Teilprodukte gegliedert, welche sich auch in ihrer Ausprägung der Relevanz für das Endprodukt wiederfinden. Die Grundfunktion stellt die grundsätzliche Funktionalität des Produktes bzw. Systems dar, ist allerdings in ihrer Ausprägungsform fixiert und kann bzw. soll nicht variiert werden. Die Sonder- und die Anpassfunktion erweitern die Basisfunktionen um Schnittstellen bzw. Funktionalitäten, welche eine Produktvariante ausprägen.<sup>37</sup>

Das charakteristische Merkmal von Baukästen ist deren Zusammensetzung. Auf die einzelnen Grundelemente, welche in der Baukastenstruktur definiert wurden, werden weitere Anbauteile angefügt. Die Anbauteile besitzen keine Schnittstellen untereinander und sind somit nur mit der Montage am Grundelement kompatibel.<sup>38</sup>

Durch standardisierte Schnittstellen können die einzelnen Komponenten untereinander ausgetauscht werden. Die Komponenten selbst können unterschiedliche Funktionen abdecken. Somit ist eine Variierung der Funktionen und der Produkte über eine Änderung der Produktzusammensetzung möglich.<sup>39</sup>

---

<sup>33</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 18.

<sup>34</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 129.

<sup>35</sup> Vgl. Müller (2013), S. 187.

<sup>36</sup> Cornet (2002), S. 62-64.

<sup>37</sup> Vgl. Pahl/Beitz/Feldhusen/Grote (2007), S. 664 f.

<sup>38</sup> Vgl. Rapp (1999), S. 52.

<sup>39</sup> Vgl. Koller (1985), S. 112-114.

### 3.1.2.4 Modulbaukästen

Baukästen und Plattformen weisen eine ähnliche Definition in der Fachliteratur auf. Modulbaukästen (auch modulare Baukästen genannt) sind eine neuartige Erscheinung, welche in der Literatur auch zum Teil nicht eindeutig von den eingangs erwähnten Strukturierungsstrategien differenziert wird.

Modulbaukästen bauen grundsätzlich auf dem Prinzip der Baukästen bzw. der Plattformen auf. Aufgrund der starken Gebundenheit zu Segmenten und der hohen Komplexität der Plattformen ist eine Steigerung des Grades an Effizienz limitiert. Die im Vergleich zu den Plattformen verringerte Komplexität der Modulbaukästen erlaubt eine zielgerichtete Fehlersuche und -identifikation. Die Austauschbarkeit der einzelnen Module ermöglicht eine vollständige zeitliche Entkoppelung von Modulentwicklung und Produktentwicklung. Optimierte, neuartige Module können nach vorangegangener Absicherung sowohl in laufende Serienprodukte als auch in neu anlaufende Produkte integriert werden, ohne den Zeitplan der Produktentwicklung zu stören.<sup>40</sup>

Eines der bekanntesten Beispiele in der Anwendung von Modulbaukästen stammt aus dem Volkswagenkonzern. Ausgehend von einer Plattformstrategie der Marken Skoda, Seat, VW und Audi entwickelte der Konzern mithilfe einer Modulstrategie unterschiedliche Modulbaukästen. Bezeichnet werden die Baukästen als MQB (modularer Querbaukasten) und MLB (modularer Längsbaukasten) sowie auch MSB (modularer Standardantriebsbaukasten), letzterer gehört jedoch der Volkswagentochter Porsche an. Abb. 3 stellt einerseits die Entwicklung und andererseits die Unterschiede der Strategien bildlich dar, wobei unter dem Begriff Baukasten klar die Strategie des Modulbaukastens verstanden wird. Durch die Plattform und ihre Eigenschaften war es möglich, Synergien innerhalb der Fahrzeugklassen und ihren Segmenten zu nutzen. Der Hut bzw. die Außenhaut wurde fahrzeugspezifisch gestaltet, was eine Individualisierung und Markenprägung ermöglichte. Mit dem Schwenk auf die Modulstrategie wurden der Plattform zugehörige Komponenten losgelöst. Die Module selbst sind nun untereinander kombinierbar. Somit wurden die Fahrzeugsegmente etwas gelockert, was eine Nutzung über mehrere Klassen ermöglichte. Durch die Verwendung der modularen Baukästen erhöhte sich der Freiheitsgrad weiter. Über die diversen Fahrzeugklassen und Karosserieformen sind nun die Synergien vollständig nutzbar. Die Lage und Orientierung des Motors ist jetzt in Bezug auf das Fahrzeug fixiert, wohingegen die übrigen Dimensionierungen die notwendige Flexibilität erhalten haben.<sup>41</sup>

Piller bezeichnet modulare Baukästen als enorm leistungsfähige Methode des Mass-Customization-Ansatzes. Definierte Schnittstellen sowie die Standardkomponenten zählen zu den Kernelementen der Strategie. Bei weiterer Betrachtung lassen sich modulare Baukastenstrukturen in vier untergeordnete Typen gliedern: Generische Strukturen bestehen im Grunde aus Modulen, welche auf eine vordefinierte Plattform aufsetzen, wohingegen quantitative ein Zusammensetzen von einer unterschiedlichen Anzahl von Einzelkomponenten als Merkmal innehaben. Die dritte Modularisierungsmöglichkeit ist die individuelle Modularisierungsstruktur, in welcher Standardkomponenten mit kundenspezifischen

---

<sup>40</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 133-137.

<sup>41</sup> Vgl. Volkswagen AG (2012), S. 16 f.

Komponenten kombiniert werden. Als vierte Möglichkeit ist die freie Modularisierung anzuführen, welche ohne Basisaufbau eine beliebige Kombination von Modulen ermöglicht.<sup>42</sup>

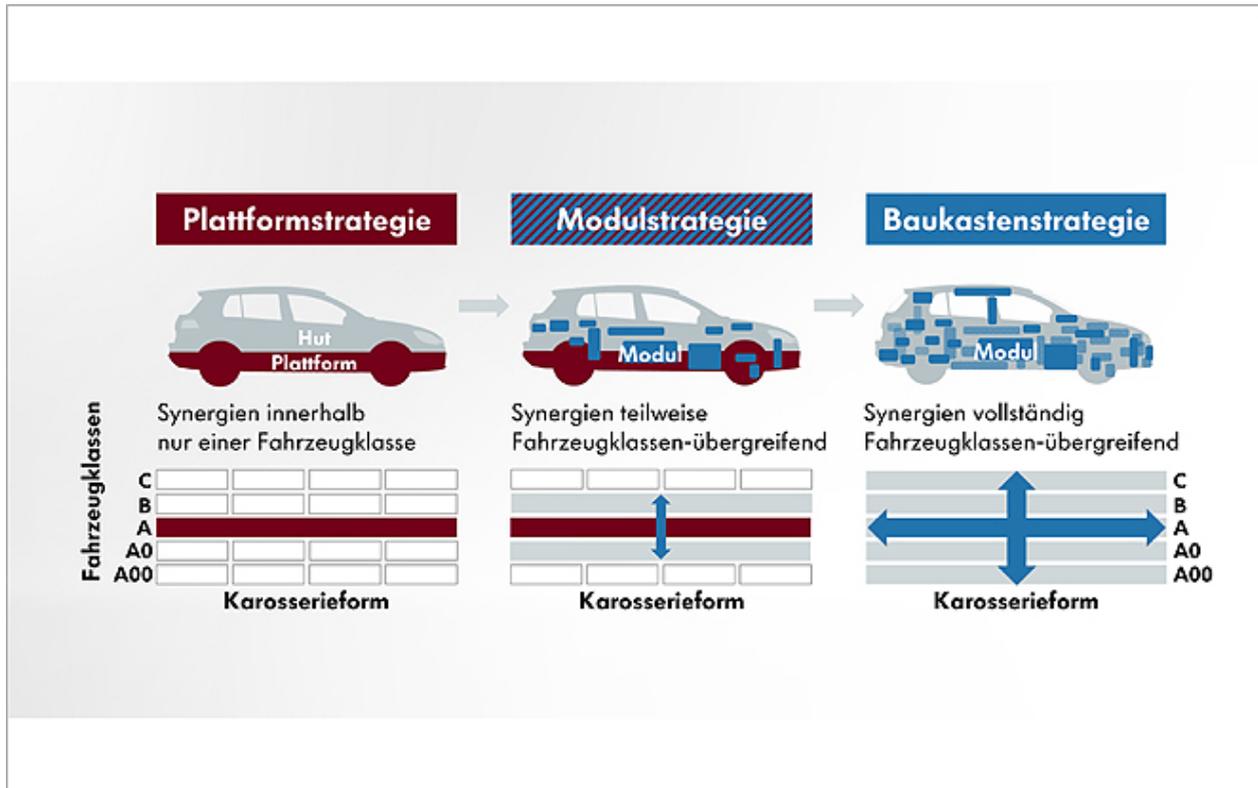


Abb. 3: Der Weg zum modularen Baukasten, Quelle: Volkswagen AG (2012), S. 16.

Die Verwendung von Modulbaukästen stellt derzeit die modernste Form hinsichtlich einer Effizienzsteigerung durch Variantenmanagement dar. Die zentrale Frage beschäftigt sich weitergehend mit der Thematik, wie solch ein modularer Baukasten festgelegt werden kann, um nachhaltigen Erfolg für die jeweilige Unternehmung zu ermöglichen.

### 3.1.3 Vor- und Nachteile von Modularisierung

Die Nutzung von Modularisierungsstrategien sowie Plattformkonzepten bietet für Unternehmen sowohl Vor- als auch Nachteile. Nachfolgend werden die Strategien von unterschiedlichen Gesichtspunkten betrachtet, um ein Gesamtbild dieser zu erhalten.

#### 3.1.3.1 Vorteile der Modularisierung

Folgende **Vorteile** sind für modularisierte Baukästen bzw. Modularisierungsstrategien zu nennen:

Vorteilhaft durch den Einsatz von Baukastenstrategien in Unternehmen stellt sich das Potential zu einer Kostenreduktion dar. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass sich durch den breiten Einsatz identer Bauteile größere Abnahmemengen für die Komponenten ergeben. Zusätzlich bleibt aufgrund der

<sup>42</sup> Vgl. Piller (2006), S. 228-230.

Gestaltungsweise hinsichtlich standardisierter Schnittstellen die Möglichkeit zum Austausch einzelner Komponenten gegeben.<sup>43</sup>

Die Module besitzen Funktionen, welche sie in ihrem komplexen Inneren abbilden und über die definierten Schnittstellen an die Umgebung abgeben. So ist eine losgelöste Entwicklung sowie Überarbeitung der Module hinsichtlich ihrer Funktion möglich und innovative Konzepte können somit einfach eingebracht werden.<sup>44</sup> Die Gesamtsysteme werden dadurch kaum negativ beeinträchtigt, auch aufgrund dessen, dass die Schnittstellen unberührt bleiben. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit der einfachen Kombinierbarkeit unterschiedlicher Module zu Gesamtprodukten, was neue Produkte durch eine neuartige Kombination ergibt.<sup>45</sup> So können auch schwache Module durch leistungsstärkere ersetzt werden.<sup>46</sup>

Mithilfe der Baukastenstrukturen kann trotz der Wiederverwendung von Gleichteilen eine große Anzahl an Produktgestaltungen erzielt werden. Durch die Kombinationsmöglichkeiten unter den Komponenten ist die Erstellung von kundenspezifischen Lösungen unter Einhaltung der Wirtschaftlichkeit gegeben.<sup>47</sup>

Die Wiederverwendung von Gleichteilen ermöglicht die Reduktion der Kosten sowie der Entwicklungszeiten von Gesamtprodukten. Da die Komponenten in weiterer Folge bereits einer Erprobung unterzogen wurden, ist auch das Risiko in der Produktentwicklung geringer einzustufen, was zu einer diesbezüglichen Kostenreduktion führt. Auch das Risiko durch die Parallelentwicklungen wird von den Kundenprojekten extrahiert und in Modulentwicklungen übergeführt, wodurch spezifisch und losgelöst von engen Kundenterminplänen entwickelt werden kann. Die Module und Plattformen können folglich Zeitgleich entwickelt werden, um Zeit zu ersparen.<sup>48</sup>

Durch den Einsatz modularer Baukastenarchitekturen sind Verkürzungen von Durchlaufzeiten realisierbar. Da die Module vielfach wiederverwendet werden, ist eine Fertigung und auch eine Qualitätskontrolle zum einen parallelisiert (Modulprüfung und Fertigung) und zum anderen entkoppelt vom Kundenauftrag möglich. Ein weiterer Vorteil der Modularisierung ist in der Nutzung externer Know-How-Ressourcen im Sinne der Lieferanten zu sehen. So werden gesamte Module zur Entwicklung und Fertigung ausgelagert, um so die Komplexität zu reduzieren.<sup>49</sup>

Überdies hinaus können durch den Einsatz modularer Baukästen eine Reihe von Vorteilen beruhend auf unterschiedlichen Effekten zusammengefasst werden:

- Die Erhöhung der Ausbringungs- bzw. Absatzmenge eines Produktes bzw. einer Komponente gilt als zentrales Element in der Erbringung von Skaleneffekten<sup>50</sup> (Economies of Scale). Die Skalenvorteile setzen sich aus einer Reihe von Effekten zusammen. So besteht das Potential, die

---

<sup>43</sup> Vgl. Koller (1985), S. 114.

<sup>44</sup> Vgl. Baldwin/Clark (2000), S. 217.

<sup>45</sup> Vgl. Baldwin/Clark (1997), Onlinequelle [31.10.2016].

<sup>46</sup> Vgl. Picot/Baumann (2007), S. 226 f.

<sup>47</sup> Vgl. Borowski (1961), S. 47.

<sup>48</sup> Vgl. Boutellier/Müller (2000), S. 59 ff., zitiert nach: Müller (2006), S. 140-142.

<sup>49</sup> Vgl. Piller (2006), S. 232-233.

<sup>50</sup> Vgl. Schnäbele (1997), S. 120.

Produktionskosten aufgrund der breiteren Aufteilung von Fixkosten auf Fertigungslose. Lern- und Erfahrungskurveneffekte zählen überdies hinaus ebenso zu diesen Kosteneinsparungspotentialen. Durch die wiederholte Durchführung von Herstellungsprozessen entstehen Lerneffekte im Zuge der Abarbeitung der Tätigkeiten. In Abhängigkeit von der Komplexität des Fertigungserzeugnisses, sind mehr oder weniger Lerneffekte erzielbar. Die Verwendung von gleichen Komponenten und Modulen ermöglicht ebenso die Transaktionskosten durch beispielsweise die Nutzung bestehender Kommunikationswege.<sup>51</sup>

- Die Economies of Scope (Verbundeffekte) erweitern die Sichtweise auf die Leistungserstellung bei Mehrproduktunternehmen, in welchen die Produktion unterschiedlicher Produkte mithilfe gleicher Produktionsfaktoren.<sup>52</sup> Dadurch lassen sich Leerzeiten minimieren und somit die Leistungserstellung effizienter gestalten. Die Verbundvorteile können in den verschiedenen Unternehmensbereichen realisiert werden. Beginnend mit der Produktion, kann die Nutzung gleicher Maschinen und einheitliches notwendiges Bedienungswissen Kostenpotentiale bieten. In Forschung und Entwicklung bietet sich die Verwendung von bestehenden Konstruktionsdaten sowie standardisierten Vorgehensweisen in Berechnung und Konstruktion an. Einheitliche Beschaffungsquellen und die Nutzung eines einheitlichen Konzeptes für das Marketing ergänzen diese Potentiale.<sup>53</sup>
- Integrationspotentiale beruhen auf der Tatsache, dass sich Verbundeffekte und Skalenvorteile wechselwirkend beeinflussen. Einheitliche Produkte bieten Skalenvorteile, welche aufgrund einer Modularisierung und Variantenerstellung negativ beeinflusst werden. Durch die Verwendung von gleichen Fertigungsverfahren sind hierbei jedoch Verbundeffekte aufgrund einer effizienten Ausnutzung der Produktionsfaktoren erzielbar. Integrationseffekte werden durch die Nutzung einheitlicher moderner Fertigungszentren unterstützt, da die Flexibilität eine rasche Umstellung auf andersartige Produktvarianten ermöglicht. Mithilfe von Systemarchitekturen welche modulare Baukastenstrukturen unterstützen, lassen sich mit geringer Variabilität unterschiedliche Endprodukte mit gleichen Herstellungsprozessen erzeugen.<sup>54</sup>
- Interaktionsvorteile entstehen durch direkte Zusammenarbeit zwischen dem Erzeuger und dem Nutzer bzw. Käufer von Produkten. Zentrales Element dieser Potentiale ist das Verständnis eines Unternehmens von Ihren Kunden. Durch den engen Kontakt lassen sich Kosten aufgrund notwendiger Anpassungen abbauen. So ist eine Lagerproduktion aufgrund von unsicheren Abnahmeprosen ein Kostentreiber, welcher durch enge Zusammenarbeit mit dem Kunden bzw. durch das Verständnis des Kunden reduziert werden kann. Ebenso sind flexible Kapazitäten in den Fertigungs- und Montagestätten reduzierbar.<sup>55</sup>

---

<sup>51</sup> Vgl. Piller (2006), S. 204-207.

<sup>52</sup> Vgl. Jacob (1995), S. 127.

<sup>53</sup> Vgl. Piller (2006), S. 207-210.

<sup>54</sup> Vgl. Schnäbele (1997), S. 129-131.

<sup>55</sup> Vgl. Piller (2006), S 213 f.

### 3.1.3.2 Nachteile der Modularisierung

Demgegenüber ist zu nennen, dass die Schnittstellen von Modulkomponenten die Anforderungen des leistungsstärksten Modules tragen müssen. Sie sind daher für die Anforderungen geringerer Leistungen im Vergleich zu einer individuellen Schnittstelle überdimensioniert. Eine Überdimensionierung kann sich in weiterer Folge negativ auf die Bauteilkosten auswirken, welche durch die Standardschnittstellen beeinflusst werden.<sup>56</sup> Ebenso besteht die Limitierung an die obere Leistungsgrenze, da hierbei das stärkste Modul keine einfache Erhöhung ermöglicht. Folglich sind die Schnittstellen austauschbarer Module betroffen und somit ist ggf. eine gesamte Überarbeitung der Module erforderlich. Ebenfalls ist zu erwähnen, dass die Umstrukturierung einer Produktpolitik auf die Verwendung von Plattformen und modularen Baukästen einen hohen Aufwand darstellen, dem sich die gesamte Organisation stellen muss. Damit sich dieser Aufwand rechnet, müssen die neuen Produkte eine Rentabilität vorweisen. Aufgrund vieler ungewisser Variablen in der Zukunft wird diese Rentabilitätsrechnung allerdings zunehmend komplexer.<sup>57</sup>

Zudem erläutert Piller, dass eine Steigerung der Kosten für anforderungsärmere Produkte zu nennen ist, da diese den vollen Funktionsumfang der höchsten Anwendungen tragen müssen. Diese Steigerungen der Kosten werden zwar zum Teil von Kosteneinsparungseffekten kompensiert, allerdings sind diese im Zuge der Entwicklung stets zu beobachten. Als anzustrebendes Ziel einer jeden Unternehmung ist eine modulare Baukastenstruktur zu nennen, welche mit möglichst wenigen, einfachen Modulen ein breites Spektrum an Kundenanforderungen abdecken zu können.<sup>58</sup>

Bei einer zu starken Diversifizierung des Modulprogrammes können einige Kostenvorteile nicht ausgespielt werden und sich dadurch ins Gegenteil umschlagen. In diesem Zuge ist der Begriff der Disceconomies of Scope zu betrachten. Eine zu starke Untergliederung kann sich negativ auswirken und die Transaktionskosten stark erhöhen.<sup>59</sup>

## 3.2 Entwicklung von Produkten auf Basis modularer Baukästen

Die Einführung von modularen Baukästen, aber auch von anderen Strukturierungsansätzen wie beispielsweise Plattformen und Baukästen erfordern eine detaillierte Planung im Voraus. Um Module über eine längere Zeit verwenden zu können bzw. die Austauschbarkeit über mehrere Generationen hinweg gleich halten zu können, ist dies unabdingbar. In der Fachliteratur sind unterschiedliche Ansätze zu finden, welche zum Teil abhängig vom derzeitigen Standpunkt einer Unternehmung ebenso wie von der jeweiligen Branche ist. Renommierete Hersteller mit bestehenden Produkten, welche sie in weiterer Folge zu (modularen) Baukästen umstrukturieren besitzen eine andere Ausgangslage als diejenigen Unternehmen, die eine Modulstruktur für neue Märkte erstellen. Da im Zuge der Arbeit der Fokus auf etablierte OEMs und Tier-1-Zulieferbetrieben der Automobilindustrie liegt, wird die nachfolgende

---

<sup>56</sup> Vgl. Rapp (1999), S. 14.

<sup>57</sup> Vgl. Müller (2006), S. 142-143.

<sup>58</sup> Vgl. Piller (2006), S. 234.

<sup>59</sup> Schnäbele (1997), S. 128.

Betrachtung für Unternehmen durchgeführt, welche eine Umstrukturierung ihrer bestehenden Produktwelt vornehmen.

### **3.2.1 Vorgehensweise zur Entwicklung von modularisierten Produktstrukturen in der Literatur**

Im Folgenden wird die Vorgehensweise bei Plattformentwicklungen für Dominant-Design-Industrien, wie es die Automobilindustrie ist, nach Völker/Voit einer näheren Betrachtung unterzogen.<sup>60</sup>

Im ersten Schritt sehen sich die Bereiche der Entwicklung mit der Fragestellung konfrontiert, welche Bauteile und Baugruppen sie in weiterer Folge in Module zusammenfassen und voneinander abgrenzen. Zumeist ist dies durch die bestehenden Produktstrukturen bereits festgelegt. Aus der im Unternehmen bestehenden Produkt- bzw. Marktstrategie ist ein Portfolio für die zukünftig erforderlichen Produkte in den jeweiligen Marktsegmenten aufzustellen. Die Fragen nach dem zukünftigen Angebot für Kunden bzw. nach den Kundenerwartungen sollen mithilfe dieser Betrachtung geklärt werden.

Die Festlegung der erforderlichen Produkteigenschaften, welche mit diesen modularen Baukästen zu erfüllen sind, ist im zweiten Schritt durchzuführen. Die Eigenschaften sollen dementsprechend gewählt werden, um auch im Wettbewerb klare Differenzierungsmerkmale zu verankern und die geforderten Leistungsanforderungen der Kunden zu erfüllen. Hierbei sind Marktrecherchen wie beispielsweise Wettbewerbsanalysen unbedingt durchzuführen. Die Erkenntnisse werden anschließend bewertet. Die notwendigen Merkmale für die jeweiligen Bauteile und Module werden in weiterer Folge als marktkritische Attribute bezeichnet, da diese einen relevanten Einfluss auf die erfolgreiche Nutzung der Baukastenstrukturen besitzen.

Aus den Resultaten der Recherchen werden die Anforderungen an die unterschiedlichen Baugruppen und Komponenten abgeleitet. Mithilfe eines Differenzierungsplanes lässt sich eine strukturierte Darstellung der Anforderungen an Module für verschiedene Produkte ermitteln. Aus dieser Darstellung ist eine Einteilung nach Anforderungen bzw. Kunden zu entwickeln, in welcher nun die Anforderungen entsprechend gegliedert und eine Abgrenzung gegenüber Exoten vorgenommen wird. Die Betrachtung von alternativen Entwicklungen (Opportunitäten) ist im Vorfeld durchzuführen. Durch die Erstellung der ersten Grobkonzepte können Kostenabschätzungen für die geplanten Produktstrukturen getroffen werden und eine erste wirtschaftliche Betrachtung erfolgen.

---

<sup>60</sup> Vgl. Völker/Voit (2000), S. 137-140.

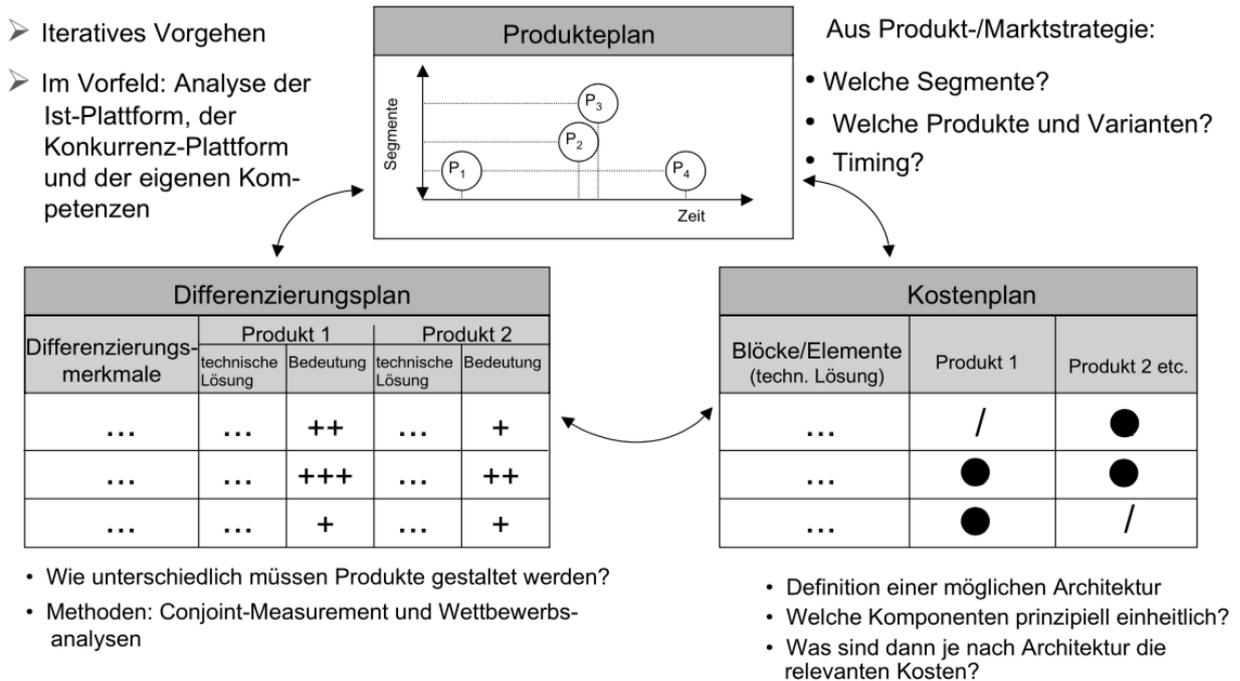


Abb. 4: Möglicher Prozess der Plattformplanung bei Dominant-Design-Industrien, Quelle: Völker/Voit (2000), S. 140.

Schuh beschreibt die Vorgehensweise aus einer anderen unternehmerischen Perspektive, zeigt jedoch erweiternde Aspekte auf. Die Betrachtung erfolgt für ein Unternehmen mit dem Ziel, ein neues Produkt für einen Markt zu entwickeln. Im Gegensatz zu der Vorgehensweise von Völker/Voit werden hierbei zuerst die Positionierungsstrategie sowie eine geeignete Marktsegmentierung und eine Zielmarktfestlegung durchgeführt. Auf die Marktrecherche und die Produktstrukturdefinition folgt eine wesentliche Funktionsanalyse. Im fünften und letzten Punkt der Analyse folgt die Schnittstellenanalyse und ihre Festlegung, wobei hier auf Austauschbarkeit, aber auch Wirtschaftlichkeit (Überdimensionierung von Schnittstellen erhöht Kosten) eine Rolle spielen.<sup>61</sup>

Wie aus den Darstellungen von Schuh und Völker/Voit ersichtlich ist, stellt die Analyse der Märkte eine zentrale Rolle in der erfolgreichen Umsetzung dar. Hüttenrauch/Baum beschreiben ferner die Festlegung der Grundanforderungen an die modularen Produkte für Lieferanten im Automobilssektor in den folgenden sechs Schritten:<sup>62</sup>

1. Der erste Schritt stellt die Erstellung eines Bewertungsrasters dar, in welchen nachfolgend die Kunden mit ihren Produkten und Markenwerten am Markt positioniert sind, eingetragen werden. Die Definition der Unterscheidungsmerkmale bzw. Kenngrößen ist von enormer Bedeutung. Die üblichen Bewertungsraster sind zu hinterfragen, da vermeintliche Widersprüche sich im Laufe der Zeit zu Anforderungen, nach dem Motto ‚take both‘, verändert haben. So müssen heutzutage kostengünstige Automobile aus Sicht der Endkunden einen vergleichsweise hohen

<sup>61</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 136-138.

<sup>62</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 148-159.

Qualitätsstandard erfüllen. Die Untergliederung in messbare und zweckbetonte Leistungsfähigkeit der Produkte (=rational), sowie in Design und Leidenschaft (=emotional).

2. In diesem Raster zwischen Rationalität und Emotionalität werden die Marken in Bezug auf Ihre Grundhaltung aus Kundensicht im zweiten Schritt positioniert. Abb. 5 bedient sich hierbei am beispielhaften Vergleich von der Positionierung der Marken Opel und Porsche. Wohingegen sich die Wahrnehmung sowie die Zielvorstellung decken, ist bei der Marke Opel eine Diskrepanz zu beobachten. Der Fokus bei der Positionierung soll auf dem Aspekt liegen, wie die Kunden die Marken einstufen und nicht wie sich die Marke selbst sieht. Daraus resultierende Lücken können in weiterer Folge als Entwicklungspotential betrachtet werden.

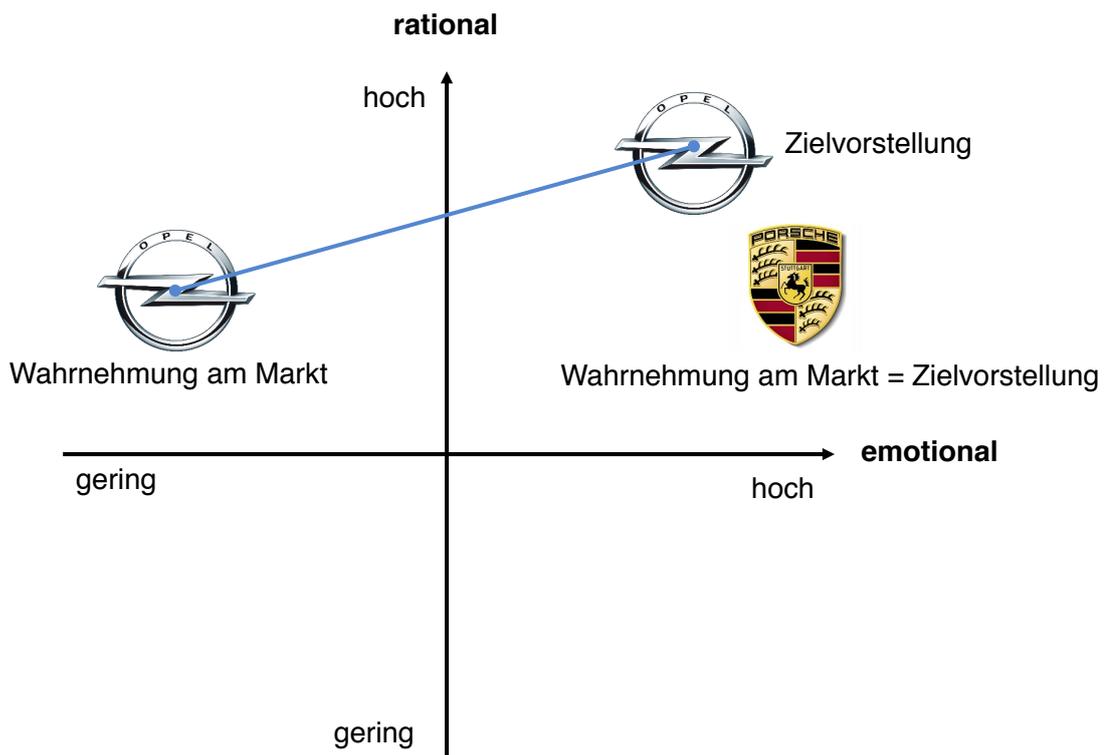


Abb. 5: Gesamtmarkenpositionierung im Wettbewerbsumfeld, Quelle: Hüttenrauch/Baum (2008), S. 151.

3. Schritt drei dient dazu, Marken detaillierter aufzuschlüsseln. So sind Cabriolets durchaus emotionaler als Lieferwagen, wobei OEMs oft beide Segmente bedienen (siehe VW Eos und VW Caddy). Trotz der Differenz in den Produkten werden die unterschiedlichen Typen sich in einem Bereich des Rasters positionieren, allerdings kaum den gesamten Raster ausfüllen.
4. Der Blick auf die Konsumenten wird im vierten Schritt klar verdichtet. Hierbei zielt die Betrachtung darauf ab, eine Verbindung zwischen Marken und Fahrzeugtypen sowie den Konsumentengruppen zu identifizieren. Werkzeuge wie Sinus-Mileus von Sociovision werden hierbei benutzt, um ein Konsumentenwissen aufzubauen.
5. Schritt fünf ist essentiell in den zukünftigen Beziehungen zwischen OEMs und Lieferanten. In den Rastern werden nun die geplanten oder verfügbaren Module positioniert, um Festzustellen welche Bereiche man abdecken kann bzw. welche Flexibilität zukünftige Module bieten sollen.
6. Der sechste und letzte Schritt laut Hüttenrauch/Baum dient festzustellen, welchen Wert ein höherwertigeres Modul, das den Markenwert unterstützt für den jeweiligen Kunden besitzt. So

kann für existierende oder zu entwickelnde Module eine Relation zwischen (Ziel-)Preis und Kundenwert dargestellt werden. Anhand des Beispiels eines Herstellers für Frontlichtmodule ist diese Gegenüberstellung in Abb. 6 dargestellt. Die Gerade stellt jenes Optimum dar, wo sich der Preis und die Produkterwartungen entsprechen.

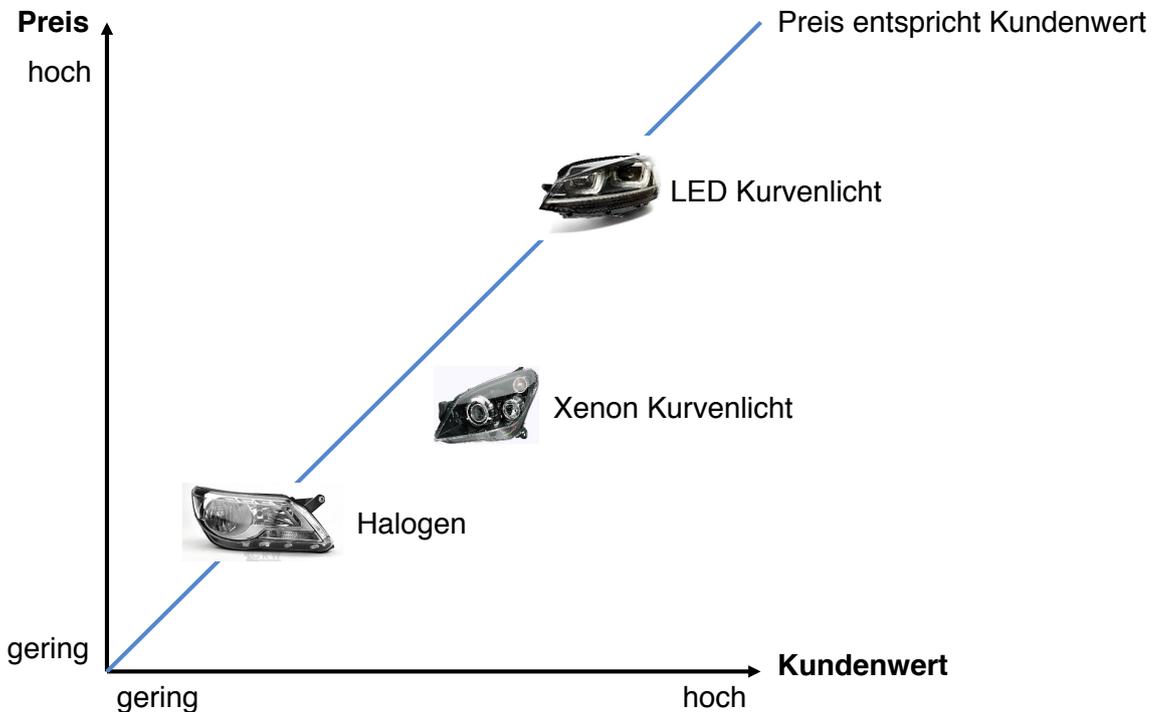


Abb. 6: Relativer Nutzen des Modulbaukastens, Quelle: Hüttenrauch/Baum (2008), S.158.

### 3.2.2 Kernelemente der bekannten Vorgehensweisen

Aus den bisher beschriebenen Ansichten ist klar ersichtlich, dass das Wissen rund um den Kunden bzw. den Endkunden von grundlegender Bedeutung ist für die Festlegung und Entwicklung von Plattformen, Baukästen und Modulbaukästen. Zusammenfassend zeichnet sich folgende Vorgehensweise zum Aufsetzen eines Modulbaukastens als zielführend ab:

Die Kenntnisse über den Kunden sowie die Fähigkeiten zur Strukturierung und Verwertung dieser wird in Zukunft zu einem bedeutenden Wettbewerbsfaktor. Marktrecherchen und Ist-Standermittlungen stellen die Ausgangslage für die weiteren Betrachtungsweisen bei Modularisierungsstrategien dar. Anschließend sind die marktkritischen Attribute für die jeweiligen Module sowie die Schnittstellen festzulegen, um den Startpunkt für die Entwicklung zu setzen. Mithilfe einer Kategorisierung der Kunden lassen sich die jeweiligen Module und Produkte den entsprechenden Kundenwert zuordnen, wodurch die Zielpreisgestaltung und die zugehörigen Produktkosten entsprechend ableiten lassen (‚Wie viel ist der Kunde bereit, für gewisse Kann-Funktionen, zu bezahlen‘). Wie sich Prozesse die bestehenden Prozesse in Unternehmen an diese neuen Herausforderungen anpassen müssen, wird in Abschnitt 4 im Detail betrachtet.

Bevor die jeweiligen Bereiche im Detail betrachtet werden, lohnt sich ein Blick auf die bestimmenden Erfolgsfaktoren für ein Modulkonzept. Abb. 7 stellt unterteilt den Erfolg in fünf Faktoren. Diese werden nach Schuh in die fünf Faktoren richtige Module (realistisch und realisierbar), richtige Lieferanten (globale

Auswahl), optimale Integration des Lieferanten, richtige Kosten (Zielkosten der Module) und verkaufbare, kundenbezogene Module unterteilt.<sup>63</sup>

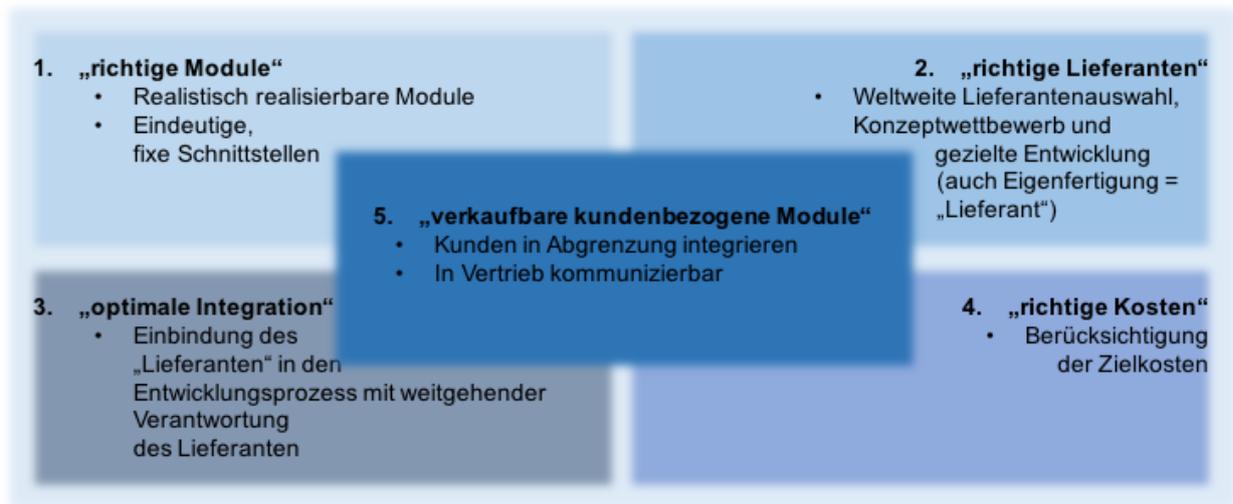


Abb. 7: Wesentliche Elemente des Modulkonzepts, Quelle: VDI Seminar (1997), o.S., zitiert nach: Schuh (2005), S. 139.

### 3.3 Methoden zur Marktsegmentierung

Nach der beschriebenen Vorgehensweise in Abschnitt 3.2.1 müssen Automobilhersteller und Zulieferer zu Beginn eine Gliederung der geplanten Produkte in entsprechende Module vornehmen. Für diese Module ist es von enormer Wichtigkeit, die marktkritischen Attribute zu kennen und entsprechend zu spezifizieren. Diese Anforderungen werden im weiteren Schritt der Marktforschung mit den entsprechenden Zielwerten hinterlegt.

Die essentiellen Treiber von Vielfalt in allen Bereichen sind die Anforderungen der Konsumenten. Der Endkunde stellt aufgrund seiner Kaufentscheidungen Anforderungen an die Automobilhersteller. Qualität, Leistungsangaben und Fahreigenschaften zählen unter anderem zu diesen Anforderungen. Aufgrund der Differenzierung der Kundenanforderungen ergeben sich unterschiedliche Segmente wie unter anderem Premiumfahrzeuge, Sportfahrzeuge/Exoten oder Kleinwagen und Mittelklassensegmente. Um diese Anforderungen zu ermitteln und Produkte dementsprechend entwickeln zu können, ist die Nutzung von Marktsegmentierungsmethoden unabdingbar.<sup>64</sup>

Diese Anforderungen werden auch in bereits technisch abgeleiteter Form zu den Tier-1-Zulieferbetrieben weitergeleitet. Um zukünftige Trends erkennen zu können, ist allerdings ebenfalls für Unternehmen die Endkundenbetrachtung relevant. Das Handling der Markenaufladung erweitert sich von den Automobilherstellern zu den Lieferanten.<sup>65</sup>

Die Marktsegmentierung selbst ist ein Bereich des Marketings, welcher sich mit der möglichen Gliederung eines heterogenen Gesamtmarktes in homogene Teilmärkte befasst. Die Attribute, nach denen man die Gesamtmärkte gliedert, werden in der Fachliteratur als Segmentierungskriterien

<sup>63</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 139.

<sup>64</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 114-117.

<sup>65</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S 137 f.



sehen sind.<sup>68</sup> Dem gegenüber wird die Einteilung nach kleineren geographischen Merkmalen wie beispielsweise Wohngebietszellen (geographisch kleinere Elemente als Stadtviertel, z.B.: Siedlungen) in der Fachliteratur als mikrogeographische Segmentierung bezeichnet. Aufgrund der kleinen Untergliederung ist eine detailliertere Aussage zu den Lebensgewohnheiten zu treffen, welche sich durch eine hohe Homogenität innerhalb der Gruppen auszeichnet.<sup>69</sup>

Die geographische Segmentierung eignet sich gut, um eine Differenzierung der Merkmale auf nationaler Ebene vorzunehmen. So legen Kunden aus dem NAFTA-Raum bei Automobilen auf andere Attribute ihren Fokus als europäische oder asiatische Kunden. Da Parkplatzengpässe und Raumknappheit in den USA im Vergleich zu Europa zumeist keine Relevanz besitzen, besteht für kleine und kompakte Fahrzeugklassen keine Notwendigkeit. Dagegen sind in Europa aufgrund der oben genannten Gründe kaum Full-Size-Pick-Up-Trucks anzufinden.<sup>70</sup>

### 3.3.2 Soziodemographische Segmentierung

Die soziodemographische Segmentierung unterteilt die Gruppen zum einen nach demographischen Merkmalen wie Alter, Geschlecht und Familienstand und sozioökonomischen Merkmalen wie Ausbildung, Einkommen und soziale Schichtung. Diese Art der Segmentierung weist ebenso eine einfache Datenerhebung und Verwertung auf, welche zeitlich als stabil zu betrachten ist.<sup>71</sup>

Neben der einfachen Erfassbarkeit sind die Erkenntnisse der soziodemographischen Segmentierung, über längere Zeit betrachtet, stabil. Allerdings ist die Aussagekraft beschränkt, da der Bezug zum Käuferverhalten selbst hergestellt werden muss. Die Relevanz der Anwendung von reinen soziodemographischen Segmentierungsmethoden ging aufgrund dieser Gründe in den letzten Jahren zurück.<sup>72</sup> Eine Kombination dieser Methode mit anderen Marktsegmentierungsmethoden wird allerdings nach wie vor genutzt.<sup>73</sup>

### 3.3.3 Psychographische Segmentierung

Persönliche Einstellungen der potentiellen Kunden sowie deren psychologischen Merkmale werden in der psychographischen Segmentierung herangezogen, um eine Segmentierung des Marktes vorzunehmen. Sowohl die Verwendung der Einzelsegmentierungsmerkmale, als auch die Segmentierung anhand sogenannter Lifestyle-Typologien sind Methoden der psychographischen Segmentierung. Bei der Analyse der persönlichen Einstellung der Käufergruppen werden allgemeine Haltungen im Sinne von Grundeinstellungen und produktspezifische Einstellungen, also Einstellungen gegenüber einer bestimmten Produktgruppe, differenziert.<sup>74</sup>

---

<sup>68</sup> Vgl. Homburg/Krohmer (2006), S. 487, zitiert nach: Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 193.

<sup>69</sup> Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 192 f.

<sup>70</sup> Vgl. Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 76.

<sup>71</sup> Vgl. Kotler/Keller (2012), S. 216.

<sup>72</sup> Vgl. Homburg/ Krohmer (2006), S. 486, zitiert nach: Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 196.

<sup>73</sup> Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 194-196.

<sup>74</sup> Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 197-200.

Broda beschreibt die Unterteilung in Persönlichkeitsmerkmale und Motive sowie in Einstellungen und Erwartungen, wie in den folgenden beiden Absätzen beschrieben wird.<sup>75</sup>

Die Persönlichkeit bzw. der Charakter von Menschen lässt sich als Zusammenfassung unterschiedlicher Einzelmerkmale darstellen, welche in Ihrem Zusammenwirken gewisse Reaktionen hervorrufen. Diese Reaktionen sind relativ wiederholgenau, da erlernte und angeborene Eigenschaften miteinander verknüpft sind. Die Motive sind die Treiber menschlichen Handelns. Das Handeln der Personen wird entsprechend den zu erreichenden selbstgesetzten Zielen ausgerichtet. Allerdings können die Ziele zum Teil auch in Konflikt zueinander stehen, wodurch die Betrachtung der Gesamtheit der Motive in Motivbündeln zu beachten ist.

Die Einstellungen beschreiben die geistige Werthaltung gegenüber Produkten, welche sich aus Wissens- und Gefühlskomponenten (kognitiv und affektiv) zusammensetzt. Diese Einstellungen beruhen somit stets auf Erlerntem und Erfahrenem. Darüber hinaus beeinflussen diese das Kaufverhalten der Konsumenten.

### 3.3.4 Verhaltensorientierte Segmentierung

Im Zuge der verhaltensorientierten Segmentierung von Märkten wird explizit auf Verhaltensmuster von Käufergruppen geachtet, und aufgrund dieser eine Einteilung vorgenommen. Die Einteilung des Marktes erfolgt unter anderem aufgrund des Nutzungsverhaltens von Kommunikationsmedien, produktbezogene Merkmale wie Nutzungsverhalten und dem Verhalten hinsichtlich des Preisbewusstseins bei entsprechenden Produkten. Werden die verhaltensorientierten Segmentierungsmethoden im Einzelnen betrachtet, so herrscht hier nur eine beschränkte Einteilungsfähigkeit der Märkte.<sup>76</sup>

**Kriterien des beobachtbaren Kaufverhaltens**

Produktwahl	Einkaufsstättenwahl	Mediennutzung	Preisverhalten
Produktartwahl	Geschäftswahl	Medienarten	Preisklassen
Markenwahl	Betriebsformenwahl	Medienzahl	Sonderangebote
Kaufhäufigkeit		Nutzungsintensität	
Kaufvolumen			
Verbundnachfrage			

Tabelle 1: Kriterien des beobachtbaren Kaufverhaltens, Quelle: Freter (2008), S.157, zitiert nach: Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 75.

Die verhaltensorientierte Segmentierung liefert keine Erklärung des von den Kunden an den Tag gelegten Verhaltens. Aufgrund des bisherigen Verhaltens besteht die Möglichkeit, auf das zukünftige Kaufverhalten zu schließen, da Merkmale wie Markentreue definitiv einen Folgekauf einer bestimmten

<sup>75</sup> Vgl. Broda (2005), S. 126 f.

<sup>76</sup> Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 206-209.

Produktklasse prägen. Die Erhebung solcher Daten wird auch im Zuge der Typologie-Erstellung durchgeführt, weshalb die Nutzung dieser von Vorteil ist.<sup>77</sup>

### 3.3.5 Lifestyle-Typologien

Diese Typologien beruhen auf der Annahme, dass die Gesellschaft sich in Typen untergliedern lässt. Die einzelnen Typen vereinen bestimmte Grundhaltungen, Motive und Werte, welche für entsprechende Kaufentscheidungen von Bedeutung sind.<sup>78</sup>

Mithilfe von Fragebögen werden zur Erstellung von Typologien entsprechende Merkmale ausgewählt. Anschließend Clusteranalysen und Faktorenanalysen werden anschließend verwendet, um diese Merkmale entsprechenden Zielgruppen (Milieus) zuzuordnen.<sup>79</sup>

Basierend auf den Lebensstilkonzepten werden unterschiedliche Typologien erstellt. Bekannte Vertreter solcher Typologien sind das Sinus-Milieu-Modell von Sinus Sociovision und die PKW Käufertypologie. Beide Typen werden im Folgenden detaillierter betrachtet.<sup>80</sup>

#### 3.3.5.1 Sinus-Milieus

Die vorhandenen Lifestyle-Typologien unterscheiden sich in einem hohen Maß anhand der zugrundeliegenden Merkmale. Die Einteilung der Bevölkerungen in soziale Milieus wird vom Sinus-Institut für Markt- und Sozialforschung<sup>81</sup> durchgeführt. Anhand von Merkmalen wie beispielsweise der Lebensphilosophie, der Einstellung gegenüber der Familie, den sozialen Vorlieben und Aktivitäten sowie dem Lebensstil, werden Bevölkerungen in sogenannte Sinus-Milieus eingeteilt. Dies ist eines der bekanntesten Verfahren der Lifestyle-Typologie. Die Kombination von Sinus-Milieus mit weiteren, produktrelevanten Merkmalen ermöglicht es Unternehmen, die Marketingstrategien an konkrete soziale Milieus anzupassen. Automobilhersteller wie BMW oder Mercedes Benz sind in dieser Hinsicht als Pioniere dieser Vorgehensweise zu nennen. Abb. 9 zeigt den Aufbau einer Sinus-Milieu-Darstellung anhand des Beispiels der unterschiedlichen Milieus in Deutschland 2016.<sup>82</sup>

---

<sup>77</sup> Vgl. Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 74-76.

<sup>78</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 236.

<sup>79</sup> Vgl. Freter (2008), S. 135 ff., zitiert nach: Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 70 f.

<sup>80</sup> Vgl. Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 71.

<sup>81</sup> Vgl. Sinus (2016a), Onlinequelle [12.11.2016].

<sup>82</sup> Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S.201f.

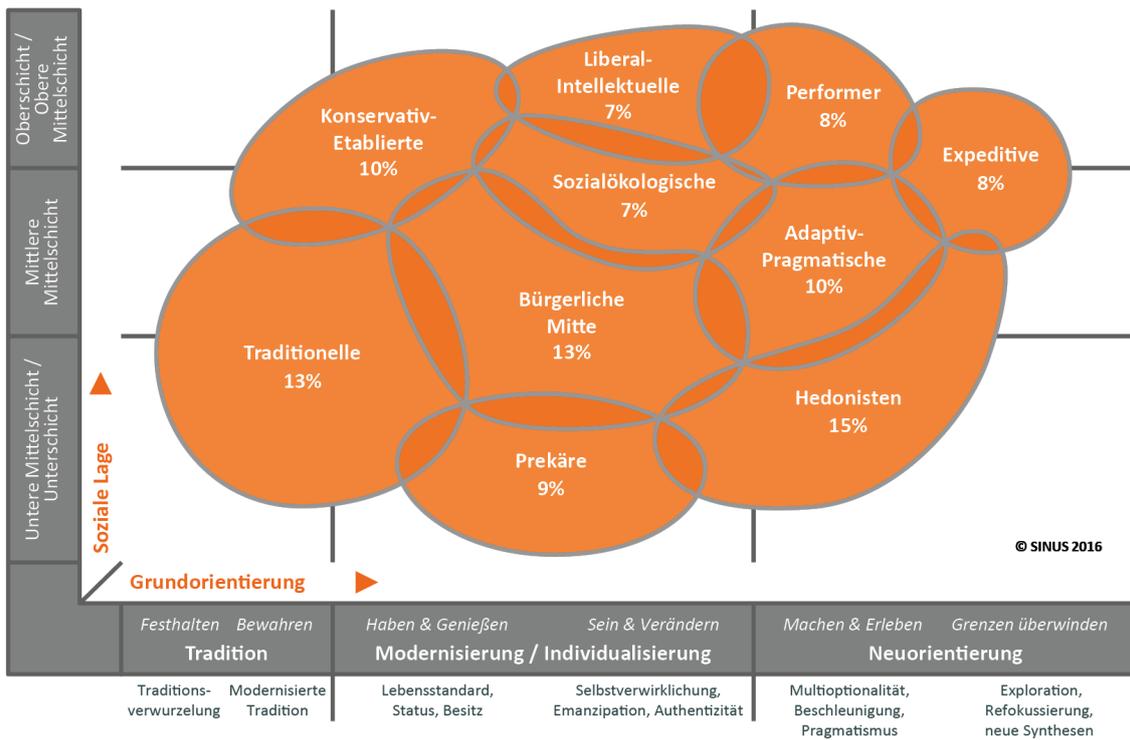


Abb. 9: Die Sinus-Milieus in Deutschland 2016, Quelle: Sinus (2016b), Onlinequelle [10.04.2016].

### 3.3.5.2 PKW-Käufer-Typologie

Eine weitere Typologie, welche starke Relevanz für die Automobilindustrie aufweist, ist die PKW-Käufer-Typologie. Die Bauer Media KG analysierte bereits mehrfach potentielle Käufer, welche eine Kaufabsicht in den nächsten zwei Jahren vorhaben, und teilten diese in unterschiedliche Kriterien ein. Die horizontale Achse unterteilt die Käuferschicht in rationale (z.B.: Sparsamkeit), funktionale (z.B.: Komfort, Sicherheit) und emotionale Kaufmotive (z.B.: Performance, Spaß), wohingegen die vertikale Achse Auskunft über die Ausgabebereitschaft der Käuferschichten gibt. Die Darstellung dieser Typologie wird in Abb. 10 veranschaulicht. Jedem der Motive liegen bestimmte Kriterien zugrunde, in die sie klassifiziert werden können. Der Einteilung liegt somit eine Clusteranalyse zugrunde. Die Zuordenbarkeit der Marken zu den jeweiligen Typen verhilft dieser Art von Studie zu Ihrer Relevanz im Marketing in der Automobilindustrie. Da die Studie jeweils 2 Jahre in die Zukunft blickt, ist ein Ausblick in die Zukunft des Marktes und der Kaufentscheidungen vorhersehbar.<sup>83</sup>

<sup>83</sup> Vgl. Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 72-74.

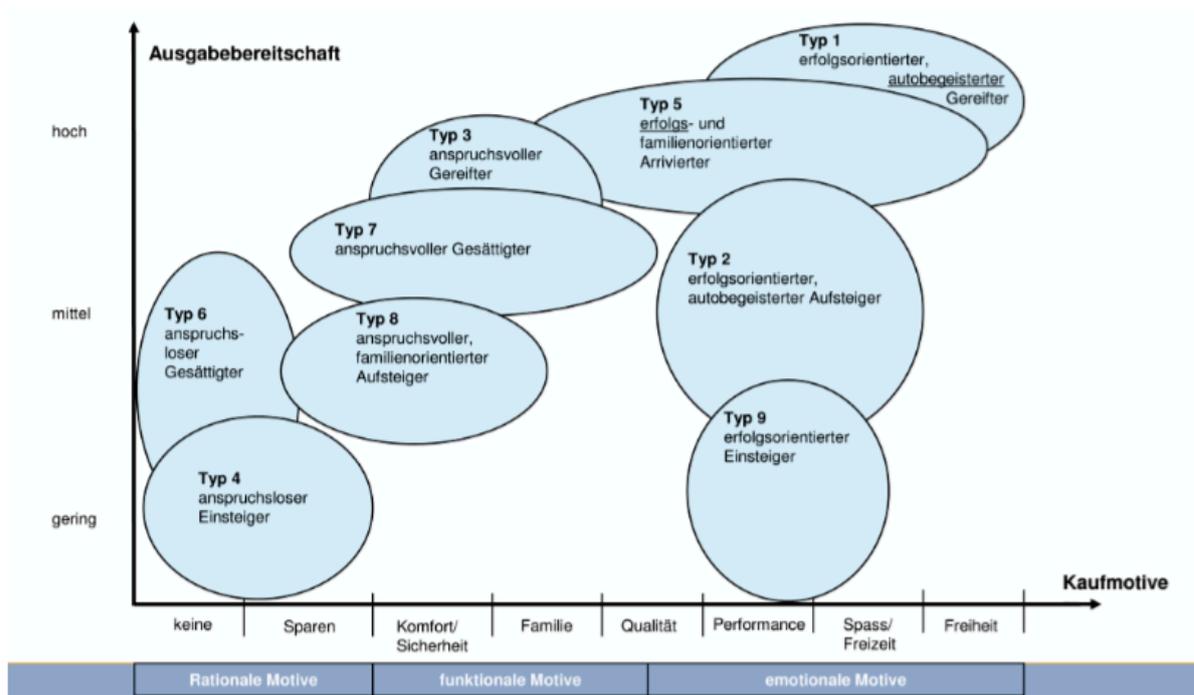


Abb. 10: PKW-Käufer-Modell 2007, Quelle: Bauer Media KG (2008), o.S., zitiert nach: Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 73.

### 3.3.6 Nutzenbasierte Segmentierung

Die nutzenbasierte Segmentierung ist eine weitere essentielle Methode zur Markteinteilung. Im Gegensatz zur verhaltensorientierten Segmentierung wird hier die Ursache für die Kaufentscheidung analysiert. So werden die erforderlichen Merkmale den entsprechenden Segmenten zugeordnet, welche die angebotenen Produkte aufweisen müssen. In der Literatur wird dieser Ansatz ebenso als Benefit-Segmentierung bezeichnet.<sup>84</sup>

Ziel der nutzenbasierten Segmentierung ist es, den relevanten Nutzen für den Endkunden zu ermitteln. Dieser Nutzen soll von den jeweiligen angebotenen Produkten erfüllt werden. Somit ist die Kenntnis dessen ein elementares Merkmal für Unternehmen, um den Gesamtmarkt in Teilsegmente unterschiedlicher Ansprüche an den Nutzen zu unterteilen.<sup>85</sup>

## 3.4 Ermitteln von Marktsegmenten

Zur Ermittlung der bestehenden Marktsegmente bieten sich unterschiedliche Analysen zur Informationsauswertung an. Hierbei ist allerdings die Kenntnis über die vorhandenen Marktsegmentierungsmerkmale essentiell. Verfahren, welche sich hierbei anbieten, sind die Faktorenanalyse, die Clusteranalyse, die Conjoint-Analyse sowie das Verfahren der Multidimensionalen Dimensionierung.<sup>86</sup>

<sup>84</sup> Vgl. Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 77.

<sup>85</sup> Kotler/Armstrong (2016), S. 228 f.

<sup>86</sup> Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2008), S. 209.

Diese Verfahren sind Grundlagen der Datenauswertung. Erhobene Informationen werden hierbei herangezogen, um Zusammenhänge aus den Einzelinformationen zu ermitteln und darzustellen. Somit ist es in weiterer Folge möglich, eine breitere Grundlage für Entscheidungsprozesse zu generieren.<sup>87</sup>

Im folgenden Abschnitt werden die jeweiligen Methoden beschrieben sowie die Möglichkeiten der Anwendbarkeit dargestellt.

### 3.4.1 Faktorenanalyse

In der Faktorenanalyse werden erhobene Datensätze mit ihren Einzelmerkmalen analysiert und es wird versucht, gemeinsame zugrundeliegende Faktoren zu ermitteln. Diese sind Zusammenhänge, welche nicht direkt erfassbar sind, jedoch durch die Auswertungen sichtbar gemacht werden können. Die Faktoren vereinen somit mehrere Merkmale, welche untereinander korrelieren. Die Grundidee der Faktorenanalyse ist in Abb. 11 dargestellt. Die Anwendung einer Korrelationsanalyse der Daten stellt die Grundlage zur Ermittlung der Faktoren dar. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass eine Vielzahl von Einzeldaten auf eine geringe Menge von ausschlaggebenden Faktoren reduziert wird, welche selbst nicht direkt erfassbar sind. Nachteilig gestaltet sich die Tatsache, dass die Faktoren selbst einen Interpretationsspielraum offen lassen.<sup>88</sup>

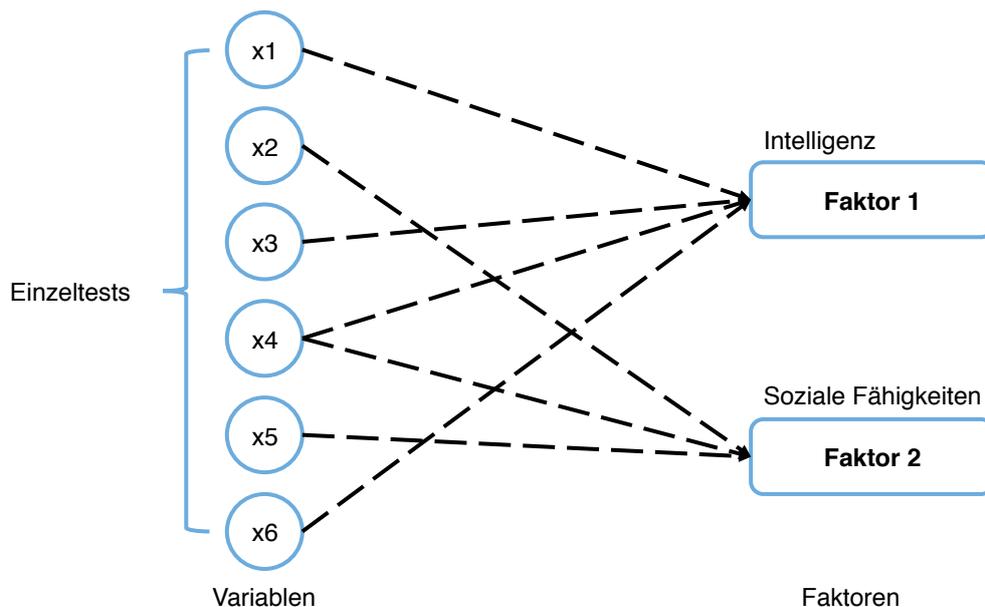


Abb. 11: Der Grundgedanke der Faktorenanalyse, Quelle: Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 208.

Der Korrelationskoeffizient ist das Resultat der Korrelationsanalyse zwischen zwei einzelnen Merkmalen. Die einfache Korrelationsanalyse setzt voraus, dass die jeweiligen Merkmale metrisch in ihrer Erscheinungsform sind. Liefert die Analyse einen Koeffizienten von  $r=0$ , so liegt kein Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen vor. Allerdings kann dies ebenso bedeuten, dass beim Vergleich zweier Merkmale ein Optimum vorliegt. Beträgt der Koeffizient einen Wert von  $+1$  bzw.  $-1$ , herrscht zwischen den

<sup>87</sup> Vgl. Meffert (1992), S. 255.

<sup>88</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 207-212.

Variablen ein linearer Zusammenhang. Werte zwischen 0 und +1 bzw. 0 und -1 weisen eine mehr oder weniger starke Korrelation auf.<sup>89</sup>

Strebt der Koeffizient gegen 0, so besteht kein Zusammenhang beider Variablen. Werden mehr als zwei Variablen analysiert und weisen diese eine Abhängigkeit auf, so wird dies als multiple Korrelation bezeichnet. Die folgende Formel zeigt die Möglichkeit der Berechnung für metrische Daten nach Pearson.<sup>90</sup>

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

*r*/- Korrelationskoeffizient  
*x*/- Variable 1  
*y*/- Variable 2

Die errechneten Korrelationskoeffizienten werden im Zuge der Faktorenanalyse in Korrelationsmatrizen eingetragen. Tabelle 2 stellt ein Beispiel einer Korrelationsmatrix dar, in welcher alle acht Variablen miteinander verglichen werden. Bei hoher Korrelation der verglichenen Variablen ergeben diese einen Faktor, wodurch versucht wird, die Anzahl an Variablen in einer weitaus geringeren Anzahl von Faktoren auszudrücken. Dieses Vorgehen wird als Faktorenladung bezeichnet, was bedeutet, dass die Variablen auf den Faktoren liegen. Es muss jedoch vermieden werden, dass die Variablen sich in einer großen Anzahl von Faktoren wiederfindet.<sup>91</sup>

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>
<b>V1</b>	1					
<b>V2</b>	0,66	1				
<b>V3</b>	0,05	0,12	1			
<b>V4</b>	0,52	0,77	0,16	1		
<b>V5</b>	0,10	0,02	0,78	0,08	1	
<b>V6</b>	0,72	0,56	0,09	0,69	0,15	1

Tabelle 2: Beispiel einer Korrelationsmatrix, Quelle: Kuß (2012), S. 269.

---

<sup>89</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 194-196.

<sup>90</sup> Vgl. Meffert (1992), S. 252-254.

<sup>91</sup> Vgl. Kuß (2012), S. 268-270.

### 3.4.2 Clusteranalyse

Ziel der Clusteranalyse ist es, die ermittelten Merkmale und Daten zu klassifizieren, um so eine Einteilung des Marktes vornehmen zu können. Aus diesem Grund wird dies als eine typische Methode zur Marktsegmentierung angesehen. Die Merkmale innerhalb der Klassen sollen möglichst homogen sein, um eine zielgerichtete Segmentierung zu erreichen.<sup>92</sup>

In der Clusteranalyse wird nach Ähnlichkeiten in der Ausprägung von Attributen geachtet. Es ist hierbei anzumerken, dass die Differenzierung zwischen den Clustern möglichst groß sein soll. Welche Art von Daten für die Clusterung verwendet wird, ist nebensächlich. So können, im Gegensatz zur Faktorenanalyse relativ einfach nicht metrische und metrische Variablen miteinander kombiniert werden. Die optimale Anzahl von Klassen wird in der Literatur kaum vorgeschrieben, da diese abhängig vom zugrundeliegenden Untersuchungszweck steht. Neben der Marktsegmentierung selbst wird die Clustermethode für die Erstellung von den in Abschnitt 3.3.5 beschriebenen Typologien verwendet.<sup>93</sup>

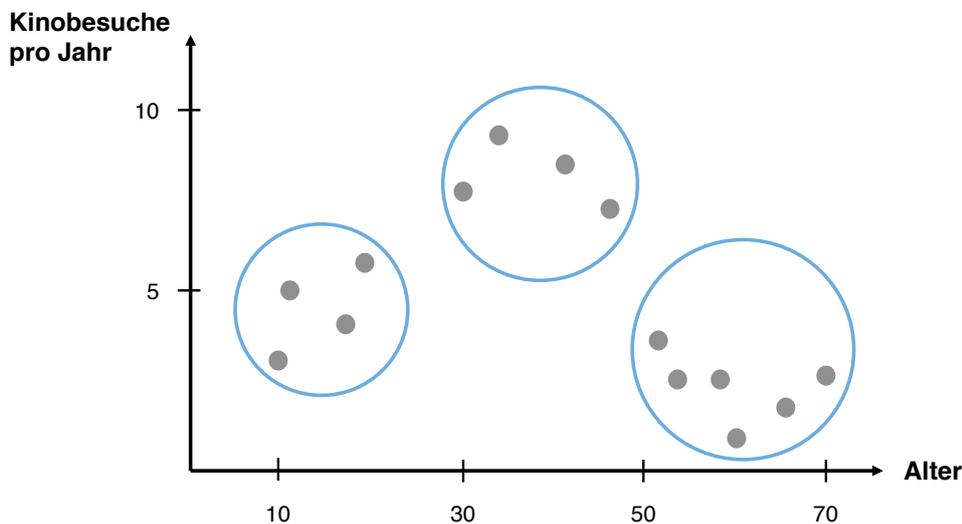


Abb. 12: Beispiel der Clusteranalyse anhand zwei Variablen, Quelle: Kuß (2012), S. 282.

Abb. 12 veranschaulicht die Methode der Clusteranalyse an dem einfachen Beispiel von Kinobesuchen pro Jahr in Bezug auf das Alter der Kinobesucher. In der Realität dienen weitaus mehr Merkmale als Grundlage der Analyse. Als wichtiger Punkt bei der Clusteranalyse ist der Schritt der Cluster-Erstellung durch die folgenden Verfahren zu nennen, welche auch Clusteralgorithmen bzw. Fusionsalgorithmen bezeichnet werden. Zum einen existieren hierarchische Verfahren, in welchen agglomerativ (ausgehend von der feinsten Gliederung, die Elemente Clustern) oder mittels divisiven Verfahren (Schrittweise Zerteilung in Cluster) vorgegangen wird. Partitionierende Verfahren wie der K-Means-Algorithmus wiederum berücksichtigen bereits existierende Gruppierungen und ordnen diesen den jeweiligen Objekten zu oder strukturieren die Objekte entsprechend einer gegebenen Anzahl von einzelnen Segment um.<sup>94</sup>

<sup>92</sup> Vgl. Meffert (1992), S. 267.

<sup>93</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 212-213.

<sup>94</sup> Vgl. Kuß (2012), S. 281-284.

### 3.4.3 Multidimensionale Skalierung

Die Methode der Multidimensionalen Skalierung befasst sich mit dem Vergleich unterschiedlicher Merkmale. Von der Menge der Daten werden je zwei Merkmale miteinander verglichen. Dies wird solange durchgeführt, bis alle Daten miteinander verglichen wurden. Das Ergebnis der Auswertung kann im Anschluss zusammengefasst werden und ermöglicht so eine Positionierung der Merkmale in einem mehrdimensionalen Raum. Je weiter die Merkmale voneinander entfernt sind, desto unabhängiger sind sie voneinander. Metrische Daten wie Entfernungen können miteinander verglichen werden, jedoch ist dies nicht als Grundvoraussetzung zu betrachten. Diese Daten können anschließend von einer tabellarischen Form in eine Achsenskala eingetragen werden und somit die optische Veranschaulichung der ausgewerteten Daten ermöglichen. Abb. 13 zeigt das Prinzip der multidimensionalen Skalierung anhand der Durchführung dieser mit geographischen Distanzen zwischen deutschen Städten. Dies ist ebenso für die Positionierung von Marken, Produkten oder anderen Objekten geeignet.<sup>95</sup>

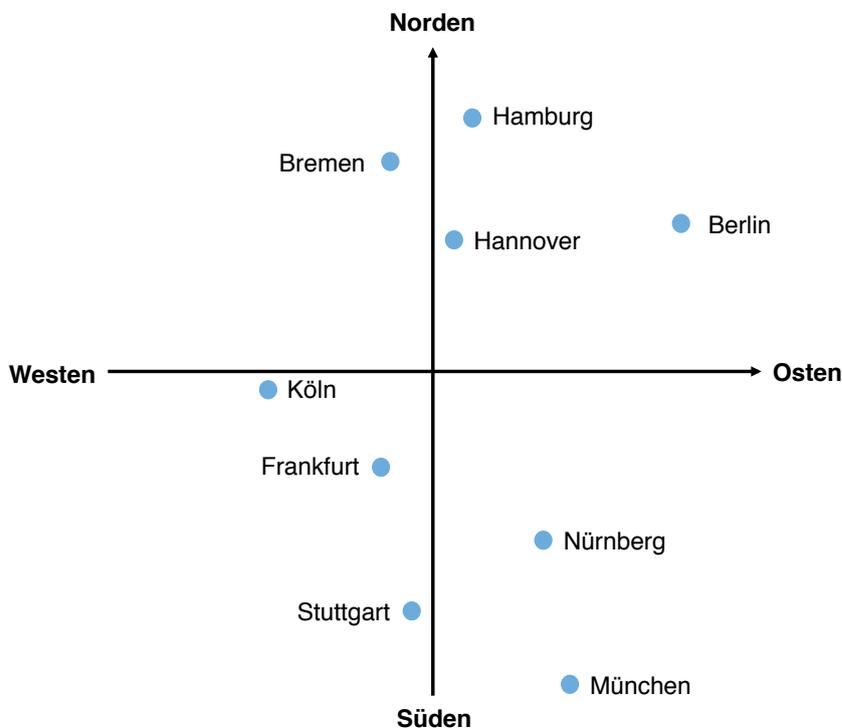


Abb. 13: Räumliche Positionierung deutscher Städte mithilfe der MDS-Methode, Quelle: Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 215.

### 3.4.4 Conjoint-Analyse

Das Verfahren der Conjoint-Analyse nutzt bei der Käufereinschätzung einen anderen Zugang als die bisher beschriebenen Methoden. Anstelle der direkten Befragung zu bevorzugten bzw. wichtigen Merkmalen werden den Testpersonen ähnliche Produkte vorgeschlagen, welche sich in den jeweiligen Merkmalen unterscheiden. Durch die getroffenen Entscheidungen der Personen ist so die Wichtigkeit gewisser Attribute zu erkennen. Der zentrale Gedanke der Conjoint-Analyse teilt den jeweiligen Merkmalen in ihrer Erscheinungsform einen gewissen Teilnutzen zu. Die Summe der Teilnutzen führt in

<sup>95</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 214-216.

weiterer Folge zum Gesamtnutzen für die Endkunden. Als Erweiterung bietet sie aber ebenso die Möglichkeit, den Zusammenhang bzw. die Abhängigkeit der einzelnen Merkmale voneinander zu erkennen. So kann die Abnahme eines wichtigen Merkmales durch die positive Wirkung eines zweiten Teilnutzens kompensiert werden. Neben der Betrachtung der Merkmale als gleichwertige Elemente kann diesen auch eine relative Wichtigkeit zugeteilt werden, welche sich aus der Erkenntnis über die Auswirkung von Schwankungen einzelner Attribute ergeben kann.<sup>96</sup>

## **3.5 Methoden zur Variantenstrukturierung**

Die vorangegangenen Abschnitte geben einen Einblick in die möglichen Methoden zur Marktsegmentierung für OEMs sowie für Zulieferbetriebe. Zwar ist es mit ihnen möglich, essentielle marktkritische Attribute zu identifizieren, kombinieren und auszuwerten, jedoch bleibt die technisch sinnvolle Realisierung unbeachtet. Um einen Überblick über die Vorgehensweisen zur Variantengliederung bzw. ihre Strukturierung zu erhalten, wird im folgenden Abschnitt diese Thematik näher betrachtet.

### **3.5.1 Strukturierung anhand Stücklisten**

Die Strukturierung anhand diverser Ausgestaltungsmöglichkeiten von Stücklisten ist für einen Großteil der Unternehmen kein Neuland. Die Stücklisten dienen dazu, den Aufbau der einzelnen Produkte zu dokumentieren und so für alle Bereiche des Unternehmens, wie Montage und Beschaffung zur Verfügung zu stellen. Die Produkte selbst werden in der Stückliste entsprechend dem Aufbau in Unterbaugruppen und darunter in einzelne Komponenten untergliedert.<sup>97</sup>

Die folgenden drei Varianten von Stücklisten (Mengenstückliste, Strukturstückliste, Baukastenstückliste) spiegelt die Einteilung nach Eversheim wider.<sup>98</sup>

#### **3.5.1.1 Mengenstückliste**

Die einfachste Darstellungsform von Produktstrukturen bietet die Mengenstückliste. Diese gibt Auskunft über die im Produkt enthaltenen Teile und deren Verwendungsanzahl. Was jedoch fehlt ist die Zuordnung der Komponenten zu einzelnen Unterbaugruppen. Durch diese Darstellung wird die Funktionsstruktur aufgelöst. Die benötigten Teile können somit für die reine Vorabkalkulation der Kosten betrachtet werden. Für den Montageablauf ist diese nicht heranzuziehen.

#### **3.5.1.2 Strukturstückliste**

Um den strukturellen Aufbau des Produktes ebenso in der Stückliste festzuhalten, bietet sich die Verwendung von Strukturstücklisten an. Hierbei werden die Teile nicht aus dem Bezug gerissen, sondern spiegeln den tatsächlichen Aufbauzustand wider. So beinhalten die Unterbaugruppen ihre zugeordneten Teile und die Strukturstufen werden in einer Spalte dargestellt. Aufgrund der Zuordnung besitzt diese Art von Stücklisten den Vorteil, dass sie ebenso für komplexe Produkte angewendet werden kann und nach

---

<sup>96</sup> Vgl. Kuß (2012), S. 276-280.

<sup>97</sup> Vgl. Eversheim (1996), S. 66 f.

<sup>98</sup> Vgl. Eversheim (1990), S. 108-113.

wie vor eine Nachvollziehbarkeit des Aufbaus beibehält. Allerdings gilt für die Mehrfachlistung von Komponenten (z.B.: Schrauben), dass diese bei einem hohen Wiederverwendungsgrad der Bauteile unübersichtlich werden können.

### 3.5.1.3 Baukastenstückliste

Bei hochkomplexen Produkten, welche sich aus vielen Unterbaugruppen bzw. einer großen Anzahl von Ebenen bietet, kristallisiert sich die Verwendung von Baukastenstückliste als bevorzugte Art der Stückliste heraus. In den Produkt- bzw. Erzeugnisstücklisten finden sich die direkt verbauten Einzelkomponenten und Unterbaugruppen wieder. Die detaillierte Unterteilung der Unterbaugruppen wird in eigenen Baugruppenstücklisten sichergestellt.

### 3.5.1.4 Variantenstückliste

Die drei beschriebenen Stücklistenmethoden dienen gut zur Beschreibung von Produkten. Durch die Komplexität in den Strukturen bei variantenreichen Erzeugnissen wurden weitere Methoden zur Gliederung notwendig.<sup>99</sup>

Die Gleichteilestückliste unterteilt die Varianten und somit die Produkte in variantenspezifische Komponenten und Unterbaugruppen sowie in Gleichteile. Durch diese Methode wird verhindert, dass sich die Komplexität in der Variantendokumentation unnötig erhöht.<sup>100</sup>

Durch die Zusammenfassung der Gleichteile in geordnete Strukturen ermöglicht sich die Adaption der Lagerhaltung. Sowohl die Gleichteilekomponenten als auch die varianteneigenen Komponenten werden zusammengefasst und entsprechend verwaltet.<sup>101</sup>

Eine Stücklistenvariante bedeutet die Verwendung von Plus/Minus-Stücklisten. Dadurch wird ausgedrückt, ob Teile für eine Variante hinzukommen oder abgezogen werden. Komplexe Variantenstrukturen lassen sich somit innerhalb einer Stückliste verwalten.<sup>102</sup>

Allen Strukturierungsmethoden ist gemein, dass zuerst die Kenntnis über die Kundenanforderungen den Grundbaustein für die folgende Entwicklung legt. Das Verständnis über die Verknüpfungen zwischen Kundenanforderungen und den entsprechenden Produktcharakteristika ist von enormer Wichtigkeit, um eine Übertragung der Kundenanforderungen auf einzelne Komponentenanforderungen und Produktmerkmale durchführen zu können.

## 3.5.2 Merkmals-Ausprägungs- und Kombinationsmatrix

In diesen Matrixstrukturen werden alle produktrelevanten Merkmale aufgenommen und anschließend eine tabellarische Kombination der Merkmale durchgeführt. Diese Methode bietet sich sehr als Ausgangsgrundlage für die Erstellung eines Variantenbaums an. Grundlegend bei dieser Strukturierungsmethode ist die Vorgehensweise, ein Regelwerk für die möglichen Kombinationen

---

<sup>99</sup> Vgl. Eversheim (1996), S. 68.

<sup>100</sup> Vgl. Herstatt (1996), S. 72, zitiert nach: Schuh (2005), S. 143 f.

<sup>101</sup> Vgl. Schönsleben (2007), S. 380.

<sup>102</sup> Vgl. Schönsleben (1998), S. 259.

festzulegen, welche sich sowohl auf technische aber auch wirtschaftliche Faktoren beziehen.<sup>103</sup> So ergeben sich sowohl eine Merkmalsausprägungsmatrix als auch eine Kombinationsmatrix. Durch die Frühzeitige Betrachtung sind die möglichen Varianten vorauszuahnen.<sup>104</sup>

### 3.5.3 Variantenbaum vs. Merkmalbaum

Die vorhandene Datenbasis wird verwendet, um Strukturierungen aus unternehmensinterner und -externer Betrachtungsweise durchzuführen. Die externe Sichtweise befasst sich mit den geforderten Merkmalen. Diese Merkmale können in Form von Merkmalbäumen realisiert werden. Der Merkmalbaum beschreibt zum einen geforderte Kombinationen, nimmt jedoch auch Rücksicht auf unmögliche Kombinationen. Mithilfe der internen Betrachtung lässt sich die im Zuge der Produktentstehung notwendige Variantenvielfalt entlang des gesamten Wertschöpfungsprozesses darstellen. Diese Methode zur Visualisierung der Vielfalt wird als Variantenbaum bezeichnet.<sup>105</sup>

Schuh implementiert in der Methode des Variantenbaums weiterführende Informationen zur Montagereihenfolge im Zuge der Produktion hinzu. Diese Ablesbarkeit ist durch die Verwendung von Montagefolgenummerierungen der Komponenten gewährleistet. In weiterer Folge lässt sich mit einem Blick auf den Variantenbaum bereits die möglichen Varianten von Komponenten der Produkte erkennen. Werden diese im Variantenbaum parallel angeordnet und sind diese mit einer dicken Linie umrandet, so handelt es sich hierbei um die Variationsmöglichkeit von austauschbaren Komponenten. Die Verbindungslinien ermöglichen die Nachverfolgung der zu montierenden Bauteile. Produktvarianten werden auf gleicher Ebene aufgelistet.<sup>106</sup>

---

<sup>103</sup> Vgl. Schuh/Jonas (1997), S. 20, zitiert nach: Schuh (2005), S. 145.

<sup>104</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 145 f.

<sup>105</sup> Vgl. Schuh/Krumm/Amann (2013), S. 86-88.

<sup>106</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 158 f.

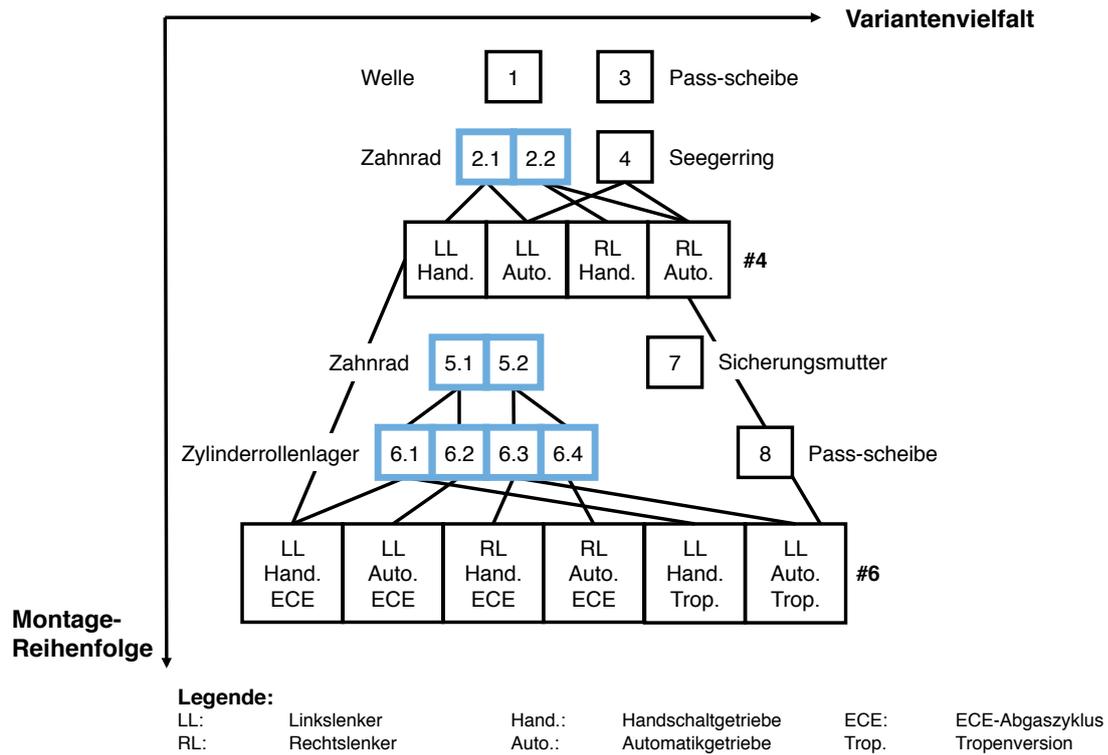


Abb. 14: Strukturierungsunterstützung auf der Basis der Variantenbaumstruktur, Quelle: Schuh (2005), S. 159, nach: Schuh/Jonas (1997) S. 27.

Abb. 15 stellt nochmals den eben erwähnten Zusammenhang von Merkmalbaum und Variantenbaum mit internen und externen Sichtweisen dar.

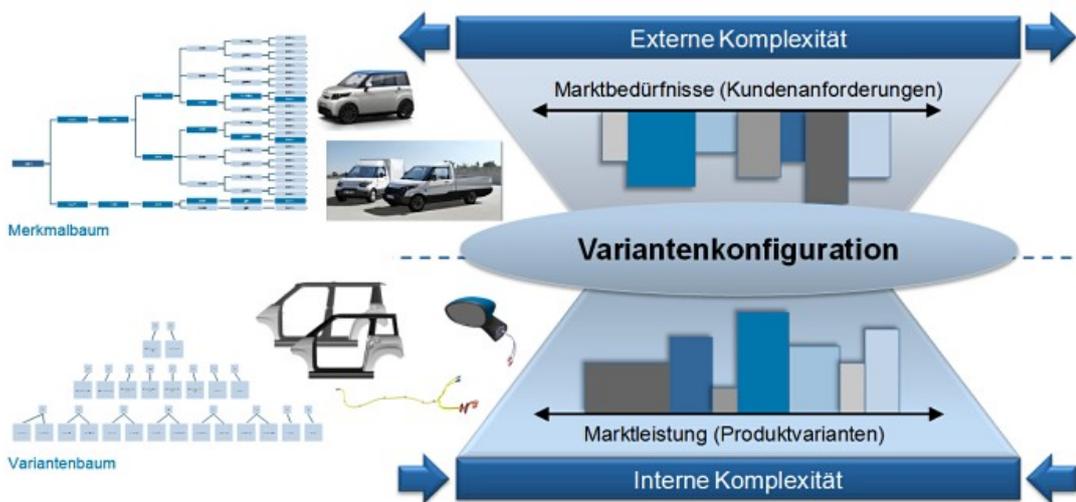


Abb. 15: Interne und externe Komplexitätssicht auf die Produktvielfalt, Quelle: Schuh & Co. GmbH (2016), Onlinequelle [16.04.2016]

## 4 VARIANTENMANAGEMENT IN DER IMPLEMENTIERUNG

*„In einem Unternehmen der Energiewirtschaft kursiert dazu folgendes Bonmot: >Wenn die ganze Welt von einem atomaren Super-GAU zerstört wäre, und nur die Zentrale unseres Unternehmens stünde noch – wir würden locker fünf Jahre unbeirrt weiterarbeiten<“<sup>107</sup>*

Die beschriebenen Methoden in Abschnitt 3 bilden ein Überblick an Werkzeugen, welche zur Festlegung von modularen Baukastenstrukturen dienen. Sie sind zwar nach Zugehörigkeit gegliedert, ihre Abfolge ist jedoch bisher nicht weiter definiert. Ein Ziel der Arbeit ist es, eine Vorgehensweise zu entwickeln, wie die Festlegung durchgeführt werden kann. Um dies zu tun, ist die Kenntnis von bestehenden Prozessen bzw. Vorgehensmodellen in der Automobilindustrie relevant. Dieser Abschnitt soll bestehende Modelle aufzeigen und die Erkenntnisse für die eigene Erstellung eines geeigneten Vorgehensmodells zugrunde legen.

### 4.1 Ablauf von Entwicklungsprozessen in der Automobilindustrie

Die Entwicklung bei Automobilherstellern und Zulieferbetrieben untergliedert sich ebenso wie in anderen Branchen in strukturierte Vorgehensmodelle.<sup>108</sup> Die Einzelschritte werden in die unterschiedlichsten Erscheinungsformen gegliedert. Im folgenden Abschnitt werden bestehende Vorgehensweisen beleuchtet und im Allgemeinen ihre Inhalte beschrieben.

Mithilfe der Anwendung von Modellen in der Produktentwicklung ist es den Unternehmen möglich, ihre Arbeitsaufgaben in eine Abfolge zu bringen, welche durchlaufen werden muss. Ihre Erscheinungsformen sind spezifisch (u.a. abhängig von Problemstellungen, Detaillierungsgrade), wodurch sie eine Anpassungsfähigkeit besitzen müssen und sich je nach Anforderungen unterschiedlich ausgestalten.<sup>109</sup>

#### 4.1.1 Allgemeine Darstellung von Vorgehensmodellen in der Entwicklung

Klassischerweise dienen Phasenmodelle der Unterteilung der Entwicklungsprojekte in kleinere Teilschritte bzw. Tätigkeiten. Am Ende jeder abgearbeiteten Phase sind Ergebnisse abzuliefern, welche im Vorhinein definiert werden. Die einfachste Methode ist die Unterteilung in fünf Phasen, welche sich in Anforderungsanalyse, Spezifikation, Entwurf, Implementierung und Testung der Produkte untergliedert. Begleitet werden diese Phasen von übergreifenden Aktivitäten sowie von Managementaktivitäten im Verlauf des gesamten Projektes. Die prinzipielle Darstellung eines Fünf-Phasenmodells ist in Abb. 16 ersichtlich.<sup>110</sup>

---

<sup>107</sup> Sprenger (2015), S. 124.

<sup>108</sup> Vgl. Holzbaur (2007), S. 49.

<sup>109</sup> Vgl. Lindemann (2009), S. 35-39.

<sup>110</sup> Vgl. Holzbaur (2007), S. 149 f.

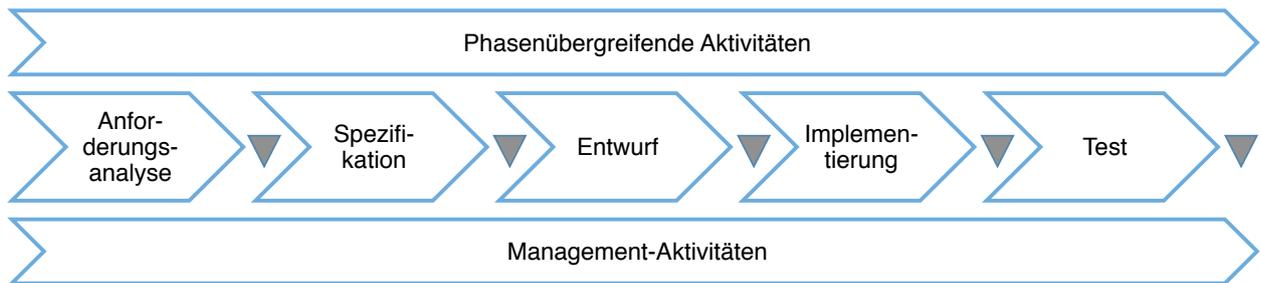


Abb. 16: Prinzipielle Darstellung eines Fünf-Phasenmodells, Quelle: Holzbaur (2007) S. 150.

Die Prozessdarstellung für Planung und Konstruktion wurde nach der Norm VDI 2221 in der ‚Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme‘ beschrieben. Abb. 17 stellt den Prozess im Detail dar. Darin werden die einzelnen Prozessschritte abgearbeitet, es ist jedoch ein Vor- und Zurückspringen zwischen den Phasen möglich. Ebenso werden die jeweiligen Ergebnisse der Prozessschritte dargestellt (z.B.: Anforderungsliste, Lösungsansätze sowie die notwendige Produktdokumentation).<sup>111</sup>

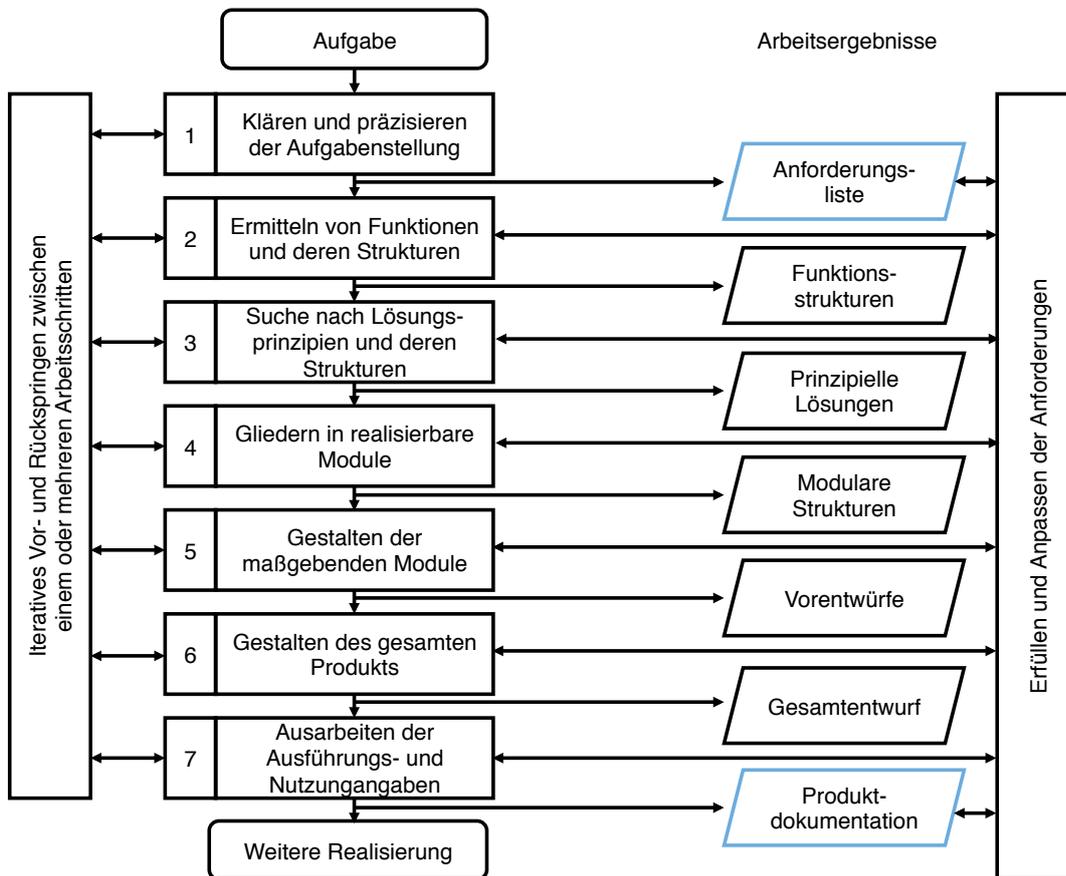


Abb. 17: Planungs- und Konstruktionsprozess nach VDI 2221, Quelle: VDI 2221 (1993), S. 9, zitiert nach: Müller (2013), S. 171.

An dieser Stelle gilt es ferner zu erwähnen, dass sich die beschriebene Modularisierung in die Untergliederung der Module, ihrer Konkretisierung und Festlegung unterteilt. Mit jedem Schritt steigt der

<sup>111</sup> Vgl. VDI 2221 (1993), S. 9-11, zitiert nach: Müller (2013), S. 169-172.

Reifegrad der Module und diese entwickeln sich auf diese Art stets weiter, bis aus den einzelnen Konzepten detailliert ausgearbeitete Komponenten und Produkte entstehen.<sup>112</sup>

#### 4.1.2 Das V-Modell als Entwicklungsvorgehensweise

Eine beliebte Darstellung der Entwicklungsprozesse spiegelt das V-Modell wider. Besonders geeignet ist diese Art des Vorgehens für Softwareentwicklungen bzw. bei Kombinationen von Hardware und Software. Eine Vielzahl von Bausteinen findet darin ihre Zuordnung im gesamten Entwicklungsprozess. Unter anderem stellen eine Systemanforderungsanalyse, ein Systementwurf, ein Grobentwurf mit anschließender Verfeinerung sowie eine Systemintegration Kernelemente des Prozessablaufes dar. Den Anforderungen der jeweiligen Unternehmen und Entwicklungsprojekte entsprechend können Teilschritte adaptiert werden. Im V-Modell sind ebenso wie im Fünf-Phasenmodell sowohl durchzuführende Aktivitäten und die zugehörige Dokumentation inbegriffen. Abb. 18 veranschaulicht den prinzipiellen Aufbau des Modelles nach Böhm, welches für die Softwareentwicklung seine Anwendung findet.<sup>113</sup>

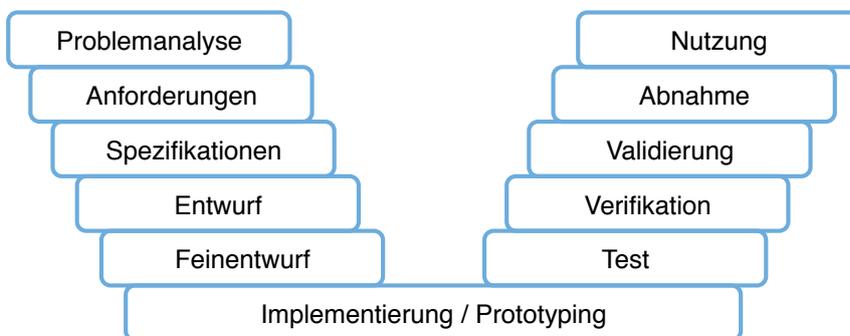


Abb. 18: Prinzipdarstellung des V-Modells, Quelle: Böhm (1981), o.S., zitiert nach: Holzbaur (2007), S. 151.

Das V-Modell bietet sich hervorragend für die Entwicklung von mechatronischen Systemen an. Hierbei werden bereits am Beginn der Entwicklungsphase die Produkte in Komponenten gegliedert, welche bestimmte Teilfunktionen des zukünftigen Endproduktes innehaben. Diese Teilfunktionen sind nicht länger auf eine Branche bzw. Wirkungsweise gebunden. So ist eine Unterteilung in elektronische und mechanische Baugruppen, welche sich wechselseitig beeinflussen, legitim. Abb. 19 verbildlicht die detaillierte Darstellung dieses Modells. Beginnend mit der Anforderungsanalyse wird ein Systementwurf erstellt, und, wie oben bereits angeführt, die Funktion des Produktes in Teilsegmente unterteilt wie auch den jeweiligen Komponenten zugeordnet. Im weiteren Schritt ist erkennbar, dass die Teilfunktionen entsprechend ihrer Bereichszugehörigkeit simultan entwickelt und die Aufgaben entsprechend abgearbeitet werden. Dies stellt die horizontale Ebene dar. In der Systemintegration werden folglich die einzelnen Komponenten kombiniert und die Systemleistungen verifiziert. Hierbei erfolgt der Abgleich der definierten Spezifikationen und der tatsächlich erreichten Werte. Die Abarbeitung der Beschriebenen Teilschritte wird stets begleitet von der Modellbildung und -analyse. Am Ende des erfolgreichen

---

<sup>112</sup> Vgl. Holzbaur (2007), S. 50 f.

<sup>113</sup> Vgl. Holzbaur (2007), S. 150 f.

Durchlaufes des Modells steht das Produkt, welches den eingangs definierten Anforderungen entspricht und an den (End-)Kunden verkauft werden kann.<sup>114</sup>

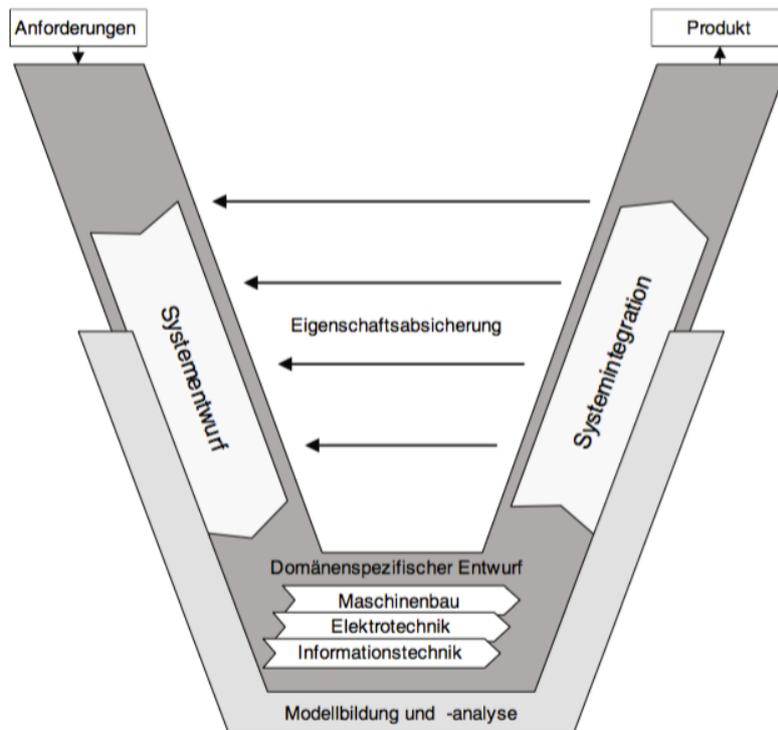


Abb. 19: Entwicklungsprozess mechatronischer Systeme, Quelle: VDI 2206 (2004), S. 29, zitiert nach: Müller (2013), S. 173.

### 4.1.3 Vorgehensmodell in Anlehnung an die Entwicklung bei OEMs

Aufgrund ihrer historischen Entwicklung der Prozesse ist kaum ein allgemeingültiger Entwicklungsprozess über mehrere unterschiedliche Automobilhersteller identifizierbar. Trotzdem weisen alle gleiche Charakteristika auf, welche sich in einem Modell ohne Anspruch auf Allgemeingültigkeit skizzieren lassen. In diesem Modell wird der Entwicklungsprozess in sechs einzelne Phasen unterteilt, welche sich aus Vorentwicklung, Produktdefinition, Produktentwicklung, Vorserien- und Serienphase zusammensetzt.<sup>115</sup>

Der erste vorgelagerte Schritt der Vorentwicklung findet unabhängig von Serienentwicklungsprojekten bzw. einzelnen Fahrzeuggestaltungsprozessen statt. Ziel der Vorentwicklung ist es, Innovationen mit Unternehmens- und Produktstrategien zu kombinieren und eine grundlegende Entwicklung für die Automobilhersteller voranzutreiben. Entsprechend interner Ziele und Strategien werden Vorentwicklungsprojekte je nach Anwendungstauglichkeit den Produkten bzw. Fahrzeugsegmenten zugeordnet und an den Serienentwicklungsprozess übergeben.<sup>116</sup>

Über alle Phasen hinweg wird die Reife des Fahrzeuges weiterentwickelt. Im Rahmen der Definitionsphase finden die ersten Schritte statt, zu welchen die Definition von Zielsetzungen und

<sup>114</sup> Vgl. VDI 2206 (2004), S. 29-45, zitiert nach: Müller (2013), S. 172-174.

<sup>115</sup> Vgl. Schömann (2012), S. 84 f.

<sup>116</sup> Vgl. Lührig (2006), S. 28f., zitiert nach: Schömann (2012), S. 87.

technischen Konzepten zählt. Alle Anforderungen an Fahrzeuge und Fahrzeugstrukturen werden gesammelt und in Form von Lastenheften aufbereitet, was ebenso den Abschluss der Definitionsphase darstellt.<sup>117</sup> Zu diesem Zweck werden die erforderlichen Funktionen definiert. Neben der technischen Festlegung findet auch eine Zeitplanung statt.

Die Konzept- und Serienentwicklung sind Teil der Produktentwicklung. Beginnend von der Konstruktion der Konzepte über Prototypen inklusive entsprechender Erprobungen geht es mit steigendem Reifegrad bis hin zur abgeschlossen Serienentwicklung.<sup>118</sup>

Der Prozessschritt der Vorserie dient dazu, Produktionsprozesse der nachfolgenden Serienfertigung abzustimmen. Um dies realisieren zu können, werden erste Fahrzeuge der Serie produziert und dieses Vorgehen im Detail analysiert. Die Produktionsprozesse sind hierbei bereits an diejenigen der Serie angelehnt. Der Übergang von der Vorserie zum Serienanlauf wird durch den definierten Zeitpunkt des SOPs (Start of Production) signalisiert.<sup>119</sup>

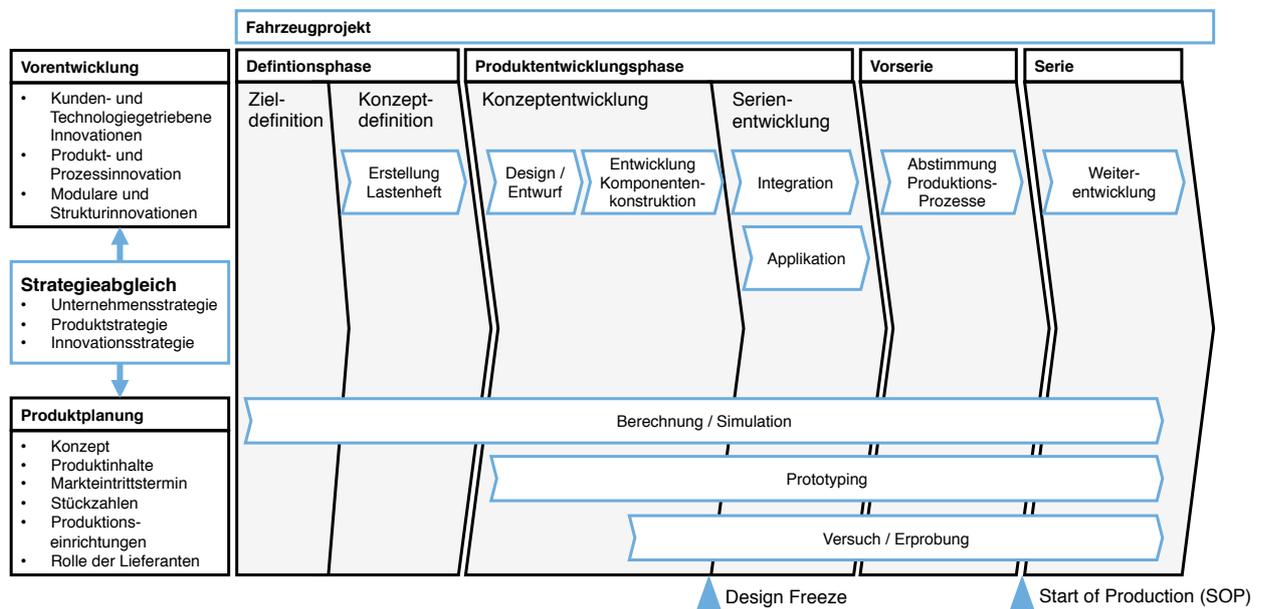


Abb. 20: Produktentwicklungsprozess in der Automobilindustrie, Quelle: Schömann (2012), S. 86.

#### 4.1.4 Auswirkungen auf bestehende Entwicklungsprozesse

Zusammenfassend betrachtet bestehen unterschiedliche Vorgehensweisen zur Entwicklung von Produkten. Einige Modelle verweisen bereits auf den Aspekt der Modularisierung von Bauteilen, welchen Funktionen bzw. Anforderungen zugeteilt sind.

Bei der Betrachtung der Automobilindustrie ist festzuhalten, dass die Entwicklung der Plattformen und modularen Produktstrukturen selbst stets an die Produktlebenszyklen der jeweiligen Fahrzeuge gekoppelt ist. Abb. 21 zeigt die Eingliederung der Plattformentwicklung in die Produkt- und Technologieentwicklung.

<sup>117</sup> Vgl. Schaaf (1999), S. 34.

<sup>118</sup> Vgl. Braess/Seiffert (2013), S. 1143-1152.

<sup>119</sup> Vgl. Schömann (2012), S. 88.

Darin ist die ideale abgeschlossene Entwicklung der Plattform vor Projektstart der Produktentwicklung ersichtlich, wodurch sich die Abhängigkeit zum Produktlebenszyklus erklärt.<sup>120</sup>

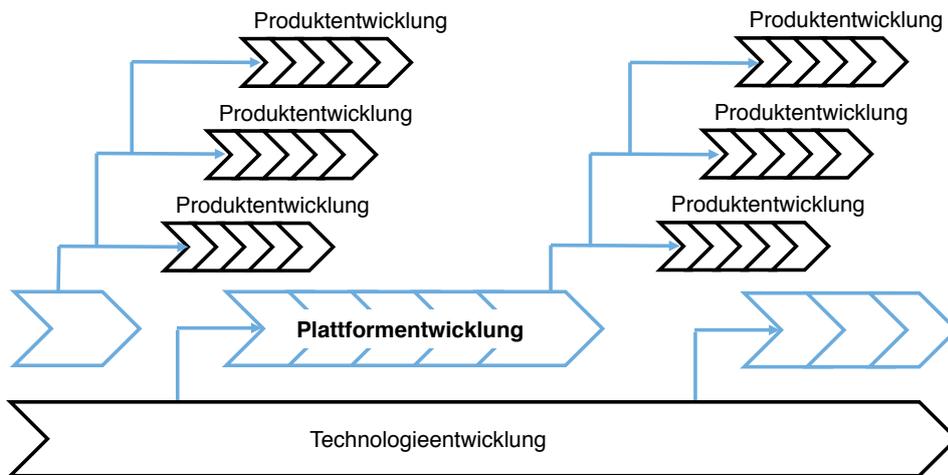


Abb. 21: Trennung der Plattformentwicklung und zeitliche Eingliederung, Quelle: Müller (2006), S. 140.

Treten Probleme in der Endproduktentwicklung auf, besteht das Risiko, dass die Ressourcen von der Plattformentwicklung bzw. Modulentwicklung abgezogen werden. Eine organisatorische Trennung von Technologie-, Plattform- und Produktentwicklung innerhalb der Unternehmen erweist sich in weiterer Folge als vorteilhaft, da die benötigten Ressourcen festgelegt und zugeteilt sind.<sup>121</sup>

## 4.2 Erforderliche Eingriffe in die Organisationsstrukturen

Die Umstellung der Produktstrukturen sowie der Unternehmensprozesse erfordert bei konsequenter Umsetzung ebenso strukturelle Adaptionen innerhalb der Organisationen. Diese Anpassungen sind sowohl auf der Seite der OEMs als auch seitens der Lieferanten relevant, um den neuen Herausforderungen gewachsen zu sein. Die Verantwortungsschwerpunkte bei der Entwicklung von Modulen aus modularen Baukästen verlagert sich stetig in Richtung kompetenter Zulieferbetriebe, wohingegen die Automobilhersteller vermehrt die Handhabung und Abstimmung zwischen den unterschiedlichen Schnittstellenbereichen meistern müssen. Im Allgemeinen ist anzumerken, dass die Modularisierung der Produkte zu einer Trennung von Modulentwicklung und Fahrzeugentwicklung führt.<sup>122</sup>

### 4.2.1 Organisatorische Anpassung bei den Automobilherstellern

Um den eben beschriebenen Anforderungen gerecht zu werden, bietet sich nach Hüttenrauch/Baum eine Unterteilung der Aufgaben auf Modul- und Produktmanager an, deren Aufgaben in den folgenden drei Absätzen im Detail beschreiben werden:<sup>123</sup>

<sup>120</sup> Vgl. Müller (2006), S. 139 f.

<sup>121</sup> Vgl. Müller (2000), S. 127 f., zitiert nach: Müller (2006), S. 139 f.

<sup>122</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 141 f.

<sup>123</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 142-145.

Die Unterteilung in modul- und in fahrzeugspezifische Einheiten ist stark von der Abgrenzung in der Entwicklung getrieben. So müssen auch diese beiden Aspekte eigenständige Organisationseinheiten besitzen, welche die Kompetenz von Funktionen wie Einkauf, Marketing, Entwicklung und Produktion vereinen. Eine Differenzierung hinsichtlich unternehmensinterner Entwicklung oder extern zugekauften Modulen spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Dem gegenüber ist es von enormer Bedeutung, die jeweiligen Schnittstellen und Aufgabenbereiche zwischen Modulmanagern und Fahrzeug- bzw. Endproduktmanagern klar zu definieren, um etwaige Reibungsverluste aufgrund unklarer Aufgabenteilung zu vermeiden oder zu reduzieren. Über die gesamten Modul- und Produktlebenszyklen arbeiten die entsprechenden Teams sowie die Manager in diesen Projekten. Neben der Unterteilung in separate Projektteams ist ebenso eine Untergliederung in Kompetenzbereiche in einigen Organisationsabteilungen wie beispielsweise Marketing und Einkauf sinnvoll.

Das Profil der Modulmanager umfasst ein breites Feld an Fähigkeiten. So sind Kompetenzen in den Bereichen Wettbewerbs- und Marktanalysen, Kenntnisse über Strategien zur Innovation von Produkten, Koordination der Entwicklung, Beschaffung sowie ein ganzheitliches Denken im Sinne der Nutzung von Synergieeffekten der Module in den jeweiligen Produkten von Relevanz. Die Produktmanager (Fahrzeugverantwortlichen) sowie die Modulmanager müssen ihre Fähigkeiten im Zuge des gesamten Lebenszyklus begleiten und zählen somit zu den Trägern dieser Umstrukturierung.

Neben den oben beschriebenen Anforderungen ist eine neue Sichtweise der OEMs auf die jeweiligen Zulieferbetriebe erforderlich. Die Beziehung zwischen Kunden und Lieferanten verändert sich hin zu einer Entwicklungspartnerschaft, wenn die Produkte und Module ganz im Gegensatz zu derzeitigen Denkmustern nicht mehr nur rein kostengünstig, sondern auch in angemessener Qualität bezogen werden. Priorität liegt im Zuge der Modularisierung auf die Einbindung der Lieferanten in die Fahrzeugentwicklung zur Gestaltung des Endproduktes.

### **4.2.2 Neue Positionierung der Lieferanten im Zuge modularer Produktstrukturen**

Aus dem vorangegangenen Abschnitt ist ersichtlich, welche Neupositionierung die Lieferanten im Wettbewerbsumfeld einnehmen. In den folgenden zwei Absätzen werden die Anforderungen an die Zulieferbetriebe nach Hüttenrauch/Baum einer näheren Betrachtung unterzogen:<sup>124</sup>

Aufgrund der Herausforderungen im Umgang mit den Kunden im Sinne der OEMs nimmt die Marktkenntnis einen essentiellen Standpunkt ein. Ebenso müssen die Lieferanten nun mehr denn je die Merkmalsausprägungen der Kunden (Markenaufladung) verstehen und mit ihren Produkten unterstützen. Dies wurde eingangs bereits in Abschnitt 3.2.1 ausführlich beschrieben. Neben dem Erkennen der Kundenbedürfnisse bilden sich neue Fähigkeiten aus, welche Lieferanten mit modularen Baukastenprodukten beherrschen müssen. Zu aller erst sind die bestehenden Produkte entsprechend zu adaptieren, dass standardisierte interne Schnittstellen implementiert werden. Diese Schnittstellen ermöglichen die entsprechende Austauschbarkeit gleichwertiger Module. Aufbauend auf diese Austauschbarkeit ist es in weiterer Folge ohne weiteres möglich, neue Module zu entwickeln und diese den Kunden anzubieten. Die neuartigen Module erfordern ein starkes Augenmerk auf innovative

---

<sup>124</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2008), S. 146-164.

Technologien und Produkte, um sich zum einen vom Wettbewerb trotz Modularisierung zu differenzieren und zum anderen die entsprechenden Bedürfnisse der Endkunden auf längere Sicht zu erfüllen.

Die Marktforschung als zentrale Kompetenz der Zukunft dient als Input für die neuen Positionen der Kunden- sowie Modulmanager. Erstere ersetzen keineswegs bestehende Vertriebsbereiche, sondern bringen die Kenntnis über die OEMs in den Entwicklungsbereich. Sie sollen den Kunden verstehen und zum Teil unausgesprochene Bedürfnisse in Kundenprojekte der Unternehmungen miteinbeziehen. Die Modulmanager wiederum weisen ähnliche Charakteristika wie bei jenen in Abschnitt 4.2.1 auf. Die internen und externen Schnittstellen zu den jeweiligen Komponenten ist von den Modulmanagern entsprechend zu koordinieren.

### **4.3 Auswirkungen auf die Unternehmensbereiche**

Die Neuausrichtung der Produktstrukturen bestehender Unternehmen zieht eine Reihe von notwendigen Adaptionen in den einzelnen Bereichen mit sich. Es stellt sich hierbei die zentrale Frage, wie stark die unterschiedlichen Unternehmensbereiche mit den modularisierten Baukastenstrukturen umgehen und diese managen.

#### **4.3.1 Entwicklung**

Eine Vielzahl von bevorstehenden Veränderungen im Bereich der Entwicklung wurde bereits in Abschnitt 3 erläutert. Die Trennung der Entwicklungen von Produkten und Modulen eröffnet die Frage, wie und wo wiederum eine Zusammenführung bzw. entsprechende Schnittstellen angesiedelt sind. Wie sich dies realisieren lässt, soll in Abschnitt 5 dargestellt und im Zuge der empirischen Untersuchung auf Verwendbarkeit überprüft werden.

Als zentrales Element ist jedoch die Aufteilung der Entwicklung nach Produkt- und Modulbereichen hervorzuheben. Wird dies verabsäumt, ist als Folge der daraus resultierenden Probleme eine Priorisierung der vorhandenen Ressourcen auf die Produktentwicklung zu erwarten.<sup>125</sup>

#### **4.3.2 Produktion und Montage**

Im Bereich der Produktion ist zu erkennen, dass die Vielfalt der Produkte in engem Zusammenhang mit den Produktionskosten steht. Dies liegt in der Notwendigkeit nach zusätzlichen Koordinationsaufwendungen hinsichtlich unter anderem der Materialwirtschaft und der Produktionssteuerung. Des Weiteren ist anzumerken, dass sich die Zeiten der Unproduktivität (wenn beispielsweise eine Maschine auf die Fertigung einer neuen Variante umgerüstet werden muss) durch die steigende Komplexität erhöhen und sich dadurch ebenfalls auf die Stückkosten auswirken.<sup>126</sup>

Basierend auf einer sehr hohen Vielfalt an Produkten ist ebenso eine notwendige Flexibilität in der Komponentenbeschaffung notwendig, um auf entsprechende Kundenaufträge reagieren zu können und die Produktion entsprechend Abfragen abarbeiten zu können. Der Einsatz von Produktfamilien in der

---

<sup>125</sup> Vgl. Müller (2000), S. 127 f., zitiert nach: Müller (2006), S. 139 f.

<sup>126</sup> Vgl. Adam (1998), S. 47-49.

Produktarchitektur ermöglicht durch den wiederholten Bedarf identer Komponenten für unterschiedliche Endprodukte eine Verkürzung der Herstellungszeiten, da auf Pufferlager zurückgegriffen werden kann.<sup>127</sup>

Durch Vereinheitlichungen und die Verwendung von wiederkehrenden Komponenten in der Produktion, wie es durch den Einsatz von Plattformen und modularen Baukastenstrategien erfolgt, können neben der reinen Variantenvielfalt ebenso Anpassungen an den Produktionsprozessen durchgeführt werden. Durch die Erhöhung der Ausbringungsmenge bergen standardisierte Produktionsabläufe ein deutliches Effizienzpotential. Der Einsatz von flexiblen Produktionssystemen erweist sich als essentiell, um die unternehmensseitig notwendige Variantenvielfalt mit einfachen Anpassungen herzustellen.<sup>128</sup>

### 4.3.3 Beschaffung

Die Gestaltung von modularen Baukastensystemen stellt auch an den Bereich des Einkaufs in Unternehmen neue Anforderungen. Die Komplexität der Beschaffungsvorgänge steigt mit der Vielfalt der Produkte. Die Prognostizierbarkeit der erforderlichen Mengen wird durch diese Komplexität im negativen Sinne beeinflusst und Fehler in der Koordination der erforderlichen Mengen verursachen vermehrt Kosten.<sup>129</sup> Die Positionierung der Komponenten bei Zulieferbetrieben oder in eigener Produktion wird überdies hinaus schwieriger.<sup>130</sup>

Im Zuge der Modularisierung ist es erforderlich, die Beziehungen zwischen Unternehmen und Lieferanten zu verändern. So sind unterschiedliche Vernetzungsgrade in Abhängigkeit zur Komplexität von Komponenten und Modulen empfehlenswert.<sup>131</sup>

Durch die wiederholte Verwendung von Komponenten über mehrere unterschiedliche Produkte bzw. Fahrzeuge steigen die Stückzahlen enorm an. Dies Wiederverwendung führt auch im Einkaufsbereich zu Kosteneinsparungen, da der laufende Aufwand für Anwendungsprojekte geringer bleibt.<sup>132</sup>

---

<sup>127</sup> Vgl. Schönsleben (1998), S. 249-257.

<sup>128</sup> Vgl. Adam (1991), S. 60-63.

<sup>129</sup> Vgl. Lingnau (1994), S. 140.

<sup>130</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 230.

<sup>131</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2013), S. 191 f.

<sup>132</sup> Vgl. Boutellier/Müller (2000), S. 59 ff., zitiert nach Müller (2006), S. 141.

## 5 ROAD-MAP ZUR ENTWICKLUNG UND IMPLEMENTIERUNG VON MODULAREN BAUKÄSTEN

*„Unternehmen mussten sich geistig dem Gedanken öffnen, dass sie neue Erfolgsrezepte brauchten. Sie mussten die Fähigkeit entwickeln, Marktforschung zu betreiben und tatsächlich vermehrt auf die Kundenwünsche einzugehen.“<sup>133</sup>*

Das Vorgehensmodell soll dazu dienen, für Unternehmen mit bestehenden Produktstrukturen einen Leitfaden darzustellen, wie das Produktportfolio zum Teil oder zur Gänze auf modulare Baukastenstrukturen aufgebaut werden kann. Hierbei handelt es sich um eine Anlehnung an die in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Vorgehensmodelle von Schuh, Hüttenrauch/Baum und Völker/Voit. Die beschriebenen Ansätze werden entsprechend gegliedert und ausdetailliert, um ein konkretes Vorgehensmodell darzustellen, welches in weiterer Folge in Abschnitt 7 angewendet und seine Verwendbarkeit empirisch untersucht wird.

Das Vorgehensmodell selbst nutzt hierbei die beschriebenen Methoden zur Marktsegmentierung, um die Marktrahmenbedingungen zu untersuchen. Somit wird die Frage beantwortet, wie kritische Merkmale für zukünftige Baukastenentwicklungen festgelegt werden können. Mithilfe der Methoden zum Variantenmanagement wird das Koordinieren der Module und ihrer Bauteile beschrieben, was die Beantwortung folgender Forschungsfrage ermöglicht: Wie können einzelne Module und Komponenten in Varianten gegliedert werden und wie können diese gemanagt werden?

Eine weitere Forschungsfrage, welche durch diesen Abschnitt beantwortet wird, beschäftigt sich mit dem Einfluss von Baukastenstrategien auf bestehende Unternehmen und deren Prozesse. Hierbei wird dargestellt, wie sich die Modulentwicklung in die Endproduktentwicklung integrieren lässt.

### 5.1 Vorgehensmodell für die Entwicklung von modularen Baukästen

Die Erstellung von Modulbaukästen ist in drei Hauptblöcke einzuteilen. Zuerst müssen im Zuge der Situations- und Marktanalyse die relevanten Marktanforderungen und Spezifikationen der Endprodukte abgeleitet und Module definiert werden. Die Variantenerstellung und Konkretisierung erfolgt im zweiten großen Block des Entwicklungsablaufs. Die Endprodukte werden in Modulgruppen untergliedert. Module, die zur identen Basisfunktionserfüllung dienen, sind in einer Gruppe zusammengefasst. So kann als Beispiel die Modulgruppe Wechselgetriebe im Fahrzeug genannt werden. Unabhängig von der Unterscheidung nach Automatik- oder Handschaltgetriebe sowie der Ganganzahl werden hier alle Einzelgetriebe als Module angesehen. Es soll in weiterer Folge möglich sein, die Getriebe je nach Konfiguration ohne Anpassung der Schnittstellen auszuwechseln. In diesem Schritt ist die Serienentwicklung in mehrere Prototypen und Vorserienphasen nach Belieben untergliederbar. Durch die

---

<sup>133</sup> Schuh/Krumm/Amann (2013), S. 44.

Validierung soll die benötigte Modulreife für den Einsatz in den Endprodukten sichergestellt werden. Entsprechende Dokumentationen zur Absicherung und Verwendung der Module ist ebenso im dritten Schritt abgebildet.

Der Schrittweise Ablauf ist in Abb. 22 dargestellt, wofür eine Darstellung im Sinne des V-Modells gewählt wurde. Dies bietet sich an, da entsprechende Produktstrukturen in unterschiedliche Module unterteilt werden und somit parallel zur Serienreife gebracht werden können.

Es ist anzumerken, dass hierbei kein Bezug zur eigentlichen Produktentwicklung vorliegt, sondern allein die Modulentwicklung an sich betrachtet wird. Zuerst werden die Aspekte der Moduldefinition abgeklärt und später, in Abschnitt 5.2, die Eingliederung des Prozesses in bestehende Strukturen betrachtet. Die Überleitung zur Produktentwicklung selbst ist vorerst am Ende des Prozessablaufes mit der Produktintegration dargestellt.

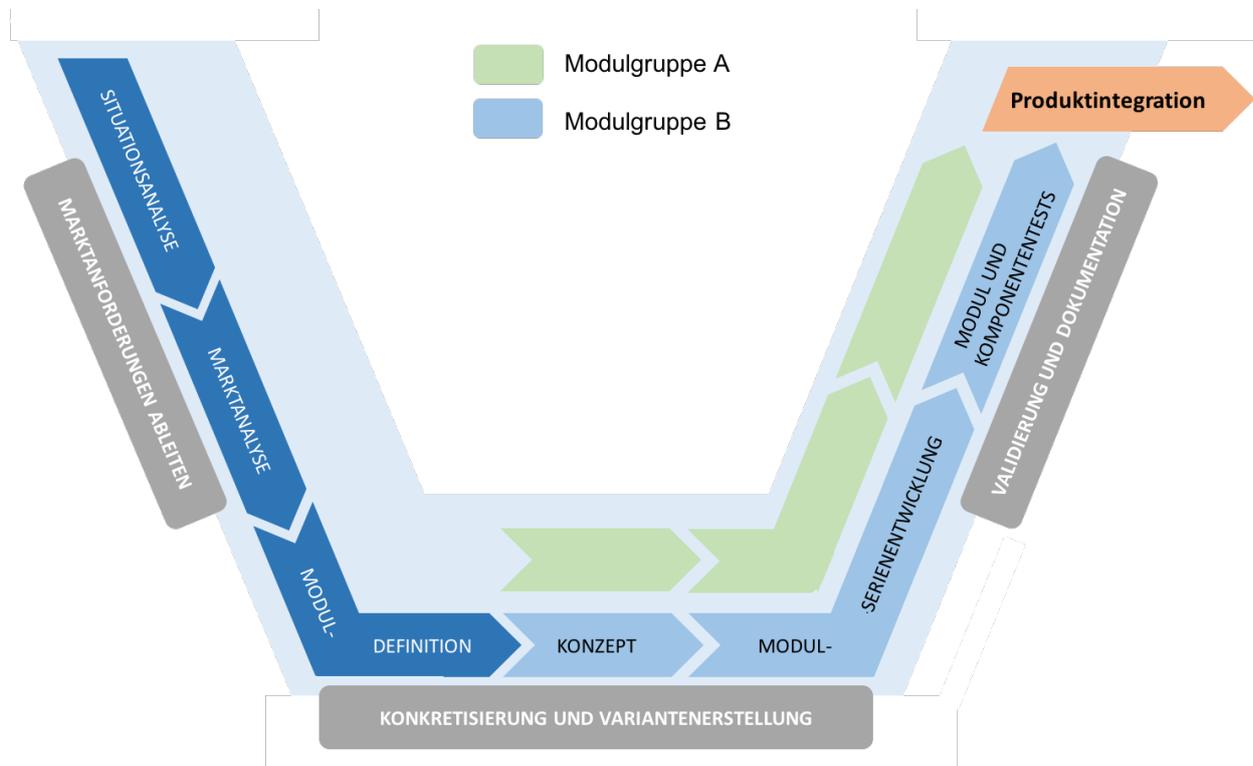


Abb. 22: V-Modell zur Modulentwicklung losgelöst von der Endproduktentwicklung, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: VDI 2206 (2004).

### 5.1.1 Situationsanalyse

Die Situationsanalyse stellt den ersten Schritt in der Erstellung von modularen Baukästen dar. Sie bezieht sich in diesem Kontext auf die Ermittlung des bestehenden Produktportfolios. Miteinbezogen werden sollen anstehende Produktpassungen sowie die strategische Orientierung. Es gilt darzustellen, wie sich das Unternehmen in Zukunft positionieren will.

Den einzelnen Produktgruppen sollen in weiterer Folge leistungsdefinierende Attribute sowie erforderliche Funktionsumfänge extrahiert werden. Diese dienen als Grundlage für die Analyse hinsichtlich der technischen marktkritischen Attribute. Für Tier-1-Zulieferbetriebe bietet sich an, eine Analyse der Kundenlastenhefte durchzuführen, da diese eine Sammlung der für den OEM relevanten Merkmale

darstellen. Automobilhersteller stehen hierbei vor der Herausforderung, dass die Endkunden diese Merkmale selten explizit an das Unternehmen stellen. Es sind jedoch aufgrund eines breiten Erfahrungsspektrums relevante Attribute bereits bekannt.

Bereits in dieser frühen Phase bietet sich eine Modulunterteilung der existierenden Produkte an. So sollen technisch sinnvolle Modulgruppen identifiziert werden, welche aufgrund ihrer Basisfunktionen definiert werden können. Werden hierbei die Komponenten eines Antriebsmotors in einem Automobil betrachtet, so lässt sich dieser beispielsweise unter anderem grob in Grundmotor, Luftversorgungstrakt, Abgastrakt sowie Anbauteile wie Klimakompressor und Servolenkungspumpe unterteilen. Diese grob gestaltete Erläuterung soll hierbei den Grundgedanken darstellen. Auch den einzelnen Modulgruppen sind erforderliche Attribute zuzuteilen.

Die Produkte sowie die Module und ihre beiden Attribute sind in weiterer Folge den existierenden und potentiellen Kunden zuzuordnen. Dies ermöglicht eine erste Darstellung von Kundengruppen, welche in weiterer Folge in der Marktanalyse überprüft und nachgeschärft wird.

Es ist bekannt, dass die Kunden nur einen Anspruchssteller in der Betrachtung einer Unternehmung darstellen. Um modulare Baukästen und somit Produkte nicht am Markt vorbeizuentwickeln, ist es erforderlich, das entsprechende Unternehmensumfeld zu analysieren.

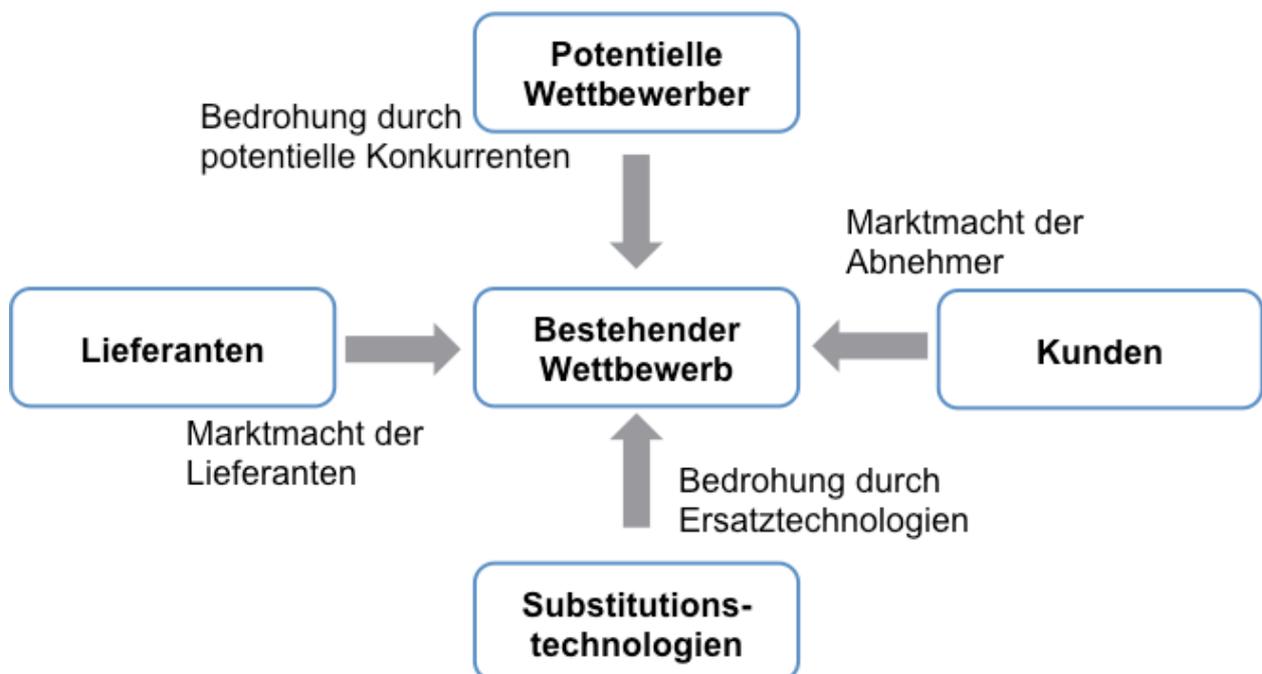


Abb. 23: Fünf-Kräfte-Modell nach Porter, Quelle: Porter (2013), S. 38.

Als anschauliche Methode gilt es, das Fünf-Kräfte-Modell nach Porter zu betrachten. Porter geht in seinem Ansatz davon aus, dass für alle Mitspieler einer bestimmten Branche dieselben Rahmenbedingungen gelten, weswegen äußere Einflüsse nicht im Modell abgebildet werden. Abb. 23 stellt die Einflusskräfte im Zuge des Wettbewerbs dar. Eine Wettbewerbskraft stellt die Rivalität in der Branche dar. Eine hohe Rivalität bedeutet einen starken Druck hinsichtlich Kosten bzw. innovativen Produkten. Sowohl die Kunden als auch die Lieferanten stellen dem Unternehmen eine gewisse Verhandlungsmacht gegenüber. Neben den bestehenden Konstellationen im Wettbewerb betrachtet

Porter allerdings auch die Bedrohung durch neue Konkurrenten, welche ihren Weg in den Markt suchen. Ferner ist es essentiell, die Bedrohung durch Substitutionsprodukte und -technologien zu beachten, um zukünftige Strategien und Produkte festzulegen.<sup>134</sup>

Die Anwendung des Five-Forces-Ansatzes dient im Zuge der Situationsanalyse mit der Betrachtung der unmittelbaren Einflüsse auf das Unternehmen. So können Bedrohungen durch neue Konkurrenten aber auch Substitutionsprodukte die Entwicklung der Module bzw. Technologien beeinflussen oder Wettbewerber mit neuen, innovativen Produkten ihre Marktposition stärken.

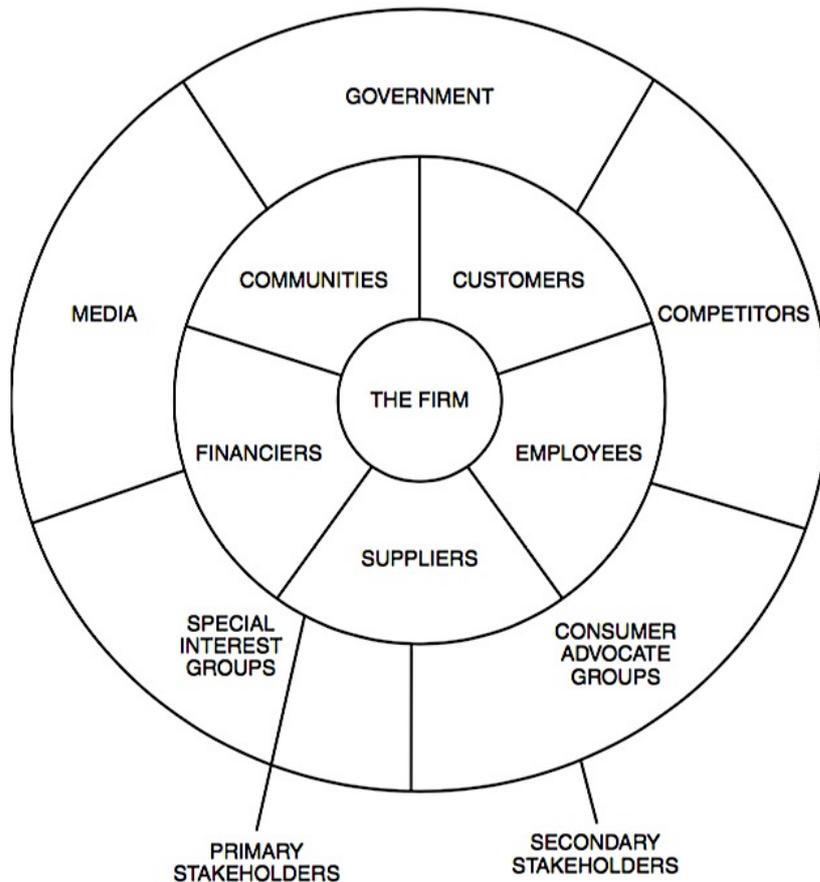


Abb. 24: Stakeholder-Modell nach Freeman/Harrison/Wick, Quelle: Freeman/Harrison/Wick (2007), S. 7.

Die Betrachtung mithilfe des Stakeholder-Ansatzes nach Freeman/Harrison/Wicks beziehen die äußeren Einflüsse in die Betrachtung mit ein. Der Begriff des Stakeholders stellt eine Anspruchsgruppe dar, welche durch die Handlungen des Unternehmens beeinflusst wird oder diese beeinflussen kann. In Abhängigkeit zum Unternehmen unterteilen sich diese Gruppen in primäre und sekundäre Stakeholder. Zu den primären Stakeholdern zählen sowohl Kunden, Lieferanten, Mitarbeiter als auch Kapitalgeber und die Allgemeinheit. Die sekundären Stakeholder sind die Regierungen, Medien, Mitbewerber, Konsumentenschützer und Gruppen mit speziellen Interessen (wie beispielsweise Naturschützer). Die sekundären Stakeholder können auf das Unternehmen unter anderem mithilfe der primären Stakeholder Druck ausüben. Dem Modell liegt zugrunde, dass die Stakeholder durchaus miteinander vernetzt sind.

---

<sup>134</sup> Vgl. Porter (2013), S. 37-41.

Bei den Tätigkeiten von Unternehmungen ist es wichtig, sich über die Auswirkungen der Handlungen auf die einzelnen Gruppen im Klaren zu sein.<sup>135</sup>

Beide Ansätze legen den Fokus in ihrer Betrachtung unterschiedlich. Für die Analyse des Umfeldes für die Produktgruppen sind jedoch Aspekte aus beiden Modellen relevant. Durch die Verwendung der Ansätze im Rahmen der Situationsanalyse sollen ebenso Bedrohungen durch beispielsweise Gesetzesänderungen identifiziert werden. Langfristige Gesetzesänderungen ermöglichen die Indikation zukünftiger Anforderungen an Produkte und somit auch Module (als Beispiel kann hier die Abgasnormdiskussion in Europa genannt werden).

Zusammenfassend lässt sich die Situationsanalyse in fünf Kernelemente unterteilen, welche im Zuge der ersten Phase zur Entwicklung von modularen Baukästen erforderlich sind:

- Erstellen einer Produktübersicht und erste Modulgruppeneinteilung
- Beachten der zukünftigen strategischen Orientierung der Unternehmung
- Zuordnung der erforderlichen Funktionen und der marktkritischen Attribute zu Modulgruppen
- Hinterlegung von potentiellen Kunden zu den Produkten / Modulgruppen
- Durchführen einer Umfeldanalyse

Das Ergebnis der Situationsanalyse soll als erster Fahrplan für die nachfolgenden Tätigkeiten dienen. Es wird dargestellt, welche Modulgruppen zu erwarten sind. Des Weiteren lassen sich bereits zu diesem Zeitpunkt die zukünftigen Produktarchitekturen erahnen. Die Einteilung der Produkte in Modulgruppen und weiterhin spezifischen Komponenten ist hierbei nach wie vor von Relevanz.

### **5.1.2 Marktanalyse**

Das Verständnis gegenüber den (End-)Kunden zeigte sich im Zuge der Literaturrecherche als essentielle Komponente. Es gilt zu verstehen, welche Anforderungen diese an die Produkte stellen, um diese in der Baukastenentwicklung als Anforderungen zu deklarieren. Da entwickelte Baukastenstrukturen für einen längeren Produktionszeitraum angewendet werden, ist ein gewisser Weitblick hinsichtlich Trends im jeweiligen Segment erforderlich, um entsprechende Vorteile der Modularisierung zu realisieren.

Im Zuge der Situationsanalyse wurden bereits die technischen Merkmale extrahiert und dienen der Marktsegmentierung als Input. Allerdings sprechen Ingenieure und Automobilkunden unterschiedliche Sprachen. Wohingegen für die technikaffinen Entwickler Kennwerte und technische Funktionalitäten meinen, beschreiben Endkunden ihre Fahrzeuge mit subjektiven Attributen wie Sportlichkeit, Dynamik, oder Komfort. Unter den subjektiven Anforderungen können Techniker somit andere Anforderungen verstehen und so die Module entsprechend überspezifizieren. Um diese Definitionen auf Produkte zu ‚übersetzen‘, soll im ersten Schritt eine Faktorenanalyse angewandt werden.

Die Faktorenanalyse soll technische Funktionen und Attribute entsprechend ihrer Ausprägung untersuchen und dahinterliegende, teils subjektive Faktoren ermitteln. Die Kernfrage hierbei ist, welche technischen Merkmale korrelieren, um beispielsweise eine sportliche Ausprägung für den Endkunden spürbar zu machen. Der Vorteil hierbei liegt darin, dass die Komponenten von ihren offensichtlichen

---

<sup>135</sup> Vgl. Freeman/Harrison/Wicks (2007), S. 6-11.

Kennwerten für die Betrachtung getrennt werden und so eine Vergleichbarkeit ohne festgelegten Leistungsmerkmalen realisiert werden kann. Die Vielzahl von einzelnen Attributen wird hierbei zu den jeweiligen Faktoren zusammengefasst.

Die Einordnung der Faktoren ermöglicht nun eine graphische Darstellung der Positionierung der jeweiligen Kundentypen in Verbindung zu Fahrzeugtypen und -marken. Zu diesem Zeitpunkt ist zwar ein Clustern in Kundensegmente möglich, birgt jedoch das Risiko der Erstellung von exotischen Segmenten, da die Stückzahlen der Produkte am oberen Ende des Leistungssegmentes verhältnismäßig marginal sein können. Eine Hinterlegung der Daten mit den jährlichen Stückzahlpotentialen ist deshalb relevant, um in weiterer Folge eine Indikation zu der möglichen Absatzgröße zu erhalten.

Nachdem die Potentiale mit den Faktoren und Anforderungen von Produkten verknüpft sind, ist eine gezielte Gliederung des Marktes in Teilsegmente vorzunehmen. Bei der Clusterung ist es wiederum wichtig, möglichst homogene Teilsegmente aufzuspüren und trotzdem eine ausgewogene Differenzierung der Marktpotentiale vornehmen zu können. Hierbei gilt es auch, die Zahlungsbereitschaft der jeweiligen Kunden zu betrachten. Exoten mit geringer Stückzahl werden in diesem Vorgehen ausgegrenzt, da es bei einer Berücksichtigung der Exoten zu einer potentiellen Erhöhung der Komplexität auf Teileebene führen und somit eine Erhöhung der Kosten in allen Bereichen nach sich ziehen würde.

Die Marktanalyse im Zuge der Modularisierung von Produkten hin zu Baukastenstrukturen beinhaltet zusammengefasst folgende Punkte:

- Faktorenanalyse zur Ermittlung korrelierender Merkmale zu ‚Kundenfaktoren‘
- Mögliche Zuordnung der Kunden in Typologien auf Basis der Faktoren (z.B.: Sinus-Milieu)
- Hinterlegen der Daten mit Stückzahlprognosen, um die das Kundenpotential zu identifizieren
- Clustern der Kunden in entsprechende Teilsegmente des Gesamtmarktes

Bei der Definition der Modulgruppen und deren Cluster darf nicht auf die Erkenntnisse der Umfeldanalyse vergessen werden. Möglicherweise bietet das eigene Unternehmen derzeit Funktionen oder Produkte nicht an, mit welchen die Konkurrenz erfolgreich ist und welche möglicherweise die eigenen Produkte in Zukunft vom Markt verdrängen.

Auf die Situationsanalyse und die Marktanalyse ist bei der Einführung von Baukästen ein besonderes Augenmerk zu legen, da diese den Grundstein für die Modularisierung der Produkte legen. Schlecht ausgeführte Analysen am Beginn der Entwicklungsfestlegung führen zu unnötiger Komplexität, Kosten, und im schlimmsten Falle zu Endprodukten, welche aufgrund von fehlenden Leistungsmerkmalen oder mangelnder Differenzierung zum Wettbewerb fehlende Akzeptanz am Markt erzeugen.

### **5.1.3 Moduldefinition**

Der nächste Schritt in der Entwicklung ist die Moduldefinition. Mit dieser beginnt die Konkretisierung der modularen Baukästen. Wie eingangs bereits beschrieben, wurden die Produkte bereits in entsprechende Modulgruppen unterteilt. Nach den vollzogenen Analysen gilt es zu prüfen, ob die Unterteilung der Modulgruppen nach wie vor valide ist und somit weiterverfolgt werden kann. Adaptionen an den Modulgruppenfestlegungen sind zu diesem Zeitpunkt ohne enormem Aufwand möglich.

Die Verwendung der Methodik des Merkmalbaums (siehe Abschnitt 3.5.3) bietet sich hierbei als Visualisierungstool an. Alle Anforderungen werden im Baum zugeordnet und somit wird ein Einblick in die zukünftige, geplante Variantenvielfalt gegeben. Die logische Verknüpfung der Attribute bietet sich in weiterer Folge für die (End-)Produktentwicklung an, um die Thematik zu veranschaulichen.

Im weiteren Verlauf des Vorgehensmodells wird der Fokus auf eine spezifische Modulgruppe mit ihren Modulen gelegt. Die Marktsegmentierung ermöglicht die Zuordnung spezieller Funktionen und Anforderungen zu den jeweiligen Modulen. Neben der Definition der Module ist nun ebenso die Fixierung der Schnittstellen abzuschließen. Um dies jedoch durchführen zu können, ist ein Grundverständnis der Module erforderlich. Die technischen Schnittstellen sind innerhalb der Gruppe am leistungsstärksten Modul bzw. an den höchsten Anforderungen an die Schnittstellen festzulegen. So ist eine Austauschbarkeit der einzelnen Module untereinander gewährleistet.

Die Schnittstellenmerkmale sind zum einen für alle nachfolgenden Modulentwicklungen sowie ihre Überarbeitungen, zum anderen zur Produktintegration zu dokumentieren. Dadurch wird eine gemeinsame Ausgangsbasis geschaffen, welche innerhalb des Unternehmens geteilt werden kann. Dieses Grundverständnis soll hierbei helfen, das interne Marketing der modularen Baukästen zu erleichtern und zu Beginn an Klarheit zu schaffen.

Basierend auf den ersten Konzepten der Baukästen ist es sinnvoll, Variantenbäume der Modulgruppen zu erstellen. Neben der Schnittstellendokumentation und dem Merkmalbaum bietet sich der Variantenbaum als Vermarktungstool mit Endkundenprojekten als Ziel an.

- Festlegung der Merkmale für entsprechende Module
- Die Überprüfung der eingangs vorgenommenen Segmentierung
- Die Schnittstellendefinition und ihre Dokumentation
- Variantenerstellung der einzelnen Module je Modulgruppe
- Die Erstellung von Merkmals- und Variantenbäumen

Dies sind die Kernaufgaben der dritten Phase des Vorgehensmodells. Dieser Schritt wird im Zuge der Definition und Entwicklung der modularen Baukastenarchitekturen noch für die Vielzahl von Modulgruppen durchgeführt. Nach der Festlegung der Schnittstellen ist es nun möglich, die Entwicklungen simultan abzarbeiten. Anhand der späten Zergliederung soll sichergestellt werden, dass alle Modul(-gruppen) sich über die jeweiligen Schnittstellen untereinander im Klaren sind.

### **5.1.4 Konzept- und Serienentwicklung der Module**

Die Entwicklung der modularen Baukastenstrukturen mit ihren Komponenten unterscheidet sich in weiterer Folge kaum von einer klassischen Produktentwicklung. In ihr beinhaltet finden sich die Konzeptentwicklung mit ihre Testung, sowie mehrere Prototypengenerationen wieder.

Im Zuge der Entwicklung ist die Einhaltung der definierten Schnittstellen zu beachten. Ergeben sich aufgrund technischer Machbarkeiten in den Dokumentationen von Varianten- und Merkmalbaum Abweichungen, sind diese, um der Aktualität willen, stets einzupflegen.

Ziel dieses Prozessschrittes ist es, die Komponenten und Module zur Serienreife zu bringen, um einen risikoarmen Einsatz in den Endprodukten zu ermöglichen. Sind Tests im Zuge der Kundenentwicklung

durchzuführen, so sind diese ebenso wie die Schnittstellen zu definieren, damit diese in Kostenkalkulationen einbezogen werden. Wie die Verknüpfung dieser Prozessschritte zu Produktentwicklungen gestaltet werden können, wird in Abschnitt 5.2 thematisiert.

### **5.1.5 Komponenten- und Modultestung**

Im letzten Schritt der Modulfestlegung und -entwicklung gilt es, die definierten und abgeschlossenen Module auf ihre Funktionalitäten und Anforderungserfüllungen zu testen. Ziel der Entwicklung ist es, dass sich Anforderungen und Testresultate vollends überdecken und somit kein weiteres Eingreifen notwendig ist.

Inwiefern die jeweiligen Module unabhängig von den Endprodukten getestet werden können, hängt von Einflussfaktoren über Schnittstellen bzw. vom umgebenden System ab. Eine Absicherung der Schnittstellenmerkmale ist allerdings unabdingbar, um die Integration der Module mit einem geringen Risiko vornehmen zu können.

## **5.2 Adaption der Prozesse und Strukturen im Unternehmen**

Wie bereits angedeutet, beschreibt dieses Modell den Entwicklungszyklus ohne jegliche Berücksichtigung von Entwicklungsprozessen der Endprodukte. Zur vollständigen Darstellung wurde die Produktintegration am Ende des Vorgehensmodells angedeutet. Im folgenden Abschnitt wird hierauf der Fokus gelegt und die Adaptionen von bestehenden Prozessen durchgeführt und Schnittstellen abgeglichen.

Der Startzeitpunkt der Endproduktentwicklung in Bezug auf die Modulentwicklung lässt sich variabel gestalten. Im Folgenden werden unterschiedliche Verknüpfungen und Aufgabenadaptionen gezeigt und deren Auswirkungen und Aufwände für die Entwicklung.

### **5.2.1 Sequenzielle Integration in den Entwicklungsprozess**

Die sequenzielle Integration (Sequential-Integration-Approach) der Module in Endprodukte ist als einfachste Vorgehensweise zu nennen. Beide Entwicklungsprozesse finden in diesem Fall nacheinander statt. Die Anforderungen der Modulgruppen sind von den geplanten Endprodukten abzuleiten. Das in Abschnitt 5.1 beschriebene V-Modell wird entsprechend der Anforderungen an die Integration adaptiert.

Das erste ‚V‘ des Modells beschreibt den Entwicklungsprozess der Modulgruppen. Die Zeit, welche diese Entwicklung in Anspruch nimmt, ist bei der Zukunftsausrichtung der Anforderungen zu berücksichtigen. Der Großteil der Entwicklungsarbeit der Module ist nach dem Durchlauf des Modells bereits abgeschlossen. Dadurch ist garantiert, dass die Einsatztauglichkeit der Module in den letzten Schritten validiert wurde, was eine hohe Produktreife sicherstellt. Am Ende der Entwicklung erfolgt die Überleitung in die Applikationsentwicklung.

Der Entwicklungsprozess des Endproduktes kann grundsätzlich beibehalten werden. Es kommen weitere Aspekte hinzu. Um Kernelemente und zusätzliche Aufgabenschritte darzustellen, wird für den Produktentwicklungsprozess ebenfalls ein zweites V-Modell herangezogen. Das Entwicklungsteam der Modulentwicklung hat in weitere Folge die Aufgabe, die Produktentwicklung begleitend zu betreuen.

Diese Vorgehensweise wird von Hüttenrauch/Baum klar empfohlen.<sup>136</sup> Diese Untergliederung bietet die Darstellung des Integrationsprozesses in ein Doppel-V-Modell an. Beide Entwicklungstätigkeiten finden nicht losgelöst voneinander statt, sondern sind miteinander verknüpft und weisen eine Rückkoppelung auf.

Zu Beginn der Entwicklung des Produktes werden die Endprodukthanforderungen geprüft, wie es im V-Modell vorgesehen ist. Bei der Verfolgung einer Modulstrategie ist es hierbei erforderlich, dass sich die Entwickler des Produktes mit den Entwicklern der Module zusammenschließen und die einzelnen Module entsprechend dem Fit zum Endprodukt zu generieren. Besteht die Auswahlmöglichkeit zwischen mehreren Varianten, so ist diejenige Lösung anzustreben, welche die Anforderungen am kosteneffizientesten abdeckt. Aufgrund der eingehenden Marktuntergliederung sollte sich hier die angedachte Segmentierung mit der tatsächlichen Auswahl decken.

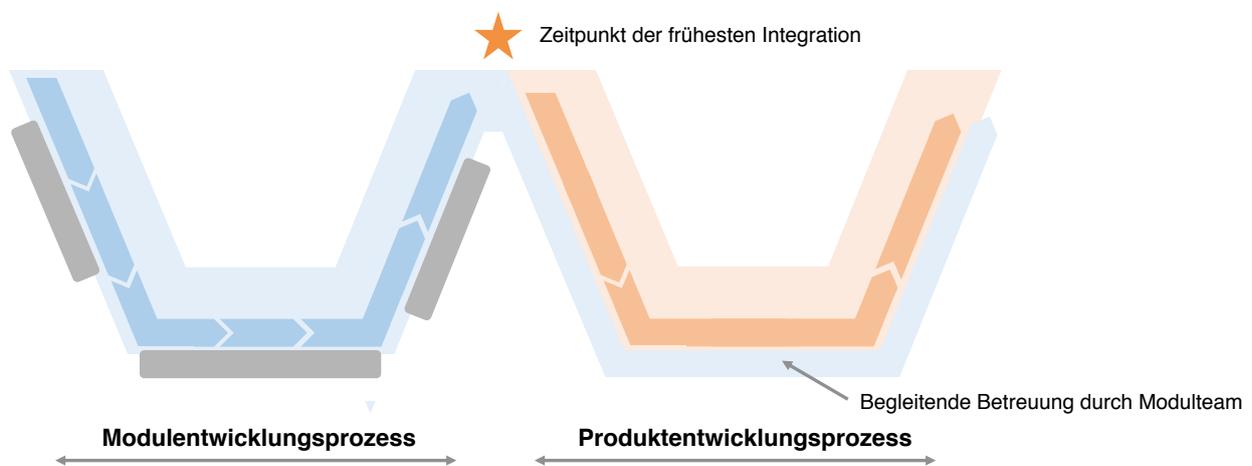


Abb. 25: Darstellung des Sequential-Integration-Approach im Doppel-V Modell, Quelle: Eigene Darstellung.

Das Team der Modulentwicklung unterstützt im Verlauf der Konzept- und Serienbetreuung das Projektteam der Endproduktentwicklung. Integrationsthemen und Schnittstellengestaltungen sind in dieser Phase abzustimmen. Das Modulteam kann in dieser Phase allerdings ebenso Erkenntnisse aus den aktuellen Problemen der Endprodukte in Module einfließen lassen, wodurch ein verkürzter Lessons-Learned-Prozess angestoßen wird. Die Testtiefe der Module erhöht sich mit der Entwicklung weiterer Endanwendungen.

Der größte Vorteil in der Verwendung einer sequentiellen Integration ist die hohe Modulgruppenreife. Durch die vorangegangene Validierung der Module besteht eine erste Absicherung hinsichtlich der Funktionalität. Ob die vorgegebenen Anforderungen erfüllt werden, wird durch Tests bestätigt. Einzig die Integration sowie mögliche Wechselwirkungen zwischen angrenzenden Modulgruppen bzw. dem Endprodukt können Schwierigkeiten auftreten lassen. Folgende weitere Vorteile können durch die sequentielle Integration erzielt werden:

---

<sup>136</sup> Vgl. Abschnitt 4.2

- Entkoppelung beider Entwicklungsprozesse: Die vorgelagerte Entwicklung der Module bringt einen Handlungsspielraum bei Problemen. Sind Änderungen an den Komponenten vorzunehmen, ist nicht unmittelbar ein Endtermin der Markteinführung betroffen.
- Serienreife Module: Durch die Testung ist eine Risikominimierung in der Anwendung möglich. Die Endprodukte können für die ersten Tests bereits Serienteile und -module verwenden (Off-Tool-Komponenten). So bleiben die Toleranzen aufgrund von Fertigungseinflüssen über die gesamte Entwicklung und in der Serienproduktion vergleichbar.
- Produkte sind den Zulieferbetrieben bereits zugeordnet: Module und Komponenten sind bereits an Lieferanten vergeben. Die Beschaffungsorgane im Unternehmen müssen sich entsprechend austauschen, allerdings ist keine erneute Lieferantenauswahl zu treffen.
- Beständigkeit der Module: Durch abgeschlossene Industrialisierung treten keine weiteren Schwierigkeiten durch Fertigungsprozessanpassungen auf. Grundsätzlich sind die Module ‚ready-to-use‘ für die Applikationen.
- Gegenseitiges Lernen durch Kommunikation zwischen den Projektteams. Dies ermöglicht einen verkürzten inoffiziellen Lessons-Learned-Prozess für nachfolgende Module.

Die vollständige Vorlagerung der Entwicklung kann allerdings auch nachteilig behaftet sein. Je nach Komplexitätsgrad der Endprodukte ist die Entwicklungszeit der Module vorgelagert. Die tatsächliche Anwendung in Kundenprodukten liegt in weiterer Zukunft. So kann auf dynamischen Märkten eine neue Anforderung bzw. ein neuer Leistungsfaktor im Nebel der ungewissen Zukunft verschwinden. Aus diesem Grund ist die Marktkenntnis und Innovationstätigkeit im Unternehmen von enormer Wichtigkeit. Weitere Nachteile sind:

- Vertrauensvorschuss und langer Atem des Managements erforderlich: Da die Modulentwicklung kostenintensiv ist, ist ein Vertrauen in die Fähigkeit zur Extraktion von Anforderungen essentiell. Die Wirtschaftlichkeit bzw. der Erfolg stellt sich erst in Zukunft dar.
- Kinderkrankheiten durch Integration: Sehr spät können Integrationseffekte durch Wechselwirkungen festgestellt werden. Eine Adaption der Module zu diesem Zeitpunkt birgt ein zeitliches, finanzielles und technisches Risiko in sich.
- Wettbewerber mit innovativen Produkten: Durch die Zeitverzögerung zwischen Modulentwicklung und Endproduktenanwendung liegt ein langer Zeitraum, in welchem Wettbewerber mit unvorhersehbaren Innovationen den Markt verändern. Die entwickelten Module können somit ihre Akzeptanz am Markt verlieren, da sie neue Kundenanforderungen nicht mehr erfüllen.

### 5.2.2 Lead-Project-Approach

Der Lead-Project-Ansatz baut auf einer parallelen Entwicklung von Modulen und einem Beispielprojekt bzw. -produkt (Lead-Project) auf. Die gewählte Integrationsart in den Produktentwicklungsprozess stellt im Grunde eine parallele Initialentwicklung von Modulen und Produkten dar.

Im Gegensatz zur sequentiellen Integration überlappen sich hier beide Entwicklungsprozesse. Somit verschmelzen beide V-Modelle aus dem vorhergehenden Ansatz. Die Anforderungsanalyse für die Endproduktenanwendung geht direkt in die Modulentwicklung über. Überdies hinaus sind auch die zukünftigen Anforderungen ähnlich dem sequentiellen Vorgehen.

Abb. 26 stellt den Lead-Project-Approach mithilfe des bereits verwendeten V-Modells dar. Es ist erkennbar, dass alle Teilschritte parallel ablaufen und so aufgrund einer engen Terminalschiene die Handlungsspielräume für die Modulgruppenentwicklung einschränken. Je nach Komplexität und Entwicklungsaufwand des Moduls im Vergleich zum Endprodukt kann ein zeitlicher Vorteil oder Nachteil für die Module entstehen. Sicherergestellt muss jedoch die Tatsache sein, dass die Modulentwicklung mit ihrem Entwicklungsstatus stets vor dem Lead-Project ist, um Terminverzögerungen auf den Start der Serienproduktion aufgrund der Modulentwicklung zu vermeiden.

Bei der Wahl der Lead-Projekte empfiehlt es sich, ein Endprodukt zu wählen, welches die Leistungsgrenzen der Module sicherstellen kann. So werden Schnittstellen ebenso im Endprodukt mitgetestet und die Sicherheit auf Lebensdauer geprüft.

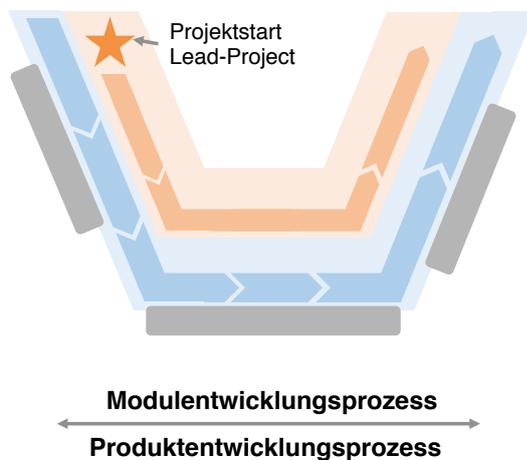


Abb. 26: Darstellung des Lead-Project-Approach im V-Modell, Quelle: Eigene Darstellung.

Ein zentraler Vorteil des Lead-Project-Approachs ist die zeitliche Verkürzung von der Modulentwicklung bis zum Serieneinsatz. Innovative Module kommen somit schnell auf den Markt. Die Lead-Produkte können in weiterer Folge als Vermarktungsinstrument für die Module und ihre Innovationen herangezogen werden. Ferner wird das Risiko abgedeckt, den Markt mit dem Modulbaukasten vollends zu verfehlen. Zumindest das Lead-Projekt weist ein bekanntes Absatzvolumen aus, wodurch ein Teil der investierten Kosten bereits gedeckt wird. Folgende Aspekte erweisen sich als weitere Vorteile:

- Frühzeitiger ROI: Eine zeitnahe konkrete Integration verkürzt die Zeit, bis sich die Module rentieren. Im besten Falle rentiert sich die Modulentwicklung durch die erste Anwendung, mit welcher ein positiver Business-Case erfüllt werden kann.
- Wechselwirkungen in der Integration frühzeitig erkennbar: Durch die erste beispielhafte Integration können Erfahrungen über Wechselwirkungen in einem frühen Stadium erkannt und durch Adaptionen an den Modulen entsprechend berücksichtigt werden
- Mitsprache/Einflussmöglichkeit der Integrationsteams in Modulentwicklung: Das Lead-Projektteam ist ebenfalls mit der Entwicklung der Module verknüpft. Dadurch ist eine gewisse Einflussnahme in die Entwicklungsaktivitäten möglich.
- Teilweise Testung im Lead-Project möglich: Die Funktionsvalidierung kann zum Teil im Anwendungsprojekt durchgeführt werden, da sich die zeitliche Überschneidung dazu anbietet. So sind Entwicklungskostenreduktionen durch gemeinsame Testungen möglich.

Demgegenüber gilt es zu beachten, ein Reifegrad der Module zum Zeitpunkt der ersten Integration in Endprodukte kaum vorhanden ist. Unvorhergesehene Probleme in der Entwicklung der Module haben direkte Auswirkungen auf das Lead-Projekt. Im schlimmsten Fall kommt es zu einer Nichterfüllung von Terminzielen, wodurch ein Risiko einer SOP-Verschiebung droht. Weitere Nachteile beim Lead-Project-Approach lauten wie folgt:

- Endprodukt treibt Modulentwicklung: Die zeitlichen Zwänge des Endproduktes wirken auch auf das Lead-Projekt. So können notwendige Prozesse wie Marktanalyse und Situationsanalyse unter dem Zeitdruck leiden, was Fehler in der Gestaltung der Varianten nach sich zieht.
- Gefahr der spezifischen Produktentwicklung: Aufgrund der starken Beeinflussung durch das Endprodukt besteht das Risiko, spezifische Module zu entwickeln, welche den Markt verpassen, da ihre Leistungen unzureichend (durch Fehlinterpretation) oder ihre Kosten zu hoch (durch Over-Engineering) sind.
- Erhöhter Kommunikationsaufwand bei Moduländerungen in der Entwicklungszeit: Im Zuge der Modulentwicklungen können durch die Erkenntnisse der Erprobungen diverse Änderungen an den Modulen durchgeführt werden. Aufgrund der frühzeitigen Integration wird der erforderliche Abstimmungsaufwand zwischen den Teams steigen. Terminabstimmungen, Kosten und technische Einflüsse erfordern eine geordnete und effektive Kommunikation.
- Industrialisierungsprobleme und deren Auswirkungen: Im Zuge der Industrialisierung werden Änderungen an Toleranzen sowie Materialien der Bauteile notwendig. Die Prototypenfertigung unterscheidet sich zumeist vom Serienfertigungsprozess. Die daraus resultierenden Auswirkungen beeinflussen sowohl die Kosten als auch die Funktionalitäten der Module und Komponenten. Diese Einflüsse finden sich ebenso in der Lead-Projektentwicklung wieder.
- Gefahr der unreifen Module: Aufgrund der zeitlichen Situation kann die Entwicklungszeit zwar für Produkte ausreichen, allerdings für gesamte Modulgruppen mit deren Untervarianten zu kurz kommen. So besteht die Gefahr, dass unreife Module in Serienprodukte eingebaut werden und Qualitätsprobleme im Feld verursachen.

### 5.2.3 Indexed-Integration-Approach

Der Sequential-Integration-Approach sowie der Lead-Project-Approach stellen beide Extrema in der Entwicklung dar. Es ist möglich, jeden beliebigen Zeitpunkt in der Modulentwicklung zu verwenden, um eine Integration vorzunehmen. Eine logische Variante bietet der Indexed-Integration-Approach. Mithilfe dieses Vorgehens sollen die Stärken und Schwächen beider Vorgehensweisen einen Kompromiss ermöglichen. Ziel dieses Vorgehens ist es, dass die Situationsanalyse, die Marktanalyse sowie die Moduldefinition abgeschlossen sind. Für die Module werden Konzepte definiert und erste Prototypen für grundsätzliche Funktionstests erstellt. Ab diesem Zeitpunkt startet erst die Integration der Modulgruppen in jeweilige Endprodukte. Die Anforderungsanalyse der Produkte startet nach den ersten Konzeptbestätigungen der Module.

Zur Visualisierung der Prozesse wird ein zweites V-Modell zur Produktentwicklung implementiert, welches bereits während der Modulentwicklung beginnt und den Entwicklungsprozess der Produkte wie ein Index darstellt. Abb. 27 stellt dieses Indexed-Integrationsmodell dar.

Dieses Vorgehen ist dadurch gekennzeichnet, dass für die Konzeptabsicherung der Endprodukte zumindest validierte Prototypen der Modulgruppen zur Verfügung stehen. So sind konzeptionelle Schwierigkeiten der Module ein geringes Risiko. Im besten Falle stehen für die ersten Tests bereits ungetestete Serienkomponenten für die Produktentwicklung zur Verfügung. Zwingend erforderlich ist, dass in der Serienentwicklung der Produkte die Tests der Module zum Großteil abgeschlossen sind und somit Änderungen unwahrscheinlich sind.

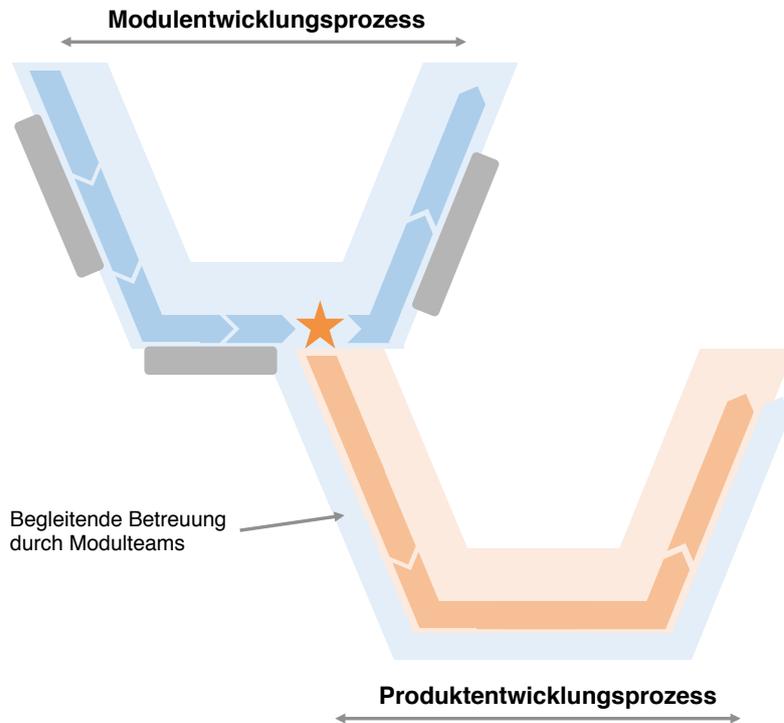


Abb. 27: Indexed-Integration-Approach, Quelle: Eigene Darstellung.

Der Indexed-Integration-Approach kann als eine zeitlich kompakte Version des sequentiellen Vorgehens betrachtet werden. Allerdings ist hier wieder die Verknüpfung zur Endproduktentwicklung zu nennen, wodurch der Zeitdruck des Produktes ebenso auf der Modulentwicklung lastet.

Die Vorlagerung der Modulentwicklung bietet den Vorteil, ebenso wie der Sequential-Integration-Approach eine detaillierte Situationsanalyse und Marktanalyse sowie Moduldefinition vorzunehmen, ohne den direkten Zeitdruck der Anwendungsprojekte zu besitzen. Da auch die Endprodukte noch ungewiss sind, sind objektive Betrachtungen der Kundenanforderungen notwendig und gegebenenfalls Adaptionen in den Entwicklungsrichtungen der Module möglich. Des Weiteren gilt zu erwähnen:

- Parallelisierung der Entwicklungsprozesse: Im Vergleich zum sequentiellen Ansatz ist hierbei die Zeit von der Entwicklung bis zum endgültigen Serienansatz verkürzt.
- Näher am Endprodukt: Die Zeit bis sich die Module rentieren verkürzt sich. Darüber hinaus sinkt das Risiko, dass Innovationen in den Modulen bereits in der ersten Anwendung den Stand der Technik widerspiegeln bzw. bereits veraltet sind.
- Anforderungen werden klarer: Durch den verkürzten Zeitraum sind die Anforderungen der Endprodukte noch klarer als beim sequentiellen Ansatz.

- Hoher Reifegrad bei Serienproduktentwicklungsstart: Beim Einsatz der ersten Prototypen des Endproduktes sind vollständig entwickelte Module verfügbar. So sind sowohl die Änderungsbeständigkeit und als auch die Funktionsfähigkeit im Einsatz wahrscheinlich.

Die bestehende Verknüpfung zur Produktentwicklung stellt die größte Gefahr beim Indexed-Integration-Approach dar. Aufgrund des zeitlichen Vorsprunges erscheint der Produktzeitdruck auf den ersten Blick nicht als Bedrohung. Treten im Zuge der Modulentwicklungen Schwierigkeiten auf und sind Korrekturschleifen erforderlich, verändert sich die Terminalschiene drastisch. Sind die Module bereits in Produkte integriert, kann es dazu führen, dass der vermeintliche Zeitvorsprung aufgebraucht wird und sich das Vorgehen dem Lead-Project-Approach angleicht. Somit sind Nachteilig alle Risiken dieses Vorgehens zu beachten. Folgende Punkte erweitern die Nachteile:

- Doppelbelastung der Modulentwicklungsteams: Die Entwicklungsteams der Module sind mit der Entwicklung und Industrialisierung der Modulgruppen beschäftigt. Ab einem gewissen Zeitpunkt erscheinen dann ein oder mehrere Projekte, welche diese Module anwenden. Alle Produkte benötigen in einem gewissen Maße einen Betreuungsaufwand, was zu einer Überlastung der Teams und somit zu einer Minderung der Qualität der Entwicklungstätigkeit führen kann.
- Gleich dem sequentiellen Vorgehen haben hier die Produktentwicklungsteams kein Mitspracherecht mehr in die Gestaltung der Module. Änderungen der Module haben wiederum starke Auswirkungen auf die Produkte, weswegen diese zu vermeiden sind.
- Wechselwirkungen bei der Integration werden spät erkannt.

### 5.2.4 Welches Vorgehen für mein Unternehmen?

Zusammengefasst gilt es anzumerken, dass alle Methoden eine Aufteilung der Entwicklungsteams voraussetzen. Die Modulentwicklungsteams tragen die Verantwortung für die Entwicklung der Module sowie die begleitende Betreuung der Produktteams. Diese Verantwortlichkeiten sind innerhalb der Unternehmen klar darzustellen, um Reibungsverluste so gering wie möglich zu halten.

Eine zentrale Anforderung an die Erstellung von modularisierten Baukastenstrukturen ist die funktionierende Kommunikation zwischen den Teams. Treten Probleme auf, ist eine unverzügliche Kommunikation erforderlich, um entsprechende Handlungen setzen zu können. Durch die Kommunikation soll auch die Beziehung zu Variantenhandling ermöglicht und ein Verständnis zum neuen Vorgehen in den Köpfen der Teams erzeugt werden.

Wann der richtige Einsatzzeitpunkt der Module ist, hängt im Grunde von den Produktlebenszyklen, der Komplexität der Produkte und Module sowie von der grundsätzlichen Einstellung des Managements gegenüber den Vor- und Nachteilen ab. Was es hier noch zu erwähnen gilt, ist, dass es sich beim Integrationszeitpunkt um die Initialverwendung handelt. Die Module werden nachdem sie fertig entwickelt wurden weiterhin verwendet, wodurch im Laufe des ‚Modullebenszyklus‘ die Anwendung in einem Sequential-Integration-Approach endet.

## 6 ABWEICHUNGEN VON DEFINIERTEN BAUKÄSTEN

Welche Auswirkungen sind aufgrund von Abweichungen der definierten Baukästen zu erwarten? Wie kann mit dieser Problematik bereits in der Entwicklung der Baukästen vorgebeugt werden? Diese beiden Forschungsfragen der Arbeit befassen sich mit dem Risiko von Abweichungen bereits entwickelter Baukästen und Plattformen. Die Betrachtungen in den vorangegangenen Abschnitten dienen hierbei zur Ableitung potentieller Ursachen und Auswirkungen im ersten Teilabschnitt. Wie Unternehmen und deren Teams mit dieser Thematik umgehen können, bezieht sich unter anderem die Vorgehensmethodik aus Abschnitt 5.

### 6.1 Ursachen und Auswirkungen von Abweichungen

Das Risiko von Abweichungen im Laufe der Verwendung entwickelter modularer Baukästen ist ein reales Szenario. Es ist essentiell, die Bedrohungen bereits am Beginn der Umstrukturierungsmaßnahmen zu verstehen, um die Wichtigkeit einer gezielten Anforderungsermittlung und das notwendige Kundenverständnis nachvollziehen zu können. Abweichungen implizieren, dass es für die Anwendung von Strategien einen Plan gibt. Stückzahlenszenarios dienen ebenso wie Kosten- und Umsatzpotentiale als Entscheidungsgrundlage für die Modularisierung. Diese Zusammenhänge zu den Modulvarianten wird im Vorgehensmodell in Abschnitt 5 im Detail beschrieben.

Bei der Erstellung von Business-Cases für die Produkte, welche auf die modularen Baukasten aufsetzen sollen, werden bereits Kostenvorteile wie Skalen- und Verbundeffekte<sup>137</sup> miteinbezogen. Falsch ausgelegte Module können aufgrund einer Fehlauslegung (über- bzw. unterdimensioniert) einen Nachteil im Wettbewerb generieren, wodurch sich eine ernsthafte Bedrohung für das Bestehen der Unternehmung entwickeln kann.<sup>138</sup>

Christensen beschreibt im Allgemeinen eine Bedrohung, welcher viele große Unternehmen im Laufe der Vergangenheit unterlegen sind. Etablierte Technologien bieten den Kunden aufgrund des Wettbewerbes durch Produktentwicklungen und -verbesserungen stets steigende Produktleistungsmerkmale. Die Endkunden stellen an die Produkte allerdings ein bestimmtes Maß an Leistungsanforderungen, welche durch den gegenseitigen Wettbewerb der Unternehmen in typischen Leistungsmerkmalen überschritten werden. Tritt nun eine neue Technologie in den Raum, welche neben den gewohnten Leistungsmerkmalen gewisse Zusatzmerkmale besitzt, welche die Kunden ansprechen und begeistern, so liegt bei den Endkunden die Bereitschaft zur Akzeptanz der Technologie mit geringeren bekannten Leistungsmerkmalen vor. Durch die stetige Weiterentwicklung der neuen disruptiven Technologie trifft diese exakt die Anforderungen des Kunden, wohingegen die alte Technologie sich am Kunden vorbeientwickelt. Abb. 28 stellt diese Entwicklung über Zeit dar.<sup>139</sup>

---

<sup>137</sup> Vgl. Abschnitt 3.1.3

<sup>138</sup> Vgl. Schuh (2005), S. 21.

<sup>139</sup> Vgl. Christensen (1997), S. 10-12.

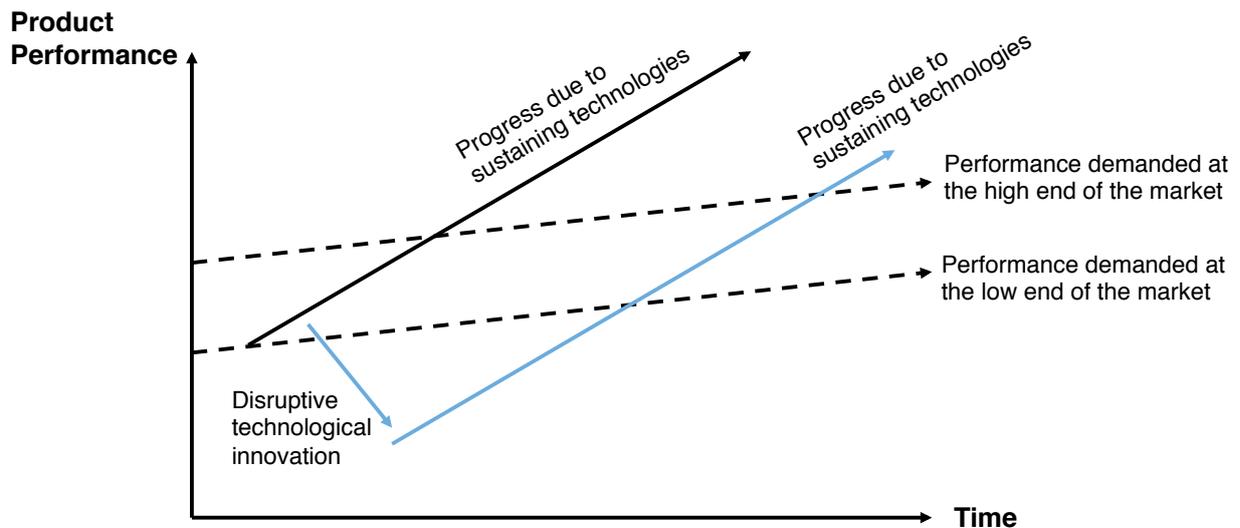


Abb. 28: Disruptive vs. etablierte Technologie, Quelle: Christensen (1997), S. 12.

Die Gefahr liegt hierbei unter anderem in der Tatsache, dass neue Technologien selten plötzlich erscheinen, sondern sich zu Beginn langsam entwickeln und dementsprechend ein Initialaufwand notwendig ist. Die Entwicklung der Technologie beschreibt idealisiert eine S-Kurve. In Kombination mit neuen Produktleistungsmerkmalen löst eine neue Technologie die alte nach und nach ab.<sup>140</sup>

Aus dieser Situation lässt sich erkennen, dass neben der zielgerichteten Definition der Leistungsmerkmale auch die Auswahl der zukunftsfähigen Technologie eine zentrale Rolle in der Anwendung spielt. Die Definition von Baukästen mit alten Technologien kann unter in dieser Betrachtung zu einer ausbleibenden Akzeptanz führen, und somit etwaige Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit obsolet darstellen.

Die in Abschnitt 3.1.3 beschriebenen Vorteile können durch Abweichungen von den geplanten Einsatzszenarios und Produktarchitekturen unter Umständen nicht zum Tragen kommen und sich so ins Gegenteil umschlagen. Die eben beschriebenen Kostenvorteile sowie kurze Entwicklungszeiten und niedriger Entwicklungskosten für Endprodukte durch die Anwendung von modularen Baukästen wurden bereits als Vorteile identifiziert. Die Fehleinschätzung bzw. das Nicht-Eintreten der geplanten Szenarios ziehen somit ungeschätzte Aufwände und somit Zeitverzögerungen und Kostenerhöhungen sowohl für das jeweilige Produkt, als auch Kostennachteile für die Module nach sich. Die Entwicklungskosten für Module sind somit zum Teil als Leerkosten zu sehen und müssen im Zuge der Produktentwicklung erneut investiert werden.

## 6.2 Umgang mit dem Risiko der Abweichung

Wie eben gezeigt, kann der Beherrschungsgrad von Abweichungen gravierende Auswirkungen auf den wirtschaftlichen Erfolg von modularen Baukastenstrategien haben. Um der Gefahr einer übermäßigen Differenzierung der Module und Endprodukte vorzubeugen, ist die Beherrschung der Komplexität von

<sup>140</sup> Vgl. Christensen (1997), S. 45-47.

Produkten und Modulen ein zentraler Erfolgsfaktor. Wie Hüttenrauch/Baum und Schuh darstellen, bietet die Kenntnis über die Kunden und Endkunden eine Grundlage für die Obhut über Variantenhandling und Komplexität.<sup>141</sup> Um dies sicherzustellen, bilden die im Vorgehensmodell beschriebenen Schritte der Situationsanalyse sowie der Marktanalyse eine Wissensbasis. Das in diesen beiden Phasen erlangte Wissen dient in weiterer Folge als Grundlage für die Variantengliederung und Strukturierung der zukünftigen Produkte.

In der dritten Phase des Vorgehensmodells steht die Variantengliederung als zentrale Aufgabe im Vordergrund. Modulmanager und Modulentwicklungsteams müssen sich der Frage stellen, welche Produkte zukünftig mittels welcher Module bedient werden sollen. Eine zu enge Festlegung der Spezifikationen wirkt sich dann negativ aus, wenn der Markt in kürzester Zeit nach höheren Leistungsmerkmalen oder Zusatzfunktionen nachfragt. Dieses Risiko ist bereits im vorangegangenen Abschnitt im Detail beschrieben. Darüber hinaus ist aber die gegensätzliche Fragestellung von ebenso starker Bedeutung: Welche Produkte bedienen wir nicht mit unseren Modulen? Das Ausschließen von Exoten ist dann eine zentrale Aufgabe, wenn aufgrund der Miteinbeziehung der Exoten eine unzulässige Überhöhung der Modulgruppenkomplexität und ein daraus resultierender Kostennachteil von der breiten Masse der Anwendungen in Kauf genommen werden muss.

Was sind nun inakzeptable Exoten? Zum einen können Exoten eine Abweichung von der geplanten Produktarchitektur darstellen. Eine Adaption der gesamten Modulgruppe auf die neue Architektur führt in weiterer Folge zu einer Komplexitätserhöhung des Modulgruppenportfolios. Eine weitere Abweichung kann aufgrund von zu hohen Leistungsanforderungen kommen. Im Zuge der Clusterung und der graphischen Darstellung kann die Nähe zu den entsprechenden Klassen einfach visualisiert werden. Finden sich vereinzelte Ausreißer in den Merkmalen, gilt die Auswirkungsanalyse aufgrund einer Einbeziehung dieser durchzuführen. Erhöht sich der Preis, so führt die Anforderung zu einer zusätzlichen Variante, welche einen negativen Business Case dahinter liegen hätte? Sind die entstehenden Kosten aufgrund der erhöhten Komplexität vertretbar? Dementsprechend ist die Auswirkung zu analysieren und eine Einbeziehung abzuwägen.

Bei der Abgrenzung ist aber Vorsicht zu walten. Es muss hinterfragt werden, ob die Anforderung hinsichtlich neuer Leistungsgrenzen oder Funktionen eine Grundlage für eine Trendwende in der Produktkategorie nach sich zieht. Da sich neue Technologien laut Christensen nur langsam am Markt integrieren, sind Trendsetter bei den Kunden verstärkt zu betrachten. Das Verpassen solcher Trends führt im schlimmsten Fall zu den Problematiken des vorhergehenden Abschnittes.

Die Fragestellungen dieses Abschnittes werden in weiterer Folge nochmals im Zuge der praktischen Anwendung des Vorgehensmodells untersucht. Dadurch wird der Einblick in die Unternehmenspraxis ersichtlich. Zusätzlich besteht ein direkter Bezug zu den speziellen Herausforderungen des Zulieferbetriebes. Abschließend gilt es zu erwähnen, dass die Kenntnis über Auswirkungen und Folgen von Abweichungen den involvierten Mitarbeitern bewusst sein müssen. Hier gilt es als Aufgabe des Managements, diese Herausforderungen im Unternehmen offen zu kommunizieren.

---

<sup>141</sup> Vgl. Abschnitt 3.2.1

## 7 ANWENDUNG DER ROAD-MAP AN EINEM TIER-1-ZULIEFERER

*„Um langfristig am Markt erfolgreich zu sein, müssen sich Lieferanten weiterhin durch Innovationen profilieren. Unsere Analyse hat gezeigt, dass dabei zwei wesentliche Dinge anders gemacht werden müssen als bisher: Einerseits müssen Innovationen modular aufgebaut werden und sich mithilfe von standardisierten Schnittstellen problemlos in das bisherige Produktportfolio des Unternehmens einfügen. Andererseits müssen vermehrt Trends und speziell Konsumententrends in die Innovationen einfließen.“<sup>142</sup>*

In Zusammenarbeit mit einem Unternehmen der Automobilindustrie soll die Anwendbarkeit des Vorgehensmodells sowie mögliche Integrationszeitpunkte validiert werden. Der Fokus der Betrachtung wird hierbei auf die ersten Kernphasen des Modelles gelegt. So werden die Phasen Situationsanalyse, Marktanalyse und Moduldefinition an Produkten des Unternehmens angewandt und mithilfe von Experteninformationen abgearbeitet.

Für die Validierung dienen Workshops, welche sich auf die einzelnen Phasen sowie der Betrachtung der Integration aufteilen. Vor Beginn des ersten Workshops ist eine Abstimmung zur strategischen Ausrichtung des Unternehmens durchzuführen und das Zielprodukt zu definieren. Mit diesem Input wird der Workshop gestartet, dessen Ziele die Ermittlung der kritischen Produktattribute, die Umfeldanalyse und die Modulgruppenunterteilung sind.

Darauffolgend beginnt Phase zwei des Vorgehensmodells. Im Rahmen einer Desk-Research werden Kundenlastenhefte gesichtet, Daten extrahiert und daraufhin Faktoren- und Clusteranalysen durchgeführt. Die daraus resultierenden Erkenntnisse und Einteilungen werden im zweiten Workshop diskutiert und hinterfragt, sowie bei entsprechenden Einwänden ggf. adaptiert. Darüber hinaus erfolgt die Moduleinteilung in der Arbeitsgruppe. Zu den eingeteilten Varianten werden Anforderungen zugeordnet sowie die Schnittstellengrößen definiert. Auf Basis dieser Rahmenbedingungen könnte die Serienentwicklung gestartet werden, was allerdings nicht mehr innerhalb des Umfangs dieser Arbeit ist.

Ein abschließender Workshop befasst sich mit dem Integrationszeitpunkt einer modularen Baukastenstruktur im Entwicklungsprozess. Auf Basis der drei erstellten Ansätze sollen diese von der Expertengruppe eingeschätzt und Vor- bzw. Nachteile bewertet werden. Ziel ist es, neben der Datenerhebung, das Bewusstsein über die Auswirkungen verschiedener Konzepte im Unternehmen zu generieren.

Das Unternehmen in der Analyse ist die Magna Powertrain GmbH & Co. KG. Diese entwickelt und produziert an Standorten in Europa und Nordamerika (Allrad-)Antriebssysteme für unterschiedliche OEMs weltweit. Zu den Kunden zählen unter anderem BMW, Chrysler, Daimler, Hyundai und GM.<sup>143</sup> Die

---

<sup>142</sup> Vgl. Hüttenrauch/Baum (2013), S. 159.

<sup>143</sup> Vgl. Magna (2016a), Onlinequelle [16.10.2016].

Allradantriebssysteme umfassen unterschiedliche Produkte für Achsantriebe (Vorderachsdifferentiale, Hinterachsdifferentiale, etc.) sowie Verteilergetriebe. Ausgehend von der grundlegenden Fahrzeugarchitektur (Längsmotoranwendung, Quermotoranwendung, etc.) können unterschiedliche technische Lösungen angewendet werden, um ein Fahrzeug mit einem Allradantrieb auszustatten.<sup>144</sup>

## 7.1 Phase 1: Situationsanalyse

Die Grundlage für weitere Untersuchungen stellt im Vorgehensmodell die Situationsanalyse dar. Gemeinsam mit den Entwicklungsabteilungen im Magna Powertrain Konzern ist diese in Form eines Workshops durchgeführt. Bevor allerdings ein Workshop entsprechend aufgestellt werden kann, ist die Abklärung des weiteren Fahrplans mit dem internen Ansprechpartner notwendig. In dieser Vorabstimmung wird die Produktdefinition vorgenommen sowie die gewünschte strategische Ausrichtung des Produktportfolios ermittelt. Dies ist erforderlich, um die Relevanz bestimmter Modulentwicklungen abschätzen zu können.

Durch einen Workshop werden eine Umfeld- und Unternehmensanalyse erstellt. Hierfür sind Vertreter mit technischem und strategischem Weitblick erforderlich. Die Abteilungszugehörigkeit der Teilnehmer umfasst Mitarbeiter und Führungspersonen der Bereiche Entwicklung, Produktmanagement und Kerntechnologiemanagement. Mit der Arbeitsgruppe erfolgt ebenso die Ermittlung kritischer Produktmerkmale und eine Unterteilung der Zielprodukte in entsprechende Modulgruppen.

### 7.1.1 Produktdefinition und strategische Ausrichtung

Die zu untersuchenden Produkte sind Teil des Produktportfolios von Allradantriebsstrangkomponenten der Magna Powertrain. Mithilfe einer ersten Abstimmungsrunde mit den verantwortlichen firmeninternen Ansprechpartnern wurde festgelegt, dass der Fokus auf der Entwicklung eines Baukastens für aktive Verteilergetriebe gelegt wird. Eine Schematische Darstellung von Allradfahrzeugen mit einem Verteilergetriebe ist in Abb. 29 dargestellt.

Im Allgemeinen kommen Verteilergetriebe in Fahrzeugen zum Einsatz, welche durch eine Frontmotorarchitektur mit Hinterachsabtrieb als primäre Achse charakterisiert sind. Die grundsätzliche Aufgabe eines Verteilergetriebes ist es, das vom Wechselgetriebe<sup>145</sup> kommende Drehmoment zwischen Vorder- und Hinterachse zu verteilen. Für Fahrzeuge mit einer hohen Anforderung auf Geländetauglichkeit kann eine Untersetzungsstufe eingesetzt werden. Um das Drehmoment auf die entsprechenden Achsdifferentiale zu verteilen, ist ein Achsversatz erforderlich. Dies wird mittels eines Rädertriebes oder eines Kettentriebes realisiert.<sup>146</sup>

---

<sup>144</sup> Vgl. Magna (2016b), Onlinequelle [16.10.2106].

<sup>145</sup> Als Wechselgetriebe werden sowohl Handschalt- als auch Automatikgetriebe in Kraftfahrzeugen bezeichnet.

<sup>146</sup> Vgl. Braess/Seiffert (2013), S. 427f.

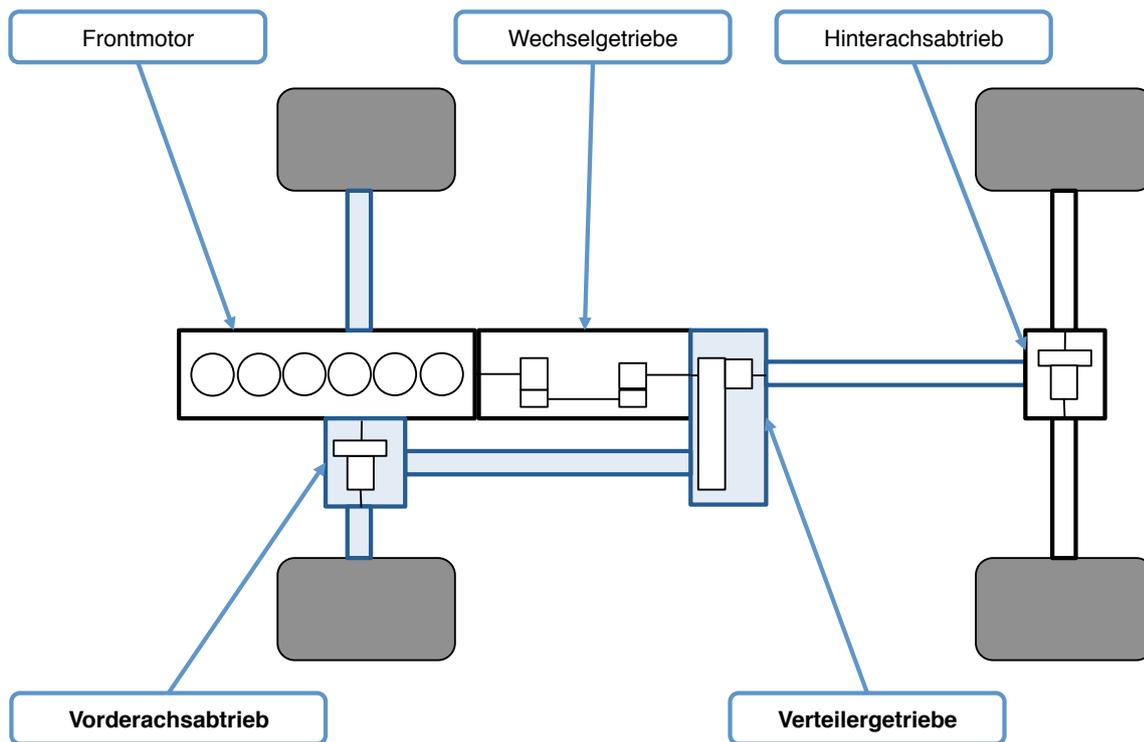


Abb. 29: Allradisierte Fahrzeugarchitektur bei Frontmotoranwendungen, Quelle: Braess/Seiffert (2013), S. 147 (leicht modifiziert).

Das typische Merkmal von aktiven Verteilergetriebebelösungen ist, dass dieses Moment variabel mittels einer naslaufenden Lamellenkupplung je nach Fahrsituation regelt. Als Beispiel können hier Anwendungen des BMW-X-Drive-Systems genannt werden. Diverse Sensoren im Fahrzeug nehmen hierfür Eingangparameter für den Regelungsprozess auf. Die Ansteuerung der Lamellenkupplung ist dabei elektronisch geregelt.<sup>147</sup>

Im Zuge dieser Masterarbeit sollen mögliche Modulgruppen für ‚Single-Speed-Verteilergetriebe‘ (ohne Unterstufungsstufe) identifiziert werden und entsprechend kritische Merkmale sowie deren Spezifikation der Verteilergetriebe aus Kundenanforderungen ermittelt werden. Ziel ist es, eine Handlungsempfehlung für eine standardisierte Architektur für Verteilergetriebe zu erstellen. Modulare Baukästen stellen hierbei die Grundlage des Konzeptes dar.

Neben den Zielprodukten findet sich noch eine Reihe anderer Allradantriebssystemlösungen im Produktportfolio der Magna Powertrain. Als Beispiele hierfür lassen sich klassische Verteilergetriebebelösungen mit zuschaltbarem Allrad sowie Allradantriebssysteme mit einer fixierten Drehmomentenverteilung nennen. Allerdings ist an der Nachfrage der Kunden ersichtlich, dass das Marktbedürfnis sich hin zu aktiven Systemen entwickelt. Die Variabilität der Drehmomentenverteilung ermöglicht an die Fahrsituation angepasste Lösungen, was die Flexibilität in der Fahrdynamikauslegung ermöglicht.<sup>148</sup> Diese Variabilität erzeugt überdies das Potential von Kraftstoffeinsparungen durch das Stilllegen von nicht notwendigen Antriebsstrangkomponenten in Fahrsituationen, in welchen kein

<sup>147</sup> Vgl. Braess/Seiffert (2013), S. 423f.

<sup>148</sup> Vgl. Braess/Seiffert (2013), S. 415.

Allradantrieb benötigt wird.<sup>149</sup> Ebenso sind vereinzelt elektrifizierte Allradantriebslösungen von Automobilherstellern vorgestellt worden und am Markt erhältlich. Hierbei wird eine Achse mittels eines konventionellen Antriebes dargestellt und der Allradantrieb durch die Verwendung von Elektromotoren an der zweiten Antriebsachse realisiert.<sup>150</sup> Gleich wie rein elektrische Fahrzeuge mit Allradantrieb sind diese Allradsysteme noch als Alternative, allerdings nicht als Hauptabsatzprodukt identifiziert.

In der Erstellung von Baukastensystemen für aktive Verteilergetriebe sieht die Magna Powertrain derzeit die Lösung um konkurrenzfähige Produkte mit akzeptablen Produktpreisen zu realisieren. Das Nutzen etwaiger Kostenvorteile ist als Notwendigkeit zu sehen, dem harten Preisdruck der Automobilindustrie standzuhalten.

### 7.1.2 Umfeldanalyse und Wettbewerbseinschätzung

Die Umfeldanalyse soll die derzeitige Stellung des Unternehmens am Markt darstellen. Die Informationsgenerierung erfolgt durch ein geordnetes Brainstorming zu den einzelnen Aspekten. Als Anhaltspunkt für den geplanten Inhalt wird das Five-Forces-Modell nach Porter herangezogen.<sup>151</sup> Um einen weiteren Beeinflusser auf die Produkte in dem Modell darzustellen, ist es um die gesetzlichen Rahmenbedingungen erweitert, welche auf potentielle und bestehende Wettbewerber, Kunden, Lieferanten und auch Substitutionstechnologien einen Einfluss besitzt. Das modifizierte Modell für die Analyse ist in Abb. 30 dargestellt.

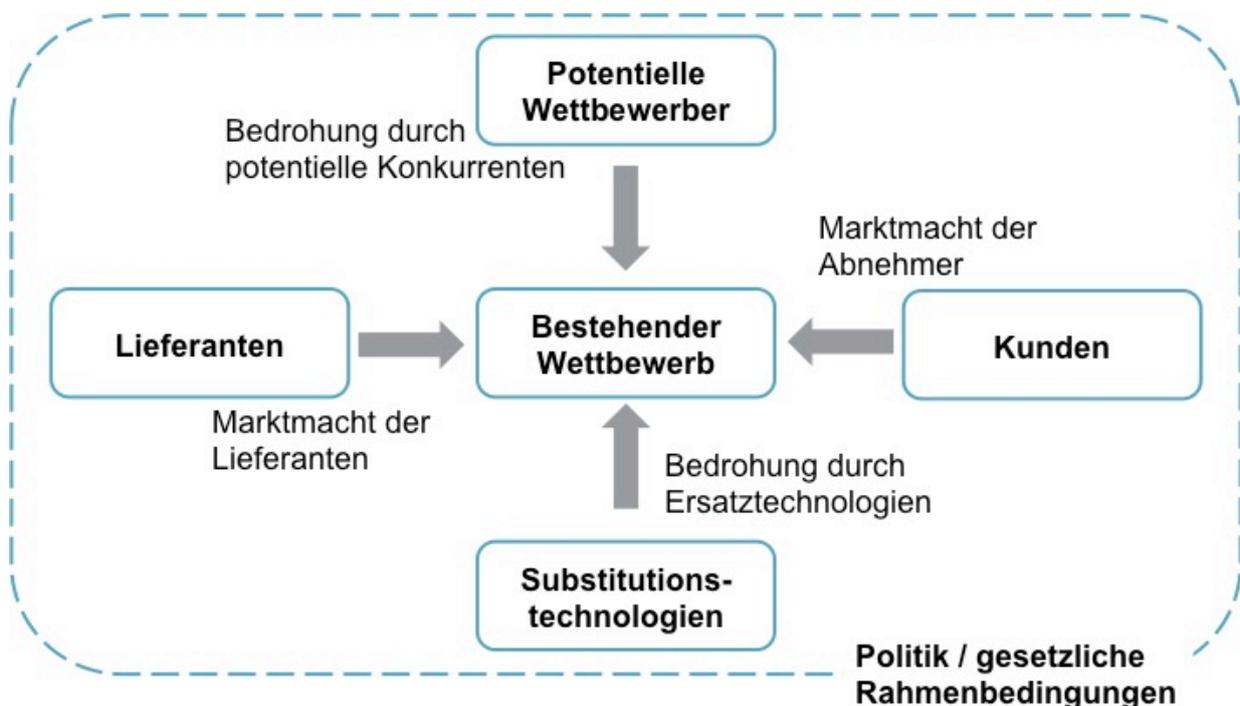


Abb. 30: Adaptiertes Five-Forces-Modell nach Porter, Quelle: Porter (2013), S. 38 (leicht modifiziert).

<sup>149</sup> Vgl. SAE (2014), Onlinequelle [29.10.2016].

<sup>150</sup> Vgl. SAE (2016), Onlinequelle [29.10.2016].

<sup>151</sup> Vgl. Abschnitt 5.1.1

Der Fokus bei der Betrachtung der Beeinflusser liegt klar auf dem zuvor definierten Zielprodukt ‚Verteilergetriebe‘. Dies soll verhindern, in andere Produktgruppen der Magna Powertrain abzudriften und somit den roten Faden zu verlieren. Die nachfolgenden Beurteilungen resultieren aus der im Workshop durchgeführten Umfeldanalyse und sollen die Kernelemente wiedergeben.

### **7.1.2.1 Politik und gesetzliche Rahmenbedingungen**

Auf die in der Automobilindustrie tätigen Unternehmen wirken eine Reihe von Gesetzgebungen, welche ihr Handeln beeinflussen. Grundlegend für die Entwicklung von Allradantriebssystemen ist die Einhaltung von Sicherheitsanforderungen. Diese zeichnen sich unter anderem durch die ISO26262 Norm und die ASIL Einstufungen aus. Die Sicherheitsanforderungen sind von allen Herstellern zwingend einzuhalten. Da die Magna Powertrain in diesem Bereich bereits seit Jahren als etablierter Hersteller gilt, sind diese Vorschriften bekannt und in den derzeitigen Produkten vorgehalten.

Die größte Herausforderung für alle OEMs und Zulieferbetriebe stellen die Verschärfungen der Abgas- und Kraftstoffverbrauchsgesetzgebungen dar. Global betrachtet legen viele Länder hohen Wert auf effiziente Fahrzeuge und Teilsysteme. Der Druck zur Reduktion des gesamten CO<sub>2</sub> Verbrauches spiegelt sich neben engeren Toleranzen auch in der Neugestaltung der Testzyklen aus, um Realitätsnahe Verbrauchs- und Emissionsangaben ermitteln zu können.<sup>152</sup> Diese Anforderungen werden weiter an die Zulieferer gegeben.

Der Trend in den Abgasgesetzgebungen zeigt eine immer schärfere Beschränkung der Grenzwerte. Um die modularen Baukästen für die Zukunft attraktiv zu gestalten, ist ein hocheffizientes System anzustreben. Dies kann sich im Wettbewerb um Kundenprojekte als zentrales Verkaufsargument ausprägen.

### **7.1.2.2 Macht der Lieferanten auf das Unternehmen**

Die Lieferanten stellen einen essentiellen Beitrag in der Produktion von Verteilergetrieben und in weiterer Folge von modularen Baukastenstrukturen dar. Es bestehen unterschiedliche Ansätze, Lieferanten in die Lieferkette einzubinden. So können Abhängigkeiten von einem einzelnen Lieferanten eine ernsthafte Bedrohung darstellen. Überhöhte Preise und qualitative Probleme können hier als Beispiele angeführt werden. Auch eine Aufteilung der Produktion einzelner Komponenten kann auf der einen Seite zwar Kosteneinsparungspotentiale negativ beeinflussen (z.B.: Skaleneffekte durch Mengenaufteilung nicht erzielt) auf der anderen Seite die Gesamtkosten jedoch reduzieren (z.B.: durch lokale Produktion bleiben Einfuhrzölle aus, Transportkosten sinken).

Zum Teil sind Lieferanten ebenso Know-How-Träger auf ihrem Gebiet (mit Patenten) und liefern somit Hauptkomponenten für die Endprodukte. Die Entwicklung der technisch komplexen Produkte liegt bei den Lieferanten. Durch eine enge Zusammenarbeit können hier Potentiale gefördert genutzt werden. Allerdings stehen solche Technologien und Komponenten ebenso jedem Wettbewerber frei auf dem Markt zur Verfügung.

---

<sup>152</sup> Vgl. VDA (2016), Onlinequelle [01.11.2016].

### **7.1.2.3 Macht der Kunden auf das Unternehmen**

Die Kunden sind für die Zulieferbetriebe die Schnittstelle zum Endkunden. Die Kenntnis des Endkunden sowie die Weitergabe der wichtigen Informationen an die Lieferanten ist ein Schlüsselmerkmal für eine erfolgreiche Zusammenarbeit. Problematisch ist es hierbei, dass die Kunden zum Teil stark differenzierte Anforderungen aufweisen. Somit ist die Erstellung von Baukästen als schwierig einzustufen, da diese Unterschiede größtenteils abgedeckt werden müssen. Bliebe eine Differenzierung aus, so ist eine unterschiedliche Auslegung für die OEMs nicht möglich und die fehlende Differenzierung würde sich als Wettbewerbsnachteil herauskristallisieren.

Der steigende Preisdruck in der Automobilindustrie ist hierbei auch seitens der Kunden spürbar. Die Produkte müssen stets die neuesten Anforderungen wie beispielsweise Effizienzziele erfüllen, sollten allerdings preislich kaum an Mehrkosten verursachen. In diesem Spannungsfeld ist es von enormer Wichtigkeit, dass sich die Baukasten- und Plattformstrategien in Richtung Zukunft orientieren, um eine lange Verwendbarkeit zu gewährleisten.

### **7.1.2.4 Substitutionstechnologie**

Die bekannteste Substitutionstechnologie stellt der verstärkte Einsatz von Elektromobilität dar. Elektrifizierte Antriebe stellen eine klare Bedrohung für die Technologie der Verteilergetriebe dar. Neben vollelektrifizierten Fahrzeugen bieten ebenso teilelektrifizierte Systeme dieses Gefahrenpotential. So können Allradantriebe derart ausgestaltet werden, dass ein konventioneller Verbrennungsmotor eine Antriebsachse bedient und die zweite Achse mittels Elektromotoren bedient wird. Diese Variante findet zum Teil immer stärkeren Zuspruch.

Bei Verbleib auf konventionellen Antriebskonzepten besteht ein Risiko aufgrund des Ersatzes von Längs- und Quermotorarchitekturen. Für die Automobilhersteller können somit Kosten und Bauraumvorteile generiert werden. Allerdings ist hiermit die Verwendung von Verteilergetrieben nicht mehr notwendig. Dieses besteht Gefahrenpotential zwar, jedoch verbleiben viele Hersteller derzeit auf Längsmotorarchitekturen, um ihre Vorteile, wie beispielsweise Lastverteilung und Fahrdynamik, nutzen zu können.

Eine prinzipielle Bedrohung für die gesamte Automobilindustrie ist das Aufkommen von alternativen Mobilitätskonzepten. Durch Konzepte wie z.B.: Car-Sharing kann die Nachfrage nach Fahrzeugen für die individuelle Mobilität stagnieren oder abnehmen. Dadurch können bestehende Business-Cases einbrechen.

### **7.1.2.5 Bestehender Wettbewerb**

Der stärkste Konkurrent im Produktbereich der Verteilergetriebe stellt Borg Warner mit seiner entsprechenden Produktparte dar. Das Unternehmen ist international tätig und besitzt in seinem Produktportfolio bereits ein standardisiertes Verteilergetriebe. Durch die Standardisierung ist kaum eine Variabilität hinsichtlich spezieller Kundenanforderungen möglich (keine Modularität vorgehalten). Allerdings ist es so möglich, für die Magna Powertrain stets einen Benchmark für den Produktpreis darzustellen. Aus diesem Grunde ist Borg Warner auch stärker im asiatischen Markt vertreten als Magna Powertrain. In Hinblick auf den technischen Fortschritt ist Borg Warner tendenziell nicht als Innovationstreiber zu betrachten. Somit besitzt das Unternehmen derzeit auch kein Produkt auf dem

Markt, welches eine ‚Disconnect-Funktionalität‘ besitzt. Neben der Sparte der Verteilergetriebe besitzt Borg Warner einen breiten Stock an Know-How in anderen Bereichen wie beispielsweise in der Kettentriebproduktion und bei der Lamellenherstellung.

Neben Borg Warner existieren eine Reihe von weiteren Mitbewerbern, welche hauptsächlich auf dem asiatischen Markt vertreten sind. HWIA ist als aufstrebender Zulieferbetrieb zu nennen, welcher durch ein Joint Venture mit Magna Powertrain entsprechende Verteilergetriebetechnologien anbietet. Fuji Univance ist ebenfalls ein asiatischer Zulieferer mit eigener Produktentwicklung und Aisin ist als Hauptlieferant für Toyota und weitere bekannte Unternehmen zu nennen.

### **7.1.2.6 Potentieller Wettbewerb**

Durch die Einschätzungen und die Sichtung bereits bestehender Unterlagen haben sich zwei Unternehmen herauskristallisiert, welche als potentielle Wettbewerber betrachtet werden können. Auf der einen Seite ist GKN bereits ein bestehender Konkurrent bei (Allrad-)Antriebssystemen – allerdings für Quermotoranwendungen. In diesem Bereich bietet das Unternehmen kraftstoffeffiziente Lösungen an und bedient bereits Kundenprojekte serienmäßig. Allerdings sind keine Tätigkeiten für die Entwicklung von Verteilergetrieben und somit für Längsmotorarchitekturen bekannt. Ein Wechsel auf dieses Betätigungsfeld könnte GKN zu einem ernstzunehmenden Konkurrenten am Markt machen.

Auf der anderen Seite gibt es das Unternehmen ZF, welches mit seiner Getriebesparte einen signifikanten Marktanteil an Automatikgetrieben hält. ZF verbindet Getriebetechnologie mit Kupplungstechnologie (aus der Anwendung der Automatikgetriebe). Die Kernkompetenzen des Unternehmens stellen ein großes Potential für den Einstieg in den Verteilergetriebemarkt dar. Überdies hinaus wurden bereits erste Konzepte zu einem kombinierten Automatik-Verteilergetriebe vorgestellt. Aufgrund der Marktposition als großer Zulieferer der Wechselgetriebesparte ist hier entsprechendes Gefahrenpotential gegeben.

### **7.1.2.7 Kernaspekte für die Entwicklung einer modularen Baukastenstruktur**

Der Preisdruck wirkt sich stark auf die Produkte aus. Durch die modularen Baukastenstrukturen können hierbei Potentiale genutzt werden. Allerdings ist eine Fokussierung auf kostengünstige Produkte auf lange sich nachteilig, da bereits heute asiatische Verteilergetriebeproduzenten auf den Markt strömen und den Wettbewerb am asiatischen Markt dominieren. Auf lange Sicht ist hier ein Nachteil zu erwarten. Um dem primären Preiskampf zu entgehen, ist eine Ausrichtung auf innovative Produkte sinnvoll. Im Verteilergetriebesektor besitzt bis heute kein Zulieferbetrieb ein hocheffizientes Verteilergetriebesystem mit ‚disconnect-Funktion‘. Das Potential, diese Funktionalität zu standardisieren und für eine breite Masse zu günstigen Preisen anbieten zu können, kann sich als enormes Alleinstellungsmerkmal herausstellen.

Dies ist ebenso von Relevanz, da neue Mitstreiter wie GKN auf dem Markt einsteigen können und bereits heute in anderen Produkten ‚disconnect-Konzepte‘ in Serie besitzen. Auch ZF darf mit seiner Macht als Wechselgetriebehersteller nicht unterschätzt und sollte weiterhin beobachtet werden.

### 7.1.3 Einteilung der Produkte in Modulgruppen

Nach der Definition des Zielproduktes erfolgt die Grobeinteilung der Produkte in potentielle Modulgruppen. Diese technisch anspruchsvolle Aufgabe wird im Rahmen des ersten Workshops erledigt. Die Einteilung in Modulgruppen erfolgt mithilfe einer Schnittdarstellung eines modernen Verteilergetriebes der Magna Powertrain. Dieses Produkt stellt den Letztstand der Entwicklung dar (siehe Abb. 31).



Abb. 31: Geschnittenes Verteilergetriebe der Magna Powertrain, Quelle: Magna intern

Durch die Verwendung der Brainwriting-Methode<sup>153</sup> werden im ersten Schritt relevante Komponenten und Baugruppen ermittelt. Neben den dargestellten Bauteilen wie Kupplung oder Kettentrieb finden sich ebenso optionale Komponenten wie Wärmetauscher und Ölpumpen. Insgesamt sind sechs Modulgruppen innerhalb eines Verteilergetriebes definiert, welche die Basis für die Modularisierung darstellen. Hierbei wird unterschieden zwischen den zwingend erforderlichen Modulgruppen ‚Lamellenkupplung‘, ‚Aktuormotor und Steuergerät‘, ‚Antrieb Aktuatorik‘ und ‚Drehmomentübertragungseinheit‘ (Ketten-, Rädertrieb) sowie den optionalen Modulgruppen ‚Ölpumpe‘ und ‚aktive Medienkühlung‘ differenziert. Der Unterscheidung liegt die technische Notwendigkeit ihres Einsatzes zu Grunde. Optionale Modulgruppen und deren Bauteile stellen eine Funktionserweiterung dar, die Funktionalität hingegen würde auch ohne diese Komponenten sichergestellt sein.

---

<sup>153</sup> Für eine detaillierte Beschreibung der Brainwriting-Methode Vgl. Vahs/Brem (2015), S. 289.



betrachtet, bietet sich die Möglichkeit standardisierter Fertigungsverfahren, welche einen Großteil der Arbeitsschritte teilen und bei Kundenschnittstellen eine Flexibilität erfordern. Dies trifft für die Hauptwelle sowie die Vorderachsabtriebswelle gleichermaßen zu. Sie sind die Trägerbauteile der Module und Standardbauteile.

Da in den Verteilergetrieben stets eine Anpassungsfähigkeit zu Kundenschnittstellen erforderlich ist, besteht die Notwendigkeit zu kundenspezifischen Bauteilen. Die standardisierten Anteile stellen bereits einen Großteil des Umfangs dar. Die beiden Gehäusehälften, kundenspezifische Sensorik, Flansche und kundenspezifische Öltypen sowie ölführende Bauteile in den Gehäusen verbleiben produktbezogen und unterziehen sich keiner Modularisierung, da Kosteneffekte kaum erzielbar sind.

### 7.1.4 Kritische Produktattribute des Verteilergetriebes

Im Rahmen des Workshops werden neben der Modulgruppenunterteilung der Produkte ebenfalls die kritischen Produktmerkmale von Single Speed Verteilergetrieben erhoben. Diese dienen als Basis für die weiteren Untersuchungen der Anforderungen bisheriger und zukünftiger Produkte. Die kritischen Attribute beziehen sich hierbei auf das Kundenprodukt, wodurch eine Definition der Endprodukte aus Kundensicht möglich wird. Die Sichtung einiger Kundenlastenhefte sowie das Expertenwissen der Teilnehmer im Workshop dienen als Input für die Erstellung einer Anforderungsmatrix.

Aus den Attributen der Verteilergetriebe werden in weiterer Folge Parameter für die einzelnen Modulgruppen abgeleitet. Neben den Kundenattributen sind auch Schnittstellen sowie weitere Merkmale für die Gestaltung der Module von Relevanz.

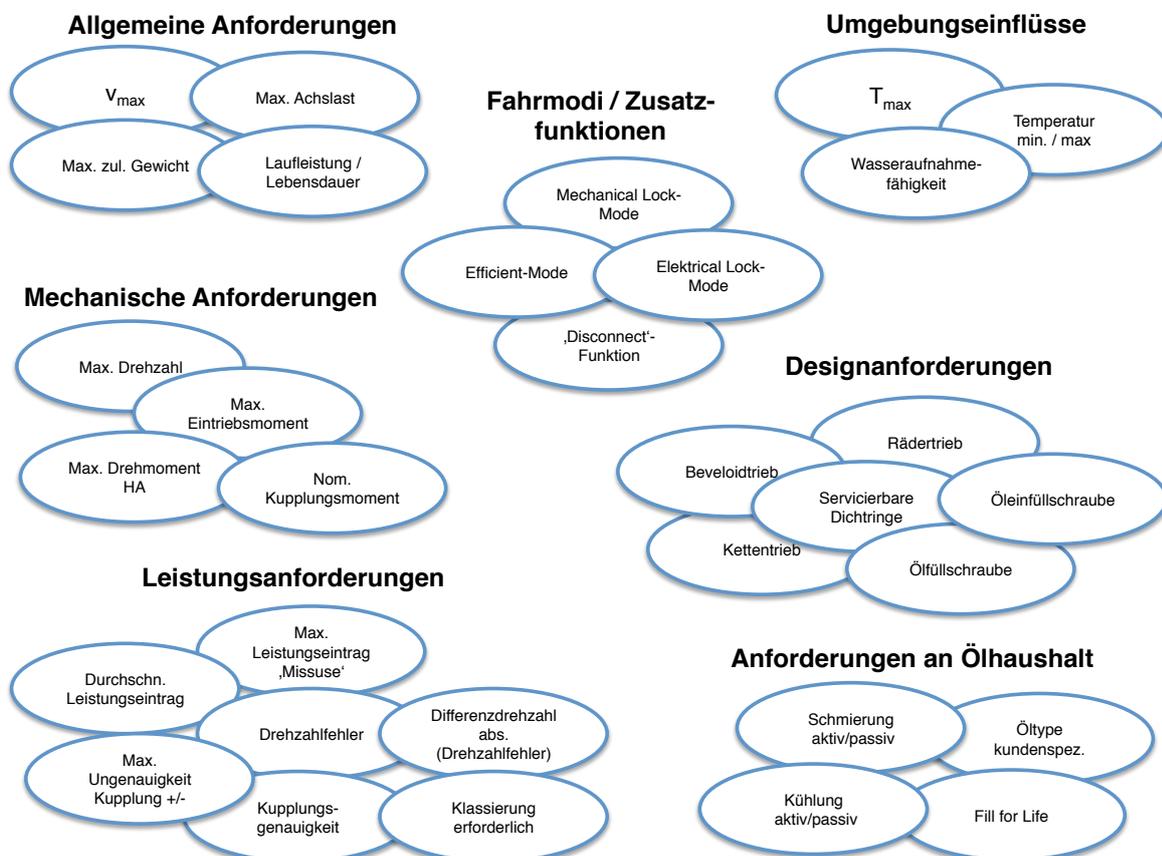


Abb. 33: Gegliedertes Ergebnis des Brainstormings zu den kritischen Produktmerkmalen, Quelle: Eigene Darstellung.

## Anwendung der Road-Map an einem Tier-1-Zulieferer

Aus den unterschiedlichsten Anforderungen lassen sich sechs Attributsgruppen ableiten, welche alle einen gemeinsamen Themenkreis aufweisen. Sie unterteilen sich in ‚allgemeine Fahrzeuganforderungen‘, ‚mechanische Anforderungen‘, ‚Umgebungseinflüsse‘, ‚Designanforderungen‘, ‚Anforderungen an Ölhaushalt‘, ‚Leistungsanforderungen‘ sowie ‚Fahrmodi/Zusatzanforderungen‘. Abb. 33 stellt die Sammlung aller Merkmale dar, wobei die Themengebiete den Gruppen örtlich zugeordnet sind.

Diese Aufschlüsselung ist die Grundlage für die weiterführende Marktanalyse. Zu diesem Zweck werden die Ergebnisse in tabellarischer Form weiter verwertet. Eine Standardisierung bestimmter Merkmale, beispielsweise der kundenspezifischen Schnittstellendefinitionen, wird zum Teil nur schwer realisierbar sein. Allerdings lässt sich daraus ein Eindruck über die gängigsten Schnittstellen und Grobabmessungen generieren.

Essentiell für die Weiterverarbeitung ist die Kenntnis von dem Bezug der einzelnen Attribute auf die jeweiligen Modulgruppen. Darüber hinaus werden neben der Zuteilung auch einzelne Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Gruppen sichtbar.

Attribut	Einheit	Beschreibung	Modulgruppe
Maximalgeschwindigkeit (Fahrzeug)	km/h	Maximale Fahrzeuggeschwindigkeit	K,D,Ö
höchstzulässiges Gesamtgewicht	kg	Gewicht des Fahrzeuges mit Maximalbelastung	K,D,A
höchstzulässige Achslast VA	kg	Statische Achslast bei maximaler Zuladung	K,D,A
maximale Eingangsdrehzahl	U/min	Eintriebsdrehzahl im Verteilergetriebe	K,D,Ö
maximales Eingangsdrehmoment	Nm	Eintriebsdrehmoment im Verteilergetriebe	K
maximales Ausgangsdrehmoment HA	Nm	Ausgangsdrehmoment zur Hinterachse	K
nominales Kupplungsdrehmoment	Nm	Kupplungsdrehmoment ohne Toleranzen	K,D,A
Spitzentemperatur	°C	Maximale Temperaturanforderung aus Umgebung	K,A,D,Ö,M
‚Disconnect‘-Function	ja/nein	Abschaltfunktion eines Teiles des Antriebsstranges (2WD-Modus)	K,D,Ö
Kundenspezifische Öltype	ja/nein	Öltype von Lieferanten spezifiziert	K,A,D,Ö,M
Öfüllung auf Lebensdauer	ja/nein	Verteilergetriebe mit Öfüllung ab Werk auf Lebensdauer	K,A,D,Ö,M
Ölschmiersystem	aktiv/passiv	Mittels Ölpumpe oder über Schleudereffekte der Bauteile	Ö,M
Kühlsystem	aktiv/passiv	Aktive Kühlung mittels Wärmetauscher oder passiv über Wärmeabfuhr über Gehäuseteile	M
Achsversatztype	Räder-/Kettentrieb	Achsversatz zwischen Eintrieb und Abtrieb Vorderachse	D
Sperrmechanismus (mechanisch/elektrisch) erforderlich	ja/nein	Sperrfunktion für Geländebetrieb (Vorder- und Hinterachse übersperrt)	K,A
Reaktionszeit Kupplungsaktuierung	ms	Zeit bis zum Schließen der Kupplung	K,A
Reaktionszeit Kupplungsöffnen (T>= 10°C)	ms	Zeit bis zum Öffnen der Kupplung	K,A
Restmoment bei Kupplungsöffnen	Nm	Verbleibendes Kupplungsdrehmoment nach dem Kupplungsöffnen	K,A
Drehzahlfehler VA/HA	%	Drehzahlunterschied zwischen Vorder- und Hinterachse (Auslegungskriterium)	K,D
Geographische Zuordnung	-	Zuordnung der Kundenstandorte nach Region USA / Europa	
maximale Drehmomentenungenauigkeit	%	Stellungenauigkeit aufgrund Regelungsungenauigkeiten	K,A
Verteilergetriebeklassierung erforderlich	ja/nein	Klassieren der Verteilergetriebe um Anfangsunterschiede zu reduzieren und Stellgenauigkeit zu erhöhen	K,A

K... Lamellenkupplung, A... Aktuatorik und Antrieb, D... Drehmomentenübertragungseinheit, Ö... Ölpumpe, M... Medienkühlung

Tabelle 3: Kritische Attribute der Verteilergetriebe, Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 3 bildet die Gruppenzuordnung sowie die Liste der Produktattribute ab. In der Tabelle wurden bereits die Attribute aus dem Brainstorming vorselektiert. Anforderungen, welche sich über die unterschiedlichen Projekte kaum verändern, wurden bereits entnommen (z.B.: Laufleistung). Diese sind zwar als Grundvoraussetzung zu sehen, werden bei der Standardisierung kaum einen Einfluss auf die Differenzierung der einzelnen Module besitzen.

## 7.2 Phase 2: Marktanalyse

Anschließend an die Situationsanalyse folgt die Marktanalyse. Die Modulgruppeneinteilung, die Umfeldanalyse und die kritischen Produktmerkmale bilden hierfür die Grundlage. Die dem Unternehmen zur Verfügung stehenden Kundeninformation dienen für die weiterführende Analyse als Ausgangsbasis. Als zentrale Dokumente können die Kundenlastenhefte sowie deren Bewertungen von Fachexperten angesehen werden. In den Lastenheften sind alle, für die Endkunden relevanten Informationen zu den bisherigen und zukünftigen Produktspezifikationen zentralisiert.

Ziel der Marktanalyse ist es, die Kundendaten zu zentralisieren. Aus den kritischen Produktattributen sind mithilfe der Faktorenanalyse markante und ausschlaggebende Faktoren zu ermitteln. Die Frage hinter der Analyse lautet: ‚Hängen die Merkmale untereinander zusammen und inwieweit prägen sich diese durch übergeordnete Faktoren aus?‘ Im darauffolgenden Schritt ist die Clusteranalyse geplant. Sie dient zur wissenschaftlichen Analyse einer möglichen Variantenbildung anhand der vorhandenen Werte. Um die Gültigkeit und Plausibilität der Erkenntnisse zu überprüfen, fand ein Workshop statt, in welchem die Erkenntnisse in der Expertenrunde gesichtet wurden und die Modulunterteilung in Varianten vorgenommen wurde (Start der Phase 3).

Durch die Abarbeitung der Phase zwei soll sich bereits herauskristallisieren, welche Varianten bzw. welche Vielfalt von der standardisierten Architektur zu erwarten ist. Diese Indikation ist ein Teil der Beantwortung einer weiteren Forschungsfrage, welche durch Phase drei beantwortet wird.

### 7.2.1 Datenerhebung aus Kundendaten

Auf Basis der in Abschnitt 7.1.4 definierten kritischen Produktmerkmale werden nun alle relevanten Informationen aus den Kundenlastenheften extrahiert. Die Herausforderung hierbei bezieht sich darauf, die unterschiedlich angegebenen Anforderungen der Kunden auf zentral beschriebene Attribute zu übertragen. Dies ist für die weiterfolgenden Schritte notwendig, um eine Vergleichbarkeit sicherzustellen. So müssen natürlich für die Kundenwerte sowohl die Einheiten als auch weitere Merkmale wie Reaktionszeiten auf unterschiedlichen Temperaturniveaus aufeinander abgestimmt werden.

Die Kundenlastenhefte zielen auf die Erstellung von Produkten für ihre Endkunden ab. Diese weisen weitaus komplexere Kaufentscheidungen als die Erfüllung von technischen Anforderungen auf. Eine primäre Marktstudie am Endkunden würde den Vorteil eines tieferen Verständnisses der Produkthanforderungen dieser ergeben, allerdings erweisen sich diese aufgrund ihrer Kapazitätsbindung in der Datenerhebung und Aufbereitung als kosten- und zeitintensiv.<sup>154</sup> Problematisch ist für Zulieferbetriebe überdies, dass die Endkunden zum Teil kaum bzw. ein geringes technisches Verständnis

---

<sup>154</sup> Vgl. Meffert (1992), S. 196.

für die Einzelkomponenten besitzen. Die Qualität der somit erhobenen Daten wäre somit zu hinterfragen. In Abstimmung mit den Teilnehmern der Workshops war es weitaus wichtiger, die gewünschte Fahrzeugcharakteristik der einzelnen OEMs zu verstehen und mit den Produkten die Charakteristik und somit deren Differenzierung zum Wettbewerb zu unterstützen. Die Auswertung der Lastenhefte war somit für die Analyse zielführend.

Im Verlauf der Extraktion der Kundenanforderungen wurde eine Differenz in der Produktkenntnis sichtbar. OEMs, welche bereits eine langjährige Erfahrung mit dem Einsatz von Allradantrieben und aktiven Verteilergetrieben vorwiesen, spezifizierten die Informationen zielgerichtet und in entsprechender Konkretheit. Waren die Kunden bereits langjährige Partner des Unternehmens, zeigte sich darüber hinaus eine tiefgreifende Kenntnis über die Produkte und technischen Lösungen der Magna Powertrain. Diese Kenntnis ermöglichte auf der einen Seite die einfache Verarbeitung der Daten. Auf der anderen Seite zeichnete sich eine möglicherweise ungewollte Einschränkung der Anforderungen ab. So wurden Spezifikationen als gegeben betrachtet, da sich diese im Laufe der Jahre kaum verändert haben. Als Beispiel ist hierbei die Drehmomentkapazität der Kupplung zu betrachten. Ein Hersteller bezieht sich hierbei vermehrt auf einen über die Jahre festgeschriebenen Momentenwert. Dieser variiert von Produkt zu Produkt allerdings nur minimal. Wird hingegen das dahinterliegende OEM-Fahrzeugportfolio analysiert, ist erkennbar, dass die Allradisierung des Antriebsstranges mit dem Einsetzen der ersten SUVs begann. In den letzten zehn Jahren kamen vermehrt leichtere und sportlichere Fahrzeuge (wie Limousinen und Coupés) hinzu. Die verhältnismäßig kleinen Fahrzeuge dieser Kategorien weisen im Gegenzug zu großen SUVs geringere Fahrzeuggewichte auf. Ebenso ist eine sportlichere Grundauslegung vorstellbar. Diese Annahme spiegelt sich allerdings kaum in einem reduzierten Kupplungsmoment oder einer stark erhöhten Leistungsabfrage wider. Diese Parameter wären aufgrund technischer Gegebenheiten hiervon beeinflusst. Vielmehr orientieren sich die Anforderungen an der Produktentwicklung und scheinen in großen Teilen ähnlich in ihrer Ausprägung.

Wiederum ist bei Neukunden bzw. bei unerfahrenen Kunden erkennbar, dass sich die Anforderungen auf wenige Grunddeckpunkte beschränken. Nach Rücksprache mit beteiligten Entwicklungsfachleuten zeigte sich, dass Lastenhefte für ‚Neueinsteiger‘ in der Kooperation zwischen den Unternehmen erstellt wurden. Somit bilden diese Lastenhefte ebenfalls vorhandene Produkte und deren Spezifikationen in gewisser Weise ab. Erkennbar ist dies beim Vergleich zweier Verteilergetriebe unterschiedlicher Kunden, wobei Kunde A eine langjährige Produkterfahrung aufweist und Kunde B neu einsteigt. Das Lastenheft bzw. das dem Kunden B verkaufte Produkt ist in weiten Teilen ein Duplikat des Produktes des Kunden A.

Die beiden der beschriebenen Ausgangssituationen erschweren eine realistische Auswertung der Daten. Zwar gilt dies nicht für alle Kunden, allerdings zieht dieses Schema ein Problem nach sich. Künstlich wiederkehrende Anforderungen erhöhen die Anzahl und verfälschen somit die weiterführende Auswertung. Es ist anzunehmen, dass eine klare Unterscheidung der zukünftigen Produkte durch die Einflussfaktoren schwer erkennbar sein wird. Werden die Zielfahrzeuge betrachtet, so differenzieren sich diese jedoch von sportlichen Applikationen bis hin zu Fahrzeugen guter Geländetauglichkeit. Als Beispiele sind hier zwei Kundenprodukte als Vergleich dargestellt. Als Vertreter sportlicher und agiler Fahrzeuge kann hier der aktuelle BMW 335Xd genannt werden, welcher in seiner stärksten Allradvariante bis zu 230kW Motorleistung, eine Maximalgeschwindigkeit von 250km/h und ein maximales

Fahrzeuggesamtgewicht von 2180kg aufweist.<sup>155</sup> Als Vertreter der geländegängigen Fahrzeuge weist der Chevrolet Silverado 1500 ein maximal zulässiges Gesamtgewicht von ca. 3500kg auf, wohingegen die Motorleistung bei 308kW und deutlich geringeren Maximalgeschwindigkeiten vorliegen.<sup>156</sup> Es ist offensichtlich, dass beide Fahrzeuge stark unterschiedliche Anforderungen an die Allradssysteme stellen, beeinflusst von physikalischen Gegebenheiten sowie von den zu erwartenden Einsatzbereichen. Der Chevrolet Silverado als Pick-Up-Truck wird im Laufe seiner Nutzungsdauer als Arbeitsfahrzeug unterschiedliche Arbeitsbedingungen und Straßenverhältnisse erleben als eine Limousine. Trotzdem sind beide Fahrzeuge mit ähnlichen Allradantriebssystemen ausgestattet. Ein Grund dahinter ist, dass bei der Entwicklung des Allradsystems für BMW ebenso schwere Fahrzeuge wie der BMW X5 mit abgedeckt werden. Somit ist der Unterschied in den Fahrzeuggewichten und möglichen Anwendungsszenarien weitaus geringer. Eine klare Unterscheidung der Systeme verschwimmt somit.

In Abstimmung mit Fachexperten des Unternehmens ist es sinnvoll, über die Lastenhefte hinaus Erfahrungen aus Kundengesprächen in die Bewertung mit einfließen zu lassen. Essentiell ist hierbei die Kenntnis darüber, wohin sich die OEMs mit ihrem Endproduktportfolio hinbewegen möchten. Die kritischen Attribute werden nun in einer Expertenrunde für die Automobilhersteller erneut bewertet und als zukünftige Entwicklungsrichtung definiert. Diese Vorgehensweise zieht zwar den Nachteil mit sich, dass die Einschätzungen nun zum Teil subjektiv sind. Allerdings ist die Kenntnis der Kunden eine Voraussetzung für die zielgerichtete Entwicklung von Baukastensystemen und somit muss für den Erfolg eine Einteilung zukunftsgerichtet erfolgen anstatt die Vergangenheit in Baukästen abzubilden. Die Erhebung der Daten wurde daraufhin im Zuge eines Workshops durchgearbeitet, worin die kritischen Merkmale im Team bewertet und somit eine parallele Datenbasis erzeugt wurde.

In weiterer Folge wurden diese beiden unterschiedlich erhobenen Datensätze durch die folgenden Methoden ausgewertet und miteinander verglichen. Es war zu erwarten, dass die subjektiven Daten eine stärkere Differenzierung der Produkte erkennen lassen.

### 7.2.2 Faktorenanalyse

Die extrahierten Kundendaten dienen anschließend als Input für die weiterführende Faktorenanalyse. Die Datensätze wurden entsprechend ihrer Verwertbarkeit aufbereitet. Inhalt der Faktorenanalyse ist unter anderem die Erstellung einer Korrelationsmatrize. Hierfür müssen die Werte in numerischer Form vorliegen, wobei einige Attribute sich als logische Antwortmöglichkeiten herausstellen. Damit die Faktorenanalyse verwertbare Ergebnisse liefert, werden Attribute mit zwei Antwortmöglichkeiten in 0 bzw. 1 als Zahlenwert umgewandelt. Nach der Erstellung der Matrize werden die entsprechenden Korrelationen gesichtet und die Ursache für die bestehende Korrelation geprüft. Auf Basis einer vollständigen Einschätzung sollen so in gemeinsamer Abstimmung die Faktoren extrahiert werden.

---

<sup>155</sup> Vgl. BMW (2016), Onlinequelle [03.09.2016].

<sup>156</sup> Vgl. Chevrolet (2016), Onlinequelle [03.09.2016].

**7.2.2.1 Faktorenanalyse auf Basis des gemeinsam bewerteten Datensatzes**

Als Basis der Auswertung wird im ersten Schritt der gemeinsam erarbeitete Datensatz mit den zugehörigen Einschätzungen verwendet. Wie bereits in Abschnitt 3.4.1 diskutiert wurde, bietet sich für die deutliche Gegenüberstellung der einzelnen Merkmale die Verwendung einer Korrelationsmatrix an. Alle relevanten Attribute werden dabei miteinander verglichen und in der Matrix einander gegenübergestellt. Um eine Übersichtlichkeit in der Auswertung zu generieren, werden jene Kombinationen, welche eine höhere Korrelation aufweisen hervorgehoben. Dies erfolgt sowohl bei positiver als auch negativer Korrelation. Tabelle 4 stellt die Auswertung im Detail dar.

	Maximalgeschwindigkeit	zul. Gesamtgewicht	zul. Achslast VA	max. Drehzahl	Eingangsmoment	Ausgangsmoment HA	nom. Kupplungsmoment	Spitztemperatur	Disconnect-Fähigkeit	kundenspez. Öltype	Öfüllung auf Lebensdauer	Schmierkonzept	Kühlkonzept	Achsversatztyp	Sperremechanismus	Reaktionszeit 'Schließen'	Reaktionszeit 'Öffnen'	Restmoment nach 'Öffnen'	Drehzahlfehler	Entwicklungsstandort	Stellungenaugigkeit	Verteilergtriebeklassierung	
Maximalgeschwindigkeit	1,0																						
zul. Gesamtgewicht	-0,3	1,0																					
zul. Achslast VA	-0,4	0,9	1,0																				
max. Drehzahl	0,2	-0,5	-0,5	1,0																			
Eingangsmoment	0,1	0,4	0,3	0,0	1,0																		
Ausgangsmoment HA	-0,2	0,2	0,2	-0,1	1,0	1,0																	
nom. Kupplungsmoment	-0,4	0,7	0,6	-0,6	0,1	0,2	1,0																
Spitztemperatur	0,5	0,0	0,1	0,1	0,4	0,3	-0,3	1,0															
Disconnect-Fähigkeit	-0,1	0,4	0,4	0,0	0,9	0,9	0,2	0,5	1,0														
kundenspez. Öltype	0,0	-0,1	0,0	-0,5	-0,3	-0,1	0,4	-0,2	-0,2	1,0													
Öfüllung auf Lebensdauer	0,2	-0,1	-0,1	0,6	0,2	-0,1	-0,5	0,2	0,1	-0,8	1,0												
Schmierkonzept	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	-0,4	1,0											
Kühlkonzept	0,8	-0,3	-0,2	0,2	0,1	0,1	-0,3	0,6	0,2	0,2	0,1	0,7	1,0										
Achsversatztyp	-0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4	-0,1	0,5	-0,2	-0,1	-0,1	-0,3	1,0									
Sperremechanismus	-0,5	0,3	0,3	-0,6	0,0	0,3	0,7	-0,6	0,0	0,7	-0,8	0,3	-0,3	0,3	1,0								
Reaktionszeit 'Schließen'	-0,5	0,3	0,3	-0,6	0,0	0,3	0,7	-0,6	0,0	0,7	-0,8	0,3	-0,3	0,3	1,0	1,0							
Reaktionszeit 'Öffnen'	-0,1	0,0	-0,1	0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	1,0						
Restmoment nach 'Öffnen'	0,0	-0,1	-0,3	0,1	0,2	0,5	-0,1	-0,1	0,3	-0,4	0,2	-0,2	-0,2	0,4	0,0	0,0	0,1	1,0					
Drehzahlfehler	0,4	-0,3	-0,3	0,7	0,1	-0,1	-0,6	0,5	0,2	-0,3	0,4	0,1	0,5	0,2	-0,5	-0,5	0,0	0,0	1,0				
Entwicklungsstandort	-0,5	0,3	0,3	-0,6	0,0	0,3	0,7	-0,6	0,0	0,7	-0,8	0,3	-0,3	0,3	1,0	1,0	-0,3	0,0	-0,5	1,0			
Stellungenaugigkeit	-0,2	-0,1	0,1	-0,3	-0,3	-0,1	0,2	0,0	-0,1	0,8	-0,7	0,7	0,3	-0,3	0,4	0,4	-0,4	-0,5	-0,2	0,4	1,0		
Verteilergtriebeklassierung	0,8	-0,3	-0,4	0,4	0,1	-0,3	-0,6	0,3	-0,1	-0,5	0,6	-0,5	0,3	-0,3	-0,8	-0,8	0,3	0,1	0,4	-0,8	-0,6	1,0	

Tabelle 4: Darstellung der Korrelationsmatrix, Quelle: Eigene Darstellung.

Die erste Darstellung lässt nun erkennen, dass es eine Vielzahl von Werten gibt, welche eine geringe Korrelation aufweisen. Die stark korrelierenden Merkmale werden ab einem Grenzwert von  $\pm 0,4$  nun in tabellarischer Form abgebildet und die Ergebnisse der Analyse hinsichtlich ihrer Aussagekraft bewertet. Für jede mögliche Korrelation ist im Zuge dieser Sichtung die Ursache für diese zu ermitteln. Zum Teil beschränken sich diese Korrelationen auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten, welche klare Abhängigkeiten ergeben. So ist zum Beispiel das nominale Kupplungsmoment stark von dem

Gesamtgewicht der Fahrzeuge abhängig, da hohe Motorenleistungen sowie hohe auf die Fahrbahn übertragbare Drehmomente dies ermöglichen. Die Korrelation dieser Werte des Datensatzes ist in Abb. 34 visualisiert. Die Korrelation wird über die Trendlinie (schwarz) dargestellt.

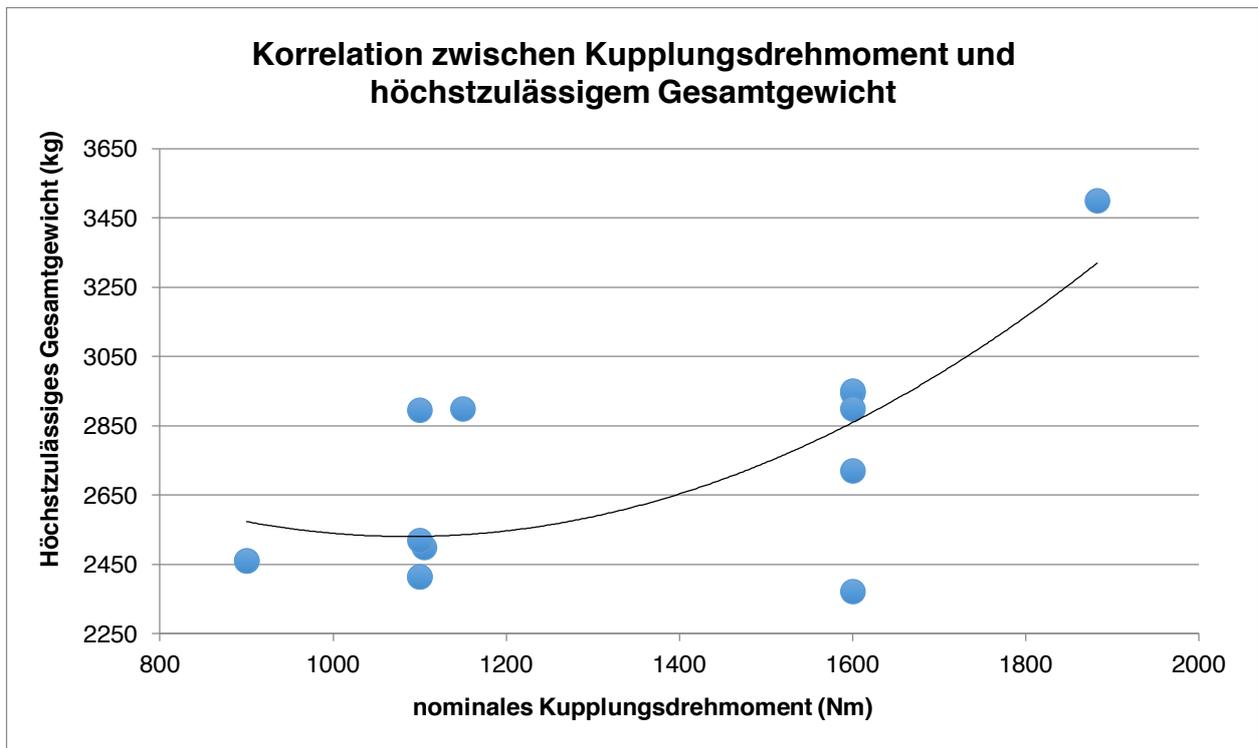


Abb. 34: Korrelation zwischen höchstzulässigem Gesamtgewicht und Kupplungsdrehmoment , Quelle: Eigene Darstellung.

Im Gegensatz zu den offensichtlich korrekten und schlüssigen Ergebnissen der Korrelationsmatrix können ebenso unlogische Korrelationen auftreten. Es gilt diese Werte zu ermitteln und auszuschließen. Die ermittelten Korrelationen müssen deshalb im Detail analysiert und plausibilisiert werden.

Aus der Korrelationsmatrix wird die Abhängigkeit einer aktiven Kühlung von einer aktiv ausgeführten Schmierung des Gesamtaggregate ersichtlich. Bei Verbau eines Wärmetauschers erfordert bedingt hinsichtlich technischer Realisierung eine Ölpumpe, um das Verteilergetriebeöl zwanghaft in Umlauf zu bringen. Diese Tatsache ist keineswegs eine neue Erkenntnis.

Anhand der Ursachendarstellung der einzelnen Korrelationen zeigen sich signifikante Unterscheidungsmerkmale. Diese Merkmale und Ausprägungen werden in weiterer Folge die Faktoren darstellen. Wie sich diese zusammensetzen wird im Folgenden dargestellt.

Durch die Analyse wird offensichtlich, dass das Maximaldrehmoment der Verteilergetriebe stark in zwei unterschiedliche Richtungen differenziert werden kann. Durch die bisherige Ausführung der Anfragedokumente, welche zum Großteil für Fahrzeuge höhere Gesamtgewichtsklassen (SUVs und Pick-Ups) festgelegt wurden, wurde eine klare Korrelation zu unterschiedlichen Fahrzeugklassen kaum ersichtlich. Die Experteneinschätzungen sowie die Andeutungen der Kunden in einigen Lastenheften nach einer Unterteilung der Allradantriebssysteme in zwei Drehmomentenklassen zur Vorderachse verändert die Korrelation deutlich. Auf Basis dieser Aufteilung sind aus technischer Hinsicht sportlichere Auslegungen der Allradantriebe möglich. Ein Großteil der Merkmale und ihre Ausprägungen lassen sich in zwei Faktoren unterteilen.

Der erste ermittelte Faktor wird als ‚Sportlichkeit/Dynamik‘ bezeichnet. Basierend auf der Betrachtung des Kupplungsdrehmomentes finden sich hierbei kleinere Werte wieder. Hohe Anforderungen an Stellgenauigkeiten der Drehmomente sowie schnelle Reaktionszeiten der Aktuierungssysteme dominieren diesen Faktor. Die Maximaldrehzahlen am Eintrieb sind hierbei als hoch einzustufen und erreichen Werte jenseits der 9000U/min. Die maximalen Fahrzeuggeschwindigkeiten weisen geringere negative Korrelation auf als anzunehmen ist. Dahinterliegend zeigt sich allerdings die Tatsache, dass auf der einen Seite sportliche SUVs mit einem hohem Fahrzeuggewicht ebenfalls sehr hohe Maximalgeschwindigkeiten erreichen und auf der anderen Seite die Geschwindigkeiten schnellerer Fahrzeuge zumeist auf gewisse Grenzwerte limitiert werden (sehr häufig auf 250km/h). Durch steigende Drehzahlen und Maximalgeschwindigkeit steigt auch die geforderte Haltbarkeit hinsichtlich hoher Umgebungstemperaturen. Diese Indikation wird zum einen beeinflusst von kompakten Fahrzeugbauweisen (im Vergleich zu konventionellen SUVs und Pick-Up-Trucks) bzw. ebenso stärkere Belastung angrenzender Bauteile und somit höhere Wärmebildung. Auch innerhalb der Verteilergetriebe wird durchaus mehr Wärme gebildet, da eine starke Korrelation zu geforderten Drehzahlfehlern (gewollte Drehzahldifferenz zwischen Vorder- und Hinterachse) aufgrund der fahrdynamischen Nutzung der Allradsysteme. Hier zugeordnet ist auch die Forderung nach aktiver Kühlung der Systeme, welche insbesondere bei sehr sportlichen Fahrzeugen gefordert wird. Fahrzeuge, die sich an diesem Faktor orientieren, weisen kaum die Anforderung hinsichtlich einer stärkeren Geländegängigkeit auf, was sich ebenso im Ausbleiben einer Anforderung hinsichtlich einer Sperrfunktion der Kupplung widerspiegelt.

Demgegenüber weist der zweite Faktor sich als ‚Offroad-Tauglichkeit‘ aus. Die Kupplungsmomente orientieren sich am oberen Ende der Werteskala. Die Anforderung an Stellgenauigkeiten sind hierbei zum Teil geringer ausgeführt, obwohl diese trotzdem nicht zu unterschätzen sind. Trotzdem ist bei diesen hohen Momentenklassen ersichtlich, dass die reduzierte Anforderung nach Stellgenauigkeit zum Teil stark mit dem Ausbleiben einer Kupplungsklassierung einhergeht. Das maximale Kupplungsdrehmoment korreliert hierbei stark mit dem höchstzulässigen Gesamtgewicht und somit auch mit der zulässigen Achslast der Vorderachse.

Die beiden Faktoren ‚Sportlichkeit/Dynamik‘ und ‚Offroad-Tauglichkeit‘ umfassen somit unterschiedliche Einzelattribute. Trotzdem sind beide über das Kupplungsdrehmoment miteinander verknüpft. Sie stellen somit die Ausgangssituation des Kupplungsdrehmomentes dar.

Die Anforderung hinsichtlich der Effizienz des Antriebsstranges findet sich unter dem gemeinsamen Faktor ‚Kraftstoffeffizienz‘ wieder. Der 2WD-Modus ermöglicht durch die Stilllegung von Antriebsstrangkomponenten signifikante Kraftstoffeinsparungen. Die Korrelation der Disconnect-Modi zu Eingangsdrehmoment und Abtriebsdrehmoment an der Hinterachse gibt mit der leichten Korrelation zu den Fahrzeugmassen eine Indikation darüber, dass derzeit diese Anforderung zu Kraftstoffeinsparungen vor allem bei stark motorisierten und schweren Fahrzeugen gestellt wird. Allerdings deutet der Trend im Allgemeinen auf hocheffiziente Antriebssysteme hin, wodurch sich die Forderung dieser Effizienzsteigerung weiter zu anderen Fahrzeugklassen übertragen wird. Dies wird in Hinblick auf die bestehenden und zukünftigen Gesetzgebungen deutlich (siehe Abschnitt 7.1.2). Aus diesem Grund ist die Bewertung der Kraftstoffeffizienz ein Faktor, der in Zukunft stärker auftreten wird. Es ist anzunehmen,

dass dieser zukünftig weitaus stärker ausgeprägt sein wird, nämlich quer über die unterschiedlichen Fahrzeugapplikationen.

Eine interessante Erkenntnis bietet die Zuordnung der Merkmale zu einem geographischen Bezug. Werden die Entwicklungsstandorte Europa und Nordamerika betrachtet, so ist eine klare Korrelationen zu einzelnen Attributen erkenntlich. So werden in den USA schwerere Fahrzeuge sowie höhere Kupplungsmomente gefordert. Ebenso besitzen die amerikanischen OEMs die Forderung nach hauseigenen Öltypen, wobei sie hierbei auch zum Teil auf die Forderung nach einer Ölfüllung auf Lebenszeit verzichten. Gegenteilig verhalten sich hierbei europäische OEMs, welche Ölfüllungen auf Lebensdauer bevorzugen. Auch die Motor- bzw. Eintriebsdrehzahlen sind in Nordamerika tendenziell höher in Europa. Die meisten OEMs weisen hier jedoch kaum die Notwendigkeit eines Sperrmechanismus auf. Diese regionalen Unterscheidungen beruhen zum Teil auf den lokalen Entwicklungen über die Zeit, wobei in letzter Zeit ein Angleichen der Anforderungen vermerkt wurde. Auslöser hierfür sind beispielsweise überregionale Zusammenschlüsse großer Automobilkonzerne, welche ihr Know-How teilen und gemeinsame Fahrzeugbaukästen und Plattformen erstellen.

**7.2.2.2 Vergleichsanalyse mit den Datensatz auf Basis der reinen Lastenheftanforderungen**

	Maximalgeschwindigkeit	zul. Gesamtgewicht	zul. Achslast VA	max. Drehzahl	Eingangsmoment	Ausgangsmoment HA	nom. Kupplungsmoment	Spitztemperatur	Disconnect'-Fähigkeit	kundenspez. Öltype	Öffüllung auf Lebensdauer	Schmierkonzept	Kühlkonzept	Achsversatztyp	Sperrmechanismus	Reaktionszeit 'Schließen'	Reaktionszeit 'Öffnen'	Restmoment nach 'Öffnen'	Drehzahlfehler	Entwicklungsstandort	Stellungenaugigkeit	Verteilergtriebeklassierung	
Maximalgeschwindigkeit	1,0																						
zul. Gesamtgewicht	-0,3	1,0																					
zul. Achslast VA	-0,5	0,9	1,0																				
max. Drehzahl	0,2	-0,4	-0,4	1,0																			
Eingangsmoment	0,0	0,6	0,5	-0,2	1,0																		
Ausgangsmoment HA	-0,3	0,5	0,4	-0,2	1,0	1,0																	
nom. Kupplungsmoment	-0,5	0,6	0,6	-0,6	0,6	0,6	1,0																
Spitztemperatur	0,4	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	1,0															
Disconnect'-Fähigkeit	-0,4	0,6	0,6	-0,4	0,6	0,6	0,5	0,2	1,0														
kundenspez. Öltype	0,0	-0,2	-0,2	-0,4	-0,2	0,0	0,2	-0,2	0,1	1,0													
Öffüllung auf Lebensdauer	0,2	0,0	0,0	0,6	0,1	-0,1	-0,4	0,1	-0,2	-0,8	1,0												
Schmierkonzept	0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,7	-0,5	1,0											
Kühlkonzept	0,7	-0,3	-0,4	0,2	0,0	-0,1	-0,3	0,5	-0,2	0,3	0,0	0,7	1,0										
Achsversatztyp	-0,5	0,4	0,4	0,0	0,3	0,4	0,7	-0,2	0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	1,0									
Sperrmechanismus	-0,5	0,2	0,2	-0,6	0,0	0,3	0,6	-0,5	0,3	0,7	-0,8	0,3	-0,3	0,4	1,0								
Reaktionszeit 'Schließen'	-0,5	0,2	0,2	-0,6	0,0	0,3	0,6	-0,5	0,3	0,7	-0,8	0,3	-0,3	0,4	1,0	1,0							
Reaktionszeit 'Öffnen'	-0,1	-0,1	0,0	0,5	-0,3	-0,3	-0,7	-0,3	-0,3	-0,5	0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,4	-0,4	1,0						
Restmoment nach 'Öffnen'	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,4	0,2	-0,1	-0,1	-0,3	0,1	-0,3	-0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	1,0					
Drehzahlfehler	0,4	-0,1	-0,3	0,3	-0,3	-0,5	-0,4	0,4	-0,3	0,0	0,1	0,2	0,5	-0,1	-0,4	-0,4	0,0	-0,2	1,0				
Entwicklungsstandort	-0,5	0,2	0,2	-0,6	0,0	0,3	0,6	-0,5	0,3	0,7	-0,8	0,3	-0,3	0,4	1,0	1,0	-0,4	0,1	-0,4	1,0			
Stellungenaugigkeit	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,8	-0,6	0,8	0,4	-0,3	0,4	0,4	-0,4	-0,5	0,1	0,4	1,0		
Verteilergtriebeklassierung	0,8	-0,2	-0,4	0,4	0,0	-0,4	-0,5	0,3	-0,4	-0,5	0,6	-0,5	0,2	-0,3	-0,8	-0,8	0,3	0,1	0,3	-0,8	-0,6	1,0	

Tabelle 5: Korrelationsmatrix mit reinen Lastenheftangaben, Quelle: Eigene Darstellung.

## Anwendung der Road-Map an einem Tier-1-Zulieferer

Die Auswertung des Datensatzes mit den Einschätzungen weist einen Einfluss der Subjektivität auf. Um einen Bezug zu den existierenden Lastenheftforderungen zu generieren, wird die Korrelationsmatrix ebenfalls für den Datensatz mit den Lastenheftwerten verwendet (siehe Tabelle 5). Darüber hinaus soll sichergestellt werden, dass sich durch die subjektiven Einschätzungen der Experten keine Denkfehler und widersprüchlichen Angaben in die Bewertung eingeschlichen haben. Analog zur vorangegangenen Auswertung werden auch hier die Werte optisch hervorgehoben und auf Basis der Auswertung nach Werten, die größer einer Korrelation von 0,4 (positiv wie negativ) gefiltert.

Bei detaillierter Betrachtung ist erkennbar, dass die Korrelationen im Vergleich zum ersten Datensatz gewisse Unterschiede aufweist. Mithilfe einer weiteren Darstellung wird nun versucht, eben diese Differenzen zu veranschaulichen. Hierzu wird ebenfalls die Korrelationsmatrix als Visualisierungsform herangezogen. Die Werte ergeben sich hier allerdings aus der Differenz der Datensätze:

$$\Gamma_T = r_B - r_{\text{Lastenheft}} \quad (2)$$

$r_T$ /- Tabellenwert des Korrelationskoeffizienten  
 $r_B$ /- Korrelationskoeffizient mit Bewertung der Rohdaten  
 $r_L$ /- Korrelationskoeffizient auf Basis des Lastenheftes

	Maximalgeschwindigkeit	zul. Gesamtgewicht	zul. Achslast VA	max. Drehzahl	Eingangsmoment	Ausgangsmoment HA	nom. Kupplungsmoment	Spitztemperatur	Disconnect'-Fähigkeit	kundenspez. Öltype	Öfüllung auf Lebensdauer	Schmierkonzept	Kühlkonzept	Achsversatztyp	Sperrmechanismus	Reaktionszeit 'Schließen'	Reaktionszeit 'Öffnen'	Restmoment nach 'Öffnen'	Drehzahlfehler	Entwicklungsstandort	Stellungenauigkeit	Verteilergetriebeklassierung
Maximalgeschwindigkeit	0,0																					
zul. Gesamtgewicht	0,0	0,0																				
zul. Achslast VA	0,1	0,0	0,0																			
max. Drehzahl	0,0	0,0	-0,1	0,0																		
Eingangsmoment	0,1	-0,3	-0,2	0,2	0,0																	
Ausgangsmoment HA	0,1	-0,3	-0,2	0,2	0,0	0,0																
nom. Kupplungsmoment	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,4	0,0															
Spitztemperatur	0,0	-0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,3	0,0														
Disconnect'-Fähigkeit	0,4	-0,3	-0,2	0,4	0,3	0,3	-0,4	0,3	0,0													
kundenspez. Öltype	-0,1	0,2	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,0	-0,3	0,0												
Öfüllung auf Lebensdauer	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,3	0,0	0,0											
Schmierkonzept	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,1	0,0										
Kühlkonzept	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,4	-0,1	0,1	0,0	0,0									
Achsversatztyp	0,1	-0,1	-0,2	0,1	0,0	0,0	-0,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0								
Sperrmechanismus	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0							
Reaktionszeit 'Schließen'	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0						
Reaktionszeit 'Öffnen'	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	-0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Restmoment nach 'Öffnen'	0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,3	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Drehzahlfehler	0,0	-0,2	0,0	0,3	0,4	0,4	-0,2	0,1	0,5	-0,3	0,3	-0,1	0,0	0,3	-0,2	-0,2	0,0	0,2	0,0			
Entwicklungsstandort	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	0,0		
Stellungenauigkeit	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0	
Verteilergetriebeklassierung	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

Tabelle 6: Darstellung der größten Änderungen durch die Experteneinschätzung, Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Betrachtungsweise ermöglicht nun die Fokussierung auf jene Korrelationen, welche sich am stärksten positiv bzw. negativ verändert haben. Einige Attribute sind nun intensiver in ihrer Korrelation untereinander, wohingegen andere nun die Abhängigkeit zueinander nun anscheinend verloren haben. In Tabelle 6 ist die Differenzmatrix dargestellt. Es gilt in weiterer Folge die Gründe für die Differenz zu analysieren, um mögliche Fehler in der Einschätzung ausschließen zu können.

Die Korrelationen des Eingangsdrehmomentes sowie des maximalen Abtriebsmomentes zur Hinterachse zum Kupplungsdrehmoment ist basierend auf der reinen Lastenheftanalyse gravierend, allerdings nach der Analyse der Einschätzungen kaum mehr vorhanden. Auf den ersten Blick erscheint dies als ein Problem in der Einschätzung der Daten, wodurch ein Fehler aufkommen könnte. Bei detaillierter Betrachtung stellt sich die Änderung als schlüssig dar. Hierzu ist der Zusammenhang des Eingangsdrehmomentes über das nominale Kupplungsmoment in Abb. 35 aufgetragen. Durch die Untergliederung der Fahrzeugklassen, wie es von einigen OEMs bereits gewünscht wird, sinken die Kupplungsmomente aufgrund einer hauptsächlich fahrdynamischen Nutzung der Systeme. Die Fahrzeuge weisen sich allerdings auf sportliche Limousinen oder auch Sportfahrzeuge aus, welche durchaus hohe Motordrehmomente (und entsprechende Übersetzungen in den Wechselgetrieben) an das Verteilergetriebe absetzen. Begründet auf dieser Tatsache ist hier eine Abhängigkeit zur Antriebsleistung zu erwarten und die eingeschätzten Daten sind weiterhin valide.

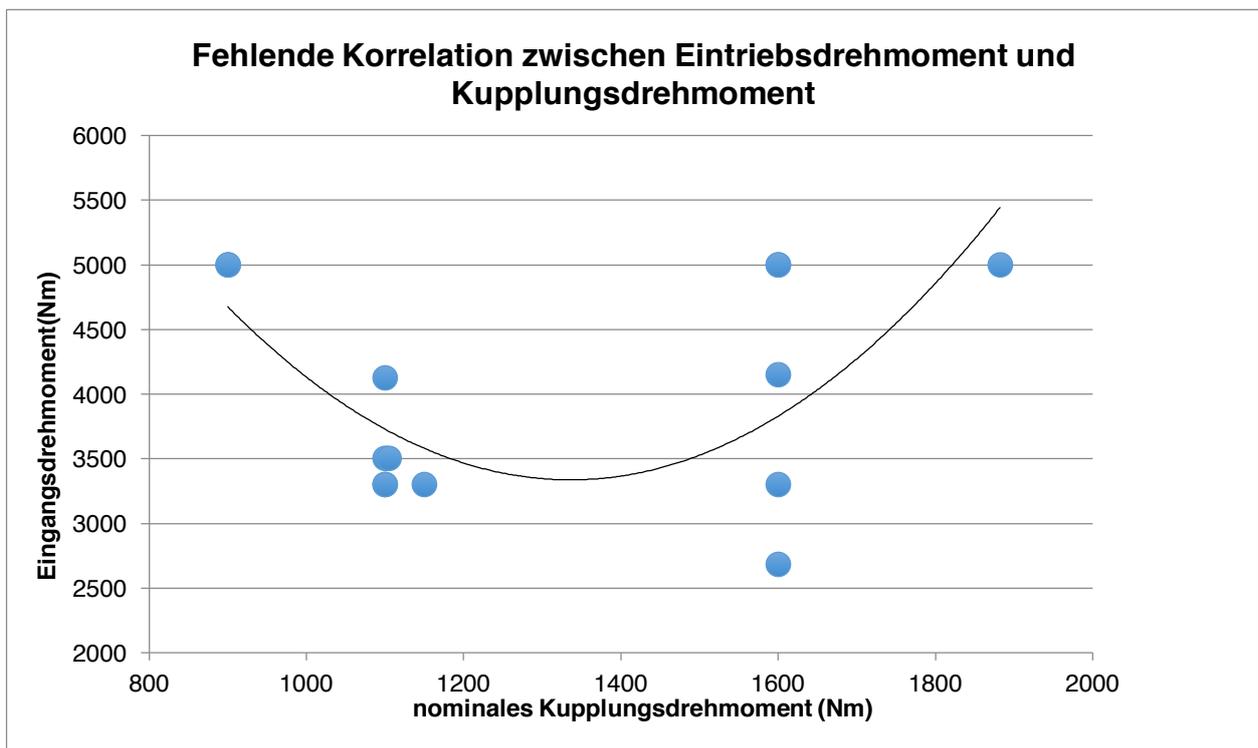


Abb. 35: Fehlende Korrelation zwischen Eingangsdrehmoment und Kupplungsdrehmoment, Quelle: Eigene Darstellung.

Die ‚Disconnect‘-Funktionalität weist in der reinen Lastenheftanalyse ebenfalls eine höhere positive Korrelationen zum nominalen Kupplungsmoment und eine negative Korrelation zu Fahrzeuggeschwindigkeiten bzw. Drehzahlen auf. In Betrachtung der geographischen Zugehörigkeit stellt sich allerdings heraus, dass diese Anforderung in den USA bereits länger Anwendung findet, um eine Kraftstoffeinsparung bei Pick-Up-Trucks und schweren SUVs zu erzielen. In den kleineren

Fahrzeugklassen breitet sich diese Funktionalität immer mehr aus. Solch eine Abschwächung in diesen Bereichen ist somit legitim. Die Abhängigkeit zum verwendeten aktiven Kühlkonzept zeigt zwar eine größere Änderung auf, bleibt aber nach wie vor unbedeutend (Änderung des Korrelationskoeffizienten von -0,2 auf +0,2).

Die Korrelation des Drehzahlfehlers zum Eingangsdrehmoment verbleibt ebenso unbedeutend. Die Änderung der Korrelation der Attribute liegt größtenteils darin begründet, dass die Aufteilung der einzelnen Allradantriebssysteme für leichte und schwere Fahrzeuge in eine Differenzierung der Werte resultiert. Die ursprüngliche Betrachtung auf Basis der Lastenheftwerte verschleiert dies aufgrund der Auslegung der Allradantriebssysteme auf die größte Fahrzeugklasse.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass die Änderung der reinen Lastenheftwerte durch Experteneinschätzungen zwar eine höhere Unterteilung in zwei Anwendungen darstellt, was allerdings auch dem Trend der Kundenanforderungen entspricht. Da sich anscheinende Widersprüche durch die Vergleichsanalyse aufklären lassen, ist davon auszugehen, dass die Einschätzungen und Abänderungen durchaus schlüssig sind.

### **7.2.2.3 Fazit aus den Erkenntnissen der Faktorenanalyse**

Die Faktorenanalyse stellt sich als gutes Mittel dar, um die Vielzahl der zum größten Teil technischen Attribute zu analysieren und deren Zusammenhänge in Form von Matrizen graphisch aufzubereiten. Allerdings reicht die reine Faktorenanalyse nicht aus. Scheinbare Korrelationen müssen durch die Sichtung und Einschätzung der Ergebnisse ermittelt und für die weitere Betrachtung ausgeschlossen werden. Teilweise verbirgt sich hinter Korrelationen auch ein anderes Merkmal, was sich zum Beispiel durch die Betrachtung der geographischen Zugehörigkeiten der Produkte zeigt.

Ein weiterer Aspekt ist die Güte und Existenz vorhandener Daten, welche für die Analyse erforderlich sind. Je besser die Daten aufbereitet sind und je mehr Produkte in die Betrachtung miteinbezogen werden können, desto höher ist die Aussagekraft der Korrelationsmatrix. Die Fehleinschätzungen bzw. falsche Daten einzelner Merkmale können die Ergebnisse gravierend verfälschen.

Die Kenntnis der einzelnen Produkte und das technische Grundverständnis sind unabdingbar, um in Expertenabstimmungsrunden zielgerichtet etwaige Faktoren zu ermitteln. Die Expertenmeinung ist allerdings, dass durch die Analyse der Korrelationen bestehende Effekte wie Bauchgefühl und Einschätzungen gezeigt und zum Teil versteckte Erkenntnisse hervorgehoben werden.

### **7.2.3 Clusteranalyse**

Die Faktorenanalyse stellt mithilfe der Korrelationsmatrizen die Abhängigkeiten der Attribute untereinander dar. Werte mit hoher positiver wie negativer Korrelation können weiterführend mithilfe von Punktediagrammen visualisiert werden. Die Darstellungen ermöglichen eine Untergliederung der Attribute in Klassen. Diese Klassenunterteilung stellt die Grundlage der Modulgruppenunterteilung in einzelne Module dar. Weiterhin wird für die Auswertung der Daten das Gesamt-Endprodukt ‚Verteilergetriebe‘ betrachtet. Ein weiteres Unterteilen erfolgt erst im nächsten Schritt.

Aus den gesamten Ergebnissen der Faktorenanalyse werden nun jene korrelierenden Merkmale für die Clusteranalyse ausgewählt, welche auf Produktbasis die größten Unterschiede verdeutlicht. So wird eine

Darstellung der Kupplungsdrehmomente nach der geographischen Zuordnung der Entwicklungsstandorte zwar eine klare Trennung und Cluster hervorbringen, welche allerdings für die Zieldarstellung kaum von Relevanz sein werden. Da die Einzelmerkmale zu übergeordneten Faktoren ‚Kraftstoffeffizienz‘, ‚Offroad-Tauglichkeit‘, und ‚Sportlichkeit/Dynamik‘ zugeordnet sind, ist eine klare Unterscheidung der einzelnen Klassen zu erwarten.

Für die weiterführende Verarbeitung der Daten in Form der Clusteranalysen wird der K-Means-Algorithmus verwendet. Dieser stellt deshalb eine Relevanz dar, da die Anzahl der Unterteilungen bereits zu Beginn der Analyse festgelegt werden müssen.<sup>157</sup>

In Abschnitt 7.2.2.2 der Faktorenanalyse kristallisieren sich bereits zwei Faktoren heraus, welche die Gestaltung der Verteilergetriebe maßgeblich beeinflussen werden. Diese Tatsache beruht auch auf den Differenzen in den Fahrzeugklassen. Im Zuge der weiteren Untersuchungen wird für den K-Means-Algorithmus der Clusteranalyse die Zielklassenunterteilung in zwei Gruppen vorgenommen. Sollten Abweichungen von der Definition erforderlich sein, so ist dies im Präsenzfall zu adaptieren.

### **7.2.3.1 Clusteruntersuchungen auf Basis des nominalen Kupplungsdrehmoments**

Das Kupplungsdrehmoment stellt für die Experten ein entscheidendes Auslegungskriterium für Verteilergetriebe dar. Auf Basis dieses Attributes wird eine Vielzahl von Dimensionierungen und Gestaltungsmaßnahmen getroffen. Verbunden mit der Höhe des Momentes lassen sich auch die entsprechenden Ausprägungen anderer Merkmale wie Drehzahlfehler und Lock-Mechanismus verknüpfen. Aufgrund dieser Relevanz stellt das Kupplungsdrehmoment ein zentrales Element dar.

Die visuelle Darstellung der korrelierenden Einzelattribute unterstreicht weiterhin die Ergebnisse der Faktorenanalyse. Zusätzlich ist nun die Unterteilung in zwei unterschiedliche Kategorien farblich gekennzeichnet. Die Betrachtung zweier Variablen ermöglicht die einfachste Gegenüberstellung, wobei unterschiedliche Ergebnisse bei den einzelnen Auswertungen zu erwarten sind.

Die erste Analyse betrachtet den Drehzahlfehler über das nominale Kupplungsdrehmoment. Die Trendlinie gibt einen Verweis auf die Korrelation wieder. Aus der Clusteranalyse erfolgte die Unterteilung in zwei Klassen.

Abb. 36 lässt erkennen, dass lediglich sechs Produkte unter die zweite Klasse fallen, wohingegen der Rest sich in Klasse 1 wiederfindet (eine graphische Überschneidung mehrerer Punkte in Kategorie zwei bei 1600Nm und 0% Drehzahlfehler) – unter einer klaren Trennung der Zugehörigkeiten.

---

<sup>157</sup> Vgl. Tan/Steinbach/Kumar (2006), S. 496 ff.

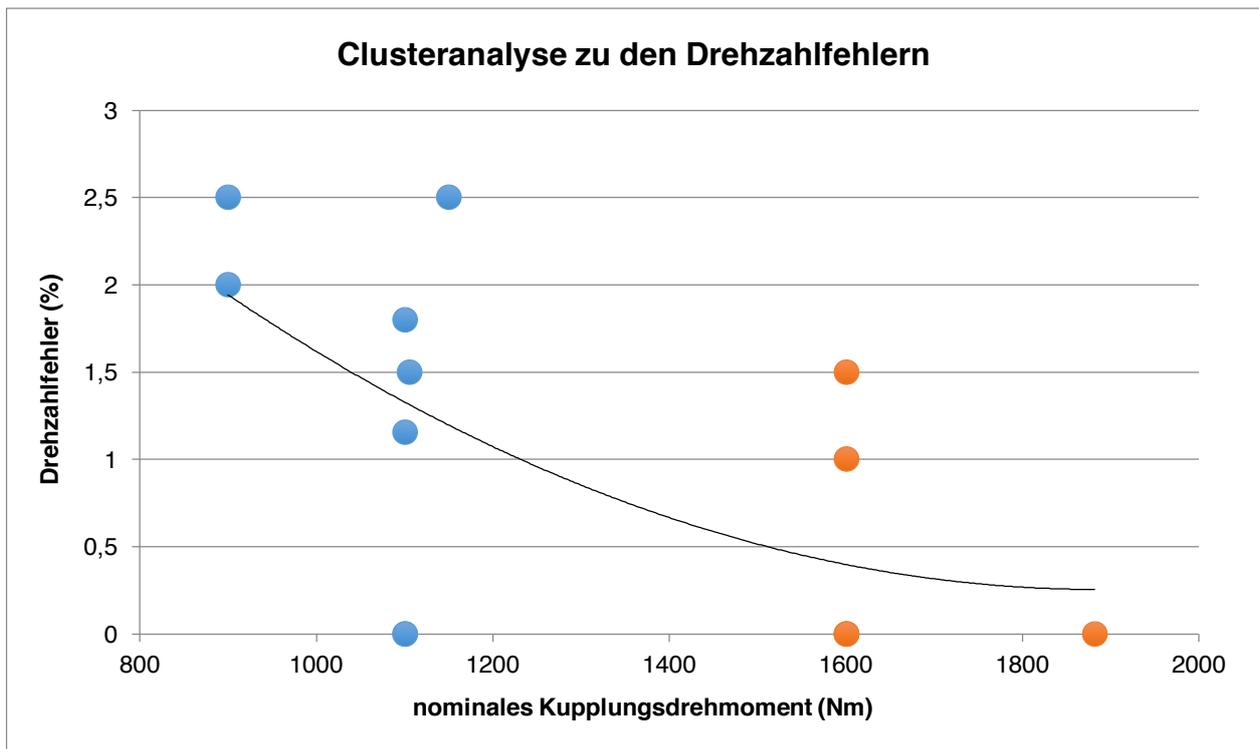


Abb. 36: Untergliederung der Produkte nach Drehzahlfehlern und Kupplungsdrehmomenten, Quelle: Eigene Darstellung.

Klasse 1 bedient hierbei die schwächeren Antriebstrangeinheiten, welche vorwiegend in Richtung Sportlichkeit abzielen – ausgenommen einzelner Ausreißer. Tendenziell ist allerdings der Drehzahlfehler in dieser Klasse sehr hoch bis zu Bereichen von 2,5 Prozentpunkten. Bei einer Drehzahl von 9000U/min am Hinterachsabtrieb bedeutet dies eine Drehzahldifferenz zur Vorderachse von 225U/min. Die Drehmomente beschränken sich hierbei auf Maxima von unter 1200Nm.

Klasse 2 besteht hauptsächlich aus Produkten, deren Kupplungsmomente jenseits der 1600Nm liegen. Eine geringe sportliche Ausprägung fordert von diesen Anwendungen kaum eine Möglichkeit zum Vorhalten von großen Drehzahlfehlern. Ein Maximalwert von 1,5% stellt die obere Grenze dar.

Die gleiche Gliederung in zwei Klassen gibt sich bei der Betrachtung der Reaktionszeit zum Schließen der Kupplung zum nominalen Kupplungsdrehmoment. Klasse 1 weist hierbei die Besonderheit auf, dass sich die Forderung nach Stelldynamik auf 150ms einpendelt, unabhängig vom Kupplungsdrehmoment (dies variiert zwischen 900 & 1150Nm). Die Klasse zwei beinhaltet erneut alle dargestellten Punkte, welche die hohen Drehmomentpunkte abdecken. Die Reaktionszeit schwankt hierbei zwischen 150ms und maximal 175ms.

Die Darstellung der Unterteilung ist in Abb. 37 zu erkennen. Trotz der Unterteilung in zwei Cluster ist eine tatsächliche Unterteilung der Produkte in diese Cluster kaum zielführend, da beide Klassen idente Extremforderungen darstellen. Aufgrund dieser Tatsache sind Einteilungen aus anderen Untersuchungen wichtiger als der Vergleich von Reaktionszeit und Kupplungsmoment.

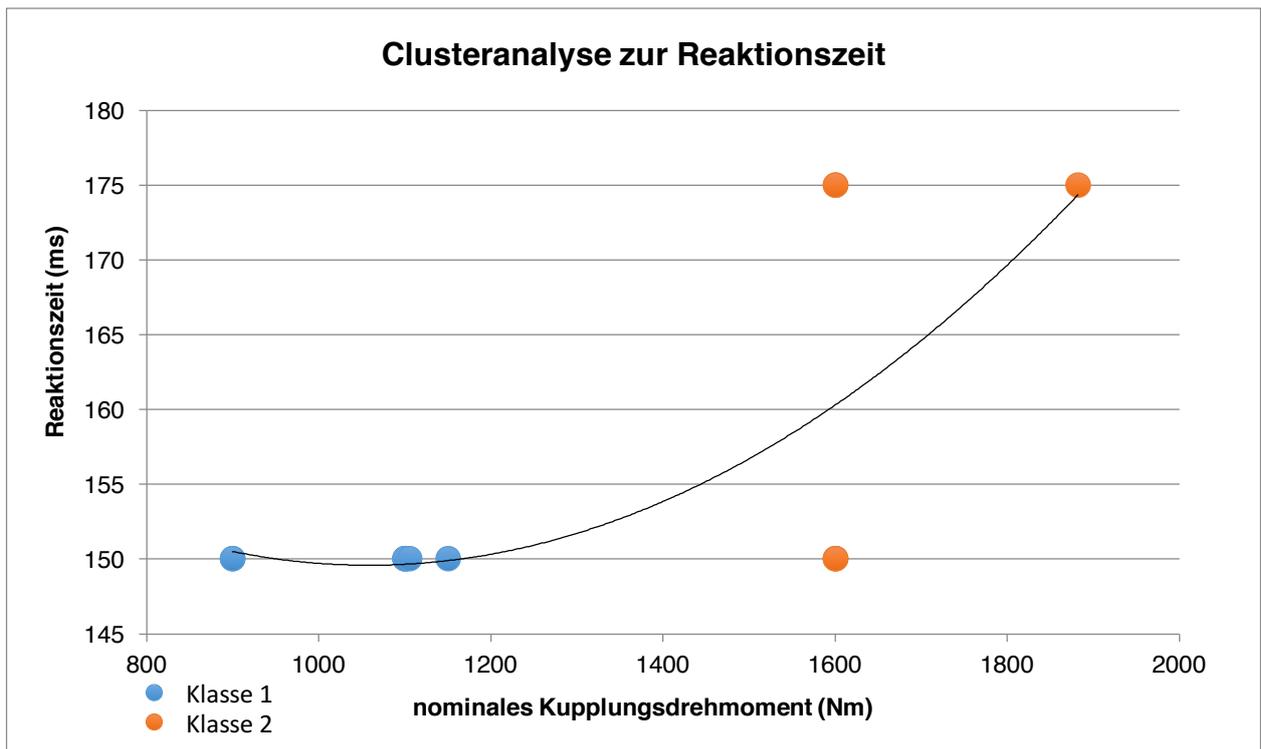


Abb. 37: Untergliederung der Produkte nach Reaktionszeit (Schließzeit) und Kupplungsdrehmomenten, Quelle: Eigene Darstellung.

Eine weitere Untersuchung auf Basis des nominalen Kupplungsdrehmomentes basiert auf dem Vergleich zur Fahrzeugmasse – und in den meisten Fällen auch zur zugehörigen Fahrzeugklasse (siehe Abb. 38). Erneut findet die größte Trennung zwischen den beiden Drehmomentbereichen statt.

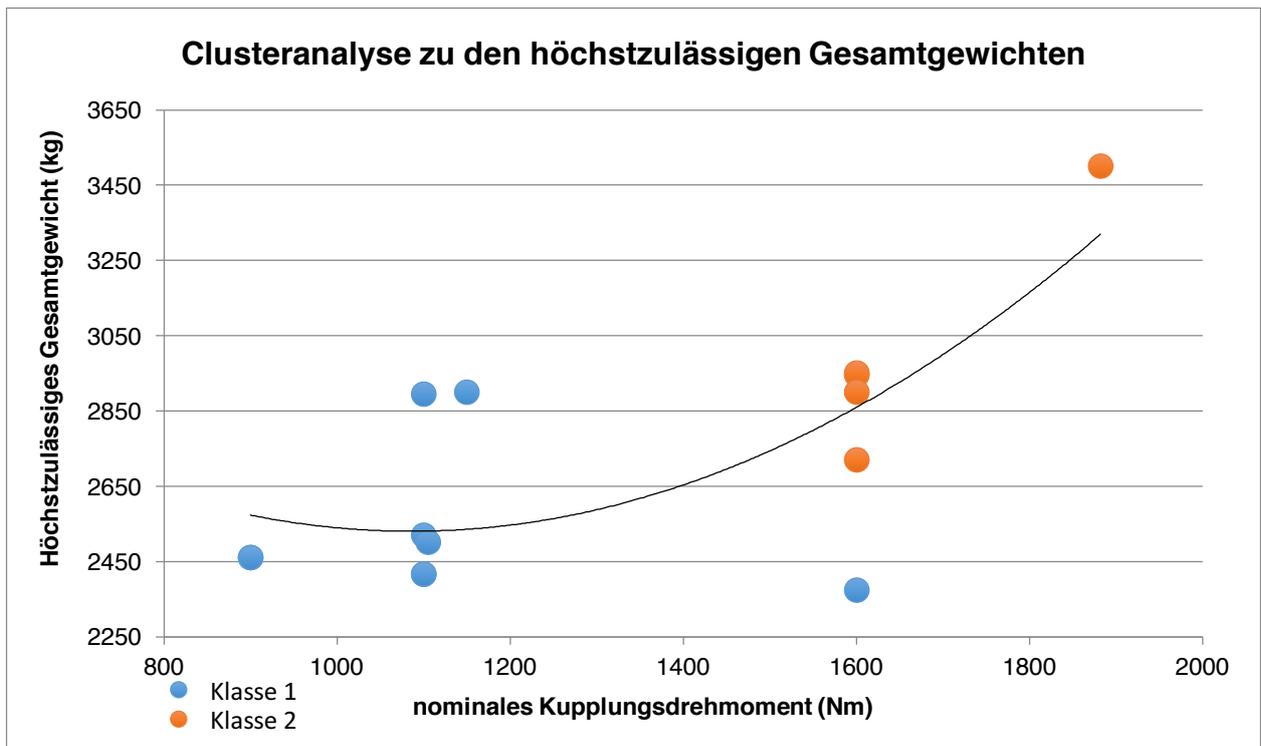


Abb. 38: Untergliederung der Produkte nach höchsten Fahrzeuggewichten und Kupplungsdrehmomenten, Quelle: Eigene Darstellung.

Klasse 1 umfasst zum Großteil Produkte bis 1150Nm. Im Gegensatz zu den bisherigen Analysen kommt in Kategorie 1 ein Fahrzeug mit einem maximalen Kupplungsdrehmoment von 1600Nm hinzu. Bei detaillierter Untersuchung dieser Änderung stellt sich heraus, dass diese Anwendung ein Fahrzeug mit sehr hoher Geländegängigkeit darstellt. Dieses Serienfahrzeug ist für den Offroadbetrieb optimiert und verfügt deshalb über sehr hohe Drehmomente an der Kupplung in Kombination mit geringen Fahrzeuggewichten.

Lediglich fünf Produkte sind somit noch der Klasse 2 zugeordnet. Diese fünf Produkte umfassen nun die schweren Fahrzeuge (höchstzulässiges Gesamtgewicht >2600kg) mit hohen Kupplungsdrehmomenten (>1600Nm).

Eine weitere Variable, welche eine Korrelation zum Kupplungsmoment zeigt, ist die Maximaldrehzahl am Eintrieb in das Verteilergetriebe. Aus der Faktorenanalyse zeigt sich eine negative Korrelation – je höher das Kupplungsmoment, desto niedriger ist die Maximaldrehzahl. Diese Tendenz ist in Abb. 39 zu erkennen. Bei geringeren Momenten treten somit höhere Maximalgeschwindigkeiten auf. Allerdings ist zu erkennen, dass die hochmomentigen Anwendungen ebenfalls Drehzahlen bis jenseits der 8000U/min fordern. Somit ist eine klare Unterteilung nicht ohne Weiteres möglich.

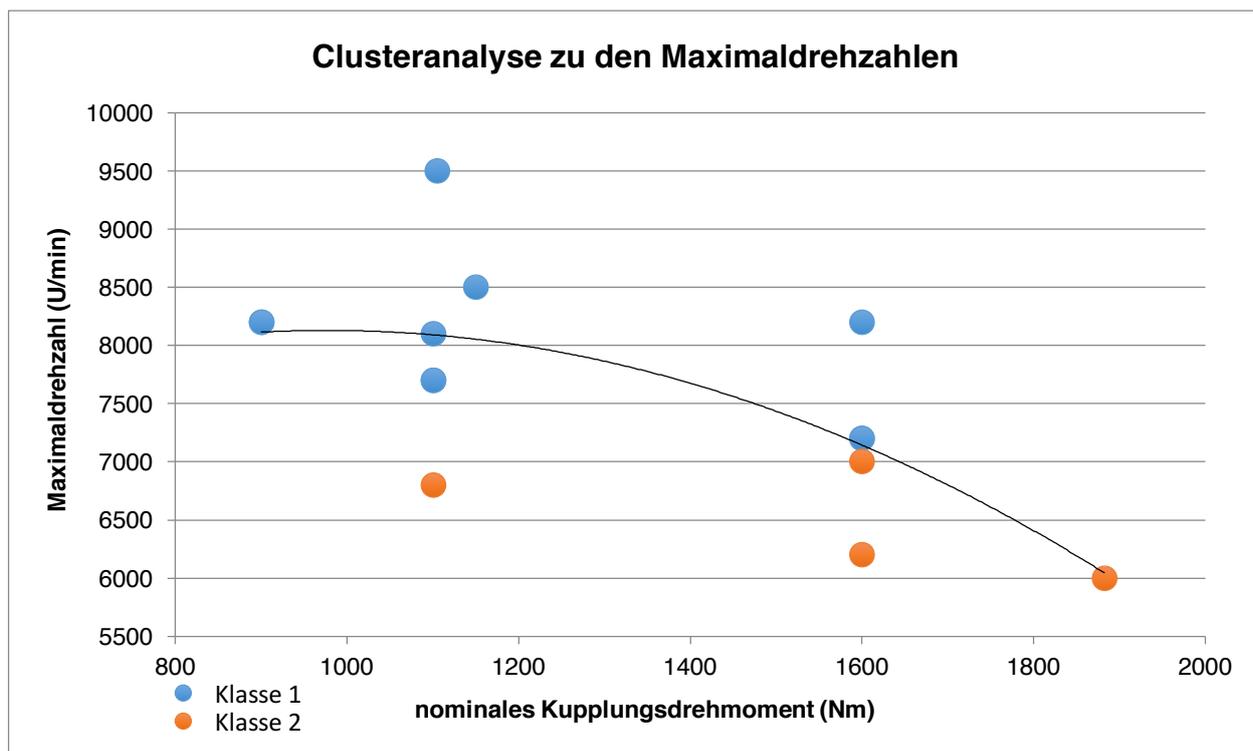


Abb. 39: Technisch nicht zielführende Untergliederung bei Betrachtung der Maximaldrehzahlen, Quelle: Eigene Darstellung.

Als Resultat der Clusteranalyse ergeben sich zwei Klassen, welche sich in ihren Drehzahlen unterscheiden. Klasse 1 deckt Anwendungen mit Maximaldrehzahlen von 7200U/min bis 9500U/min ab. Hingegen sind nur vier Produkte der Klasse 2 zugeordnet, welche eine Maximaldrehzahl bis 7000U/min abdecken. Hierbei ist problematisch, dass weiterhin hochmomentige Anwendungen bestehen, welche durch diese Unterteilung in die Klasse 1 fallen.

Alle vorangegangenen Analysen basieren auf Korrelationen unterschiedlicher Variablen zu den nominalen Kupplungsdrehmomenten. Zum Teil decken sich die unterschiedlichen Unterteilungen nach

technischen Merkmalen. Durch die Betrachtung der verschiedenen Blickwinkel wird erkennbar, dass die Resultate stets variieren. Nichtsdestotrotz ist eine klare Tendenz in der Unterteilung hin zu sportlichen und stark geländetauglichen Fahrzeugen zu erkennen, welche auf der Unterscheidung zu den einzelnen Faktoren zu beruhen scheinen.

### 7.2.3.2 Clusteranalyse auf Basis der Erkenntnisse der Faktorenanalyse

Die Betrachtung der Korrelation einzelner Variablen untereinander führt zu einer Trennunschärfe zwischen den Klassen. Die Verwendung des K-Means-Algorithmus bietet den Vorteil, zeitgleich eine Vielzahl von Variablen zu untersuchen. Die Ausprägungen der Faktoren beinhalten zugeordnete Variablen, die in Abschnitt 7.2.2.1 beschrieben wurden. Da sich der Faktor ‚Kraftstoffeffizienz‘ tendenziell auf alle Fahrzeugklassen ausbreiten wird, ist dieser in der Clusteranalyse nicht mehr vorgehalten.

Es werden nun alle Variablen der Faktoren ‚Sportlichkeit/Dynamik‘ und ‚Offroad-Tauglichkeit‘ im Zuge einer Clusteranalyse herangezogen, um eine entsprechende Einteilung in zwei Klassen vornehmen zu können.

Die untersuchten Variablen lauten:

- nominales Kupplungsmoment
- Maximaldrehzahl
- maximale Umgebungstemperaturen
- Drehzahlfehler
- Stellgenauigkeitsfehler
- höchstzulässiges Gesamtgewicht
- Forderung ‚Lock-Mechanismus‘
- Reaktionszeit zum Schließen

Analog zu den bisherigen Analysen wird der K-Means-Algorithmus die Variablen angewendet. Im Zuge der ersten Untersuchung ergeben sich zwei Klassen, welche sich hinsichtlich ihrer Aufteilung erneut von den bisherigen Ergebnissen unterscheiden (siehe Abb. 40).

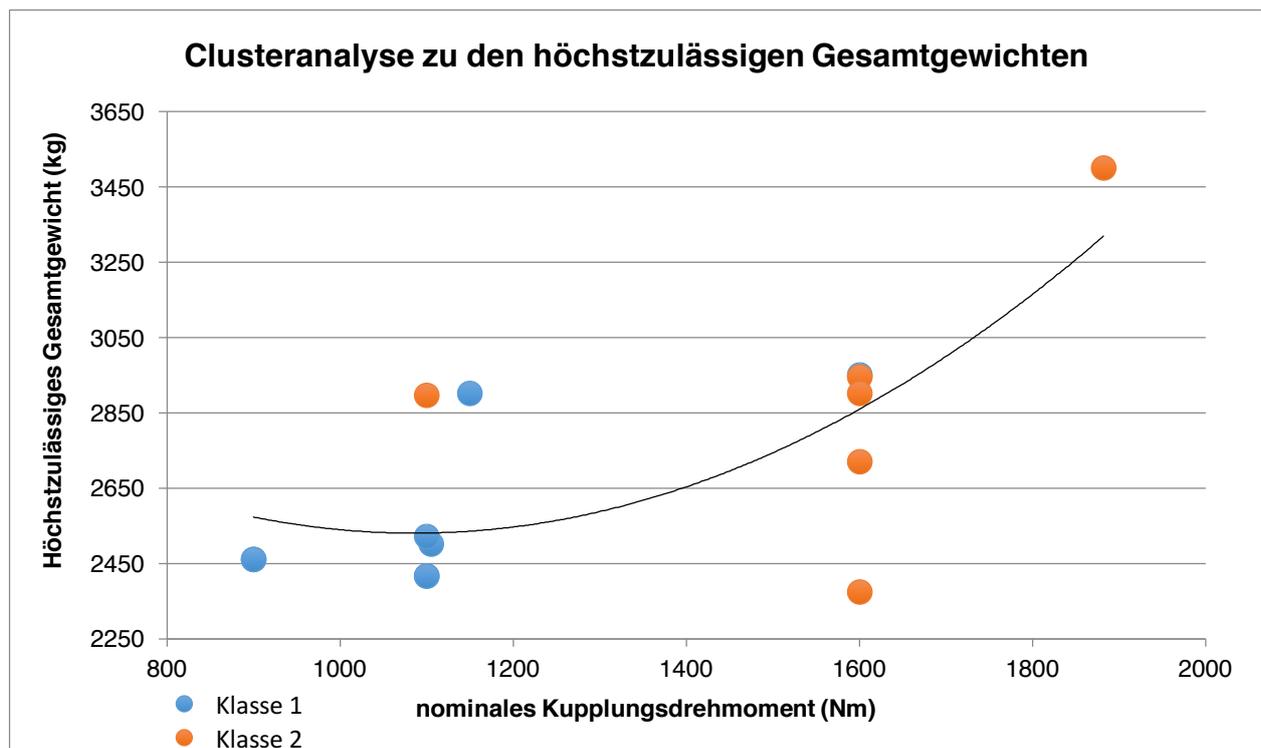


Abb. 40: Clusterung aller Merkmale über Massen und Momente aufgetragen, Quelle: Eigene Darstellung.

Klasse 1 umfasst hierbei nun alle leichten Fahrzeuge, welche als sportliche Limousinen gekennzeichnet sind und entsprechende fahrdynamische Anforderungen an die Allradsysteme stellen. Ein Ausreißer bei den Fahrzeugen mit geringen Momentenklassen stellt eine Anwendung mit einem nominalen Kupplungsmoment von 1100Nm dar. Hierbei handelt es sich bei genauer Analyse allerdings um eine schwere Limousinenausführung, welche geringe Anforderungen hinsichtlich einer sportlichen Ausprägung für die Verteilergetriebe stellt.

Gleichermaßen gestaltet sich die Einteilung der Produkte in Klasse 2. Ein Großteil der Fahrzeuge weist eine starke Geländetauglichkeit sowie hohe Drehmomente auf. Allerdings ist ein Produkt erkennbar, welches trotz hoher Drehmomentenanforderungen eher der Kategorie der sportlichen Fahrzeuge zugeordnet ist. Diese Anwendung stellt einen SUV mit sehr sportlicher Auslegung dar, wodurch dieser der benachbarten Kategorie zugeteilt wurde.

Obwohl in die Darstellung falsch erscheint, da nebeneinanderliegende Punkte unterschiedlichen Klassen zugeordnet sind, liegt hierbei kein Fehler vor. Die Begründung liegt darin, dass diese Darstellung in ihrer Analyse acht Variablen betrachtet. Um eine Darstellung über die beiden Faktoren generieren zu können, ist die gezielte Zuordnung der einzelnen Attribute erforderlich. Ebenso ist auf die entsprechende positive Korrelation zum Faktor zu achten. Die Variablen wurden, wie in Tabelle 7 dargestellt, dementsprechend zugeordnet. Die positive Korrelation ist von großer Wichtigkeit, um den Einfluss auf die Faktoren nachvollziehbar zu gestalten. So ist beispielsweise erkennbar, dass ein großer Drehzahlfehler auf starke sportliche Auslegungen rückzuschließen ist. Wiederrum ermöglicht ein hohes Kupplungsdrehmoment eine hohe Geländegängigkeit. Alle zugehörigen Werte werden anschließend standardisiert, wodurch jedem Attribut eine entsprechend gleiche Gewichtung zugeteilt werden kann.

Faktor	Zugeordnete Attribute	Begründung
,Sportlichkeit/Dynamik'	Drehzahlfehler	Ein hoher Drehzahlfehler unterstützt eine verstärkt sportliche Auslegung der Fahrzeuge.
	maximale Umgebungstemperaturen	Sportliche Fahrzeuge weisen vermehrt höhere Umgebungstemperaturen aufgrund enger Bauräume auf nutzen die Leistungsgrenzen der Gesamtaggregate aus.
	Maximaldrehzahl	Die Maximaldrehzahl zeigt eine Korrelation zu sportlichen Motorauslegungen/Wechselgetriebeübersetzungen.
,Offroad-Tauglichkeit'	nominales Kupplungsmoment	Hohe Kupplungsmomente herrschen bei hohen Geländeanforderungen.
	höchstzulässiges Gesamtgewicht	Geländegängige Fahrzeuge (SUVs, Pick-Ups) besitzen zumeist hohe Gesamtgewichte.
	Reaktionszeit zum Schließen	Bei geländetauglichen Fahrzeugen ist die Nutzung des Allradantriebs für fahrdynamische Zwecke zweitrangig. Die Reaktionszeit darf hierbei tendenziell höher sein.
	Stellgenauigkeitsfehler	Da geringere fahrdynamische Anforderungen vorliegen, darf der Stellgenauigkeitsfehler etwas höher sein.
	Forderung ,Lock-Mechanismus'	Für schweren Offroadbetrieb ist ein Übersperren einer Lamellenkupplung erforderlich.

Tabelle 7: Zuordnung der Variablen zu den Faktoren entsprechend einer positiven Korrelation, Quelle: Eigene Darstellung

Die standardisierten und positiv korrelierenden Einzelwerte der Faktoren werden nun addiert und entsprechend der Einteilungen aus der Clusteranalyse in einem Diagramm visualisiert (siehe Abb. 41). Durch die Unterscheidung der Zuordnung zu den Faktoren wird eine klare Trennung der Klassen ersichtlich.

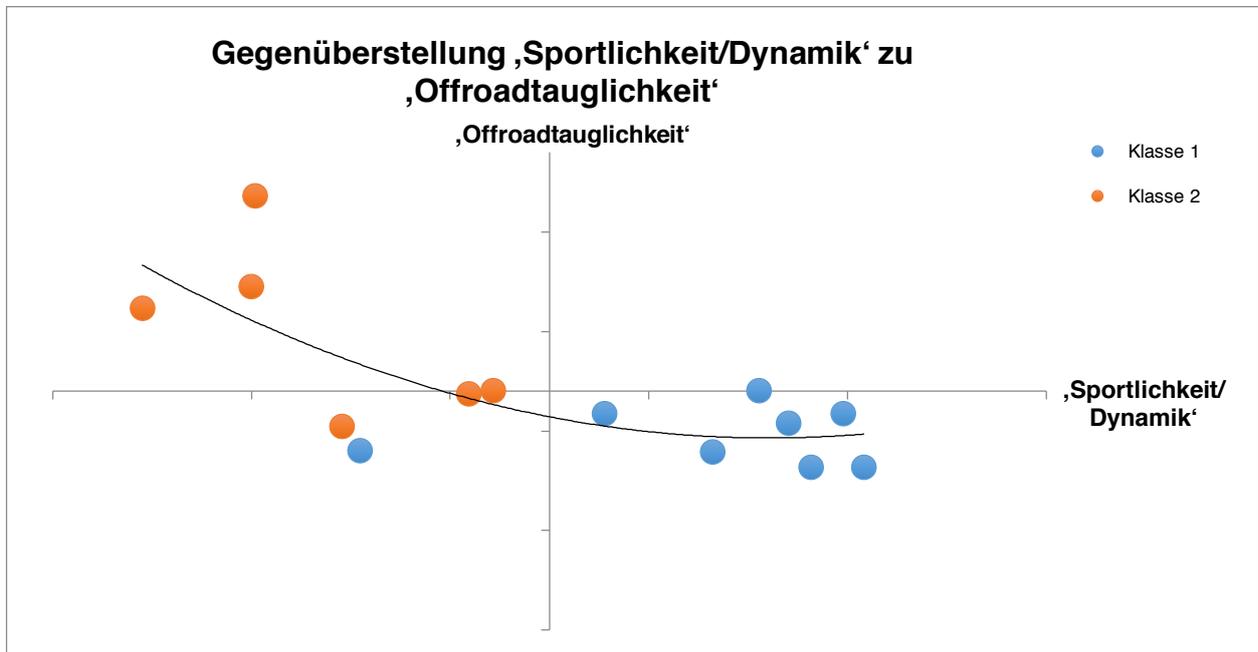


Abb. 41: Die Klasseneinteilung nach ‚Sportlichkeit/Dynamik‘ und ‚Offroadtauglichkeit‘ dargestellt, Quelle: Eigene Darstellung.

Die beiden Ausreißer im linken unteren Quadranten spiegeln die gleichen Anwendungen wieder, welche in der vorhergehenden Abbildung aus dem Raster fielen. Die Darstellung in dieser Form ermöglicht auf einen Blick das einfache Erkennen von stark sportlichen Anwendungen im Gegensatz zu starken Offroad-Fahrzeugen. Diese beiden Projekte, die aus dem Raster fallen können nun im Sinne einer Abgrenzung aus beiden Entwicklungsrahmen entfernt werden um somit im Zuge der Modularisierung nicht abgedeckt werden zu müssen. Ob diese Produkte weiterhin Teil eines Clusters sein können, hängt von den jeweiligen Auswirkungen auf die Modulgruppen ab und darf zu diesem Zeitpunkt noch nicht entschieden werden.

### 7.2.3.3 Überprüfen der Cluster in Hinblick auf die Absatzzahlen

Die bisherigen Untersuchungen beziehen nur technische Merkmale in die Betrachtung ein. Allerdings ist dies nur ein Teilaspekt der Gesamtbetrachtung. Weiterhin besteht das Risiko, dass eine Klasse der Unterteilung zwar eine Vielzahl von Anwendungen beinhaltet, allerdings in Relation zu den Absatzzahlen über Lebensdauer kaum eine Relevanz aufweist. Die Betrachtung der zu erwartenden Absatzmengen wird zuerst mithilfe einer Darstellung visualisiert.

Abb. 42 lässt erkennen, dass die Mehrheit des Gesamtabsatzvolumens in Klasse 2 zugeordnet ist. Trotz der Dominanz einer geländegängigen Auslegung der Allradantriebssysteme fordern 30% der Projekte eine sportliche Ausprägung und Nutzung des Systems.

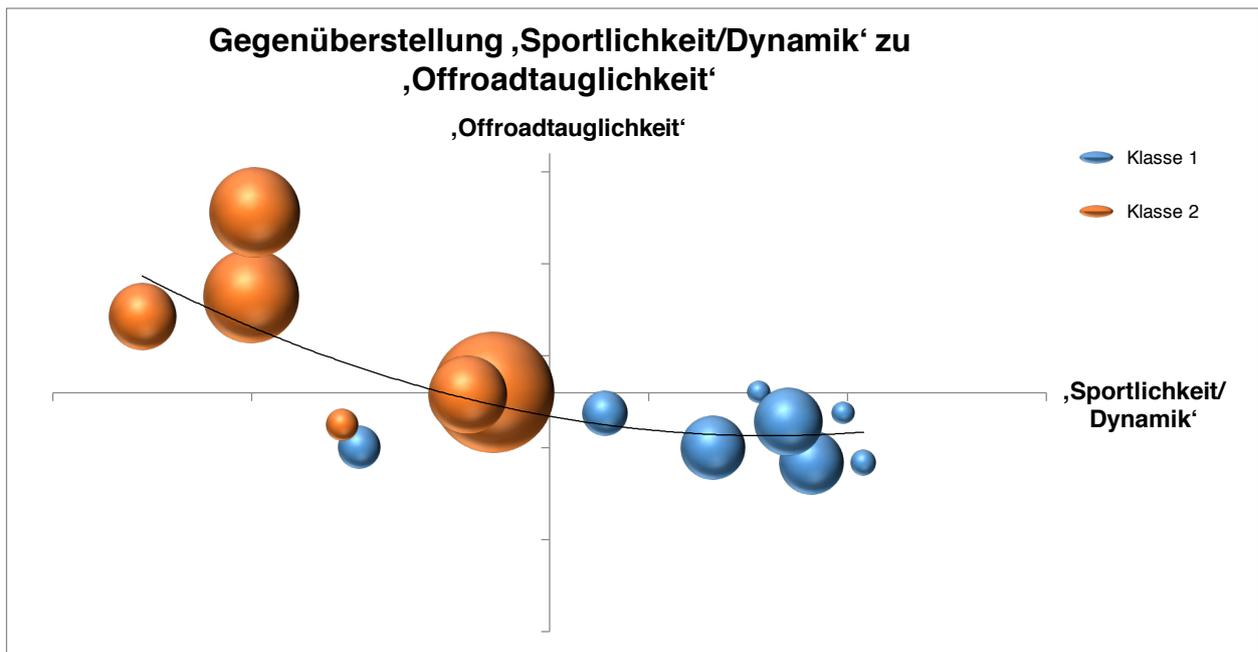


Abb. 42: Clusteranalyse mit Hinterlegung der Stückzahlen, Quelle: Eigene Darstellung.

Die zwei Produkte, welche in beiden Kategorien Ausreißer darstellen, stellen lediglich rund 4,5% des Gesamtvolumens dar. Die Zuordnung zu einer Klasse ist eine durchaus gangbare Möglichkeit, sofern alle Spezifikationen durch die standardisierten Architekturen abgedeckt werden können. Eine Adaption der Varianten für eine verhältnismäßig kleine Kategorie ist allerdings nicht zielführend, sofern die Bauteil- bzw. Modulkosten dadurch negativ beeinflusst werden.

#### 7.2.3.4 Fazit zur Clusteranalyse

Der Clusteranalyse nutzt die vorhandene Datenbasis, um mithilfe des K-Means-Algorithmus' eine Unterteilung der unterschiedlichen Produkte in Klassen durchzuführen. Auf der einen Seite ist ein Nachteil des Algorithmus, dass bereits zu Beginn die Anzahl der resultierenden Klassen definiert werden muss. Somit findet eine Einschränkung zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Analyse statt. Andererseits kann hierbei eine zu feine Unterteilung vermieden werden. Durch die zielgerichtete Festlegung der gewünschten Variantenausprägungen anhand der Faktoren ist der Anwendungsbezug zu den modularen Baukästen gegeben.

Die Faktorenanalyse stellt eine sinnvolle Vorarbeit zur Clusteranalyse dar. Zwar ist es möglich, die Variablen miteinander zu vergleichen, allerdings ändert sich mit den verglichenen Merkmalen auch teilweise die Unterteilung in Klassen. Um eine Gesamtunterteilung der Produkte durchzuführen, bietet sich die Analyse der Faktoren mit ihren beeinflussenden Attributen entsprechend der Ausprägung an. Durch die Verwendung des K-Means-Algorithmus' stellt die Verwendung mehrerer Variablen keine Problematik dar.

Da zwei prägende Faktoren aus der Faktorenanalyse ermittelt wurden (‚Sportlichkeit/Dynamik‘ und ‚Offroad-Tauglichkeit‘), basiert die Clusteranalyse auf einer Unterteilung in zwei Klassen. Den Faktoren werden die Produkte zugeordnet und eine kleine Schnittmenge weist sich als zum Teil undifferenziert aus. Der Faktor

„Kraftstoffeffizienz“ ist bewusst nicht vorgehalten, da sich basierend auf den vorangegangenen Analysen eine allmähliche Weiterentwicklung der Systeme zu effizienteren Systemen abzeichnet. Input dieser Ausgrenzung sind die Wettbewerbseinschätzung sowie die Erkenntnisse der Umweltanalyse. Hocheffiziente Systeme können vielmehr als Alleinstellungsmerkmal gegenüber dem Wettbewerb eingesetzt werden. Die Unterteilung nach geographischen Unterschieden der Kunden ist für die Entwicklung globaler modularer Baukästen nicht zielführend, da die Grenzen aufgrund von Zusammenschlüssen verschwimmen (siehe u.a. Fiat-Chrysler-Fahrzeugplattformen<sup>158</sup>).

Die Erkenntnisse der Clusteranalyse unterstreichen in bestimmten Punkten die Expertenmeinungen. Im Gegensatz zu den Einschätzungen liegen den Auswertungen allerdings die gezielte Sichtung der Daten zugrunde. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Anforderungen nicht zwingend auf alle Anwendungen zur Gänze zutreffen. Einzelne Ausreißer bzw. Exoten beziehen hierbei Sonderstellungen innerhalb der Faktoreuzuweisung. Eine gezielte Sichtung der Unterteilung ist im Zuge der Phase 3 erforderlich, um eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Modulgruppenunterteilung vorzunehmen.

Nichtsdestotrotz unterstreicht die zusätzliche Betrachtung der Gesamtstückzahlen über die Lebensdauer, dass die Clusteranalyse eine 30/70 Verteilung der Produktpalette durchaus hohes Potential für beide Ausprägungen bietet. In der nachfolgenden Untersuchung wird nun aus der Unterteilung der Produkte eine notwendige Unterteilung der Modulgruppen analysiert sowie Eckschwerpunkte der Schnittstellen definiert.

### 7.3 Phase 3: Moduldefinition

Die dritte Phase des Vorgehensmodells ist die essentiellste Phase in der Festlegung des zukünftigen Produktportfolios. Die Erkenntnisse aus Phase eins und zwei dienen als Grundlage für die Moduleinteilung und somit für die Variantengenerierung, für die Zuordnung der Anforderungen an die Module sowie für die erforderliche Schnittstellendefinition zwischen Produktbauteilen und anderen Modulgruppen.<sup>159</sup> Die Abarbeitung der Phase drei des Vorgehensmodells beantwortet nun endgültig die Frage, welche Skalierbarkeit bzw. welche Varianten in der standardisierten Verteilergetriebearchitektur vorgehalten werden sollen.

Die Gesamtanforderungen an die Verteilergetriebearchitektur basieren auf den erhobenen und eingeschätzten Lastenheftdaten aus den vorhergehenden Analysen. Die konkrete Zuordnung einzelner Merkmale erfolgt aufgrund der Festlegung in Tabelle 3 (siehe S. 73). Die Clusteranalyse dient als Grundlage für die erste Einschätzung der erforderlichen Variantenunterteilung. Im Zuge eines Workshops wurden diese Einteilungen geprüft und gegebenenfalls wurden Änderungen in Abstimmung mit der Magna Powertrain an den Festlegungen vorgenommen. Gemeinsam mit der Moduldefinition wurde die Schnittstellenfestlegung der einzelnen Module durchgeführt, wodurch ein Input für die weiterführende Entwicklung der Module im Sinne einer Anforderungsmatrix geliefert wurde.

Ziel der Phase 3 ist es, einen Variantenbaum zu erstellen, welcher die Variantenvielfalt widerspiegelt. Im Allgemeinen gilt es, so wenig Varianten wie möglich, jedoch so viele wie nötig zu generieren. Die

---

<sup>158</sup> Vgl. FCA (2012), Onlinequelle [16.10.2016].

<sup>159</sup> Vgl. Abschnitt 5.1.3.

Varianten selbst stellen Kombinationen der einzelnen Modulgruppen dar und bedeuten nicht, dass die Endprodukte nicht variabel sind (flexible Kundenschnittstellen bedeuten klar differenzierte Endprodukte mit gleichen Kernkomponenten).

### **7.3.1 Moduleinteilung und Variantenerstellung**

Die Moduleinteilung erfolgt nun für jede festgelegte Modulgruppe. Hierbei zählen die Auswerteergebnisse sowie die Anforderungseinschätzung der Experten als Input. Grundsätzlich orientiert sich die Untergliederung stark an den Erkenntnissen der Clusteranalyse. So ist die größte Unterscheidung in ‚sportliche‘ und ‚offroadtaugliche‘ Varianten der Module ausgebildet. Der ermittelte Faktor ‚Effizienz‘ bildet selbst keine weitere Variante, da im Rahmen der Situationsanalyse die Effizianzforderung als zentrale Anforderung der Zukunft darstellt.<sup>160</sup> Weitere Unterteilungen sind in den Beschreibungen der jeweiligen Modulgruppen aufgezeigt und anschließend im Variantenbaum durch eine Kombinationslogik miteinander verknüpft.

#### **7.3.1.1 Modulgruppe ‚Lamellenkupplung‘**

Die meist beeinflussenden Variablen bei der Gestaltung der Lamellenkupplung unterteilen die Modulgruppe ‚Lamellenkupplung‘ in eine ‚sportliche‘ und eine stark ‚offroadtaugliche‘ Auslegung, entsprechend den ermittelten Faktoren. Neben dem nominalen Kupplungsdrehmoment zählen die Reaktionszeit zum Schließen der Kupplung, die Kupplungsstellgenauigkeit, der zulässige Drehzahlfehler sowie die Notwendigkeit einer Sperrfunktion zu den gestalterischen Größen. Die Unterschiede sind derart ausgeprägt, dass sich eine Unterteilung in entsprechende Modulvarianten mit unterschiedlicher Ausprägung anbietet. Die charakteristische Unterteilung erfolgt anhand des nominalen Kupplungsmoments. Die sportliche Ausprägung besitzt ein Kupplungsmoment von 900 bis 1200Nm, eine Tauglichkeit zum Vorhalt eines Drehzahlfehlers von bis zu 2,5% sowie schnelle Reaktionszeiten. Demgegenüber bietet die ‚offroadtaugliche‘ Auslegung eine Drehmomentkapazität an der Kupplung von 1300 bis 1900Nm sowie die Fähigkeit, einen Sperrmechanismus der Aktuatorik zu unterstützen.

#### **7.3.1.2 Modulgruppe ‚Antrieb Aktuatorik‘**

Die Antriebsstruktur für Verteilergetriebe ohne Übersetzungsstufe ist generell abhängig von der Kupplungsaktuatorik sowie von den verbundenen Aktuarmotoren. Seitens Kundenanforderungen werden hierbei keine expliziten Anforderungen gestellt. Indirekt werden über die Anforderungen an die Stellgenauigkeiten und an die Reaktionszeiten Anforderungen gestellt, welche im Zusammenspiel aller involvierten Modulgruppen erfüllt werden müssen. Basierend auf der Aktuierungsstrategie der Magna Powertrain ist eine Auslegung von elektromechanischen Systemen anzudenken. Hierbei ist die Gesamtübersetzung von Aktuarmotormoment zu den Kupplungsmodulvarianten so auszuführen, dass die entsprechenden Parameter gewährleistet werden.

In der Expertenrunde zeigte sich ein über den bekannten Anforderungen hinaus wichtiges Merkmal, welches sich aus der Auslegung der Aktuatoriksysteme ergibt. Zum einen gibt es Kunden, welche bei Ausfall des Aktuarmotors ein Öffnen der Kupplung fordern, um die Restmomente an der Vorderachse

---

<sup>160</sup> Vgl. Abschnitt 7.1.2

auf 0Nm zu bekommen. Im Gegenzug dazu ist es für offroadtaugliche Fahrzeuge wichtig, das Moment aufrecht zu erhalten, um aus Risikosituationen im Gelände zu kommen, sollte die Regelung ausfallen.

So ergeben sich ungeachtet der Zielübersetzungen des Aktuatoriksystems sind zwei unterschiedliche Konzepte zu verfolgen. Für die offroadtaugliche Fahrzeugkategorie ist von der Antriebseinheit ein Sperrmechanismus vorzuhalten, welcher mechanisch eine Sperrfunktion realisiert. Einbußen in den Reaktionszeiten sind hierbei vertretbar.

Die zweite Variante stellt bestehende Aktuatorikkonzepte dar, welche für die dynamischen Varianten zum Einsatz kommen soll. Ziel hierbei ist es, ein rasches Öffnen der Kupplung zu realisieren. Die Klärung der Frage, inwieweit sich die beiden Varianten in der Entwicklung unterscheiden, ist die Aufgabe der Entwicklungsabteilung.

### **7.3.1.3 Modulgruppe ‚Aktuarmotor und Steuergerät‘**

Die elektronischen Modulgruppe ‚Aktuarmotor und Steuergerät‘ muss entsprechend der Übersetzungsverhältnisse der Anforderungen die Aktuarmotormomente in Abhängigkeit der Fahrregelstrategie stellen. Die Stellgenauigkeit sowie die Lastdaten der Motoren müssen den Fahrzeuglastdaten entsprechen. Auf Basis der Lastenheftdaten ist eine Untergliederung der Motoren und Steuergeräte in unterschiedliche Module hinsichtlich ‚Sportlichkeit‘ und ‚Offroad-Tauglichkeit‘ nicht sinnvoll. Allerdings unterscheiden sich die Anforderungen in kombinierte Aktuarmotor- bzw. Steuergeräteeinheiten sowie getrennt montierbare Module. Diese stehen nicht in Relation zu den bekannten Faktoren, sondern sind wie die kundenspezifische Öltype von Kundenvorlieben abhängig.

Grundlegend gilt für die Auslegung von elektronischen Komponenten ist die Einhaltung globaler Teststandards und Schnittstellenprotokolle. Dies muss über die angeführten Anforderungen hinaus erfüllt werden.

### **7.3.1.4 Modulgruppe ‚Drehmomentübertragungseinheit‘**

Als Drehmomentübertragungseinheit weist sich im Großteil der Anwendung eine Zahnkette aus, welche unterschiedliche Achsabstände zwischen Eingangswelle und Vorderachsabtriebswelle realisieren muss. Diese Daten beziehen sich im Zuge der konkreten Entwicklung auf die Gegebenheiten der Fahrzeugbauräume und lassen sich kaum auf vorbestimmte Kettenlängen festlegen. Die Standardisierung der Drehmomentübertragungseinheit ermöglicht jedoch die Festlegung der Einzellängen der Kettenglieder. Durch die Hinzugabe oder das Entfernen einzelner Kettenglieder kann gezielt die Länge variiert werden.

Ein wichtiges Merkmal bei der Auslegung des Zahnkettentriebes ist die Verbindung zu den Kettenrädern. Die Anzahl der Zähne gilt hinsichtlich der Dimensionierung als treibendes Element der Festigkeitsauslegung. Aus diesem Grund ist es von enormer Bedeutung, die zu übertragenden Drehmomente sowie Lebensdauerlastdaten zusätzlich zu den definierten Merkmalen miteinzubeziehen.

Aus Kostengründen ist eine Unterteilung in stärkere und schwächere Module, welche mit den bekannten Faktoren korrelieren, sinnvoll. Bei der Modulentwicklung selbst muss zudem ein verstärktes Augenmerk auf die zulässige Dimensionierung gelegt werden, da der Bauraum, die Kosten, das Gewicht und die Lastkollektive sich gegenseitig beeinflussen. Auf Basis der vorhandenen Datenlage ist eine gezielte

Unterteilung hier nicht möglich, allerdings werden für die weitere Betrachtung zwei Zielvarianten mit den grundsätzlichen Anforderungen vorgehalten. Gemeinsam mit der Ketten- und Kettenradauslegung dienen die Anforderungen als Grundwerte für die Auslegung entsprechender Lagerstellen.

#### **7.3.1.5 Optionale Modulgruppen ‚Ölpumpe‘ und ‚aktive Medienkühlung‘**

Die optionalen Baugruppen weisen kaum lastenheftspezifische Anforderungen auf. Essentiell ist die Funktionalität innerhalb des Verteilergetriebes. Aus der Analyse lässt eine Forderung nach einer Ölpumpe nicht erkennen, allerdings ist diese Zwangsweise gebunden mit der Medienkühlung.

Für die Entwicklung dieser beiden Modulgruppen ist die Interaktion zwischen ihnen hauptsächlich ausschlaggebend. Eine Variantenunterteilung anhand der Faktoren wird nicht als zielführend erachtet, da das Marktpotential im Vergleich zum Gesamtvolumen ohnehin schon deutlich geringer ist.

### **7.3.2 Festlegung der Anforderungen für Modulgruppen und Standardbauteile**

Den unterteilten Modulgruppen müssen vor Beginn der Entwicklung bestimmten Anforderungen zugeordnet werden. Einerseits existieren modulspezifische Attribute, welche sich den einzelnen Varianten unterordnen. Andererseits gibt es für die Verteilergetriebe Anforderungen, welche für die gesamten Untermodule und Komponenten Gültigkeit besitzen.

Eine zentrale Anforderung für alle zukünftigen Produkte lässt sich aus den verschärfenden Gesetzgebungen ermitteln (siehe Abschnitt 7.1.2). Die Fahrzeugindustrie ist durch strengere Abgasnormen dazu angehalten, kraftstoffeffiziente Fahrzeugkonzepte für den Markt zu entwickeln. An dieser Stelle gilt es anzumerken, dass grundsätzlich allradifizierte Antriebsstränge zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch beitragen. Um die Effizienz der Gesamtsysteme zu steigern, können funktionale Ausführungen wie die Stilllegung von Komponenten (z.B.: das Abschalten ganzer Bereiche des Antriebsstranges) diese unterstützen. Die zukünftigen Produkte und Module sollen diesen Trend unterstützen und somit eine sogenannte ‚Disconnect-Funktion‘ ermöglichen. Neben der Erfüllung von Effizienzanforderungen dient die Integration dieser Funktion ebenfalls zur gezielten Differenzierung am Markt, da hocheffiziente Konzepte dies klar unterstützen und einen Preiskampf zwischen den Wettbewerbern ausweichlich machen.

Die Zuordnung der Anforderungswerte zu den spezifischen Varianten ist in Tabelle 8 dargestellt. In der Spalte ‚Betroffene Modulgruppe‘ ist erkennbar, welche Modulgruppen davon betroffen sind. Überdies wird somit definiert, wie die Schnittstellen zwischen den Modulgruppen auszugestaltet sind.

Die Gegenüberstellung verdeutlicht die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der beiden Varianten. Das Eingangsdrehmoment, das Ausgangsdrehmoment zur Hinterachse, die Drehmomentübertragungseinheit sowie die Reaktionszeiten sind fixe Parameter für alle Varianten. Dies soll eine gemeinsame standardisierte Architektur der Kundenschnittstellen sicherstellen.

Attribut	Variante ‚Sport‘	Variante ‚Offroad‘	Betroffene Modulgruppe	Schnittstellenanforderungen
Maximalgeschwindigkeit (Fahrzeug)	305 km/h	300 km/h	K,D,Ö	305 km/h
höchstzulässiges Gesamtgewicht	3000 kg	3500 kg	K,D,A	3500 kg
höchstzulässige Achslast VA			K,D,A	
maximale Eingangsdrehzahl	9500 U/min	7500 U/min	K,D,Ö	9500 U/min
maximales Eingangsdrehmoment	5500 Nm	5500 Nm	K	5500 Nm
maximales Ausgangsdrehmoment HA	5500 Nm	5500 Nm	K	5500 Nm
nominales Kupplungsdrehmoment	1200 Nm	1900 Nm	K,D,A	1900 Nm
Spitzentemperatur	170-190°C	150-170°C	K,A,D,Ö,M	170-190°C
‚Disconnect-Funktion‘	Ja	Ja	K,D,Ö	Ja
kundenspezifische Öltype	-	-	K,A,D,Ö,M	-
Öfüllung auf Lebensdauer	-	-	K,A,D,Ö,M	-
Ölschmiersystem	aktiv oder passiv	aktiv oder passiv	Ö,M	Beide
Kühlsystem	aktiv oder passiv	aktiv oder passiv	M	Beide
Drehmomentübertragungseinheit	Kettentrieb	Kettentrieb	D	Kettentrieb
Sperrmechanismus (mechanisch/elektrisch) erforderlich	nein	Ja/mechanisch	K,A	Ja/mechanisch
Reaktionszeit Kupplungsaktuierung	150 ms	150 ms	K,A	150 ms
Reaktionszeit Kupplungsöffnen (T>= 10°C)	100 ms	100 ms	K,A	100 ms
Restmoment bei Kupplungsöffnen	50 Nm	50 Nm	K,A	50 Nm
Drehzahlfehler VA/HA	2,5 %	0-1,5%	K,D	-
Geographische Zuordnung zum Entwicklungsstandort	nicht Aussagekräftig	nicht Aussagekräftig	K,D	-
maximale Drehmomentenungenauigkeit	±10 – 15 %	±10 – 25 %	K,A	±10 – 15 %
Verteilergetriebeklassierung erforderlich	ja	Zum Teil; Abhängig von Genauigkeitsanforderung	K,A	-
kombinierte oder separate Aktuatormotor / Steuergeräteverbund	kombiniert oder separat	kombiniert oder separat	M	-

Tabelle 8: Anforderungszuordnung zu einzelnen Modulvarianten, Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Integration der Module ist die Schnittstellendefinition erforderlich. Die Schnittstellen sind so zu gestalten, dass alle Modulvarianten damit abgedeckt werden können. Um diese zusammenzufassen, ist in der Tabelle die entsprechende Spalte mit schnittstellendefinierenden Attributen befüllt. Neben den Modulschnittstellen werden hiermit auch die Kundenschnittstellenanforderungen festgelegt und in der Architektur (durch Berechnungen und Tests in der Entwicklung) sichergestellt.

Die Standardbauteile wie Lagerstellen und Dichtringe unterliegen, ähnlich den Kundenschnittstellen, den größten Anforderungen innerhalb des Systems. Diese müssen ebenfalls unter Beachtung der Einflüsse der stärksten Module ausgelegt werden, um eine übergreifende Verwendung für die standardisierte Architektur zu gewährleisten. Bei der Entwicklung gilt es alle weiteren erforderlichen Anforderungen aus den Modulgruppen zu integrieren. Neben diesen ist die eingangs geschilderte Effizienzanforderung zu berücksichtigen, um die Verteilergetriebeprodukte entsprechend kraftstoffeffizient zu gestalten.

### 7.3.3 Varianten der standardisierten Verteilergetriebearchitektur

Die definierten Varianten der Modulgruppen ergeben eine theoretische Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten von  $2^6 = 64$  Kombinationen. Diese Anzahl an Varianten bildet sich allerdings nur aus, wenn alle unterschiedlichen Merkmale miteinander kombiniert werden können. In der Realität dienen Kombinationsverbote dazu, die Variantenanzahl deutlich zu reduzieren. Somit ist es nicht zielführend, eine sportliche Kupplungsvariante mit geringem Kupplungsdrehmoment mit einer offroadtauglichen Variante des Kettentriebes zu wählen, dessen Aufgabe es ist, deutlich mehr Drehmoment zur Vorderachse zu übertragen. Zusammenfassend finden sich die vorgenommenen Unterteilungen sowie die einzelnen Varianten in Tabelle 9 wieder.

Modulgruppe	Variantenanzahl	Variantenunterteilung
Lamellenkupplung	2	‚Sport/Dynamik‘ / ‚Offroad‘
Antrieb Aktuatorik	2	‚Sport/Dynamik‘ / ‚Offroad‘
Aktuatomotor und Steuergerät	2	‚kombiniert‘ / ‚separat‘
Drehmomentübertragungseinheit	2	‚Sport/Dynamik‘ / ‚Offroad‘
Ölpumpe	2	‚ohne Ölpumpe‘ / ‚mit Ölpumpe‘
Medienkühlung	2	‚ohne Medienkühlung‘ / ‚mit Medienkühlung‘
<b>Summe Kombinationsmöglichkeiten</b>	<b><math>2^6 = 64</math></b>	

Tabelle 9: Variantenunterteilung der Modulgruppen, Quelle: Eigene Darstellung.

Die beiden Hauptvarianten unterteilen sich analog zu den beiden Faktoren aus den Analysen. So sind die Modulgruppen ‚Lamellenkupplung‘, ‚Antrieb Aktuatorik‘, und ‚Drehmomentübertragungseinheit‘ in eine ‚sportliche‘ und eine ‚offroadtaugliche‘ Variante unterteilt. Eine Reihe von logischen Verknüpfungen mit Kombinationsverboten untereinander reduziert die mögliche Vielfalt deutlich. Die Logik liegt zugrunde, dass eine sportliche Lamellenkupplungsvariante sinnvollerweise nur mit einer sportlichen Variante des Kettentriebes sowie einer Antriebsauslegung zu kombinieren ist. Ausgehend vom nominalen Kupplungsmoment sind so die Dimensionierungen der Komponenten und Module sowie der Antrieb der Aktuatorik in dieser Hauptausprägungsvariante verknüpft. Gleiches gilt für eine ‚offroadtaugliche‘ Variante des Verteilergetriebes. Die erste weiterführende Unterscheidung der Varianten findet sich in der Anbauweise des Aktuatomotors sowie des Steuergerätes wieder, wobei hier zwischen einem kombinierten System und einem getrennten System von Motor und Steuergerät unterschieden werden kann. Ist im Schmierkonzept keine Ölpumpe angedacht, so sind keine weiteren optionalen Modulgruppen vorgesehen und die Schmierung findet passiv statt. Im Gegensatz dazu können ebenso eine Ölpumpe und wahlweise eine Medienkühlung zusätzlich hinzugefügt werden.

Basierend auf diesen Überlegungen ist in Abb. 43 ein Variantenbaum dargestellt, welcher die jeweiligen Kombinationsmöglichkeiten miteinander verknüpft. Die vier erforderlichen Modulgruppen definieren die Grundvarianten der Verteilergetriebe. Sind keine weiteren optionalen Modulgruppen erforderlich, besteht die Basisvariante aus vier möglichen Varianten. Wird zusätzlich die optionale Modulgruppe betrachtet, so

erhöht sich die Vielfalt der Modulkombinationsvarianten auf 12 unterschiedliche Typen. Verglichen mit der theoretischen Vielfalt ergeben sich hierbei lediglich 20% der theoretisch möglichen Vielfalt.

Bei Betrachtung des Variantenbaums fällt überdies die Sensibilität der Variantenvielfalt bei einer weiteren Variante in der ersten Stufe (zusätzlich zu ‚Sport‘ und ‚Offroad‘) auf. Eine Erweiterung um eine Grundvariante innerhalb der modularen Baukästen führt zu einer Erhöhung der Variantenvielfalt um 50%.

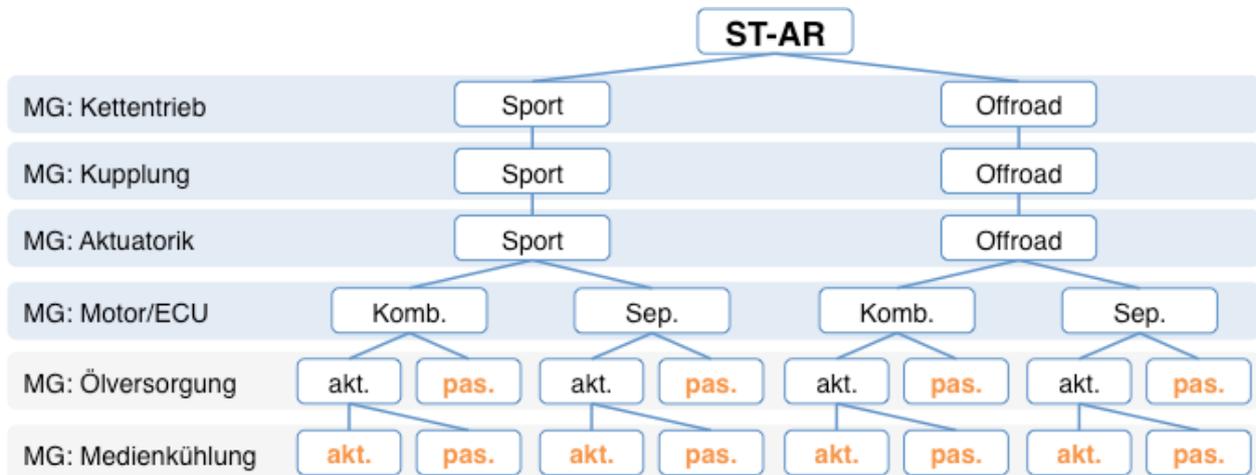


Abb. 43: Variantenbaum und resultierende Anzahl an Zielvarianten, Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Schuh/Jonas (1997), S. 27.

Der Variantenbaum beschreibt mögliche Ausprägungsformen hinsichtlich der Kombinatorik der Module. Dies bedeutet allerdings nicht, dass sich die Endproduktgestaltung limitiert ist. Flexible Kundenschnittstellen in den Gehäusen und den Ein- und Abtrieben der Wellen ermöglichen es, dass die Verteilergetriebeprodukte für die einzelnen Kundenprojekte adaptierbar sind. Trotz einer hohen Wiederverwendbarkeit der Module und Komponenten ist jedes entwickelte Endprodukt für die Kunden spezifisch gestaltet. Aus dieser Betrachtung heraus ändert sich nichts an der Vielfalt der Endprodukte. Dies ist jedoch auch nicht die Intention der modularen Baukastenstruktur im Unternehmen.

Wie beschrieben, lassen sich die Module zu Grundvarianten von Verteilergetriebeapplikationen zusammenfassen. Diese Varianten weisen idente Umfänge auf. Um fahrzeug- und kundenspezifische Ausprägungen und Charakteristika zu erstellen, sind die Fahrdynamikregler (Softwareansteuerung des Aktuatormotors) individuell adaptierbar. So ist es möglich, trotz relativ starrer Kombinations- und Anpassungsmöglichkeiten bei den mechanischen und elektronischen Komponenten, die notwendigen kundencharakteristischen Eigenschaften einzuarbeiten, welche von Hüttenrauch/Baum als Markenaufladung bezeichnet wurden.<sup>161</sup>

### 7.3.3.1 Standardvariante 1: ‚Sportliche Verteilergetriebeapplikation‘

Die erste Verteilergetriebevariante beinhaltet die sportliche Ausprägung der Module. Aus den Auswertungen ist erkenntlich, dass die Zielfahrzeuge maximale Fahrzeuggewichte von 3000kg kaum überschreiten. Der Anwendungsbereich reicht von Limousinen zu kleinen Lifestyle-SUVs, welche eine stark sportliche Nutzung des Allradsystems realisieren möchten. Die Geländegängigkeit bei diesen

<sup>161</sup> Vgl. Abschnitt 3.3

Fahrzeugen ist von minderer Relevanz. Bei schlechten Fahrbahnverhältnissen (beispielsweise verschneite Straßen) bietet das Allradssystem jedoch seine üblichen Vorteile.

Die Verteilergetriebevariante ist auf ein Eingangsdrehmoment von 5500Nm bei einer maximalen Drehzahl von 9500U/min ausgelegt. Entsprechend der Anforderung, es ebenfalls mit einer voll geöffneten Kupplung zu betreiben, ist der Hinterachsabtrieb ebenfalls auf 5500Nm ausgelegt. Durch die fahrdynamische Nutzung der Kupplung ist es in dieser Ausprägung möglich, Drehmomente von 0 bis 1200Nm an das Vorderachsgetriebe abzusetzen. Um die Effizianzforderungen in Zukunft zu erfüllen, ist die Abschaltbarkeit des Vorderachsabtriebes sowie des Kettentriebes mittels der Lamellenkupplung unter größtmöglicher Reduktion der Restschleppmomente vorgesehen. Aufgrund der begrenzten Bauräume in den Zielfahrzeugen ist von einer lokalen Temperaturerhöhung rund um die Komponenten zu rechnen. Aus diesem Grund sind in den Anforderungen mögliche Spitzentemperaturen der Umgebung bis zu 190°C vorgehalten. Mittels der Möglichkeit, von vorgehaltenen Drehzahlfehlern zwischen Vorder- und Hinterachse von 2,5% ist die Kupplung entsprechend ausgelegt, um diese Dauerschlupfzustände über den Drehzahlbereich überstehen zu können. Schnelle Reaktionszeiten für die Kupplungsansteuerung sowie präzise Ansteuerung der Momente mit einem maximalen Fehler von 8% ermöglichen es, das Verhalten des Fahrzeuges speziell in schwierigen Fahrsituationen positiv zu beeinflussen. Um diese Stellgenauigkeiten mit den Verteilergetrieben zu erreichen, ist eine Verteilergetriebeklassierung am Ende der Montagelinie zwingend vorzusehen. In der Grundausprägung ist die Schmierung passiv (ohne Ölpumpe) ausgeführt und keine Medienkühlung vorgehalten. Optionale Erweiterungen des Systems sind mit einer Kostenerhöhung verbunden.

Die Grundvariante einer sportlichen Verteilergetriebeapplikation bietet auf Basis der Analysen ein potentielles Absatzvolumen von rund 30%.<sup>162</sup> Nach den Einschätzungen der Fachexperten ist in dieser Ausprägung durchaus Wachstumspotential enthalten. Ein Produkt, welches in der Clusteranalyse dieser Variante zugeordnet wurde weist allerdings ein notwendiges Kupplungsmoment von 1600Nm auf. Diese Variante basiert jedoch auf den Bewertungen der Lastenheftforderungen. Sollte dieses Produkt tatsächlich von den Kunden gefordert werden, fällt dieser Exot aus der standardisierten Verteilergetriebearchitektur und stellt eine Eigenentwicklung nach dem im Unternehmen bekannten Vorgehen dar.

### **7.3.3.2 Standardvariante 2: ‚Offroadtaugliche Verteilergetriebeapplikation‘**

Offroadtaugliche bzw. schwere Fahrzeugapplikationen werden mit der zweiten Standardvariante bedient. Das höchstzulässige Gesamtgewicht reicht hierbei bis zu 3500kg. Neben extrem geländegängigen Fahrzeugen finden sich mit dieser Variante schwere SUVs und Pick-Up-Trucks als Zielfahrzeuge zu nennen. Die Fähigkeiten des Allradantriebes gehen weit über konventionelle Fahrzustände auf befestigten Straßen hinaus. Diese Fahrzeuge bewegen sich zum Teil auf unwegsamem Terrain und versuchen in allen Fahrsituation ein Vorankommen sicherzustellen. Die Verteilergetriebe werden zwar auch für fahrdynamische Events verwendet, allerdings sind hierbei die Anforderungen deutlich geringer.

Dies spiegelt sich in der Merkmalsbeschreibung der Verteilergetriebevariante wider. Das Eingangsdrehmoment ist zwar gleichsam auf 5500Nm beschränkt, was in den erzeugbaren Motordrehmomenten in

---

<sup>162</sup> Vgl. Abschnitt 7.2.3.3

Kombination mit den Wechselgetrieben begründet ist. Damit die extremen Fahrsituationen im schweren Gelände gemeistert werden können, ist das Kupplungsdrehmoment und somit das Vorderachsabtriebsdrehmoment mit 1895Nm deutlich gesteigert. Entsprechend robust sind die Module des Kettentriebs und der Lamellenkupplung ausgelegt. Für diese schweren Fahrzeuge sind Eintriebsdrehzahlen von max. 7500U/min vorgehalten. Hinsichtlich der maximalen Temperaturen ist diese Variante ein wenig geringeren Anforderungen ausgesetzt. Die Module im Verteilergetriebe müssen Spitzentemperaturen von 170°C widerstehen können. Eine Sperrfunktion in der Aktuatorik der Lamellenkupplung ist vorgehalten, um die Kupplung bei Bedarf geschlossen zu halten. Diese Sperrfunktion ist mechanisch auszuführen, da eine elektromechanische Sperre einer stetigen Ansteuerung bedarf und somit aufgrund der Verfügbarkeit beim Ausfall nicht relevant ist. Da die fahrdynamische Nutzung des Allradsystems von geringerer Bedeutung ist, sind die Anforderungen an die Genauigkeit des Stellsystems entsprechend geringer. Für Kundenprojekte mit Fehlertoleranzen (in Bezug auf Stellgenauigkeit des Kupplungsdrehmomentes) bis zu 15% ist aus technischer Sicht weiterhin eine Verteilergetriebeklassierung vorzusehen. Bei Anforderungen darüber kann dieser Schritt im Zuge der Montage entfallen, wodurch eine Kostensenkung vorgenommen werden kann. Gleich wie bei der ersten Standardvariante können optionale Modulgruppen hinzugefügt werden, um die Funktionalität zu erweitern oder spezielle Kundenanforderungen einzuhalten. Trotz der differenzierten Auslegung zu der ersten Standardvariante ist nach wie vor die effiziente Ausgestaltung der Verteilergetriebe von enormer Bedeutung. Deshalb ist auch in der zweiten Standardvariante die ‚Disconnect-Funktionalität‘ zur Reduktion der Verluste vorgehalten.

Hinsichtlich des Absatzvolumens bietet diese Verteilergetriebevariante ein beträchtliches Potential von 70% des betrachteten Gesamtvolumens.<sup>163</sup> Obwohl diese Variante ein hohes zur Vorderachse übertragbares Drehmoment aufweist, kann mit diesen trotzdem die Anforderung des sportlichen SUVs, welcher bei Variante eins als Exot bezeichnet wird, nicht erfüllt werden. Dies beruht auf der Tatsache, dass die Ausgestaltung der Bauteile kaum eine sportliche Ausprägung vorsieht. Ein Hauptabsatzmarkt ist keiner der beiden Varianten zuordenbar. Sowohl die USA als auch Europa besitzen Kundenprojekte, welche in beiden Ausprägungsvarianten vorkommen.

### **7.3.3.3 Ausprägungen und erweiterbare Varianten**

Auf Basis der Kundenanforderungen, kann wahlweise für beide Standardvarianten entweder ein kombinierter Aktuatormotor/Steuergeräteverbund oder ein getrenntes System verwendet werden. Im Zuge der Entwicklung dieser Modulgruppe ist die kostengünstigste Variante zu identifizieren und in die Standardvarianten zu implementieren.

Die beiden Standardvarianten ohne Erweiterungen beinhalten den Großteil des Gesamtvolumens. In den Analysen zeigt sich, dass ca. 5% der sportlichen Verteilergetriebeapplikationen eine Ölpumpe sowie eine Medienkühlung fordern, wohingegen ca. 30% der offroadtauglichen Applikation eine Ölpumpe auf Basis der Anforderungen benötigen. Die beiden optionalen Modulgruppen dienen als Erweiterbarkeit der Standardvarianten. Die Kombination der einzelnen Module bleibt durch die Erweiterungen unberührt. Lediglich notwendige Anpassungen zur Integration der optionalen Module werden getroffen.

---

<sup>163</sup> Vgl. Abschnitt 7.2.3.3

Ob sich im Zuge der Entwicklung tatsächlich 12 unterschiedliche Varianten herausbilden, wird aufgrund der zukünftigen Anforderungen und Auslegungen der Verteilergetriebe für Kundenanwendungen in der Zukunft zu klären sein. Hinzu kommen technische Barrieren in der Realisierung, welche im Zuge der Modulentwicklungen auftreten können. Es gilt jedoch stets das oberste Ziel anzustreben, nämlich die maximal mögliche Variantenvielfalt von Beginn an so gering wie möglich zu halten.

## 8 INTEGRATIONSZEITPUNKT DER MODULAREN BAUKÄSTEN IN DIE ENTWICKLUNGSSTRATEGIE

Die vorangegangenen Analysen beziehen sich auf die Erstellung von modularen Baukastensystemen sowie der Möglichkeit zur Variantenerstellung. Bezogen auf das Vorgehensmodell folgt nun die Entwicklung der einzelnen Module bis hin zum Serieneinsatz. Die Gestaltung dieser Entwicklungsaktivitäten kann an bestehende Prozesse innerhalb der Unternehmen angepasst werden.

Wie die modularen Baukästen in die Produktentwicklung zu integrieren sind, wird in Abschnitt 5.2 dargestellt. Aus Überlegungen heraus wurden in diesem Abschnitt bereits Vor- und Nachteile abgeschätzt, welche nun durch den Workshop verifiziert wurden. Im Zuge des abschließenden Workshops wurden in Zusammenarbeit mit den Unternehmensexperten der ‚Sequential-Integration-Approach‘, der ‚Lead-Project-Approach‘ und der ‚Indexed-Integration-Approach‘ im Detail betrachtet und mithilfe von SWOT-Analysen bewertet. Der Teilnehmerkreis umfasste nochmals die Experten aus den Bereichen Produktmanagement, Kerntechnologiemanagement und Bereichen der Entwicklung. Die Vorgehensweise der SWOT-Analyse wird in Vahs/Brem im Detail beschrieben.<sup>164</sup> Die Bewertung der einzelnen Integrationsszenarios erfolgt nach ihrer Erklärung.

Die Analyse der Integrationskonzepte hat das Ziel, notwendige Adaptionen bestehender Prozesse und Strukturen zu identifizieren. Des Weiteren soll eine Indikation ermittelt werden, welches Vorgehen für das Unternehmen vertretbar und zielführend ist.

### 8.1 Analyse der Integrationszeitpunkte

#### 8.1.1 ‚Sequential-Integration-Approach‘

Der ‚Sequential-Integration-Approach‘ beschreibt ein schrittweises Durchlaufen der Entwicklungsprozesse. Bei diesem Vorgehen findet keine zeitliche Überschneidung zwischen Modul- und Produktentwicklung statt. Nach Abschluss der Modulentwicklung ist von den Teammitgliedern der Modulentwicklung ein entsprechender Betreuungsaufwand für die Integration in Kundenprodukte erforderlich.<sup>165</sup>

Das Ergebnis der Bewertung durch die Experten ist in der SWOT in Abb. 44 dargestellt. Klare Stärken bei der Wahl dieses Vorgehens bestätigen sich in einem hohen Reifegrad, der bei fertig entwickelten Modulen verfügbar ist. In der Entwicklungsphase ist ein Testen der Module ohne Einflüsse der Endprodukte möglich, wodurch die Module auf die vorgegebenen Spezifikationen sauber getestet werden. Die Unabhängigkeit vom Termindruck der Kundenprojekte ermöglicht die gezielte Erarbeitung von innovativen Produkten. Für die Verwendung der Produkte sind die Modul- und Komponentenkosten bereits vor der Entwicklung von Kundenprojekten verfügbar. Dadurch kann in der Angebotsphase schnell

---

<sup>164</sup> Vgl. Vahs/Brem (2015), S. 133f.

<sup>165</sup> Vgl. Abschnitt 5.2.1.

ein Zielpreis an die Kunden weitergegeben werden, welcher aufgrund bekannter Baustruktur ein geringes Risiko zur Fehleinschätzung beinhaltet.

Gleich der ersten Einschätzung bilden sich als größte Schwächen eine lange Vorlaufzeit bis zum Einsatz der Module und somit hohe vorgelagerte Ausgaben bis zum ROI aus. Darüber hinaus ist erkennbar, dass während der Modulentwicklung kaum Rückmeldungen aus den Kundenprojekten auf die Modulentwicklungen stattfinden. Durch das fehlende Feedback können etwaige Erkenntnisse aus Integrationsproblemen nicht bzw. erst sehr spät in an die Modulteams kommuniziert werden. Ferner können bei Erprobungen auch keine Synergieeffekte genutzt werden. Dies bedeutet die vollen Entwicklungskosten lasten auf den Modulen, um die Modulreife zu gewährleisten. Dadurch scheint dieses Integrationskonzept als das kostenintensivste Konzept. Obwohl den Lieferanten bei der Teilepreisgestaltung abgeschätzte Stückzahlenszenarien zur Verfügung stehen, kann ein Sicherheitsfaktor bei nicht Erreichen der Szenarien vorgehalten werden. Somit liegen zwar Preise vor, allerdings sind diese zu hinterfragen, da sie zum Teil über den tatsächlich notwendigen Preisen stehen.

<b>STÄRKEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>fertig</b> entwickelte Module verfügbar</li> <li>• hoher <b>Reifegrad</b> gegeben</li> <li>• keine Testrisiken durch „fehlerhafte“ Applikationen</li> <li>• Testen der Komponenten auf die Spezifikationen <b>ohne Querwirkungen</b></li> <li>• vollständige Dokumentation</li> <li>• klare Anforderungen und Testergebnisse</li> <li>• <b>unabhängig</b> von Kundenterminplänen</li> <li>• <b>Kosten</b> im Vorhinein <b>bekannt</b> vor Applikation</li> </ul>	<b>SCHWÄCHEN</b>
<b>CHANCEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vermarktung fertiger Module</b> mit bekannten Systemgrenzen</li> <li>• neuartige Entwicklungen mit <b>geringem Zeitdruck</b></li> </ul>	<b>RISIKEN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lange <b>Vorlaufzeit</b></li> <li>• hohe <b>vorgelagerte Ausgaben</b></li> <li>• <b>späte Ernte</b> / Ertrag</li> <li>• kein Feedback aus Erkenntnissen der Applikationsentwicklung (zu spät)</li> <li>• hohe Kosten da <b>keine Synergien</b> (Teilung Testumfänge etc.)</li> <li>• <b>Teilekosten</b> fragwürdig – nicht volles <b>Verhandlungspotential</b> genutzt</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Marktdynamik</b> in Hinblick auf Anforderungen</li> <li>• <b>fehlende / falsche Marktanforderungen</b></li> <li>• <b>Verfehlen der Kundenanforderung</b> durch falsche Annahmen</li> <li>• verfehlen geplantes <b>Absatzvolumen</b> → höchstes Risiko für Business Case</li> <li>• Innovationen können veraltet sein → vom <b>Wettbewerb überholt</b></li> <li>• <b>geringere Priorisierung</b> gegenüber Serienprojektentwicklung in Haus</li> </ul>	

Abb. 44: SWOT Analyse des ‚Sequential-Integration-Approach‘, Quelle: Eigene Darstellung.

Eine zentrale Chance bei der Verwendung dieses Vorgehens liegt in der Vermarktungsfähigkeit der Module. Die vorhandenen Testergebnisse bieten eine große Sicherheit für den Erstkunden. Darüber hinaus sind die Systemgrenzen klar bekannt, was eine Anfrageprüfung von Kundenanforderungen erleichtert. Neuartige und Innovationen können so mit einem geringen Zeitdruck mit einer Unabhängigkeit zu Kundenschiene durchgeführt werden kann.

Auf der anderen Seite gilt die Verfehlung von Kundenanforderungen als großes Risiko. Dies kann durch falsche oder fehlende Anforderungen passieren. Darüber hinaus ist die Automobilindustrie ein stark

dynamischer Markt. Hier können sich Anforderungen schnell ändern, wodurch das Resultat analog einer Falscheinschätzung ist. Daraus können sich Schwierigkeiten bei der Vermarktung einzelner Module ergeben, wodurch Business Cases nicht erfüllt werden und der wirtschaftliche Erfolg eingeschränkt wird. Verstärkt wird dies durch die Entwicklung von innovativen Produkten: Aufgrund der langen Zeit von der Entwicklung der Produkte bis zum Einsatz im Markt können Wettbewerber mit neuartigen Produkten die Module aus technischer Sicht überholen – Innovationen können somit veraltet sein und der Erfolg ausbleiben.

### 8.1.2 ‚Lead-Project-Approach‘

Der ‚Lead-Project-Approach‘ beschreibt eine parallele Entwicklung von Modulen und einem Kundenprojekt. Das Kundenprojekt ist zeitgleich der Erstanwender der Module. Die Anforderungen für die Module kommen zum Teil vom Kundenprodukt und aus der Analyse der weiteren geplanten Produkte. Das Modulteam übernimmt zeitgleich Entwicklungstätigkeiten und Betreuungsaufwände.<sup>166</sup>

Aus der Experteneinschätzung zeigt sich, dass Vorteile in einer engen Einbindung des Kundenproduktes in die Modulentwicklung liegen, wodurch verstärkt Synergieeffekte bei Testläufen genutzt werden. Erkenntnisse bei Integrationsproblemen fließen nahezu ohne Zeitverzögerung in die Modulentwicklung ein, wodurch Kinderkrankheiten in der Integration reduziert werden. Durch eine gesicherte Abnahme aufgrund mindestens eines Kunden sowie eines fixierten, zeitnahen SOP kann der Preisdruck bei den Lieferanten erhöht werden. Insgesamt bietet der ‚Lead-Project-Approach‘ die kürzesten Entwicklungszeiten aller drei Integrationskonzepte.

Die enge Fokussierung auf den ‚Lead-Kunden‘ kann allerdings zu einem Tunneldenken führen. Eine zu große Einflussmöglichkeit des Kunden kann dazu führen, dass die Entwicklungsziele der Module und somit eine gezielte Verbreitung auf eine Vielzahl von Kundenprojekten eingeschränkt bzw. negativ beeinflusst werden. Der Zeitdruck des Kundenprojektes lastet direkt auf der Modulentwicklung, welche eigentlich neben einer Kundenvariante auch weitere Varianten abdecken sollte. Der hohe Zeitdruck sowie die fehlende Reife der Module birgt die Gefahr von Ausfällen für alle Produkte. Um eine saubere Abarbeitung zu ermöglichen, ist kurzfristig ein höherer Ressourcenaufwand notwendig. Weiters ist durch die unklare Trennung zwischen dem Kundenprojekt und der Modulentwicklung eine klare Teilung der Kosten schwer nachvollziehbar.

Durch die Zusammenarbeit mit einem prestigeträchtigen ‚Lead-Kunden‘ ist dies für den Wiederverkauf durch die Vertriebsabteilung als Werbung zu nutzen. Hierbei ist wichtig, dass der Kunde hohes Ansehen im Wettbewerb genießt. Ist dies nicht der Fall, besteht das Risiko, dass es sich hierbei eher um eine Negativwerbung handelt (beispielsweise bei OEMs mit geringerer Qualität). Ein weiteres Risikopotential steckt hinter einer fehlenden Akzeptanz des Erstkunden für die Strategie des Zulieferbetriebes. Hier kann sich die Frage stellen, was der Nutzen für den Kunden ist und warum dieser als ‚Versuchskaninchen‘ für andere OEMs dienen sollte, indem er das Entwicklungsrisiko zur Gänze trägt.

---

<sup>166</sup> Vgl. Abschnitt 5.2.2.

<b>STÄRKEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kürzeste <b>Entwicklungszeit</b></li> <li>• enge <b>Einbindung des Kunden</b></li> <li>• größtes Potential für <b>Synergien</b> (Testing,...)</li> <li>• Erkenntnisse gehen umgehend in die Plattform → <b>Verbesserungspotential</b></li> <li>• <b>gesicherte Abnahme</b> durch Leadkunden</li> <li>• mehr <b>Druck auf Lieferanten</b> hinsichtlich Kosten möglich (zeitnahe SOP)</li> </ul>	<b>SCHWÄCHEN</b>
<b>CHANCEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Wiederverkauf „<b>Werbung mit Leadkunden</b>“</li> </ul>	<b>RISIKEN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enger <b>Fokus auf Serienprojekt</b> (Tunneldenken)</li> <li>• <b>Verfehlen des Entwicklungszieles</b> der Module</li> <li>• <b>Erprobungsrisiko</b> (unfertige Module)</li> <li>• <b>Zeitrisko</b> bei Problemen (Kunde steht hinter Modulen)</li> <li>• <b>unklare Kostenaufteilung</b> zwischen Kunden- und Modulentwicklung</li> <li>• Entwicklungs- und Betreuungsaufwand parallel (<b>Kurzfristig höhere Ressourcen</b>)</li> <li>• <b>keine zwei Lead-Projekte möglich</b> aufgrund Ressourcenaufwand</li> <li>• <b>Fremdgesteuert</b> durch Leadkunden</li> <li>• <b>Kundenakzeptanz</b> von Modulentwicklung <b>gering</b> (fehlendes Verständnis) → Warum für andere Kunden mitentwickeln? → Was ist der Benefit für den Leadkunden?</li> <li>• <b>schlechte Werbung durch Leadkunden</b> mit geringerem Ansehen</li> <li>• <b>unsaubere Marktrecherche</b> da einfache Anforderungsextraktion („falscher Freund“)</li> </ul>	

Abb. 45: SWOT Analyse des ‚Lead-Project-Approachs‘, Quelle: Eigene Darstellung.

Aus dieser Sichtweise kann sich eine starke Fremdsteuerung durch den Kunden entwickeln, was die Modulentwicklung negativ beeinflusst. Das größte Risiko findet sich allerdings im eigenen Haus wieder. Durch die einfache Ermittlung der Anforderungen des ‚Lead-Kunden‘ kann es zu einem fehlenden Verständnis im eigenen Entwicklungsteam kommen. Wird der Kunde als überaus anspruchsvoll eingeschätzt, kann für die Teammitglieder die Betrachtung weiterer potentieller Kundenapplikationen als nicht sinnvoll erscheinen, wodurch die Entwicklung von Modulen mit eingeschränkten Spezifikationen und somit mit einem geringen Wiederverwendungswert erfolgen kann.

### 8.1.3 ‚Indexed-Integration-Approach‘

Als Kompromisslösung zwischen dem ‚Sequential-Integration-Approach‘ und dem ‚Lead-Project-Approach‘ bildet sich der ‚Indexed-Integration-Approach‘ heraus. Die Situationsanalyse, die Marktanalyse und die Moduldefinition sind bei diesem Vorgehen jedenfalls vorgelagert. Entsprechende Konzepte für die Module werden im Zuge erster Analysen und Tests geprüft. Nach Erreichen des geforderten Reifegrades ist die Integration in Kundenprojekte möglich.<sup>167</sup>

Durch die Definition der geforderten Modulreife zu Beginn der Entwicklung wird gewährleistet, dass schwerwiegende Konzeptrisiken durch Erprobungen abgeschlossen werden. Diese Stärke ist eine gezielte Maßnahme zu einem aktiven Risikomanagement. Da die Anforderungsanalyse von Erstkunden getrennt ist, wird ein Tunnelblick vermieden. Im Zuge der Entwicklung der Module werden Synergieeffekte zu den Anwendungsprojekten genutzt. Eine gezielte Teststrategie zwischen Produkt- und

<sup>167</sup> Vgl. Abschnitt 5.2.3.

Modulentwicklung unterstützt dies. Die Zeit bis zum Markteintritt wird im Vergleich zum ‚Sequential-Integration-Approach‘ deutlich reduziert.

Allerdings ist eine Schwäche dieses Ansatzes der hohe Zeitdruck. Treten Konzeptseitig schwerwiegende Probleme auf, verschiebt sich der Terminplan und es kann passieren, dass dem Kundenterminplan nachgehinkt wird. Nach wie vor besteht das Problem der Einflussmacht der Kundenprodukte. Dies kann durch eine gezielte Festlegung der Verantwortlichkeiten jedoch abgeschwächt werden. Schwierig gestaltet sich bei diesem Vorgehen die richtige Definition des notwendigen Reifegrades der Module. Eine zu geringe Reife trägt Modulrisiken in die Endprodukte. Eine Überanforderung an die Reife verlängert den Time-To-Market-Aspekt und besitzt neben Kostennachteilen (weniger Synergieeffekte nutzbar) das gleiche Risiko wie der ‚Sequential-Integration-Approach‘: Die Verfehlung von Marktanforderungen aufgrund der Marktdynamik bzw. ein Überholtwerden von Wettbewerbern.

<b>STÄRKEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kompromiss</b> zwischen vorgelagerter Entwicklung und vertretbaren Entwicklungszeiten</li> <li>• <b>Konzeptabsicherung</b> durch Tests vor Start Applikationsentwicklung</li> <li>• <b>Risikomanagement:</b> Absicherung Riskothemen vor Integration</li> <li>• <b>Synergienutzung</b> zwischen Applikation und Plattform in Erprobung</li> <li>• definierte Anforderungen zu Beginn – (<b>Vermeidung Tunnelblick</b>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zeitrisiko hinsichtlich Parallelisierung</b> durch Probleme in Modulentwicklung</li> <li>• Risiko in <b>Definition der Modulreife</b> (ab wann?)</li> <li>• <b>Einflusspotential</b> der Applikationen auf Änderungen der Plattformen</li> <li>• Initialaufwand / Vorlaufzeit höher als bei Lead Project</li> <li>• <b>besten Business Case hinsichtlich Entwicklungskosten</b> solange kein Risiko schlagend wird (potentielles Back-Up in Applikation notwendig)</li> <li>• für gewissen Zeitraum <b>doppelte Belastung</b> der Ressourcen</li> </ul>	<b>SCHWÄCHEN</b>
<b>CHANCEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>frühzeitige Korrekturmöglichkeit</b> falscher Annahmen durch Einbindung Applikationsentwicklung / Kunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>zu frühe Integration</b> (Modulreife falsch gewählt/unzureichend) → Kundenspezifische Lösungen als Back Up.</li> <li>• <b>fehlende Akzeptanz</b> bei Kunden (Modulreife)</li> </ul>	<b>RISIKEN</b>

Abb. 46: SWOT Analyse des ‚Indexed-Integration-Approachs‘, Quelle: Eigene Darstellung.

Das einzigartige Potential des ‚Indexed-Integration-Approachs‘ ist die frühzeitige Korrekturmöglichkeit falscher oder unzureichender Anforderungen. Durch die frühe Integration ist noch im Zuge der Entwicklung eine Feedbackschleife in die Modulentwicklung gegeben. So kann die Marktakzeptanz hinsichtlich der Anforderungen erhöht werden. Risikobehaftet ist allerdings eine frühzeitige Integration. Damit kombiniert ist beim Vertrieb der Module für Erstkunden darauf zu achten, dass die Kunden eine Akzeptanz für den Reifegrad der Module entwickeln. Ansonsten kommt es zu einer Abwehrhaltung und dem Drang nach eigenen Produktentwicklungen für die Kunden.

## 8.2 Potentielle Adaptionen im Unternehmen

Im Anschluss an die SWOT-Analysen wurde eine offene Gesprächsrunde mit den Experten angehängt. Hintergrund des Gespräches war die Reflexion der unterschiedlichen Konzepte. Darüber hinaus wurden notwendige Problemstellungen in Hinblick auf die bestehenden Strukturen analysiert. Es gilt zu hinterfragen, welche Adaptionen oder erforderliche Strukturen notwendig sind, um die Modulentwicklung zielgerichtet im Unternehmen zu implementieren.

Für alle Vorgehensmodelle gilt die gleiche Problemstellung: Es ist ein erhöhter Ressourcenaufwand notwendig. Je nach Integrationskonzept variiert die Intensität der Ressourcennutzung. Trotz alledem gilt es darauf zu achten, dass unter anderem Teammitglieder und Testmöglichkeiten sowohl für die Modulentwicklung als auch für die Endproduktentwicklung. Die Trennung der Zuständigkeiten hilft eine Doppelbelastung der Teammitglieder sowie einen Rollenkonflikt einzelner Personen zu vermeiden. Allerdings gilt es die Kommunikation zwischen den Teams vor allem zum Zeitpunkt der Integration gezielt zu fördern und Probleme im Sinne einer konstruktiven Zusammenarbeit zu bewältigen. Unter keinen Umständen darf im Zuge falscher Priorisierungen die Modulentwicklung überrollt werden, da diese die Zukunft der Produktstrukturen abbilden und sicherstellen soll. Diese Aspekte decken sich mit den beschriebenen Aspekten von Hüttenrauch/Baum<sup>168</sup> sowie auch denen von Müller<sup>169</sup>.

Durch die Betrachtung der Integrationskonzepte zeigt sich, dass alle drei Modelle gewisse Vor- und Nachteile beinhalten. Als ausgewogenstes Vorgehen zeichnet sich der ‚Indexed-Integration-Approach‘ ab, da dieser Ansatz versucht, die Vorteile der beiden anderen zu kombinieren. Dies gab ebenfalls die Einschätzung des Expertenteams wieder. Folgende Aspekte machen dieses Vorgehen für die Beteiligten besonders interessant:

- Da ein Start der Serienproduktion in absehbarer Nähe ist und bestimmte Kundenapplikationen hinter der Modulentwicklung stehen, besitzt das Unternehmen eine stärkere Verhandlungsmacht gegenüber den einzelnen Sublieferanten.
- Da eine zeitliche Trennung der ersten drei Phasen des Vorgehensmodells (Situationsanalyse, Marktanalyse, Moduldefinition) vorliegt, wird die Auseinandersetzung der Teammitglieder mit zukünftigen Anforderungen gefördert.
- Eine zielgerichtete Festlegung des Modulreifegrades ermöglicht es, das Risiko für die Kundenprojekte in einem akzeptablen Rahmen zu behalten

Zu Beginn dieser Masterarbeit wurde die Verwendung von modularen Baukastensystemen in die Gruppe der Prozessinnovationen eingeteilt. Diese Annahme bestätigt sich, wenn die Entwicklung eines eigenständigen Vorgehensmodells, welches mit bestehenden Prozessen in Unternehmen eng verknüpft ist, betrachtet wird. Neben einer reinen Prozessanpassung besteht auch die Notwendigkeit einer strukturellen Anpassung der Unternehmen. Die Organisationen müssen sich auf Basis der Erkenntnisse neu ordnen, um die neuartigen Herausforderungen mit Ressourcen abarbeiten zu können.

---

<sup>168</sup> Vgl. Abschnitt 4.2.

<sup>169</sup> Vgl. Abschnitt 3.1.3.

## 9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

*„Lieferanten müssen die OEM-Marken verstehen und durch eigene Produkte unterstützen. Dieser Prozess ist möglichst proaktiv und professionell umzusetzen und führt zu einer Verbesserung der Markteffizienz.“<sup>170</sup>*

In dieser Masterarbeit wurden verschiedene Aspekte zum Thema Variantenmanagement betrachtet. Ein Teil der Forschungsfragen ließ sich aus der Analyse bestehender Literatur beantworten. Zu Beginn wurde analysiert, welche Chancen und Risiken die Verwendung von modularen Baukastenstrukturen für Unternehmen bestehen. Unter anderem werden in den Werken von Müller, Piller sowie Picot/Baumann diverse Aspekte betrachtet, wodurch ein Bild aus unterschiedlichen Blickwinkeln entsteht.<sup>171</sup>

Die größten Chancen bei der Verwendung von modularen Strukturen sind eine zum einen signifikante Komplexitätsreduktion von Produkten und Prozessen und daraus resultierend das Ausschöpfen von signifikanten Kostenpotentialen zu nennen. Durch eine Verlagerung von den Entwicklungsaufwänden in die Modulentwicklung kann eine Reduktion der Entwicklungszeiten umgesetzt werden. Die Vorlagerung bietet in weiterer Folge eine Risikominimierung bei der Produktentwicklung, da in den Modulen vorab bestimmte Reifegrade erreicht werden. Als beachtliches Risiko durch die Modularisierung kann eine fehlende Differenzierung der einzelnen Produkte untereinander genannt werden, da ein hoher Wiederverwendungsgrad mehr oder minder idente Produkte erzeugt. Durch ein Einbeziehen von Exoten mit hohen Anforderungen kann eine Überdimensionierung entstehen, was somit den modularen Baukasten durch überhöhte Anforderungen zu komplex und somit zu teuer bzw. zu schwer werden lässt und deshalb die Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst. Wird zu Beginn die Anforderungsanalyse und Spezifikationsfestlegung nicht entsprechend vorrausschauend gearbeitet, kann durch wiederholtes nichterfüllen der Kundenanforderungen ein Ausbleiben von Kundenaufträgen oder eine Differenzierung zu den Baukästen erfolgen, wodurch sich Business-Cases nicht erfüllen lassen.

Im Rahmen der Masterarbeit wird aus den Erkenntnissen der Literaturanalyse und gezieltes Hinterfragen einzelner Aspekte ein Vorgehensmodell entwickelt. Mithilfe dieses Modells sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie ist es möglich, kritische Merkmale für zukünftige Baukastenentwicklungen festzulegen?
- Wie können einzelne Module und Komponenten in Varianten gegliedert werden und wie können diese gemanagt werden?

Die Ermittlung der kritischen Merkmale ist eine zentrale Aufgabe in der Festlegung von modularen Baukastenstrukturen. In Zusammenarbeit mit Experten der jeweiligen Produktbereiche können durch Workshops unter Verwendung verschiedener Techniken (u.a. Brainstorming) die essentiellen Attribute

---

<sup>170</sup> Hüttenrauch/Baum (2008), S. 148.

<sup>171</sup> Vgl. Abschnitt 3.1.3

der Produkte ermittelt werden. Zur Hilfe können diverse Sammlungen von Spezifikationen (wie beispielsweise Kundenlastenhefte) genommen werden, um die entsprechenden Daten zu extrahieren. Es ist möglich, einerseits mit Hilfe von Attributen, die mit einem bestimmten Wert hinterlegt wurden und andererseits durch Marktanalysemethoden diverse Zusammenhänge und Klassenausprägungen zu identifizieren. Eine Faktorenanalyse dient zur Analyse vorhandener Korrelationen zwischen den Attributen und dem Zusammenfassen einzelner Merkmale zu übergeordneten Faktoren. Die identifizierten Faktoren dienen als Input für die Clusteranalyse, in welcher Varianten in eine definierte Anzahl von Klassen eingeteilt werden. Essentieller Schritt bei der weiterführenden Betrachtung ist das Miteinbeziehen des Absatzpotentials. Zu kleine Klassen und Varianten müssen aus wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen werden. Beide Marktanalysen dienen allerdings nur als Grobunterteilung. Um eine Fehlinterpretation zu korrigieren, ist es unabdingbar eine Sichtung der Ergebnisse mit Experten vorzunehmen. Gemeinsam sind Varianten zu unterteilen und ein Variantenbaum mit Kombinationsmöglichkeiten festzulegen, welcher in Zuge der Entwicklung unbedingt einzuhalten ist. Die Betrachtung des Variantenbaums ermöglicht ein ständiges Prüfen der Variantenvielfalt. Sollte eine neue Variante in den modularen Baukästen integriert werden, sind die Wirtschaftlichkeit sowie die daraus resultierende Komplexitätserhöhung zu prüfen.

Um die Sensibilität gegenüber nachträglicher Vervielfältigung der Varianten zu schaffen, wurden folgende Forschungsfragen gestellt:

- Welche Auswirkungen sind aufgrund von Abweichungen der definierten Baukästen zu erwarten?
- Wie kann dieser Problematik bereits bei der Entwicklung der Baukästen vorgebeugt werden?

Inbesondere Abschnitt 6 diskutiert im Detail diesen Fragestellungen. Als Auswirkungen auf Baukastenverletzungen wurden dabei zwei Hauptrisiken identifiziert. Zum einen besteht die Möglichkeit einer Adaption von modularen Baukästen wie eben beschrieben. Damit verbunden ist ein hoher Änderungsaufwand sowie ein Risiko in der Funktionalität durch mangelhafte Absicherung auf die Gesamtauswirkungen aus. Sind Schnittstellen unzureichend ausgelegt und bedürfen einer Änderung, sind eine hohe Komplexität und ein überdurchschnittlicher Änderungsaufwand bei allen betroffenen Modulen die Folge. Zum anderen kann die Folge einer Abweichung vom Baukasten eine Differenzierung vom festgelegten modularen Baukasten sein. Problematisch hierbei ist die potentielle Nichterreicherung von denjenigen Stückzahlen, die im Business-Case festgelegt wurden. Daraus resultierend kann das Kostenpotential nicht genutzt werden und der modulare Baukasten sich dadurch als unattraktiv darstellen.

Um dem Risiko entgegenzuwirken, identifiziert sich die gründliche Analyse der Anforderungen als entscheidender Faktor. Zu Beginn wird so die Zukunftsfähigkeit des Systems auf einer zuvor definierten Datenbasis festgelegt. Die gewissenhafte Analyse der Kundenanforderungen gilt als unabdingbar.

In Kooperation mit einem Tier-1-Zulieferbetrieb in der Automobilindustrie wird das Vorgehensmodell auf seine Anwendbarkeit und Validität geprüft. In seiner Anwendung werden die Phasen 1 bis 3 (Situationsanalyse, Marktanalyse, Moduldefinition) abgearbeitet. Am Ende steht ein Rohgerüst, welches durch die Festlegung von Unterteilungen und Grundanforderungen als Startpunkt für die weitere Modulentwicklung dient. Der empirische Teil versucht somit allem voran, folgende Forschungsfragen zu klären:

- Welche zukünftigen Anforderungen an Antriebsstrangkomponenten werden von Automobilherstellern an Tier-1-Zulieferer gestellt?
- Welche marktkritischen Merkmale sind für diese Komponenten zu definieren?

Im Rahmen der Situationsanalyse fand ein Workshop statt, in welchem in Zusammenarbeit mit einem Expertenteam kritische Produktmerkmale zusammengefasst wurden. Als Unterstützung bei der Extraktion von kritischen Produktmerkmalen diente die Sichtung von entsprechenden Kundenlastenheften als Input. Neben den für die Experten offensichtlichen Attributen, wie beispielsweise das nominale Kupplungsdrehmoment, die Eintriebsdrehzahl und die Maximalgeschwindigkeit der Fahrzeuge, kann eine Reihe von kritischen Merkmalen identifiziert werden, welche in Abschnitt 7.1.4 einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Dies stellt eine Grundlage für die weiteren Untersuchungen dar und erleichtert somit die zielgerichtete Identifikation der Lastenheftkennwerte, welche von den Kunden gefordert werden.

Die Umfeldanalyse ermöglicht überdies die Betrachtung weiterer externer Einflussfaktoren, die auf die Auslegung von modularen Baukastenstrukturen zum Teil erhebliche Auswirkungen haben. Als zentrales Element und als Leistungsfaktor zeigt sich unter anderem die kraftstoffeffiziente Gestaltung der Antriebsstrangkomponenten. Durch optimierte Systeme und Konzepte ist es einem Zulieferbetrieb möglich, die Endkunden bei der Erfüllung von immer strenger werdenden Abgas- und Kraftstoffverbrauchsgesetzgebungen zu unterstützen. Da Mitbewerber auf dem Verteilergetriebesektor derzeit keine Produkte in diesem Bereich anbieten, kann dies als Alleinstellungsmerkmal und Differenzierungsmöglichkeit genutzt werden.

Hinsichtlich der notwendigen Variabilität des Baukastens für Verteilergetriebe ist eine Unterteilung entsprechend den Erkenntnissen aus der Phase der Marktanalyse zielführend. Bei beiden Analysemethoden (Faktorenanalyse und Clusteranalyse) ist eine Betrachtung und Bewertung durch entsprechende Expertenteams unabdingbar. Zwar werden die Einzelattribute auf Basis der Methoden untersucht, jedoch ist hierbei die Betrachtung der technischen Validität völlig ausgeschlossen. Überdies hinaus bilden sich zum Teil Faktoren aus, welche zwar logische Zusammenhänge beinhalten (siehe Beispiel des geographischen Bezuges zu den Entwicklungsstandorten), allerdings für die Zielsetzung der Baukastenerstellung zu einem nicht akzeptablen Ergebnis führen würden. Bereits die Clusteranalyse ermöglicht eine grobe Vorunterteilung der Verteilergetriebevarianten in ‚Sport‘ und ‚Offroad‘. Bei herunterbrechen der Ergebnisse auf die jeweiligen Modulgruppen stellt sich dar, dass sich diese in weitere Varianten untergliedern. Ohne jegliche Kombinationslogik besteht somit die Möglichkeit, eine Vielzahl an Verteilergetriebevarianten zu erstellen. Diese theoretische Anzahl reduziert sich allerdings rasch, sobald eine Kombinationslogik hinterlegt wird. Auf Basis dieser Erkenntnisse lässt sich eine weitere Forschungsfrage beantworten: ‚Welche Skalierbarkeit und Variabilität der definierten Baukästen ist vorzusehen, um zukünftigen Herausforderungen des Automobilmarkts gewachsen zu sein?‘ Bei den Modulgruppen ‚Lamellenkupplung‘, ‚Kettentrieb‘ und ‚Antrieb Aktuatorik‘ bilden sich somit jeweils zwei Varianten in Richtung einer sportlichen und einer geländetauglichen Ausprägung wieder. Kombiniert mit zwei unterschiedlichen Montage- bzw. Komponentenkonzepten bei den elektronischen Komponenten sowie mit der optionalen Verwendung von Ölpumpen und Medienkühlsystemen bildet dies die notwendige Variantenvielzahl bzw. Variabilität der Verteilergetriebe durch zwölf Varianten ab. Die detaillierte Beschreibung der Unterscheidungsmerkmale ist Abschnitt 7.3.3 erläutert.

Die Integration der modularen Baukastenstrukturen im Unternehmen ist ein entscheidender Aspekt in Hinblick auf die Zeit von der Entwicklung bis zum Markteintritt. Die Implementierung der Strategie erfordert eine gezielte Ausrichtung der Ressourcen und eine entsprechende Gleichstellung der Prioritäten. Je nach Wahl des Integrationszeitpunktes sind die Ressourcen unterschiedlich ausgelastet. Bestehende Prozesse müssen dementsprechend adaptiert werden, die Kommunikation zwischen Modulentwicklungs- und Produktentwicklungsteams muss aktiv gefördert werden um eine effektive Nutzung der Ressourcen sicherzustellen.

### **9.1 Besonderheiten der Baukastenentwicklung für einen Tier-1**

Das Anwenden des Vorgehensmodells zur Entwicklung von modularen Baukästen an einem Tier-1 zeigt durch den intensiven Kontakt mit Experten Probleme und Grenzen für die Zulieferbetriebe. Einer der größten Vorteile ist die vorhandene Datenbasis innerhalb der Zulieferbetriebe. Um die Entwicklung von Produkten durchzuführen, werden Großteils Lastenhefte von den OEMs definiert. In den Lastenheften werden die erforderlichen Merkmale beschrieben, welche die Produkte erfüllen müssen. Die Qualität der Lastenhefte unterscheidet sich zwischen den Lieferanten. Dies ist zum Teil abhängig von der bestehenden Erfahrung und dem Knowhow mit den entsprechenden Produkten.

Die Verwertung der Lastenhefte für die weiterführende Analysen unterstützt Zulieferbetriebe, passende Produkte für die OEMs zu entwickeln. Bei der Erstellung von Baukastenmodulen ist darüber hinaus die Kenntnis des Marktes im Sinne der Endkunden ebenso essentiell. Hier liegt klar der Vorteil bei den OEMs. Die Endkunden identifizieren sich allerdings verstärkt mit Markenattributen als mit einzelnen Komponenten von Zulieferbetrieben. Als Diener zweier Herren sollen Zulieferbetriebe neben den OEMs auch die Anforderungen der Endkunden verstehen und die Entwicklung derer Anforderungen nachverfolgen.

OEMs andererseits sind allein auf sich gestellt. Sie müssen erkennen, was die Endkunden in Zukunft fordern werden. Die nicht technischen Anforderungen müssen von den Automobilherstellern in entsprechende technische Spezifikationen umgelegt werden, um modulare Baukastenstrukturen zu definieren. Basierend auf dieser Erkenntnis ist davon auszugehen, dass für die Datenerhebung signifikante Unterschiede zwischen OEMs und Lieferanten vorliegen.

Die größte Herausforderung für Zulieferbetriebe liegt neben der Datenerhebung in der individuellen Gestaltung der Produkte. Aufgrund der Tatsache, dass mechanische Komponenten im Zuge der Baukastenstrategie gleichgehalten werden sollen, ist eine Differenzierung in die unterschiedlichen Kundenprodukte schwer realisierbar. Hier muss eine entsprechende Variabilität vorgehalten werden.

### **9.2 Handlungsempfehlung**

Die Anwendung des Vorgehensmodells an dem Unternehmen Magna Powertrain diente zum einen der Validierung der Überlegungen. Das Ergebnis stellt klar eine Handlungsempfehlung für die Implementierung einer modularen Baukastenstrategie dar. Die Produktlinie der Single-Speed-Verteilergetriebe bietet folgende Gliederungsmöglichkeiten:

Auf Basis der Analysen der Datensätze lässt sich eine Unterscheidung der Produkte hinsichtlich ihrer Ausprägung in ‚sportlich‘ und ‚offroadtauglich‘ feststellen. Da 30% der angefragten Produkte dieser Variantenausprägung entsprechen, ist die Erstellung von zwei Standardvarianten der Verteilergetriebe empfehlenswert. Entsprechend der Kombinationslogik, welche im Variantenbaum dargestellt ist, ist eine maximale Variantenvielfalt von maximal 12 Varianten möglich. Die detaillierte Untergliederung der Modulgruppen sowie die Kombinationsstruktur wurden in Abschnitt 7.3.3 beschrieben. Für beide Standardvarianten inklusive der optionalen Erweiterungsmöglichkeiten gilt die Fokussierung auf hocheffiziente Konzepte der Modulgruppen. Dies wird in den nächsten Jahren verstärkt ein Kernfaktor im Wettbewerb, da sich neben den OEMs auch die gesetzlichen Richtlinien daran orientieren und die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fahrzeuge forcieren. Als Tier-1-Zulieferbetrieb müssen hier technische Lösungen für den Einsatz in den Kundenprodukten vorliegen. Eine Unterscheidung der Module anhand lokaler Unterschiede ist für die Baukastenentwicklung in einem global agierenden Unternehmen nicht zielführend.

Essentiell für die Verwendung der modularen Baukastenstrukturen ist die Addition weiterer Merkmale zu den Modulen in den Modulgruppen. Demnach sind Dimensionierungen und die Gestaltung der Komponenten so auszuführen, um mit Sicherheit die Anforderungen der standardisierten Verteilergetriebearchitektur zu erfüllen. Im Zuge der weiterführenden Entwicklung sind die Kostenpotentiale gezielt zu verfolgen und ein marktakzeptabler Zielpreis der Produkte ist festzulegen.

Hinsichtlich des Integrationszeitpunktes kristallisierte sich bei den Workshop-Teilnehmern bereits der ‚Indexed-Integration-Approach‘ als eindeutiger Favorit heraus. Für die Entwicklung von Modulen werden entsprechende Ressourcen im Unternehmen vorausgesetzt. Die Mitglieder der unterschiedlichen Teams sind in ihrer übergreifenden Kommunikation zu unterstützen. Für den zeitlich richtigen Integrationszeitpunkt ist die notwendige Modulreife innerhalb des Unternehmens zu bestimmen. Bei dieser Betrachtung sollen auch die potentiellen Risiken abgewogen werden.

## 10 RESÜMEE

Auf Basis der Literaturanalyse wurden unterschiedliche Sichtweisen und mögliche Vorgehensmodelle beschrieben und in Abschnitt 3 analysiert sowie im Detail erläutert. Diese Modelle vereinen eine vereinfachte Darstellungsweise in der Ermittlung einer notwendigen Grundlage, um Anforderungen zielgerichtet für modulare Baukastenstrukturen zu ermitteln und diese bei der Festlegung der Baukästen entsprechend zu berücksichtigen. Zwar werden beispielhafte Methoden erwähnt, diese werden allerdings in ihrer Anwendung bzw. im Zusammenspiel einzelner Methoden nicht näher erläutert. Angelehnt an die beispielhaften Methoden in den Modellen wurden weiterführend potentielle Methoden analysiert und detaillierter betrachtet.

Basierend auf der Marktforschung bzw. Marktsegmentierung wurden verschiedenste Methoden betrachtet, mit Aspekten der Variantendefinition zusammengeschlossen und in einem Vorgehensmodell integriert. Dieses Vorgehensmodell lehnt sich an bestehende Entwicklungsprozesse in der Automobilindustrie an. Die Intention des Modells ist es, konkrete Methoden miteinander zu verknüpfen, um ein logisches Vorgehen für die Festlegung und Definition von modularen Baukästen zu ermöglichen.

Das Vorgehensmodell für die Entwicklung von modularen Baukästen legt den Fokus auf das Frontloading im Entwicklungsprozess. Insgesamt ist der gesamte Prozess in sechs Einzelschritte unterteilt. Die letzten drei Schritte stellen eine klassische Entwicklung mit Konzept- und Serienentwicklung sowie Komponentenverifikation dar. Im Zuge der Arbeit wurden diese Phasen nicht näher betrachtet. Die ersten drei Phasen hingegen sind das charakteristische Element des Vorgehensmodells.

Zuerst werden in der Phase 1 (Situationsanalyse) die strategische Orientierung, das Umfeld, das Zielprodukt mit einer möglichen Unterteilung in Modulgruppen sowie deren kritischen Produktmerkmale analysiert. Als Vorgehen haben sich hier unternehmensinterne Expertenworkshops angeboten, in welchen mithilfe von diversen Kreativitätstechniken zielführende Ergebnisse ermittelt werden konnten.

Die Aufgaben in Phase 2 (Marktanalyse) legen ihre Schwerpunkte auf zwei essentielle Bereiche. Zum einen müssen mithilfe von Marktanalysemethoden die kritischen Produktmerkmale der jeweiligen Zielprodukte erfasst werden. Tier-1-Zulieferbetriebe können hier auf die Lastenhefte der OEMs zurückgreifen, welche diese im Zuge der Angebotsphasen zur Verfügung gestellt bekommen. Neben diesem Vorgehen sind ebenso andere Werkzeuge aus der Marktforschung anwendbar. Auf Basis der ermittelten Werte dient eine Faktorenanalyse dazu, die potentielle Vielzahl der marktkritischen Produkte auf Kernfaktoren zu reduzieren. Um Scheinkorrelationen und Fehlinterpretationen zu vermeiden, bot sich hier eine Experteneinschätzung in Form eines Workshops an. Weiterführend wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Input für diese waren die ermittelten Faktoren und deren zugehörigen Attribute. Durch die Clusteranalyse, welche mit den potentiellen Absatzzahlen gewisser Produkte kombiniert wurde, ist eine Ersteinschätzung der Wirtschaftlichkeit möglich geworden.

Ein weiterer Workshop mit dem Expertenteam diente zur Prüfung der Ergebnisse der Clusteranalyse. Darauf aufbauend erfolgte die Modulunterteilung. Dies wurde der Phase 3 (Moduldefinition) zugeordnet. Durch die Zusammenarbeit mit den Experten wurde sichergestellt, dass ein entsprechendes Fachwissen vorlag. Bei der Moduleinteilung ist dies von enormer Wichtigkeit, um auf technische Lösungen und

Erfordernisse Rücksicht zu nehmen und die Unterteilung zielführend zu gestalten. Die Erstellung eines Variantenbaumes mit entsprechender Hinterlegung technischer Anforderungen ermöglicht es die geplante Variantenvielfalt auf Basis der Einteilung zu planen. Relevant ist hierbei, eine Kombinationslogik zu hinterlegen, um eine zu hohe Variantenvielfalt zu vermeiden. Durchaus waren im Laufe der Entwicklung weitere Varianten möglich, allerdings sollte dies immer unter Beachtung der Variantenerhöhung durchgeführt werden, um einen ‚Wildwuchs‘ zu vermeiden.

Mit dem Abschluss der drei Phasen kann, wie im Vorgehensmodell dargestellt wurde, mit der Entwicklung der Module gestartet werden. Welcher Integrationszeitpunkt in Endprodukte der Richtige ist, hängt stark von den Unternehmen ab. Alle drei Zeitpunkte beinhalten Vor- und Nachteile, welche die Unternehmen individuell abzuwägen haben. Die Wahl des Vorgehens hängt unter anderem von der Produkttechnologie, vom Markt und von der Branche im Allgemeinen ab. Ebenso zählen die Risikobereitschaft und die Marktkenntnis der Unternehmen zu den Entscheidungsfaktoren.

Rückblickend betrachtend beschreibt das Vorgehensmodell eine schlüssige Abfolge der Teilschritte zur Festlegung von modularen Baukastenstrukturen in einer Unternehmung. Welche der beschriebenen Methoden in den einzelnen Phasen angewendet wird, ist auch von der Informationsbasis, den verfügbaren Ressourcen und der Methodenstärke der jeweiligen Teams abhängig. Auf Basis der gewinnbaren Erkenntnisse aus dem Vorgehen wird ein Grundstein für die Umstrukturierung der Produktarchitekturen gelegt. Weitere Aspekte wie eine valide Business-Case-Erstellung, Lieferantenbeziehungen und Technologiestärke sind in der weiteren Vorgehensweise zu berücksichtigen. Die Herausforderungen in der Serienentwicklung und die Integration in die Produkte sind weitere Knackpunkte in der erfolgreichen Umsetzung.

## LITERATURVERZEICHNIS

### Gedruckte Werke

- Adam, Dietrich (1998): *Produktions-Management*, 9. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Baldwin, Clariss; Clark, Kim (2000): *Design Rules: The Power of Modularity*, 1. Auflage, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge/London
- Berekoven, Ludwig; Eckert, Werner; Ellenrieder, Peter (2006): *Marktforschung: Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*, 11. Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden
- Boehm, Barry (1981): *Software Engineering Economics*, Prentice-Hall, New Jersey
- Borowski, Karl-Heinz (1961): *Das Baukastensystem in der Technik*, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg
- Boutellier, Roman; Müller, Marc (2000): *Modularisierung von Produkten*, Hanser Verlag, München
- Braess, Hans-Hermann; Seiffert, Ulrich (2013): *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*, 7. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Broda, Stephan (2005): *Marketing-Praxis: Ziele, Strategien, Instrumentarien*, 2. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Christensen, Clayton (1997): *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, 2. Auflage, Harvard Business School Press, Boston
- Cornet, Andreas (2002): *Plattformkonzepte in der Automobilentwicklung*, 1. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Corsten, H.; Meier, B. (1983): *Innovationsstruktur und Innovationsprozesse (I)*, in: WISU, Heft 06/1983, S251-256
- Deutsches Institut für Normung (Hrsg) (1996) : *Value Management, Wertanalyse, Funktionenanalyse, Wörterbuch – Teil 1: Wertanalyse und Funktionenanalyse*
- Drucker, Peter (1985): *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*, HarperBusiness, New York
- Esch, Franz-Rudolf; von Einem, Elisabeth; Rühl, Vanessa (2013): *Kundenwünsche erkennen und Kundensegmente adressieren*, in Esch, Franz-Rudolf: *Strategie und Technik des Automobilmarketing*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 61-89.
- Eversheim, Walter (1996): *Organisation in der Produktionstechnik: Grundlagen Band 1*, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Eversheim, Walter (1990): *Organisation in der Produktionstechnik: Konstruktion Band 2*, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Ford, Henry (2007): *My Life and Work*, Cosimo Inc., New York

- Franken, Rolf; Franken, Swetlana (2011): *Integriertes Wissens- und Innovationsmanagement: Mit Fallstudien und Beispielen aus der Unternehmenspraxis*, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden
- Freeman, Edward; Harrison, Jeffrey; Wicks, Andrew (2007): *Managing for Stakeholders: Survival, Reputation, and Success*, Yale University Press, New Haven & London
- Freter, Hermann (2008): *Markt- und Kundensegmentierung: Kundenorientierte Markterfassung und –bearbeitung*, 2. Auflage, Kohlhammer Verlag, Stuttgart
- Hauschildt, Jürgen (2005): *Dimensionen der Innovation*, in: Gassmann, Oliver; Sönke, Albers: *Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement*, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden
- Holzbaur, Ulrich (2007): *Entwicklungsmanagement: Mit hervorragenden Produkten zum Markterfolg*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Herstatt, Cornelius (1996): *Stücklisten- wenig beachtete Einsparpotentiale*, in: IO Management, Band 65, Heft 12/1996, S. 71-74.
- Homburg, Christian; Krohmer, Harley (2006): *Marketingmanagement*, 2. Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden
- Hüttenrauch, Mathias; Baum, Markus (2008): *Effiziente Vielfalt: Die dritte Revolution in der Automobilindustrie*, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg
- Jacob, Frank (1995): *Produktindividualisierung: Ein Ansatz zur innovativen Leistungsgestaltung im Business-to-Business-Bereich*, 1. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Jiao, Jianxin; Simpson, Timothy; Siddique, Zahed (2007): *Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review*, in: Journal of Intelligent Manufacturing, Heft 01/2007, S. 5-29.
- Koller, Rudolf (1985): *Konstruktionslehre für den Maschinenbau: Grundlagen des methodischen Konstruierens*, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Kotler, Philip; Armstrong, Gary (2016): *Principles of Marketing: Global Edition*, 16. Auflage, Pearson Education, Harlow
- Kotler, Philip; Keller, Kevin (2012): *Marketing Management*, 14. Auflage, Pearson Education, New Jersey
- Kuß, Alfred (2012): *Marktforschung: Grundlagen der Datenerhebung und Datenanalyse*, 4. Auflage, Gabler Verlag | Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Lindemann, Udo (2009): *Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*, 3. Auflage, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg
- Lingnau, Volker (1994): *Variantenmanagement: Produktionsplanung im Rahmen einer Differenzierungsstrategie*, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- Meffert, Heribert (1992): *Marketingforschung und Käuferverhalten*, 2. Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden

- Meffert, Heribert; Burmann, Christoph; Kirchgeorg, Manfred (2008): *Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung*, 10. Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden
- Müller, David (2013): *Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure*, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Müller, Marc (2000): *Management der Entwicklung von Produktplattformen*, Dissertation Universität St. Gallen, Difo, Bamberg
- Müller, Marc (2006): *Plattformmanagement zur Reduktion von Innovationsrisiken*, in: Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen: *Management von Innovation und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen*, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, S. 121-145
- Olbrich, Rainer (2006): *Marketing: Eine Einführung in die marktorientierte Unternehmensführung*, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg; Grote, Karl-H (2007): *Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung: Methoden und Anwendung*, 7. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Perl, Elke (2007): *Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements*, in: Strebel, Heinz: *Innovations- und Technologiemanagement*, 2. Auflage, Facultas-Verlags und Buchhandels AG, Wien
- Picot, Arnold; Baumann, Oliver (2007): *Modularität in der verteilten Entwicklung komplexer Systeme: Chancen, Grenzen, Implikationen*, in: Journal für Betriebswirtschaftslehre, Heft 03/2007, S. 221-246
- Piller, Frank Thomas (2006): *Mass Customization: Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter*, 4. Auflage, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden
- Pleschak, Franz; Sabisch, Helmut (1996): *Innovationsmanagement*, Schaefer Poeschel Verlag, Stuttgart
- Porter, Michael (2013): *Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten*, 12. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt/New York
- Rammer, C.; Anschoff, B.; Crass, D.; Doehr, T.; Hud, M.; Köhler, C.; Peters, B.; Schubert, T.; Schwiebacher, F. (2014): *Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2013*, ZEW, Mannheim
- Rapp, Thomas (1999): *Produktstrukturierung: Komplexitätsmanagement durch modulare Produktstrukturen und -plattformen*, Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Schaaf, Andreas (1999): *Marktorientiertes Entwicklungsmanagement in der Automobilindustrie: Ein kundennutzenorientierter Ansatz zur Steuerung des Entwicklungsprozesses*, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden
- Schömann, Sebastian (2012): *Produktentwicklung in der Automobilindustrie: Managementkonzepte vor dem Hintergrund gewandelter Herausforderungen*, Gabler Verlag, Wiesbaden
- Schönsleben, Paul (1998): *Integrales Logistikmanagement: Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen*, 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg

- Schönsleben, Paul (2007): *Integrales Logistikmanagement: Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken*, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- Schnäbele, Peter (1997): *Mass Customized Marketing: Effektive Individualisierung von Vermarktungsobjekten und –prozessen*, 1. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Schuh, Günther (2005): *Produktkomplexität managen: Strategien – Methoden – Tools*, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München Wien
- Schuh, Günther, Jonas, I. (1997): *Variantenreduzierung im Verbund – Praktikable Methode zum Variantenmanagement: Ein Leitfaden zur Beherrschung der Variantenvielfalt*, ViA Verbundinitiative Automobil Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- Schuh, Günther; Krumm, Stephan; Amann, Wolfgang (2013): *Chefsache Komplexität: Navigation für Führungskräfte*; Springer Fachmedien, Wiesbaden
- Simpson, Timothy; Maier, Jonathan; Mistree, Farrokh (2001): Product platform design: method and application, in: Research in Engineering Design, Heft 01/2001, S. 2-22
- Simpson, Timothy; Siddique, Zahed; Jiao, Jianxin (2006): *Platform-Based Product Family Development*, in: Simpson, Timothy; Siddique, Zahed; Jiao, Jianxin: *Product Platform and Product Family Design*, S. 1-16
- Sprenger, Reinhard (2015): *Radikal führen*, Campus Verlag, Frankfurt am Main
- Tan, Pang-Ning; Steinbach, Michael; Kumar, Vipin (2006): *Introduction to data mining*, Pearson Addison Wesley, Boston
- Trommsdorff, V.; Schneider, P. (1990): *Grundzüge des betrieblichen Innovationsmanagements*, in: Trommsdorff, V. (Hrsg): *Innovationsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen*, Vahlen Verlag, München, S. 1-25
- Vahs, Dietmar; Brem, Alexander (2015): *Innovationsmanagement: Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung*, 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2004): *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (1993): *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*
- Voigt, Kai-Ingo (2008): *Industrielles Management: Industriebetriebslehre aus prozessorientierter Sicht*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Völker, Rainer; Voit, Eugen (2000): *Planung und Bewertung von Produktplattformen*, in: Controlling & Management Review, Heft 03/2000, S. 137-143
- Volkswagen AG (2012): *Der Baukasten für die Zukunft*, in: Autogramm, Heft 1-2/2012, S. 16-17.
- Weis, Bernd (2012): *Praxishandbuch Innovation: Leitfaden für Erfinder, Entscheider und Unternehmen*, Gabler Verlag, Wiesbaden

Wildemann, Horst (2004): *Konzeptwettbewerb und Know-How-Schutz in der Automobil- und Zulieferindustrie*, TCW, München

### Online-Quellen

Baldwin, Clariss; Clark, Kim (1997): *Managing in the age of modularity*

<https://hbr.org/1997/09/managing-in-an-age-of-modularity> [Stand 13.11.2016]

BMW Group (30.10.2014): Neue BMW Baukastenmotoren-Generation und neue Montagelinie im BMW Werk Steyr

<https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0195527DE/> [Stand 06.03.2016]

BMW (2016): Technische Daten des BMW 335Xd

<https://www.bmw.at/de/neufahrzeuge/3/limousine/2015/technische-daten.html> [Stand 03.09.2016]

Chevrolet (2016): Technische Daten des Chevrolet Silverado 1500

<http://www.chevrolet.com/silverado-1500-pickup-truck/specs/trims.html> [Stand 03.09.2016]

FCA (09.01.2012): Weiterer Erfolg für Plattformstrategie von Fiat und Chrysler

<http://www.fiatpress.de/press/article/18555> [Stand 16.10.2016]

Magna (2016a): Kunden

<http://www.magna.com/de/über-magna/kunden> [Stand 16.10.2016]

Magna (2016b): Produkte und Dienstleistungen

<http://www.magna.com/de/kompetenzen/antriebssysteme/produkte-dienstleistungen> [Stand 16.10.2016]

SAE (2014): Flex4 system leads Magna's wave of new fuel-saving technologies

<http://articles.sae.org/13615/> [Stand 29.10.2016]

SAE (2016): Volvo's new plug-in XC90 is really a tri-motor

<http://articles.sae.org/14610/> [Stand 29.10.2016]

Schuh & Co. GmbH (2016): Wir schauen in die Zukunft: Variantenplanung und –beherrschung

<http://www.complexitymanager.de/de/> [Stand 16.04.2016]

Sinus (2016a): Profil

<http://www.sinus-institut.de/ueber-uns/profil/> [Stand 12.11.2016]

Sinus (2016b): Die Sinus-Milieus in Deutschland 2016

<http://www.sinus-institut.de/sinus-loesungen/sinus-milieus-deutschland/> [Stand 10.04.2016]

Volkswagen AG (01.03.2012): Baukastenprinzip: Vielfalt durch einheitliche Standards

[http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info\\_center/de/publications/2012/03/VIAVISION\\_No\\_02\\_March\\_2012.bin.html/binarystorageitem/file/ViaVision\\_D.pdf](http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/de/publications/2012/03/VIAVISION_No_02_March_2012.bin.html/binarystorageitem/file/ViaVision_D.pdf) [Stand 06.03.2016]

VDA (2016): Abgasemissionen

<https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/abgasemissionen/wltp-weltweit-harmonisierter-zyklus-fuer-leichte-fahrzeuge.html> [Stand 01.11.2016]

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Aufbau der Arbeit, Quelle: Eigene Darstellung. ....	3
Abb. 2: Vielfaltsentwicklung im Anlagenbau, Quelle: Schuh (2005), S. 10. ....	8
Abb. 3: Der Weg zum modularen Baukasten, Quelle: Volkswagen AG (2012), S. 16. ....	14
Abb. 4: Möglicher Prozess der Plattformplanung bei Dominant-Design-Industrien, Quelle: Völker/Voit (2000), S. 140. ....	19
Abb. 5: Gesamtmarkenpositionierung im Wettbewerbsumfeld, Quelle: Hüttenrauch/Baum (2008), S. 151. ....	20
Abb. 6: Relativer Nutzen des Modulbaukastens, Quelle: Hüttenrauch/Baum (2008), S.158. ....	21
Abb. 7: Wesentliche Elemente des Modulkonzepts, Quelle: VDI Seminar (1997), o.S., zitiert nach: Schuh (2005), S. 139. ....	22
Abb. 8: Klassische und moderne Segmentierungsmerkmale, Quelle: Broda (2005), S.124. ....	23
Abb. 9: Die Sinus-Milieus in Deutschland 2016, Quelle: Sinus (2016b), Onlinequelle [10.04.2016]. ....	27
Abb. 10: PKW-Käufer-Modell 2007, Quelle: Bauer Media KG (2008), o.S., zitiert nach: Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 73. ....	28
Abb. 11: Der Grundgedanke der Faktorenanalyse, Quelle: Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 208. ....	29
Abb. 12: Beispiel der Clusteranalyse anhand zwei Variablen, Quelle: Kuß (2012), S. 282. ....	31
Abb. 13: Räumliche Positionierung deutscher Städte mithilfe der MDS-Methode, Quelle: Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 215. ....	32
Abb. 14: Strukturierungsunterstützung auf der Basis der Variantenbaumstruktur, Quelle: Schuh (2005), S. 159, nach: Schuh/Jonas (1997) S. 27. ....	36
Abb. 15: Interne und externe Komplexitätssicht auf die Produktvielfalt, Quelle: Schuh & Co. GmbH (2016), Onlinequelle [16.04.2016] ....	36
Abb. 16: Prinzipielle Darstellung eines Fünf-Phasenmodells, Quelle: Holzbaur (2007) S. 150. ....	38
Abb. 17: Planungs- und Konstruktionsprozess nach VDI 2221, Quelle: VDI 2221 (1993), S. 9, zitiert nach: Müller (2013), S. 171. ....	38
Abb. 18: Prinzipdarstellung des V-Modells, Quelle: Böhm (1981), o.S., zitiert nach: Holzbaur (2007), S. 151. ....	39
Abb. 19: Entwicklungsprozess mechatronischer Systeme, Quelle: VDI 2206 (2004), S. 29, zitiert nach: Müller (2013), S. 173. ....	40
Abb. 20: Produktentwicklungsprozess in der Automobilindustrie, Quelle: Schömann (2012), S. 86. ....	41
Abb. 21: Trennung der Plattformentwicklung und zeitliche Eingliederung, Quelle: Müller (2006), S. 140. ....	42

Abb. 22: V-Modell zur Modulentwicklung losgelöst von der Endproduktentwicklung, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: VDI 2206 (2004).	47
Abb. 23: Fünf-Kräfte-Modell nach Porter, Quelle: Porter (2013), S. 38.	48
Abb. 24: Stakeholder-Modell nach Freeman/Harrison/Wick, Quelle: Freeman/Harrison/Wick (2007), S. 7.	49
Abb. 25: Darstellung des Sequential-Integration-Approach im Doppel-V Modell, Quelle: Eigene Darstellung.	54
Abb. 26: Darstellung des Lead-Project-Approach im V-Modell, Quelle: Eigene Darstellung.	56
Abb. 27: Indexed-Integration-Approach, Quelle: Eigene Darstellung.	58
Abb. 28: Disruptive vs. etablierte Technologie, Quelle: Christensen (1997), S. 12.	61
Abb. 29: Allradisierte Fahrzeugarchitektur bei Frontmotoranwendungen, Quelle: Braess/Seiffert (2013), S. 147 (leicht modifiziert).	65
Abb. 30: Adaptiertes Five-Forces-Modell nach Porter, Quelle: Porter (2013), S. 38 (leicht modifiziert).	66
Abb. 31: Geschnittenes Verteilergetriebe der Magna Powertrain, Quelle: Magna intern	70
Abb. 32: Schematische Darstellung einer standardisierten Architektur auf Basis des Workshops, Quelle: Eigene Darstellung.	71
Abb. 33: Gegliedertes Ergebnis des Brainstormings zu den kritischen Produktmerkmalen, Quelle: Eigene Darstellung.	72
Abb. 34: Korrelation zwischen höchstzulässigem Gesamtgewicht und Kupplungsdrehmoment, Quelle: Eigene Darstellung.	78
Abb. 35: Fehlende Korrelation zwischen Eingangsdrehmoment und Kupplungsdrehmoment, Quelle: Eigene Darstellung.	82
Abb. 36: Untergliederung der Produkte nach Drehzahlfehlern und Kupplungsdrehmomenten, Quelle: Eigene Darstellung.	85
Abb. 37: Untergliederung der Produkte nach Reaktionszeit (Schließzeit) und Kupplungsdrehmomenten, Quelle: Eigene Darstellung.	86
Abb. 38: Untergliederung der Produkte nach höchsten Fahrzeuggewichten und Kupplungsdrehmomenten, Quelle: Eigene Darstellung.	86
Abb. 39: Technisch nicht zielführende Untergliederung bei Betrachtung der Maximaldrehzahlen, Quelle: Eigene Darstellung.	87
Abb. 40: Clusterung aller Merkmale über Massen und Momente aufgetragen, Quelle: Eigene Darstellung.	88
Abb. 41: Die Klasseneinteilung nach ‚Sportlichkeit/Dynamik‘ und ‚Offroadtauglichkeit‘ dargestellt, Quelle: Eigene Darstellung.	90

Abb. 42: Clusteranalyse mit Hinterlegung der Stückzahlen, Quelle: Eigene Darstellung. ....	91
Abb. 43: Variantenbaum und resultierende Anzahl an Zielvarianten, Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Schuh/Jonas (1997), S. 27.....	98
Abb. 44: SWOT Analyse des ‚Sequential-Integration-Approach‘, Quelle: Eigene Darstellung. ....	103
Abb. 45: SWOT Analyse des ‚Lead-Project-Approachs‘, Quelle: Eigene Darstellung. ....	105
Abb. 46: SWOT Analyse des ‚Indexed-Integration-Approachs‘, Quelle: Eigene Darstellung.....	106

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kriterien des beobachtbaren Kaufverhaltens, Quelle: Freter (2008), S.157, zitiert nach: Esch/von Einem/Rühl (2013), S. 75. ....	25
Tabelle 2: Beispiel einer Korrelationsmatrix, Quelle: Kuß (2012), S. 269. ....	30
Tabelle 3: Kritische Attribute der Verteilergetriebe, Quelle: Eigene Darstellung. ....	73
Tabelle 4: Darstellung der Korrelationsmatrix, Quelle: Eigene Darstellung. ....	77
Tabelle 5: Korrelationsmatrix mit reinen Lastenheftangaben, Quelle: Eigene Darstellung. ....	80
Tabelle 6: Darstellung der größten Änderungen durch die Experteneinschätzung, Quelle: Eigene Darstellung. ....	81
Tabelle 7: Zuordnung der variablen zu den Faktoren entsprechend einer positiven Korrelation, Quelle: Eigene Darstellung ....	89
Tabelle 8: Anforderungszuordnung zu einzelnen Modulvarianten, Quelle: Eigene Darstellung. ....	96
Tabelle 9: Variantenunterteilung der Modulgruppen, Quelle: Eigene Darstellung. ....	97

## **GLOSSAR**

OEM	Original Equipment Manufacturer (Synonym für Automobilhersteller)
SOP	Start of Production
SWOT	Strength – Weaknesses – Opportunities – Threats. Analysemethode im Rahmen der Situationsanalyse.