

1 Einleitung

Heutzutage ist die Automobilindustrie mit vielen Herausforderungen konfrontiert und muss immer strengere Anforderungen erfüllen. Die Verkürzung der Entwicklungszeiten, die steigende Modellvielfalt aufgrund der Produktion nach individuellen Kundenwünschen und länderspezifischen gesetzlichen Vorschriften, ferner Überkapazitäten, steigende Rohstoffpreise, die Volatilität des Ölmarktes, die Globalisierung sowie Preiskämpfe auf vielen Absatzmärkten und der Druck für höhere Kosteneffizienz bestimmen das schwierige Geschäftsumfeld (vgl. [DOMB06, S. 172]).

Bereits vor einigen Jahren nahmen die Wiederholungsraten der produzierten Fahrzeugvarianten bei einigen Herstellern Werte unter zwei identischen Ausstattungen über den Produktlebenszyklus¹ an. Es ist zu erwarten, dass die Vielfalt an Fahrzeugtypen noch weiter zunehmen wird. Je breiter das Angebot ist, desto schwieriger wird es für die Automobilhersteller abzuschätzen, wie sich die Märkte entwickeln und welche Stückzahlen erreicht werden. Daher ist es eine entscheidende Herausforderung für die Automobilhersteller, die Volatilität der Märkte in der Produktion abzubilden, so dass die Produktion möglichst gleichmäßig ausgelastet ist (vgl. [REIT06]).

Die Verteidigung und Erhöhung der Marktanteile erfordern nachhaltige, kundenorientierte Strategien, die auf innovativen Produkten, effizienten Produktionsmethoden und Versorgungskonzepten basieren sollen. Die Automobilhersteller reagieren auf den Marktdruck mit einer Vielzahl von Ansätzen, wie z. B. die Einführung von ganzheitlichen Produktionssystemen² oder Outsourcing³, um sich auf ihre Kernkompetenzen besser fokussieren zu können sowie die Kosten durch Verlagerung der Produktion in kostengünstigere Länder zu senken (vgl. [JÜR04, S. 2]). Als Ergebnis einer ständigen Reduzierung der Fertigungstiefe übernehmen Zulieferer bereits heute einen Wertschöpfungsanteil von mehr als 60 % [SCHR04]. Diese Veränderung verlangt wiederum einen höheren Koordinationsaufwand in der Produktions- und Logistikplanung in mehrstufigen Lieferketten. In diesem Kontext entwickeln sich Prozessketten zu komplexen Wertschöpfungsnetzen mit dezentralen und kooperativen Organisationsstrukturen (vgl. [KUHN02]). Während die Produktionsverlagerung in Länder mit günstigeren Löhnen die Reduzierung von Arbeitskosten als Hauptvorteil hat, bringt sie oft Nachteile bei Transportzeiten und Prozesssicherheit⁴. Die Steigerung der Effizienz der Produktionssysteme ist somit eine gute Antwort auf heutige Marktanforderungen [WALT06].

Zu einem Produktionssystem als Baukasten von Methoden und Instrumenten zur Effizienzsteigerung gehört auch die operative Produktionsplanung und -steuerung. Die Perlenkette⁵ ist eine spezifische Methode der operativen Produktionsplanung und -steuerung in der variantenreichen Serienproduktion der Automobilindustrie. Sie stellt eine Lösung für die Erhöhung der Effizienz in der Montage und die Senkung der Logistikkosten bei

¹ Z. B. waren im Mercedes Werk Rastatt von 1,1 Mio. gebauten A-Klasse Fahrzeugen der ersten Generation genau zwei Modelle vollkommen identisch [KLUG10].

² Ein ganzheitliches Produktionssystem ist „ein dynamisches Netzwerk von Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeugen zur Planung, zum Betrieb und zur permanenten Verbesserung von Geschäftsprozessen, welches von Menschen unter hoher Mitverantwortung betrieben wird“ [SCHM05].

³ aus der englischen Sprache: „outside resource using“

⁴ Die Prozesssicherheit stellt auf die funktionale Leistungsqualität ab und die davon abhängigen Fehlerquoten, Nachbesserungsbedarfe und Reklamationshäufigkeiten (vgl. [DELF02, S. D1-14]).

⁵ Im Rahmen der Perlenkettenmethode stellt eine „Perle“ einen individuellen Kundenauftrag dar. Eine „Perlenkette“ ist eine fest definierte Sequenz von Kundenaufträgen (vgl. [WEYE01, S. 18]).

gleichzeitiger Verfolgung einer hohen Kundenorientierung dar. Die Methode wurde erstmals 1997 für die Produktion der Mercedes-Benz A-Klasse eingesetzt [WEYE02]. Inzwischen wird das Prinzip der Perlenkette im PKW-, LKW- und Transporterbereich bei unterschiedlichen Herstellern (Daimler, Audi, MAN, Porsche [UEBA05]) und auch bei manchen Zulieferern angewendet [SCHR04]. Ähnliche Konzepte befinden sich auch bei anderen Automobilherstellern im Einsatz: „In-Line Vehicle Sequencing“ bei Ford (vgl. [MOEL97]) und „der Kundenorientierte Vertriebs- und Produktionsprozess“ bei BMW (vgl. [BMW01]).

Die konzeptuellen Elemente der Perlenkettenmethode, die Faktoren, die auf die Perlenkette einwirken und insbesondere die Frage, durch welche Maßnahmen die Leistung dieser Methode verbessert werden kann, sind Inhalt der vorliegenden Arbeit.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Fahrzeuge sind Produkte mit einer komplexen Fertigungsstruktur und einer hohen Variantenvielfalt, deren Produktion mehrere Stufen umfasst. Das Fertigungsprinzip⁶ der Automobilindustrie ist die variantenreiche Fließfertigung⁷ auf Modell-Mix-Montagelinien, d. h. mehrere Varianten⁸ eines Fahrzeugs werden auf derselben Montagelinie in Losgröße 1 gefertigt. Bei der getakteten Fließfertigung⁹ erfolgt die Anordnung von Arbeitsstationen linear hintereinander, wobei jeder Station eine Menge von Bearbeitungsoperationen zugeordnet wird, die innerhalb einer vordefinierten Taktzeit¹⁰ zu erledigen sind (vgl. [GÜNT03, S. 88 f.]). An einer Arbeitsstation werden variantenabhängig einfachere oder umfangreichere Montageoperationen durchgeführt, welche entsprechend eine kürzere oder eine längere Operationszeit im Vergleich mit der Taktzeit in Anspruch nehmen.

Aufgrund der Unterschiede zwischen den Fahrzeugvarianten ist es schwierig, die Kapazität der Montagestationen gleichmäßig auszulasten. Bei einer ungünstigen Reihenfolge, wenn mehrere Fahrzeuge mit aufwendiger Ausstattung hintereinander produziert werden, kommt es zur Überlastung der Werker. D. h. die Montaguearbeiter sind nicht in der Lage innerhalb der Taktzeit die Montageoperation zu Ende zu führen. Zu einer geringeren Belastung der Werker kommt es, wenn für eine Montagestation zu viele „leichte“ Ausstattungen aufeinander folgen. Solche Über- und Unterlastungen der Montaguearbeiter stellen Modell-Mix-Verluste dar (vgl. [KOET86, S. 16]). Die Modell-Mix-Verluste, die durch die ungünstige Sequenz der

⁶ Nach der Art und Häufigkeit der Leistungswiederholung unterscheiden sich die Produktionstypen Einzel-, Massen-, Sorten- oder Variantenfertigung und Serienfertigung. Nach der organisatorischen Gestaltung des Fertigungsablaufes können die folgende Organisationstypen unterschieden werden: Werkstatt-, Fließ- und Gruppenfertigung. Für eine detaillierte Beschreibung der Fertigungs- und Organisationstypen siehe [FREY97].

⁷ Die variantenreiche Fließfertigung kann als Mixed-Modell-Linien oder als Multi-Modell-Linien organisiert werden. Verursacht ein Variantenwechsel einen hohen Umrüstaufwand oder eine längere Lernphase für das Personal, so ist eine Multi-Modell-Linie mit einer losweisen Auflage der einzelnen Varianten wirtschaftlicher. Die Losgröße ist die Menge gleichartiger Produktvarianten, die ohne Umrüstung auf einer Anlage produziert wird. Bei der Multi-Modell-Linie ist ein Variantenwechsel in der laufenden Produktion ohne Rüstaufwand, nicht möglich. Wenn der Rüstaufwand so gering ist, dass die Varianten in beliebiger Reihenfolge gefertigt werden können, z. B. bei überwiegend manuellen Bearbeitungsoperationen oder sehr flexiblen Fertigungslinien, spricht man von einer Mixed-Modell-Linie [FREY97, S. 28].

⁸ Variantenbildende Optionen sind z. B. Karosserietyp, Klimaanlage, Motortyp, Dach.

⁹ Boysen definiert die getaktete Fließfertigung als „ein flussorientiertes Produktionssystem, bei dem die Werkstücke mittels eines Transportsystems (zumeist eines Fließbandes) durch die hintereinander angeordneten Produktiveinheiten (Stationen) bewegt werden, in denen die Bearbeitungsdauer jeweils durch eine Taktzeit beschränkt ist“ [BOYS06].

¹⁰ REFA definiert die Taktzeit als „die Zeit, in der jeweils eine Mengeneinheit fertig gestellt wird, damit das Fließsystem die Soll-Mengenleistung erbringt“ [REFA85, S. 282].

Fahrzeuge im Zusammenhang mit den variierenden Bearbeitungszeiten an den Montagestationen entstehen, stellen ein Hauptproblem der Modell-Mix-Montagelinien dar.

Ein weiteres Problem der Modell-Mix-Montagelinien, das wiederum durch die hohe Variantenvielfalt der Fahrzeuge entsteht, ist die Bereitstellung der variantenreichen Teile am Montageband. Mit steigender Variantenvielfalt wächst auch die Anzahl der Komponenten, die in der Montage verbaut werden. Gleichzeitig verringert sich das Platzangebot pro Teilevariante am Verbauport. Die zunehmende Vielfalt der Teile macht eine Fertigung in Losen unwirtschaftlich. Denn eine Minimierung der Bestände und damit der Lager- und Kapitalbindungskosten¹¹ setzt die Fertigung, Montage und Belieferung der Komponenten in immer kleineren Losen voraus. Variantenvielfalt und Flächenknappheit an den Verbauporten sind Bedingungen, die eine sequenzgenaue Versorgung der Produktion nach dem *Just-in-Sequence-Prinzip* (JIS) erfordern [HUCH02]. Das JIS-Prinzip ist eine Weiterentwicklung des *Just-in-Time-Prinzips*¹² (JIT). Der Lieferant sorgt dafür, dass die benötigten Teile zeitgenau in der notwendigen Menge und Sequenz, gemäß der Fahrzeugreihenfolge in der Montage, angeliefert werden. JIS setzt voraus, dass die Zeit vom Abruf bis zum Verbrauch der Teile größer ist als die Zeit für deren Bereitstellung und Transport. Schwieriger wird es, wenn die Entfernung zwischen Lieferanten und Montagewerk so groß ist, dass die Zeit zwischen dem Abruf und dem Einbau der Teile nicht mehr für Transport und Bereitstellung ausreicht. In diesem Fall müssen die Teile nah am Verbauport gelagert werden, was die Lager- und Kapitalbindungskosten erhöht. Um eine zeit- und sequenzgenaue Materialversorgung mit geringen Kapitalbindungskosten auch aus größerer Entfernung zu ermöglichen, sind andere Konzepte zur Produktionsplanung und -steuerung notwendig, die den weit entfernten Lieferanten die Bedarfsinformation früher zur Verfügung stellen können.

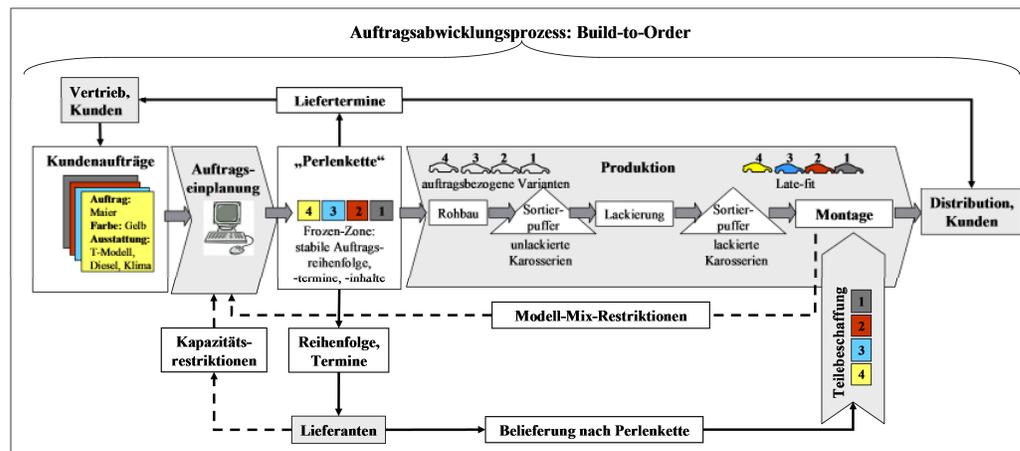


Abbildung 1.1 Überblick über die Perlenkettenmethode

Ziel der Perlenkettenmethode ist es, die beiden Hauptprobleme der Modell-Mix-Montagelinie, die Minimierung der Modell-Mix-Verluste und die Optimierung der Teileversorgung, zu lösen. Sie setzt dabei auf zwei spezifische Ansätze (siehe Abbildung 1.1):

- auf die frühzeitige Planung einer optimierten Auftragsreihenfolge einer Montage, die bis zum Ende der Montagelinie stabil bleiben soll, und

¹¹ Kapitalbindungskosten sind Kosten für das in ein Unternehmen investierte Kapital, z. B. in der Logistik die Kosten für das in Lagerbeständen gebundene Kapital. Sie werden als Produkt aus dem durchschnittlichen Lagerbestandwert und einem kalkulatorischen Zinssatz in Abhängigkeit von den potenziellen anderweitigen Verwendungsmöglichkeiten des gebundenen Kapitals berechnet (vgl. [WIRT]).

¹² Das Grundprinzip für die zeitgenaue Versorgung der Produktion wurde im Rahmen des Toyota Produktionssystems entwickelt [OHNO93].

- auf die rechtzeitige Übermittlung der geplanten Reihenfolge an den JIS-Lieferanten, um eine optimale Bereitstellung der variantenreichen Teile in der Montage zu ermöglichen.

Um den Materialfluss der Karosserien mit denen der Teile auf der Montagelinie zu synchronisieren, setzt die Perlenkettenmethode eine stabile Auftragsreihenfolge zwischen der Reihenfolgeplanung und der Fahrzeugmontage voraus.

Das Perlenketten-Prinzip erscheint in der Theorie einfach, ist in der Realisierung jedoch schwierig. Z. B. müssen für eine erfolgreiche Umsetzung der Perlenkette in den Fahrzeugwerken bestimmte Prämissen erfüllt werden, u. a. eine hohe Stabilität, Qualität und Sicherheit der Prozesse¹³. Aber nicht nur die Prozesse im Fahrzeugwerk sind für die Prozessstabilität der Perlenkette entscheidend, sondern vor allem auch deren Verkettung mit den Lieferanten. Im Kontext der produktionssynchronen Anlieferung ist es wichtig, dass die Lieferanten frühzeitig die richtige Montagesequenz übermittelt bekommen. Nach der Planung der optimierten Montagereihenfolge können jedoch in der Produktion und Belieferung Störungen¹⁴ der Einhaltung der Soll-Reihenfolge im Wege stehen. Aufgrund von Störungen im Produktionsprozess und Einflüssen aus den vorgelagerten Fertigungsbereichen kommt es zu starken Verwirbelungen der geplanten Montagesequenz und ein bestimmter Anteil der Fahrzeuge kann nicht mehr in die ursprüngliche Reihenfolge gebracht werden. Somit wird die Ist-Sequenz der Aufträge, die tatsächlich in der Montage einläuft, von der ursprünglich geplanten Soll-Sequenz abweichen. Das führt dazu, dass die Reihenfolge der nach Soll-Sequenz angelieferten Teile nicht mehr mit der Fahrzeugsequenz übereinstimmt, was eine Re-Sortierung der JIS-Teile notwendig macht. Darüber hinaus könnte die geänderte Fahrzeugsequenz in Konflikt mit einem oder mehreren Restriktionen der Montage kommen. Tritt eine Sequenzstörung auf, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Teileflüsse mit dem Auftragsfluss wieder zu synchronisieren sowie Modell-Mix-Verluste zu vermeiden. Dabei kann die Produktionssteuerung bei der Bildung der Ist-Montagereihenfolge nur auf eines der zwei widersprüchlichen Ziele hin optimieren:

- entweder die Minimierung der Abweichungen von der ursprünglich geplanten Sequenz, um zusätzliche Re-Sortierungen der JIS-Teile auf der Logistikseite zu vermeiden,
- oder die Minimierung der Verletzungen der Montagekriterien, ggf. durch weitere kurzfristige Änderungen der ursprünglichen Sequenz.

Das dargestellte Beispiel zeigt, dass die Faktoren, die auf die Perlenkette wirken, vielfältig und sehr komplex sind und nicht alle Wirkzusammenhänge ausreichend bekannt sind. Es fehlen eine transparente Darstellung der Einflussfaktoren und der Zusammenhänge zwischen der Perlenkette und der Produktionsumgebung sowie geeignete Maßnahmen zur Lösung solcher Zielkonflikte.

Um den Erfolg eines Produktionssystems und der darauf aufbauenden Methode der Produktionsplanung und -steuerung abzusichern, ist es wichtig, die Aktualität der Bedingungen, die bei der Planung und Umsetzung der Produktionssystems galten, ständig zu überprüfen und bei einer Abweichung von den unterstellten Prämissen, Maßnahmen für die Optimierung der Strukturen und Prozesse abzuleiten und ggf. Verbesserungen des Konzeptes vorzunehmen (vgl. [MOND98, S. XV]). In diesem Kontext sind die zentralen Fragen der vorliegenden Arbeit:

¹³ Prozessstabilität bedeutet, dass der Prozess von Tag zu Tag, von Stunde zu Stunde gleich bleibende und vorhersagbare Ergebnisse liefert. Die Prozessqualität betrifft die Zuverlässigkeit der Einhaltung vorgegebener Prozessabläufe. (vgl. [DELF02, S. D1-14]).

¹⁴ Unter Störungen werden Ereignisse verstanden, die unvorhergesehen und unbeabsichtigt auftreten und deren Auswirkungen in Abweichungen zwischen Ist- und Planwerten bestehen (vgl. [PATI02, S. 1]).

- Wie gut funktioniert die Perlenkettenmethode in der Praxis mehrere Jahre nach der Konzeptentwicklung und -umsetzung?
- Welche Faktoren beeinflussen die Gestaltung und den Betrieb der Perlenkette?
- Durch welche Maßnahmen kann die Perlenkettenmethode besser gestaltet und Störungen in ihrem Betrieb verhindert bzw. kompensiert werden?

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Das Kapitel Problemstellung hat eine fehlende Transparenz hinsichtlich der Einflussfaktoren und der Zusammenhänge im Rahmen der Perlenkettenmethode als forschungs- und praxisrelevantes Problem identifiziert. Um diese Forschungslücke zu schließen, setzt sich diese Arbeit folgendes Ziel:

Ziel der Arbeit ist es, die Wirkzusammenhänge der Perlenkette detailliert modellbasiert zu analysieren, um diese besser gestalten und betreiben zu können.

Hierzu sind folgende Aufgaben zu bewältigen:

1. Identifikation der relevanten Einflussfaktoren auf die Perlenkette und deren Wirkungszusammenhänge,
2. Modellbasierte quantitative Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Perlenkettenmethodik und Einflussfaktoren,
3. Ableitung von Maßnahmen zur besseren Gestaltung und Betrieb der Perlenkettenmethode.

Mit der zu entwickelten Methodik soll das Perlenkettenmanagement unterstützt werden, seine Funktionen (die Planungsfunktion bei der Gestaltung der Perlenkettenmethode und die operative Prozess- und Produktüberwachung [WEYE02, S. 92]) besser zu erfüllen.

Die Vorgehensweise der Arbeit basiert auf der Methode des vernetzten Denkens, die sich für die Analyse komplexer Systeme bewährt hat. Die Methode des vernetzten Denkens ermöglicht es, die Zusammenhänge zwischen den Elementen eines Systems anhand eines vereinfachten Modells abzubilden und zu analysieren. Darüber hinaus bildet das vernetzte Denken die Fähigkeit ab, nicht nur in einfachen Ursache-Wirkungsbeziehungen zu denken. Es berücksichtigt vor allem auch indirekte Wirkungen, die u. a. durch Rückwirkungen auf die Ursachen resultieren und so das Verhalten eines Systems bei veränderten Bedingungen voraussehen. Dadurch sollen sich effektive Maßnahmen zur Steuerung des Systems ableiten lassen [ALDIO9, S.48].

In der Literatur gibt es mehrere Ansätze, die sich mit dem vernetzten Denken befassen, u. a. [GOME95], [PROB95], [VEST03]. In dieser Arbeit wird das Sensitivitätsmodell von Vester eingesetzt. Es dient dazu, ein Gesamtsystem in seinen Wirkzusammenhängen zu analysieren, zu beurteilen und daraus Strategien zur qualitativen Verbesserung des Systems abzuleiten. Es umfasst neun ineinander greifende Schritte, mit denen die Informationen über das untersuchte System klassifiziert sowie auf Relationen und Relevanz geprüft werden können [WULF04].

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an den Schritten des Sensitivitätsmodells:

Im Schritt 1 des Sensitivitätsmodells wird ein grobes Systembild der Perlenkettenmethode aus Sicht der Theorie und der Praxis erarbeitet. Als Teil des ersten Schrittes des Sensitivitätsmodells wurden in Kapitel 1 bereits die Ausgangssituation, die Problemstellung der Perlenkettenmethode und die Zielsetzung der Arbeit dargelegt.

Kapitel 2 stellt den Kontext der Perlenkettenmethode in der Automobilindustrie dar und führt in die notwendigen theoretischen Grundlagen ein. Dabei werden Begriffe und Abläufe aus den Bereichen Auftragsabwicklung, Produktentstehungs- und Produktionsprozess,

Beschaffungsprozess sowie Produktionsplanung und –steuerung, die notwendig für die Analyse der Perlenkettenmethode sind, definiert. Für die grafische Darstellung der für die Perlenketten relevanten Prozesse wird das Prozesskettenmodell nach Kuhn verwendet.

Kapitel 3 fokussiert die theoretischen Grundlagen der Perlenkettenmethode und gibt einen Überblick in die Gestaltungselemente des Konzeptes. Zuerst wird die Perlenkettenmethode definiert, danach ihre Zielsetzung und der zu erwartende Nutzen erklärt. Anschließend werden die Aufgaben, die Gestaltungselemente und Steuerungsstrategien der Perlenkette beschrieben. Als Instrument des Perlenkettenmanagements wird ein Kennzahlensystem vorgestellt, dessen Kennzahlen für die quantitative Analyse der Perlenkettenmethode im späteren Verlauf der Arbeit eingesetzt werden. Eine Analyse der Anwendung der Perlenkettenmethode und ihre Umsetzungsvarianten bei unterschiedlichen Automobilherstellern schließt Kapitel 3 ab.

Die theoretische Systembeschreibung aus Kapitel 3 wird im Kapitel 4 mit der Praxisanalyse von vier Implementierungen der Perlenkettenmethode in mehreren Fahrzeugwerken (PKW-, LKW- und Transporterbereich) der Daimler AG ergänzt. Zweck dieser Analyse ist es, die Einhaltung der Konzeptbedingungen in der Praxis zu prüfen und die Einflussfaktoren, die auf die Perlenkette wirken, zu identifizieren.

Aus der Systembeschreibung lassen sich, als zweiter Schritt des Sensitivitätsmodells, die wesentlichen Einflussfaktoren mit deren Parametern, die für das Systemverhalten eine Rolle spielen, herausfiltern.

Kapitel 4 ist das zentrale Kapitel der Arbeit und umfasst die Analyse der Einflussfaktoren der Perlenkettenmethode. Dabei werden die Instrumente des Sensitivitätsmodells, wie z. B. die Kriterien- und Einflussmatrix sowie die Wirknetzdiagramme eingesetzt. Diese dienen der Klassifizierung, Strukturierung und qualitativen Analyse der Einflussfaktoren auf die Perlenkette. Aus dem Wirkungsgefüge des Systems werden Zusammenhänge und Faktoren ausgewählt, und deren quantitativer Einfluss untersucht. [VEST03, S. 197]. Als wichtiges Ergebnis der qualitativen Analyse werden Hypothesen bzgl. der Wirkzusammenhänge der quantitativen Einflussfaktoren gebildet.

Die im Kapitel 4 formulierten Hypothesen werden im Kapitel 5 quantitativ mit Hilfe der Simulation untersucht. Es werden zwei Simulationsmodelle mit unterschiedlichen Schwerpunkten entwickelt (Schritt 7 des Sensitivitätsmodells: Bildung von Teilszenarien, Entwicklung von Strategien), um mehrere Strategien zu testen und Aussagen über das Systemverhalten und über Folgen bestimmter Eingriffe zu ermöglichen. Anhand der Simulationsergebnisse werden die Hypothesen über das Systemverhalten geprüft (Schritt 8 des Sensitivitätsmodells: Simulation, Wenn-Dann-Prognosen. Somit werden die Lenkungsmöglichkeiten der Perlenkette anschaulich dargestellt.

Basierend auf den Ergebnissen der Praxisuntersuchung sowie der qualitativen und quantitativen Analyse der Einflussfaktoren, erarbeitet Kapitel 6 (Schritt 9 des Sensitivitätsmodells: Systembewertung) Maßnahmen, die zu einer besseren Gestaltung und einem besseren Betrieb der Perlenkettenmethode beitragen sollen.

Kapitel 7 fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf weitere Forschungsaufgaben zur Perlenkettenmethode.

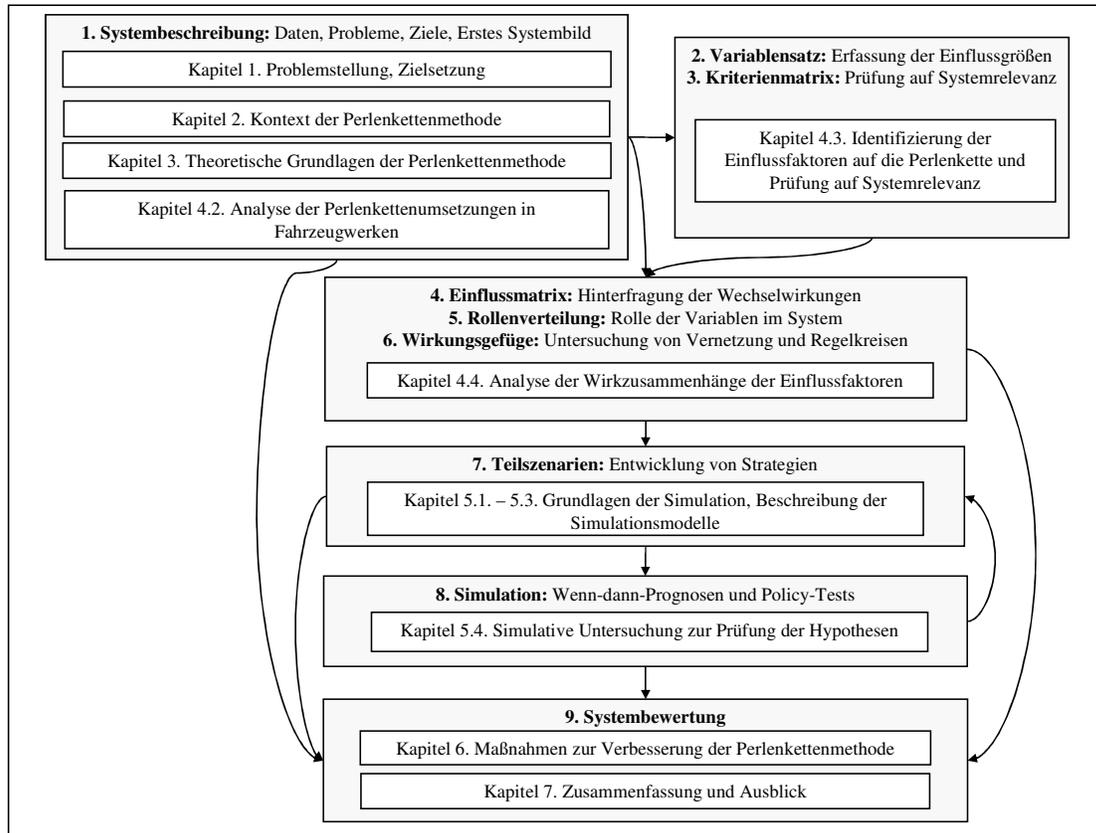


Abbildung 1.2 Aufbau der Arbeit mit der Anwendung der Methode des vernetzen Denkens¹⁵

¹⁵ in Anlehnung an [VEST00, S. 199], die rekursive Struktur des Sensitivitätsmodells.