

1 Einleitung und Motivation

1.1 Ausgangssituation

Vor dem Hintergrund eines zunehmenden, globalen Wettbewerbs muss sich die produzierende Industrie heute flexibel und schnell an sich verändernde Marktanforderungen anpassen. Zur Bewältigung der Herausforderungen zunehmender Marktsättigung ist eine hohe Innovationsfähigkeit sowohl bei Produkten als auch in Bezug auf die Produktionsprozesse erforderlich [Große-Heitmeyer und Wiendahl 2004, S. 3]. Unternehmen setzen im Wettbewerb zunehmend auf eine hohe Diversifikation ihrer Produkte, die mit einer steigenden Variantenvielfalt einhergeht, auf eine Flexibilisierung der Produktion und mithin auf mehr Kundenorientierung (vgl. Abbildung 1-1).

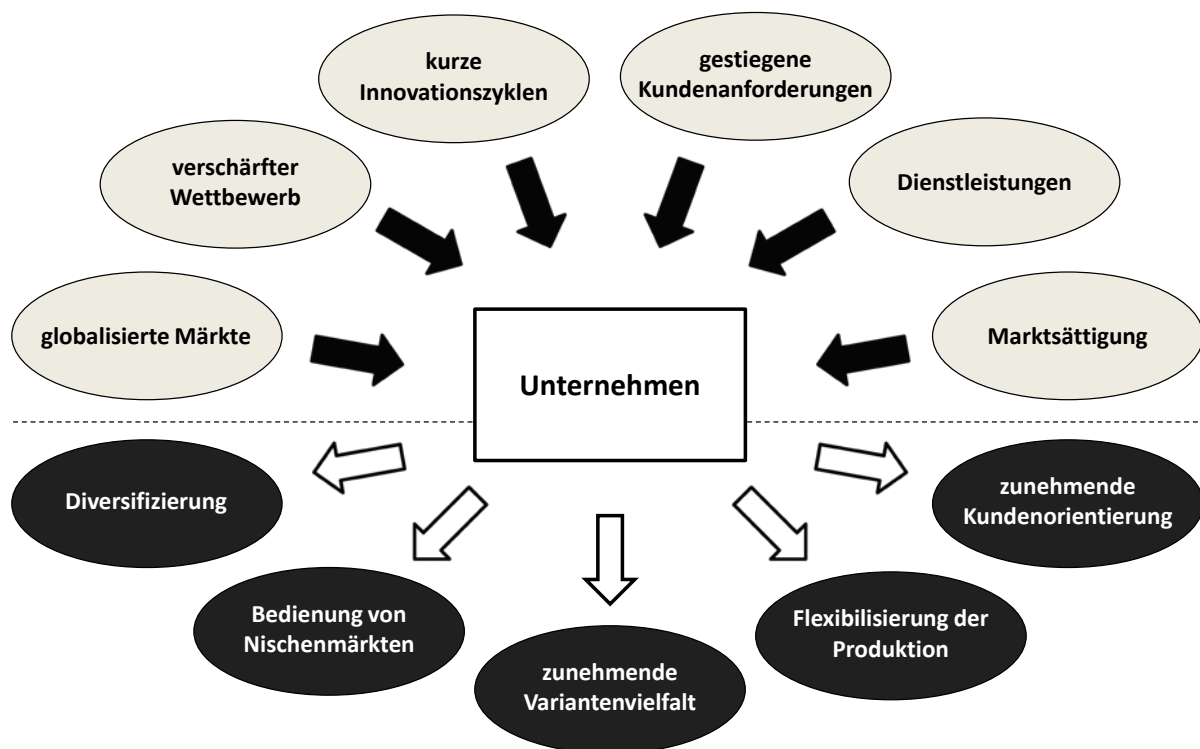


Abbildung 1-1: Trends und Entwicklungen im Umfeld eines Unternehmens [Große-Heitmeyer und Wiendahl 2004, S. 3]

In der Automobilindustrie zeichnet sich eine vergleichbare Entwicklung wie in den meisten Industriebranchen ab. Der Fahrzeugmarkt hat sich in den vergangenen Jahrzehnten von einem Verkäufermarkt zu einem Käufermarkt gewandelt [Fandel et al. 1994, S. 84; Simchi-Levi et al. 2003, S. 201–202]. Der daraus resultierende, steigende Wettbewerbsdruck bewegt die Automobilhersteller – im Folgenden auch als Original Equipment Manufacturer (OEM) bezeichnet – zur Weiterentwicklung ihrer Produktpalette und einer stetigen Anpassung ihrer Unternehmensprozesse [Kropik 2009, S. 6–7]. Ein zentrales Instrument für die Kundengewinnung ist die Möglichkeit zur Anpassung eines Produkts auf die individuellen Anforderungen eines Kunden [Mühleck 2006, S. 173–174]. Dies zählt neben einer hohen Liefertreue und

kurzen Lieferzeit zu den wichtigsten Erwartungen des Marktes [Schuberthan und Potrafke 2007, S. 8]. Durch das Angebot verschiedener Motoren, Getriebe, Farben sowie zahlreicher Sonderausstattungen soll jeder Kunde ein Fahrzeug nach seinen persönlichen Präferenzen und entsprechend seiner Zahlungsbereitschaft wählen können [Klug 2010, S. 42–43].

Die Möglichkeit alternativer Ausstattungen und Pakete führt zu einer ausgeprägten Kombinatorik und mithin zu einer Vielzahl an technisch verschiedenen Varianten. Zudem führt die mit der Variantenvielfalt verbundene Komplexität zu großen Herausforderungen entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette [Alders 2006, S. 221–225]. So ergibt sich etwa für die Beschaffungslogistik die Aufgabe, die für die Produktion aller Varianten notwendigen Teile pünktlich und in einer ausreichenden Menge bereitzustellen. An die Produktion werden erhöhte Anforderungen bzgl. der Flexibilität der Fertigungsanlagen und -prozesse gestellt, was insbesondere in Verbindung mit hohen Produktionsmengen, die auf eine Kostenreduzierung durch Skaleneffekte abzielen, eine Herausforderung darstellt [Holweg und Pil 2001, S. 76 ff.].

Neben dem Wunsch nach einer Individualisierung der Fahrzeuge erwarten viele Kunden eine kurze Lieferzeit [Volling 2009, S. 2–3; Diez 2006, S. 353]. Trotz erheblicher Anstrengungen der Automobilindustrie zur Reduzierung von Lieferzeiten sind viele Kunden nicht bereit, mehrere Wochen oder gar Monate nach Bestellung auf die Auslieferung ihres Fahrzeugs zu warten. Während in Europa der Anteil von Bestellungen mit vorliegendem Kundenauftrag sehr hoch ist, ist es auf vielen Märkten, etwa in den USA oder in China, üblich, dass der Kunde ein Fahrzeug aus dem Lager eines Fahrzeughändlers kauft und es somit ohne Wartezeit erhält [Fromme 2013]. Die Automobilhersteller bedienen somit einen Teil ihrer Kunden mit Fahrzeugen, die direkt für die Läger des Handels produziert werden – mit sogenannten Lagerfahrzeugen.

1.2 Problemstellung

Der Fahrzeugauftrag definiert das vom Kunden gewünschte Fahrzeug [Herlyn 2012, S. 66]. Er umfasst unter anderem die Konfiguration des Fahrzeugs, durch welche die notwendigen Fertigungsschritte sowie die Fertigungsstückliste determiniert werden, sowie den Zielmarkt. Im Falle einer Konfiguration des Fahrzeugs durch den Kunden wählt dieser unter allen zulässigen Konfigurationen seine Wunschkonfiguration. Hier stellt die hohe Komplexität des Angebots den Kunden vor eine schwierige Wahl. Der Kunde wählt nicht tatsächlich durch direkten Vergleich aller möglichen Konfigurationen, sondern konfiguriert schrittweise durch die Auswahl von Ausstattungen [Helo et al. 2010, S. 44]. Studien über die Auswirkungen einer hohen Variantenvielfalt zeigen, dass diese sich unter Umständen auch negativ auf die Kundenzufriedenheit auswirken kann. Wenn sehr viele Konfigurationen vorliegen, entscheiden Kunden oft nach einfachen Auswahl-Heuristiken oder sehen, wenn die Komplexität sie überfordert, sogar vom Kauf ab [Herrmann et al. 2006, S. 309–311, 337; Markman und Me-

din 1995, S. 120–122; Dhar 1997, S. 219–221]. Dies zeigt, dass es selbst für den Endkunden, der seine persönlichen Präferenzen kennt, schwierig ist, die für seine Anforderungen am besten passende Konfiguration zu wählen. In der Praxis werden Kunden primär durch das Verkaufspersonal und Informationsmedien, wie Produktbroschüren oder Online-Konfiguratoren, beraten. Solche Empfehlungen bilden laut empirischer Studien wichtige Referenzpunkte für die Kaufentscheidung [Herrmann et al. 2006, S. 318; Chapman und Johnson 1999, S. 120–122; Park et al. 2000, S. 193–195].

Neben den Kundenaufträgen wird in der Automobilindustrie ein Teil der Fahrzeuge kundenanonym für den unmittelbaren Verkauf aus Lägern produziert. Viele Kunden erwarten, dass sie ein Fahrzeug vor Ort betrachten und direkt mitnehmen können (vgl. Abschnitt 1.1). Aber auch dort, wo mehrheitlich die Kunden ein Fahrzeug selbst konfigurieren und lange Lieferzeiten in Kauf nehmen, werden Fahrzeuge zu Demonstrationszwecken für die Läger des Handels produziert. Die Bestellungen für solche Lagerfahrzeuge werden in der Regel nicht durch den OEM, sondern durch seine Vertriebspartner, d. h. Händler oder Importeure, getätigt [Meyr 2004a, S. 4]. Unabhängig davon, ob Lagerfahrzeuge vom eigenen Vertrieb des OEM oder von den Handelspartnern bestellt werden, muss die Konfiguration solcher Aufträge ohne Kenntnis der genauen Präferenzen des zukünftigen Endabnehmers erfolgen. In Anbetracht der hohen Variantenvielfalt ist es unwahrscheinlich, dass ein Händler dem Kunden aus seinem Lager ein Fahrzeug anbieten kann, welches exakt dessen Wunschausstattung entspricht [Klug 2010, S. 359–360].

Abweichungen der Ausstattungen im Lager von den Kundenwünschen erschweren den Verkauf der Fahrzeuge erheblich. In der Praxis werden als Verkaufsmaßnahme häufig Preisnachlässe gewährt, die einen Kunden als Kompensation dazu bewegen sollen, einen sogenannten „Ladenhüter“ zu kaufen. Diese Fahrzeuge weisen lange Standzeiten auf, was oft auf eine ungünstige Konfiguration zurückgeführt wird. Lange Standzeiten und hohe Rabatte sind mithin die Folgen einer suboptimalen Bestellpolitik für Lagerfahrzeuge, während die systematische Abbildung der Kundenanforderungen in den Fahrzeuglägern einen erheblichen Wettbewerbsvorteil verspricht [Stautner 2001, S. 42, 174; Hayler 1999, S. 178]. Die Höhe der Preisnachlässe ist für den Erfolg des Automobilhandels von entscheidender Bedeutung. Eine Studie des ICDP (International Car Distribution Center) zeigt, dass Preisnachlässe in Europa oft mehr als die Hälfte der Bruttogewinnmargen des Handels verzehren [Tongue und Whiteman 2009, S. 10–11, 59].

Aus diesem Grund sollten bei der Konfiguration von Fahrzeugaufträgen für die Lagerfertigung die Wünsche potenzieller Kunden so gut wie möglich antizipiert werden. Für den Händler stellt dies eine schwer lösbare Aufgabe dar. Dem einzelnen Händler stehen i. d. R. nur wenige Verkaufsdaten zur Verfügung, da er nicht auf die Daten anderer Händler zugreifen kann. Die Mitarbeiter eines Händlers können daher nur aus den vergleichsweise wenigen Verkäufen der eigenen Autohäuser Rückschlüsse ziehen [Meyr 2004a, S. 16]. Eine umfassende, systematische Entscheidungsunterstützung bei der Bestellung von Lagerfahrzeugen ist in

der Automobilindustrie nach dem Stand der in dieser Arbeit angestellten Forschung nicht im Einsatz.

1.3 Zielsetzung

In der Automobilindustrie existiert noch kein übergreifender Ansatz, der unter Beachtung der vorhandenen Produktkomplexität die Zielerreichung der beteiligten Supply-Chain-Akteure OEM und Handel bei der Konfiguration von Lagerfahrzeugen systematisch unter Nutzung der verfügbaren Daten unterstützt. Folglich stehen Händler vor dem Hintergrund der hohen Variantenvielfalt vor komplexen Planungsentscheidungen im Rahmen der Bestellung von Lagerfahrzeugen.

In einigen Branchen, etwa im Bereich des E-Commerce, haben sich sehr erfolgreich sogenannte Empfehlungssysteme etabliert [Lü et al. 2012, S. 2 ff.]. Empfehlungssysteme analysieren Daten über das Kaufverhalten von Kunden in der Vergangenheit und geben Empfehlungen zur Auswahl und Kombination von Produkten und Dienstleistungen. Das Wissen um eine Übertragbarkeit moderner Empfehlungssysteme auf die Automobilindustrie ist gering. Dabei hätte eine erfolgreiche Anwendung von Empfehlungssystemen im Auftragsprozess für Lagerfahrzeuge ein Potenzial zum besseren Abgleich von Kundenwünschen und tatsächlich produzierten Lagerfahrzeugen. Insofern sind Analysen der bestehenden Prozesse zur Auftrags Erfüllung in der Automobilindustrie, die Entwicklung eines den Anforderungen entsprechenden Systems zur Entscheidungsunterstützung und die Überprüfung der Anwendungsmöglichkeiten eines solchen Ansatzes in der Praxis erforderlich.

Dieser Grundgedanke lässt sich unmittelbar anhand der Leitprinzipien eines erfolgreichen Supply Chain Managements (SCM) motivieren. *Kuhn und Hellingrath* nennen die folgenden Ziele des SCM [Kuhn und Hellingrath 2002, S. 10]:

- Verbesserung der Kundenorientierung
- Synchronisation der Versorgung mit dem Bedarf
- Flexibilisierung und bedarfsgerechte Produktion
- Abbau der Bestände entlang der Wertschöpfungskette

Die Verbesserung der Kundenorientierung stellt dabei den Kernnutzen der beschriebenen Entscheidungsunterstützung dar. Durch den optimierten Abgleich zwischen Kundenwünschen und Ausstattungen der Fahrzeuge werden ebenfalls die Synchronisation von Versorgung und Bedarf und eine bedarfsgerechte Produktion verbessert. Auch ein positiver Einfluss auf die Bestandsgröße lässt sich (zumindest am Ende der Wertschöpfungskette) über eine höhere Kundenorientierung der Lagerfahrzeuge erreichen, da Fahrzeuge schneller verkauft werden.

Die Fertigung auf Lager ist im Gegensatz zu anderen Produktionsformen deutlich einfacher zu beherrschen (vgl. Teilkap. 2.1) und hat sogar eine stabilisierende Wirkung auf Pro-

zessabläufe [Esterhazy et al. 2006, S. 3–4]. Es ist daher wenig zielführend, bestehende Produktionsprozesse, die sowohl die kundenbezogene als auch die kundenanonyme Produktion bzw. Lagerproduktion abbilden, für die Umfänge der Lagerfertigung umzustellen. Vielmehr bestünde das Risiko, dass sich zugunsten der Lagerproduktion negative Auswirkungen auf die kundenbezogene Produktion ergäben. Optimierungspotenziale für variantenreiche Lagerfahrzeuge sind weniger durch Beantwortung der Frage „Wie wird produziert?“ als vielmehr der Frage „Was wird produziert?“ zu heben. Nachfolgend wird aus den dargelegten Gründen keine Änderung bestehender Prozesse angestrebt. Vielmehr soll eine Entscheidungsunterstützung entwickelt werden, die mit möglichst niedrigem Aufwand und geringen Hürden in die bestehenden Prozesse integriert werden kann.

Für die Praxis können konkrete Potenziale abgeleitet werden, die durch kundenorientierte Lagerfahrzeuge realisiert werden sollen und die Erreichung von Unternehmenszielen unterstützen.¹ Durch einen schnelleren Abverkauf sollen Kosten für Lagerhaltung, Kapitalbindung und altersbedingten Wertverlust von Fahrzeugen verringert werden. Gleichzeitig sollen Rabatte zur Kompensation von Abweichungen zwischen Kundenwünschen und Fahrzeugausstattungen, die heute als Kaufanreiz gewährt werden [Elias 2002, S. 12–13], reduziert werden. Niedrigere standzeitbedingte Kosten und Rabatte wirken sich positiv auf die Deckungsbeiträge von Handel und OEM aus und unterstützen mithin deren Gewinnziele. Darüber hinaus kann auch das Absatzvolumen über eine höhere Kundenorientierung gefördert werden und es ist anzunehmen, dass die höhere Zufriedenheit der Kunden deren Bindung an eine Fahrzeugmarke bestärkt.

Die wissenschaftliche Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist es, einen Beitrag zur Erweiterung des aktuellen Wissensstandes zum Supply Chain Management der komplexen Produktionsnetzwerke in der Automobilindustrie zu leisten. Dabei wird ein Fokus auf die Produktion variantenreicher Lagerfahrzeuge gelegt. Aus dieser Zielsetzung wird die folgende forschungsleitende Hauptfrage abgeleitet:

„Wie sollte eine Entscheidungsunterstützung zur Konfiguration variantenreicher Lagerfahrzeuge in der Automobilindustrie beschaffen sein?“

Diese Leitfrage lässt sich ferner durch die nachfolgenden drei Unterfragen weiter detaillieren, die in der vorliegenden Arbeit beantwortet werden sollen:

1. Welche Anforderungen ergeben sich an eine Entscheidungsunterstützung für die Konfiguration variantenreicher Lagerfahrzeuge?

¹ Die hier genannten Potenziale sind mögliche Folgen einer höheren Kundenorientierung. Die Steigerung der Kundenorientierung ist ein direktes Ziel dieser Arbeit. Die daraus ableitbaren Potenziale (z. B. gesteigerter Deckungsbeitrag) werden als Folgen einer hohen Kundenorientierung angenommen, ohne dass deren Höhe im Rahmen der Arbeit genauer quantifiziert werden kann (vgl. Teilkap. 6.1).

2. Wie muss eine Entscheidungsunterstützung in Form eines IT-Systems ausgestaltet und implementiert werden, um die menschlichen Entscheidungsträger im Rahmen der bestehenden Prozesse zu unterstützen?
3. Weist eine solche Entscheidungsunterstützung einen praktischen, nachweisbaren Nutzen auf? Wie lassen sich die Potenziale bemessen?

1.4 Forschungsvorgehen und Aufbau der Arbeit

Ulrich postuliert, dass die anwendungsorientierten Wissenschaften nicht wie theoretische Grundlagenwissenschaften nur durch den reinen Erkenntnisgewinn motiviert sind [Ulrich 1981, S. 3–4]. Der Grundlagenforscher bedarf keiner Orientierung seiner Erkenntnisse an praktischen Bewertungsmaßstäben. Er bezieht seine Motivation aus dem Forschungsprozess selbst, aus dem reinen Theoriezusammenhang. Der anwendungsorientierte Wissenschaftler strebt vielmehr danach, Probleme des Praktikers auszuwählen, für die noch keine befriedigende Lösung bekannt ist, und diese Lücke durch Erkenntnisgewinn zu schließen. Die Zielsetzung besteht darin, durch die Entwicklung von Modellen die Realität abzubilden und zu verstehen. Durch empirische Untersuchungen können typische Probleme erfasst und die entwickelten Modelle im Anwendungszusammenhang überprüft werden. Derart validierte Modelle weisen wiederum einen praktischen Nutzen auf, der etwa durch eine verbesserte Planung und Ausführung von Unternehmensprozessen entsteht.² Das Forschungsvorgehen der vorliegenden Arbeit zum wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn ist am von *Ulrich* dargelegten Forschungsprozess angewandter Wissenschaften ausgerichtet [Ulrich 1981, S. 19–21].

Zur Beantwortung der in Teilkapitel 1.3 abgeleiteten Forschungsfragen ist die vorliegende Arbeit gemäß der in Abbildung 1-2 skizzierten Struktur aufgebaut. **Kapitel 1** bildet eine Einleitung in das Thema und dient der Hinführung des Lesers an die Forschungsziele. In **Kapitel 2** erfolgt eine Darstellung und Untersuchung der Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie. Dazu werden zunächst einige zentrale Begriffe und Konzepte sowie problemrelevante Prozesse vorgestellt. Dabei wird auch bereits aufgezeigt, wie eine Entscheidungsunterstützung in die bestehenden Prozesse integriert werden kann. Weiterhin werden Herausforderungen der Automobilhersteller und des Handels hergeleitet, insbesondere im Spannungsfeld zwischen hoher Variantenvielfalt und der Notwendigkeit zur parallelen kundenanonymen und kundenbezogenen Produktion. Anschließend werden Informationen und Datenströme modelliert, die im Umfeld der Auftragsabwicklung anfallen. Das Kapitel schließt mit einer Beschreibung des Handlungsbedarfs im Rahmen der Konfiguration von variantenreichen Fahrzeugen bei Lagerfertigung.

² Aktuelle Beiträge zur Abgrenzung rein theoretischer und anwendungsorientierter Forschung finden sich auch bei [Hofmann 2004] und [Latniak und Wilkesmann 2005].

In **Kapitel 3** wird der aktuelle Stand der Forschung und der Praxis hinsichtlich der Lösung der zuvor herausgearbeiteten Aufgabenstellung beleuchtet. Zunächst werden detailliert Anforderungen an ein adäquates Lösungskonzept abgeleitet. Anschließend erfolgt eine Analyse der Literatur, in der bestehende Ansätze mit dem Anforderungskatalog abgeglichen werden. Auf diesem Wege wird eine aktuell bestehende Forschungslücke identifiziert. Diese bezieht sich auf die Identifikation marktorientierter Konfigurationen variantenreicher Fahrzeuge im Rahmen der Auftragserfüllung über Lagerverkäufe. Die nachfolgenden Kapitel dienen dem Zweck, die Forschungslücke durch die Entwicklung einer Entscheidungsunterstützung zu schließen.

Vor diesem Hintergrund erfolgt in **Kapitel 4** die Umsetzung einer den zuvor abgeleiteten Anforderungen genügenden Entscheidungsunterstützung. Zunächst wird nach dem Prinzip logistischer Assistenzsysteme ein modulares Konzept entwickelt. Die folgenden Teilkapitel dienen daraufhin der Identifikation und Entwicklung von Methoden für die einzelnen Module des Assistenzsystems sowie deren Umsetzung. Ziel des Kapitels ist zudem die Vorbereitung einer prototypischen Implementierung eines solchen Systems. Die Anwendbarkeit des Systems wird sodann in **Kapitel 5** validiert. Dazu wird im Rahmen einer Praxisstudie ein Prototyp entwickelt. Der Prototyp wird in systematischen Experimenten und unter Nutzung realer Unternehmensdaten aus der Automobilindustrie getestet. Anhand von Kennzahlen wird die Leistungsfähigkeit des Systems bewertet. Eine zusammenfassende Bewertung des Assistenzsystems bildet den Abschluss dieses Kapitels.

Kapitel 6 dient der kritischen Würdigung der Forschungsergebnisse und gibt einen Ausblick für die praktische Umsetzung und weitere Forschung. In diesem Zuge wird die entwickelte Entscheidungsunterstützung mit den zuvor benannten Forschungszielen und dem in Kapitel 3 erstellten Anforderungskatalog verglichen. Darüber hinaus werden Handlungsempfehlungen für Praktiker abgeleitet und es wird ein Betriebskonzept vorgeschlagen. Schließlich werden weiterführende Forschungsfragen als Denkanstoß für die zukünftige wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Themengebiet aufgeworfen.

Kapitel 1: Einleitung

Kapitel 2: Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie

- Einführung von grundlegenden Begriffen und Konzepten zur variantenreichen Fahrzeugproduktion und zur Auftragsabwicklung
- Darstellung von Prozessen und Herausforderungen
- Ableiten des Handlungsbedarfs

Kapitel 3: Stand der Forschung und der Praxis

- Ableiten von Anforderungen an ein Lösungskonzept
- Abgleich mit vorhandenen Lösungen zur Entscheidungsunterstützung
- Aufzeigen der bestehenden Forschungslücke

Kapitel 4: Umsetzung der Entscheidungsunterstützung

- Entwurf eines Konzepts zur Entscheidungsunterstützung für die Konfiguration variantenreicher Lagerfahrzeuge durch ein Assistenzsystem
- Einführung methodischer Grundlagen für die Umsetzung der Methoden-Module des Assistenzsystems
- Entwicklung von Konzepten und Methoden zur Umsetzung und prototypischen Implementierung der Module des Assistenzsystems

Kapitel 5: Anwendung der Entscheidungsunterstützung

- Validierung des entwickelten Assistenzsystems im Rahmen einer Fallstudie auf Basis realer Daten
- Zusammenfassung der Erkenntnisse

Kapitel 6: Kritische Würdigung und Ausblick

- kritische Reflexion der Vorgehensweise und der Ergebnisse
- Handlungsempfehlungen für die Umsetzung in der Praxis
- Darstellung des weiteren Forschungsbedarfs

Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit