

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Eine bedeutende Herausforderung für die heutige Automobilindustrie ist die kundenindividuelle Massenproduktion: Kunden stellen zunehmend höhere Ansprüche an Ausstattungsvarianten und Individualisierungsmöglichkeiten beim Kauf von Fahrzeugen (Hüttenrauch und Baum 2008, S. 46f). Die damit einhergehenden Herausforderungen sowie erhöhter Wettbewerbsdruck durch Globalisierung und Marktsättigung bei gleichzeitig sinkender Zahlungsbereitschaft der Kunden prägen derzeit das Marktumfeld der Automobilhersteller (Becker 2007, S. 10ff; Garcia Sanz et al. 2007, S. 3). Darüber hinaus erschweren notwendige Investitionen auf dem Gebiet der Elektromobilität sowie die Verkürzung der Produktlebenszyklen und die gewünschte Beschleunigung der Reaktions- und Lieferzeiten die Ausgangslage der Automobilindustrie zusätzlich (Heymann 2009, S. 9; Göpfert 2009, S. 130f).

Viele Automobilhersteller, die in diesem Umfeld agieren, bieten verstärkt individuelle Produkte an, um auf gestiegene Kundenanforderungen zu reagieren und sich gleichzeitig von Wettbewerbern zu differenzieren (Gehr und Hellingrath 2007, S. 8; Lindemann und Baumberger 2006, S. 9). Hierzu zählen insbesondere die deutschen Original Equipment Manufacturer (OEM), welche die Wettbewerbsstrategie der kundenindividuellen Massenproduktion verfolgen (Piller 2008, S. 154ff). Um durch individuelle Fahrzeuge viele Käuferschichten zu erreichen und somit Absatzsteigerungen zu erzielen, haben bereits viele Automobilhersteller ihre Modell- und Ausstattungspalette deutlich erweitert und werden dies auch in Zukunft fortsetzen (Reichhuber 2010, S. 2; Scavarda et al. 2008, S. 447). Der Trend, energieeffiziente Fahrzeuge mit alternativen Antriebstechniken anzubieten, erhöht die Produktvielfalt zusätzlich (Lindemann et al. 2009, S. 5; Heymann 2009, S. 9).

Neben der wachsenden Vielfalt von Fahrzeugvarianten stellen insbesondere die hieraus resultierenden Baugruppen- und Teilevarianten sowie die zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten, z.B. von Sonderausstattungen, eine logistische Herausforderung dar (Parry und Graves 2008, S. 55; Gehr und Hellingrath 2007, S. 9). Die Premiumhersteller¹ der Automobilindustrie nehmen in diesem Kontext eine besondere Rolle ein. Variantenzahlen reichen bspw. für den BMW X3 von 324 Varianten einer Hinterachse, über 3.000 Türvarianten bis zu 90.000 Varianten des Dachhimmels (Ponn und Lindemann 2008, S. 227). Ähnliche Dimensionen finden sich bei einer Mercedes C-Klasse mit 96 Antriebsvarianten oder bei einem Audi A6 mit 152 unterschiedlichen Handschuhkästen und bis zu 10.000 Sitzvarianten (Ponn und Lindemann 2008, S. 227; Alders 2006, S. 224; Graf und Putzlocher 2002, S. 54). Darüber hinaus werden bei Mercedes, BMW und Audi jeweils über 1.000 verschiedene Sonderausstattungen allein für ein Fahrzeugmodell angeboten (Waldruff 2007, S. 171). Insgesamt entstehen hierdurch über 10²⁰ theoretische Fahrzeugvarianten für einzelne Automobilhersteller (Pil und Holweg 2004, S. 395). Abbildung 1-1 veranschaulicht diese Entwicklung der Fahrzeug- und Teilevielfalt.

Die steigende Baugruppen- und Teilevielfalt führt zu Aufwandssteigerungen in der gesamten Wertschöpfungskette (Herrmann und Peine 2007, S. 655ff). Hiervon sind Material- und Infor-

¹ Premiumhersteller bieten im Gegensatz zu Volumenherstellern eine große Anzahl von Konfigurationen an. Bspw. zählen zu den Premiumherstellern Audi, BMW und Daimler, zu den Volumenherstellern VW oder Toyota (Klug 2010, S.364ff).

mationsprozesse betroffen. Der Logistik kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, da sie durch ihre Interdisziplinarität direkt von einer steigenden Komplexität betroffen ist (Schweiger 2006, S. 30f). Zudem wächst die strategische Bedeutung der Logistik bei gleichzeitig steigenden Logistikkosten, die allein in den vergangenen fünf Jahren um über 20 % angestiegen sind (Chopra und Meindl 2010, S. 6ff; Baumgarten 2008, S. 13ff).

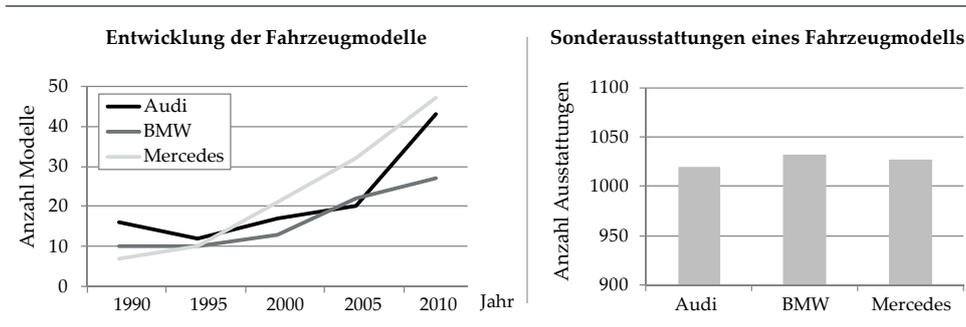


Abbildung 1-1: Entwicklung der Fahrzeug- und Teilevielfalt

Häufig müssen bei steigender Produktvielfalt höhere Materialbestände gehalten werden, da jede zusätzliche Variante über einen langen Zeitraum, auch nach Produktionsende, individuell vorgehalten werden muss (Holweg und Reichhart 2008, S. 45ff; Wu und Frizelle 2007, S. 219ff). Da Varianten aufgrund von unterschiedlichen Teilecharakteristika teilweise separat transportiert werden, entstehen bei steigender Produktvielfalt höhere Transportkosten sowie ein erhöhter Steuerungs- und Koordinationsaufwand der Produktvarianten durch das Werk (Günthner 2007, S. 19; Herrmann und Peine 2007, S. 656). Zusätzliche Prozessschritte werden erforderlich, da z.B. aufgrund von Platzmangel am Montageband eine Kommissionierung oder Sequenzierung erforderlich wird (Klug 2010, S. 170ff). Die erhöhte Gefahr von Verwechslungen induziert ebenfalls einen Mehraufwand bei Wareneingangs- und Qualitätskontrollen. Entsprechend werden die Materialbedarfsermittlung, die Disposition, die Materialbereitstellung und die Kommissionierung aufwendiger, da eine erhöhte Anzahl Teilenummern bei kleineren Losgrößen gehandhabt werden muss (Kuhn 2008b, S. 251; Günthner 2007, S. 324). Um die Herausforderungen der steigenden Vielfalt sowie die Verkürzung der Produktlebenszyklen zu beherrschen, binden OEM verstärkt Lieferanten ein, die einen Großteil der Wertschöpfung übernehmen (Dannenberg et al. 2004, S. 13). Hierdurch entsteht wiederum ein erhöhter Kommunikations- und Steuerungsaufwand.

Bedarfsunsicherheiten und Nachfrageschwankungen bezüglich Produktvarianten in der Planungsphase und im laufenden Betrieb gelten hierbei als eine große Herausforderung (Veldhuijzen und Schip 2011, S. 4ff; Kümmerlen 2011, S.20f). Während die Produktvielfalt steigt, sinken die Produktlebenszyklen in der Automobilindustrie, wodurch eine abnehmende Vorhersehbarkeit von Bedarfen einzelner Produktvarianten impliziert wird (Dannenberg et al. 2004, S. 13; Kuhn und Hellingrath 2002, S. 4f). Da dennoch Bedarfe individueller Varianten prognostiziert werden müssen, steigen ihr Planungsaufwand und das Risiko der Versorgungs- und Prozesssicherheit (Blecker et al. 2005, S. 50; Weber 2002, S. 149).

Während konservative Schätzungen die Höhe der Variantenkosten bei einem Automobilhersteller auf 15 bis 20 % angeben, bewerten andere Studien ihre Höhe auf über 50 % (Saemerov

2005, S. 45; Schaffer 2010, S. 183; Bohne 1998, S. 161). Aufgrund des steigenden logistischen Aufwands sinkt die Logistikleistung, da u.a. bis zu 60 % der Durchlaufzeit in der Logistik auf die Produktvielfalt zurückzuführen ist (Blecker et al. 2005, S. 50; Schleich et al. 2005, S. 75).

1.2 Problemstellung

In dem materiellen und informatorischen Beziehungsgeflecht mangelt es vielen Unternehmen an Übersichtlichkeit und Transparenz hinsichtlich der Variantenauswirkungen auf Logistikkosten und Logistikleistung (Lasch und Gießmann 2009, S. 205; Schuh 2005, S. 21). Dies wird durch die Schwierigkeit begründet, bereichsübergreifend externe und interne Wirkungen zu quantifizieren (Kersten 1999, S. 155). Die wirtschaftliche Entscheidungsfindung hinsichtlich der Einführung von Produktvarianten und der Ausgestaltung daraus resultierender Logistiksysteme wird somit erschwert. Da die Auswirkungen der gestiegenen Produktvielfalt in herkömmlichen Kosten- und Leistungsrechnungssystemen nur schlecht erfasst und selten kausal verknüpft werden können, bleiben sie häufig unterbewertet (Waldruff 2007, S. 179).

Insbesondere bei variantenreichen Serienprodukten – hierzu gehören die Fahrzeuge der automobilen Premiumhersteller – herrscht Intransparenz über die Kostenentstehung. Mengeneffekte von zusätzlichen Varianten werden häufig überschätzt und ihre kostenmäßige Auswirkung unterschätzt (Lindemann und Baumberger 2006, S. 10; Schuh 2005, S. 19). Da die Kosten von Produktvarianten zu einem großen Teil in den Gemeinkosten – welche über die Hälfte der Logistikkosten ausmachen – versteckt sind, werden sie daher auch als ‚hidden cost of doing business‘ bezeichnet (Everaert et al. 2008, S. 137; Jagersma 2008, S. 238). Diese Gemeinkosten können mit konventionellen Kostenrechnungsverfahren kaum auf Produktvarianten verteilt werden (Ehrlenspiel et al. 2007, S. 156ff). Neben der Kostenhöhe herrscht Unsicherheit über die Kostenverläufe bei Produktvielfalt. Meinungen reichen von sinkenden Kosten bei steigender Produktvielfalt über konstante und lineare Kostenverläufe bis hin zu progressiven Kostenverläufen in Abhängigkeit der Produktvielfalt (Meyer 2007, S. 32; Bräutigam 2004, S. 41). Hinzu kommt, dass die Kosten für Produktvarianten häufig nicht dort anfallen, wo sie verursacht werden. Obwohl Produktvarianten vorwiegend in den Bereichen der Forschung und Entwicklung sowie dem Vertrieb verursacht werden, ist die Logistik einer ihrer Hauptkostenträger (Wildemann 2008, S. 23; VDA 5000, S. 3).

Die Beschaffungslogistik nimmt hierbei eine besondere Rolle ein, da dort die Mehrheit der Logistikkomplexitätskosten anfallen (Schleich et al. 2005, S. 75). Ein wesentlicher Grund hierfür ist die hohe Produktvielfalt und Teileanzahl, die je nach Fahrzeug und Hersteller stark variiert. Während ein VW Golf aus ca. 5.000 Teilen besteht, setzt sich eine Mercedes C-Klasse aus ca. 15.000 Teilen zusammen (Ohl 2000, S. 22ff). Darüber hinaus wird in der Beschaffungslogistik der Effekt der Intransparenz verstärkt, da Zulieferer verschiedene Kostenrechnungssysteme verwenden und zudem ihre Aufwendungen häufig nur in Form von Teilepreisen kommunizieren, welche ca. 40 % des Verkaufspreises eines Fahrzeugs ausmachen (Maune 2002, S. 48; Vyas et al. 2000, S. 3).

Erst die Transparenz über vielfaltsinduzierte Kosten sowie deren Auswirkungen auf die Logistikleistung ermöglicht eine Diskussion der Produktvielfalt bzw. die Gestaltung variantenreicher Logistiksysteme. Somit kann über die Erfassung dieser Auswirkungen dem drastischen Anstieg der Produktvielfalt gerecht bzw. entgegengewirkt werden. Ein Verständnis der Logistikkosten und Leistungswirkung als Entscheidungsunterstützung zur Einführung ge-

winnbringender Produktvarianten ist somit wesentlich. Diese Bewertung sollte vorwiegend aus der Logistik kommen, da sich die Auswirkungen der gestiegenen Produktvielfalt besonders im Logistikbereich zeigen (Herrmann und Peine 2007, S. 653ff; Kersten et al. 2006, S. 325). Da im Produktentstehungsprozess der Automobilindustrie bereits 70 bis 80 % der Gesamtfahrzeugkosten festgelegt werden, ist eine frühzeitige Transparenz von Logistikkosten für eine Wirtschaftlichkeitsrechnung notwendig (Klug 2010, S. 105).

1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen

Vor dem Hintergrund der dargestellten Problematik und der mangelnden Eignung bestehender Ansätze zur Lösung der Problemstellung ist das Ziel dieser Forschungsarbeit, die Entwicklung eines Ansatzes zur Bewertung der Auswirkungen von Produktvielfalt auf automobiler Logistiksysteme. Die Bewertung der damit verbundenen vielfaltsinduzierten Logistikkomplexität soll die bislang fehlende kausale Verknüpfung zwischen der gestiegenen Produktvielfalt mit den Logistikkosten und -leistungen in herkömmlichen Kosten- und Leistungsrechnungssystemen überwinden. Hierbei sollen Auswirkungen der Produktvielfalt auf die Logistiksystemstruktur, die logistischen Prozesse und Ressourcen sowie Eigenschaften und Verhalten von Logistiksystemen identifiziert und hinsichtlich relevanter Kenngrößen quantifiziert werden. Basierend auf dieser Zielsetzung lässt sich folgende forschungsleitende Fragestellung ableiten, die im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden soll:

***Forschungsleitende Fragestellung:** Wie kann vielfaltsinduzierte Komplexität in automobilen Beschaffungslogistiksystemen hinsichtlich der Kosten- und Leistungsauswirkungen für den OEM bewertbar gemacht werden, um Produktoariantenentscheidungen zu unterstützen?*

Daraus können drei Forschungsfragen abgeleitet werden, die im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden sollen. Zunächst sollen relevante Einflussgrößen identifiziert werden, die dem OEM ein umfassendes Verständnis über die Zusammenhänge vielfaltsinduzierter Logistikkomplexität ermöglichen. Hierzu müssen die Einflüsse der Produktvielfalt und ihre Auswirkungen auf das Logistiksystem verknüpft werden. Mittels Einflussgrößen soll es dem OEM ermöglicht werden, externe und interne Einflüsse zu erfassen, welche in den materiellen und informatorischen Beziehungsgeflechten nicht direkt greifbar sind. Daher müssen in einem ersten Schritt relevante Einflussgrößen und deren Wechselwirkungen mit Produktvarianten identifiziert und analysiert werden.

***1. Forschungsfrage:** Welche wesentlichen Einflussgrößen determinieren vielfaltsinduzierte Komplexität in Beschaffungslogistiksystemen für den OEM?*

Ein umfassendes Verständnis von Produktvarianten kann über die Verknüpfung der Produktvielfalt mit Kosten- und Leistungsauswirkungen in Logistiksystemen gewonnen werden. Somit ist das zweite Forschungsziel die Entwicklung eines Bewertungsansatzes, der aufbauend auf den Erkenntnissen der ersten Forschungsfrage die Quantifizierung der Auswirkungen bei Produktvielfalt ermöglicht. Dies kann über entsprechende Kenngrößen erfolgen. Mit Kennzahlen werden Voraussetzungen geschaffen, um Zusammenhänge zwischen Produktvarianten und Kosten- und Leistungsauswirkungen darzustellen. Um vielfaltsinduzierte Komplexität zu erfassen, müssen Struktur, Ressourcen und Prozesse des Logistiksystems in Abhängigkeit der Produktvielfalt bewertet werden. Hierzu wird ein modellbasierter Bewer-

tungsansatz entwickelt, der ein experimentierfähiges Modell bereitstellt, um diese Kenngrößen in existierenden und zukünftigen Logistiksystemen zu bestimmen.

2. Forschungsfrage: Welche Kenngrößen ermöglichen die Bewertung vielfaltsinduzierter Logistikkomplexität in Form von Logistikkosten und Logistikleistung für den OEM und wie können die in der ersten Forschungsaufgabe identifizierten Einflussgrößen erfasst werden, um die Auswirkungen von Produktvarianten hinsichtlich dieser Kenngrößen zu quantifizieren?

Um die Entscheidungsfindung in unterschiedlichen Phasen des Produktentstehungsprozesses zu unterstützen, wird ein Modell zur Entscheidungsunterstützung entwickelt. Hierbei sollen die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Einflussgrößen, Kenngrößen und Bewertungsansätze in einen Bewertungsprozess integriert werden, um frühzeitig eine antizipative Logistikplanung zu ermöglichen. Da Unsicherheiten im Produktentstehungsprozess eine große Herausforderung für Automobilhersteller darstellen, sollen diese in Bezug auf Variantenanzahlen und -mengen Berücksichtigung finden. Daraus leitet sich die dritte Forschungsaufgabe ab:

3. Forschungsfrage: In welcher Form kann die Bewertung vielfaltsinduzierter Logistikkomplexität bei unsicheren oder geänderten Informationen im Rahmen der Logistikplanung im Produktentwicklungsprozess methodisch unterstützt werden, um eine Entscheidungshilfe bezüglich Varianten zu bieten?

Der zu entwickelnde Bewertungsansatz wird in Form von fallstudienbasierten Anwendungen in der industriellen Praxis validiert. Diese Validierung erfolgt mit dem Ziel, die Einsetzbarkeit des Ansatzes zu prüfen. Durch die Entwicklung des Ansatzes zur Bewertung von Auswirkungen der Produktvielfalt auf die Logistik soll die Arbeit somit einerseits dazu beitragen, allgemein gültige Zusammenhänge zwischen Einflussgrößen und Auswirkungen der Produktvielfalt abzuleiten, andererseits soll die Nutzung der Forschungsergebnisse durch die praxistaugliche Bereitstellung eines EDV-Programms sichergestellt werden. Hierbei dient der Forschungsansatz der Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Produktvielfalt, nicht aber dazu, die Produktvielfalt hinsichtlich logistischer Zielgrößen zu optimieren.

1.4 Aufbau der Arbeit und methodisches Vorgehen

Zur Erreichung dieser Zielsetzungen wird das methodische Vorgehen dieser Arbeit in mehrere Schritte unterteilt, die sich aus den Forschungsfragen ergeben und sich in der Kapitelstruktur dieser Arbeit wiederfinden. Abbildung 1-2 veranschaulicht die Aufbaustruktur der Arbeit grafisch. In Kapitel 2 werden Einflussgrößen vielfaltsinduzierter Logistikkomplexität identifiziert und analysiert. Hierzu werden zunächst begriffliche Grundlagen erläutert sowie eine grundlegende Beschreibung des Problemfeldes der Automobillogistik vorgenommen. In Kapitel 3 wird der Stand der Forschung und der Praxis untersucht. Basierend auf den Ausführungen zur Problemstellung und den Einflussgrößen werden Anforderungen an den zu entwickelnden Lösungsansatz gestellt. Hierzu werden zunächst bestehende Messgrößen zur Erfassung vielfaltsinduzierter Komplexität untersucht, um hierauf aufbauend existierende Bewertungsansätze zur Erfassung dieser Auswirkungen zu analysieren. Das Ergebnis dieser Überprüfung ergibt den im Rahmen dieser Forschungsarbeit zu deckenden Handlungsbedarf. Es ist zu untersuchen welche existierenden Ansätze geeignet sind und wie diese bzgl. der Problemstellung ergänzt oder gänzlich neu entworfen werden müssen, um die entwickelten Anforderungen zu erfüllen.

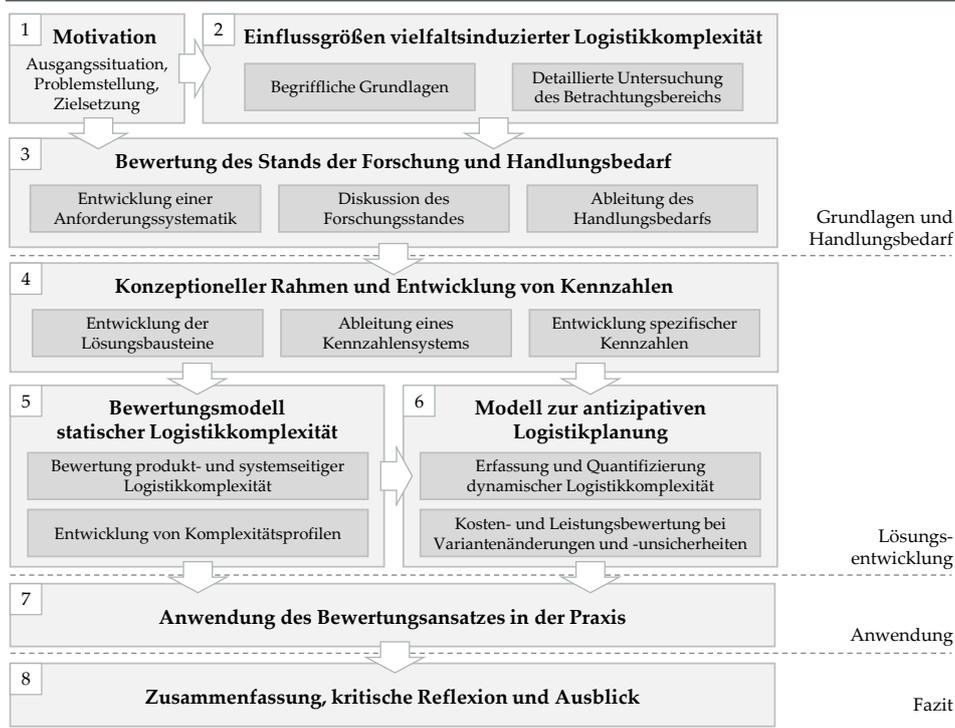


Abbildung 1-2: Aufbaustruktur der Arbeit

Anschließend wird in Kapitel 4 der konzeptionelle Rahmen der Lösungsentwicklung zur Deckung des Handlungsbedarfs in Grundzügen vorgestellt. Hierzu gehören die Definition und die Entwicklung relevanter Kenngrößen zur Quantifizierung vielfaltsinduzierter Logistikkomplexität, welche ebenfalls in diesem Kapitel im Detail vorgestellt werden. Kapitel 5 umfasst den Bewertungsansatz statischer Logistikkomplexität. Zunächst wird hier die Methode der Zero-base-Analyse dargelegt, um hierauf aufbauend das erarbeitete Bewertungsmodell zur Quantifizierung von Logistikkomplexität mit Hilfe einer vielfaltsinduzierten Prozesskostenrechnung vorzustellen. Kapitel 6 beinhaltet die Entwicklung eines Modells, welches die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Einflussgrößen, Kenngrößen und Bewertungsmodelle in einen Bewertungsprozess integriert. Hierzu wird ein Ansatz zur Erfassung von Unsicherheiten und Änderungen im Produktentstehungsprozess und somit dynamischer Komplexität entwickelt, um Variantenentscheidungen frühzeitig in unterschiedlichen Phasen im Produktentstehungsprozess methodisch zu unterstützen. Die Prüfung des Bewertungsansatzes erfolgt im Anwendungszusammenhang eines deutschen Automobilherstellers und wird in Kapitel 7 vorgestellt. Hierbei steht die Ableitung relevanter Zusammenhänge zwischen Varianten und ihren monetären und leistungsmäßigen Auswirkungen im Vordergrund. Kapitel 8 fasst schließlich die Ergebnisse des erzielten Forschungsfortschritts zusammen, reflektiert diese kritisch und gibt einen Ausblick auf weitere Forschungsbedarfe.