

**Universität Bayreuth**  
**Lehrstuhl Prof. Dr. Armin Heinzl**

---

**Christof Göbel, Stefan Hocke**

**Simulative Analyse**  
**interorganisatorischer Kopplungsdesigns**  
**in der diskreten Serienfertigung**

---

Universitätsstr. 30, D-95440 Bayreuth, Tel. +49 921-55 2807, Fax +49 921-55 2216

Christof.Goebel[Stefan.Hocke]@uni-bayreuth.de

---

**FORWIN-Bericht-Nr.: FWN-2001-009**

© FORWIN - Bayerischer Forschungsverbund Wirtschaftsinformatik,  
Bamberg, Bayreuth, Erlangen-Nürnberg, Regensburg, Würzburg 2001  
Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere ist die Überführung in maschinenlesbare Form sowie  
das Speichern in Informationssystemen, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher  
Einwilligung von FORWIN gestattet.

## **Zusammenfassung**

Kooperative Leistungserstellung in Netzwerken wird zukünftig zum Alltag von Unternehmen gehören. Dabei birgt die technische Integration der unterschiedlichen Anwendungssysteme der Geschäftspartner noch erhebliches Potenzial zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Diese Integration wird aber nur dann zu einer effizienteren Leistungserstellung führen, wenn gleichzeitig eine organisatorische Verbesserung der unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse und deren Kopplungen stattfindet. Um allgemeingültige und interorganisatorisch vergleichbare Aussagen treffen zu können, wird ein konzeptioneller Analyse- und Gestaltungsrahmen für interorganisatorische Kopplungen vorgestellt. Ferner werden ausgewählte Kopplungsdesigns einer konkreten Kunden-Lieferanten-Beziehung simulativ untersucht. Damit sollen Anhaltspunkte gewonnen werden, welches Kopplungsdesign für gegebene zwischenbetriebliche Funktionen am zweckmäßigsten ist.

## **Stichworte**

Geschäftsprozessoptimierung, Leistungsbewertung, Simulation, Supply Chain Management

## **Abstract**

In future cooperative manufacturing will be daily business. The enterprise application integration bears enormous potential. Increased performance by enterprise application integration requires an organisational improvement in comprehensive business processes and in the integration of their entities. This paper presents a framework for organisational enterprise integration in order to make general and comparative statements. Furthermore, chosen design variables are examined by applying discret-event simulation experiments using a customer-supplier-scenario. The results are used to identify which couplings between operational entities are useful and to evaluate the potential design of this integration.

## **Keywords**

Business process reengineering, performance measurement, simulation, supply chain management

---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVATION UND ZIELSETZUNG .....	1
1.2	VORGEHENSWEISE .....	2
<b>2</b>	<b>BEGRIFFLICHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>3</b>
2.1	INTERORGANISATORISCHE KOPPLUNGEN .....	3
2.2	LEISTUNGSMESSUNG UND -BEWERTUNG .....	4
<b>3</b>	<b>ANALYSE- UND GESTALTUNGSRAHMEN FÜR INTERORGANISATORISCHE KOPPLUNGEN .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ANALYSE INTERORGANISATORISCHER KOPPLUNGEN .....</b>	<b>10</b>
4.1	UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND .....	10
4.2	SIMULATIVE UNTERSUCHUNG .....	12
4.2.1	Festlegung der Ziele und Zielgrößen zur Leistungsmessung / -bewertung .....	12
4.2.2	Datenerhebung, Ist-Modellierung und Modellvalidierung .....	13
4.2.3	Versuchsplanung, Simulationsexperimente und Analyse .....	14
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>16</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>18</b>

## 1 Einleitung

Globaler Wettbewerb und die Individualisierung der Nachfrage führen zu einer Konzentration auf Kernkompetenzen und zu einer stärkeren Arbeitsteilung zwischen den Unternehmen. Vom Endkunden bis zum Rohstofflieferanten entsteht ein komplexes Versorgungsnetzwerk (Supply Chain) aus verschiedenen Organisationen, die zusammenarbeiten, um ein Produkt „from sheep to shelf“ für den Endkunden bereitzustellen [ScJa99, 7 f]. Dies führt dazu, dass zukünftig das einzelne Unternehmen nicht mehr im direkten Wettbewerb mit anderen Unternehmen steht, sondern als Teil eines mehrstufigen Versorgungsnetzwerkes um Kunden und Marktanteile wetteifert. Dass kooperative Leistungserstellung in Netzwerken bis spätestens zum Jahre 2010 zum Alltag von Unternehmen gehört, prognostiziert auch eine Delphi-Studie des Fraunhofer-Institutes für Systemtechnik und Innovationsforschung [Frau98].

### 1.1 Motivation und Zielsetzung

Neben der Gestaltung der internen Unternehmensprozesse wird die Leistungsfähigkeit der gesamten Supply Chain in erheblichem Maße von der technischen und organisatorischen Qualität der Kopplung der einzelnen interorganisatorischen Einheiten bestimmt. Die technische Kopplung der einzelnen Anwendungssysteme der Geschäftspartner (Enterprise Application Integration) birgt dabei noch erhebliches Potenzial. Sie führt aber nur dann zu einer effizienten Leistungserstellung, wenn auch die Organisation der Geschäftsprozesse und deren interorganisatorische Kopplungen verbessert werden. Voraussetzung für den Entwurf und die Implementierung gekoppelter Anwendungssysteme ist daher die Analyse der interorganisatorischen Prozesse und deren effiziente und effektive Gestaltung.

Auch wenn das Konzept des Supply Chain Management<sup>1</sup> erst seit jüngster Zeit im wissenschaftlichen Fokus steht, werden mehrstufige unternehmensübergreifende Versorgungsnetzwerke bereits seit über 40 Jahren im Rahmen des Operations Research analysiert. Einen umfangreichen Überblick über die Analysen geben *Thomas / Griffin* [ThGr96]. Dynamische Untersuchungen von unternehmensübergreifenden Systemen mit stochastischen Einflussparametern sind eher selten anzutreffen. Bislang wurden solche Untersuchungen primär intraorganisatorisch im Bereich der Produktions- oder Fertigungswirtschaft durchgeführt und beziehen sich oft nur auf einen speziellen Anwendungsfall. Ihr

---

<sup>1</sup> Zum Stand der Supply Chain Management-Forschung und einer kritischen Bewertung siehe *Otto und Kotzab* [OtKo01].

Schwerpunkt liegt meist nur auf der Optimierung einzelner Zielgrößen wie Durchlaufzeit oder Termintreue. Beispiele finden sich bei *Closs u.a.* [Clos98] und *Swaminathan u.a.* [Swam97].

Diese Arbeit verfolgt zwei Ziele:

Zum einen wird ein konzeptioneller Analyse- und Gestaltungsrahmen für interorganisatorische Kopplungen erstellt. Dieser ermöglicht das Treffen von allgemeingültigen und interorganisatorisch vergleichbaren Aussagen über relevante Gestaltungsparameter von unternehmensübergreifenden Kopplungen und deren Ausprägungen.

Zum anderen wird am Beispiel einer konkreten Kunden-Lieferanten-Beziehung aufgezeigt, welche Parameter die Leistungsfähigkeit der Supply Chain wie determinieren. Dazu werden ausgewählte Kopplungsdesigns mittels Simulation hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz untersucht. Dies hilft den Verantwortlichen zu entscheiden, welches Kopplungsdesign für gegebene zwischenbetriebliche Funktionen am zweckmäßigsten ist.

## 1.2 Vorgehensweise

In Kapitel 2 wird zunächst auf die für diese Arbeit relevanten begrifflichen Grundlagen eingegangen. Um die relevanten Gestaltungsparameter und deren Merkmalsausprägungen der interorganisatorischen Kopplungen herauszuarbeiten, werden im Rahmen von Praxisprojekten mehrere Kunden-Lieferanten-Beziehungen untersucht und theoretische zwischenbetriebliche Versorgungs- und Lagerhaltungskonzepte analysiert. Kapitel 3 fasst die Ergebnisse in einem Framework für interorganisatorische Kopplungsdesigns zusammen.

In Kapitel 4 wird die simulative Analyse einer konkreten interorganisatorischen Kopplung vorgestellt. Zuerst wird in Kapitel 4.1 die im Fokus stehende Kunden-Lieferanten-Beziehung zwischen einem diskreten Serienfertiger und dem Handel dargestellt. Im Anschluss daran beschreibt Kapitel 4.2 den Gang der simulativen Untersuchung und geht auf die einzelnen Phasen der Simulationsstudie näher ein: von der Zielfestlegung über die Modellerstellung und -validierung bis hin zur Durchführung und Analyse der Simulationsexperimente.

Am Ende der Arbeit steht eine Zusammenfassung der Ergebnisse mit Ausblick auf weitere Forschungsfragen.

## 2 Begriffliche Grundlagen

Für die Erfassung, Untersuchung und Gestaltung interorganisatorischer Prozesse und deren Kopplungen ist der Systemansatz besonders geeignet. Mit dem Systemansatz lässt sich ein reales oder gedachtes Original in ein Modell abstrahieren, wodurch die Wirkungszusammenhänge und die Auswirkungen von Veränderungen einfacher analysiert werden können.

### 2.1 Interorganisatorische Kopplungen

Zur Distribution des Produktes zum Endverbraucher müssen viele unterschiedliche Organisationseinheiten zusammenarbeiten. Diese verschiedenen organisatorischen Einheiten sind Teilsysteme der jeweiligen Supply Chain. Folgende Teilsysteme lassen sich unterscheiden:

- Juristisch selbstständige Einheiten (verschiedene Unternehmen wie Handel und Produzent),
- Einheiten eines Unternehmens mit eigener Rechnungsführung (eigenständiges Werk oder profit center) oder
- sonstige organisatorisch abgegrenzte Einheiten eines Unternehmens (Montage, mechanische Fertigung und einzelne Produktsegmente, die in einer Kunden-Lieferanten-Beziehung zueinander stehen).

Die einzelnen Teilsysteme weisen zeitliche und räumliche Asynchronitäten auf, so dass zwischen den Teilsystemen Schnittstellen entstehen. Intraorganisatorische Schnittstellen kommen innerhalb einer rechtlich selbstständigen Einheit vor, interorganisatorische Schnittstellen zwischen rechtlich selbstständigen Einheiten [Feie87, 56 ff].

Jedes Teilsystem besteht aus einer Menge von Elementen mit Eigenschaften, die miteinander in Beziehung stehen. Elemente können beispielsweise Montageanlagen, Drehmaschinen oder Mitarbeiter sein. Die Summe der Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten der Supply Chain wird als Kopplung bezeichnet. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die systemtheoretischen Grundbegriffe [Patz82] [FeSi94]:

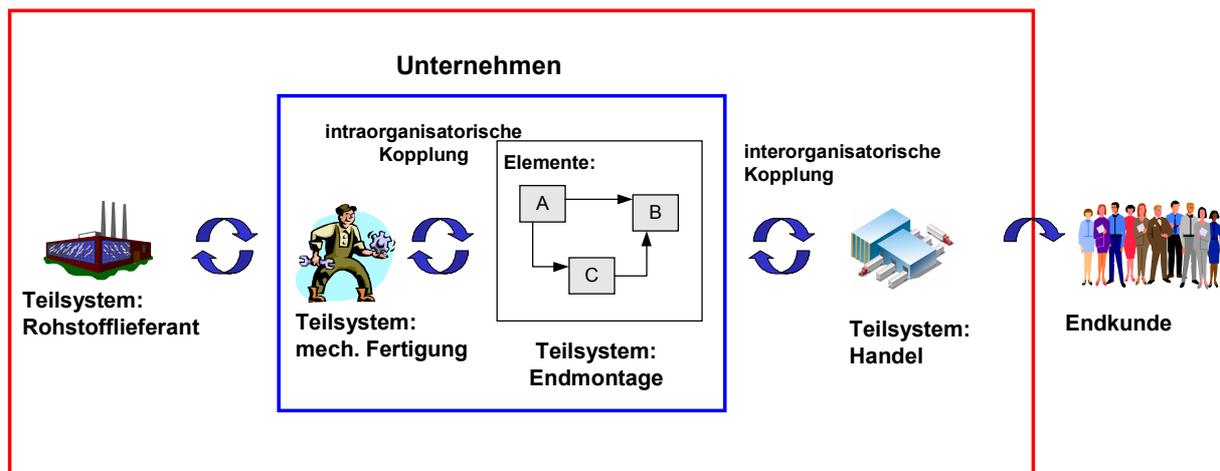


Abb. 1: System: Supply Chain

Folgende Grundprinzipien bestimmen das Zusammenwirken der Teilsysteme innerhalb der Supply Chain:

- Die Leistungsfähigkeit der Supply Chain wird durch die Leistungsabgabe am Ende der Versorgungskette und durch die Summe der benötigten Ressourcen determiniert.
- Die Optimierung eines Teilsystems bewirkt nicht unbedingt eine Verbesserung der Effizienz der gesamten Kette.
- Die Abstimmung der Teilsysteme führt zu einem effizienteren Ressourceneinsatz des Gesamtsystems.
- Die Leistungsfähigkeit der Versorgungskette wird in erheblichem Maße durch die effiziente und effektive Gestaltung der Beziehung der einzelnen Teilsysteme zueinander bestimmt.

## 2.2 Leistungsmessung und -bewertung

Bislang werden Prozessanalysen aufgrund fehlender aktueller und vollständiger Daten oder des hohen Erhebungsaufwandes oft nur qualitativ durchgeführt. Qualitative Aussagen, denen keine Metrik zugrunde liegt, wie z. B. „gut“, „stabil“ oder „dynamisch“, sind aber zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines realen Systems nicht ausreichend. Sie lassen Interpretationsspielräume, die zu nicht objektiv nachprüfbar Ergebnissen führen [Adam96, 404 f].

Bei quantitativen Planungsmethoden hingegen können deterministische oder stochastische Verfahren zum Einsatz kommen. Da einerseits im Rahmen der Prozessanalyse die relevanten Parameter (z. B. Ankunftsraten, Bearbeitungszeiten) im Zeitablauf häufig starken Schwankungen unterliegen und andererseits

mathematische Ansätze von zu vielen Vereinfachungen ausgehen müssen, um ein reales Supply-Chain-Problem zu analysieren [VVBB00, 355], werden in dieser Arbeit stochastische Verfahren zur Leistungsmessung und -bewertung eingesetzt. Hierzu können Warteschlangenmodelle oder Simulationsmodelle herangezogen werden [DoDr95, 193 ff]. Einen Überblick über die einzelnen Verfahren gibt die in Anlehnung an Adam [Adam96, 404 ff] erstellte Abbildung 2.

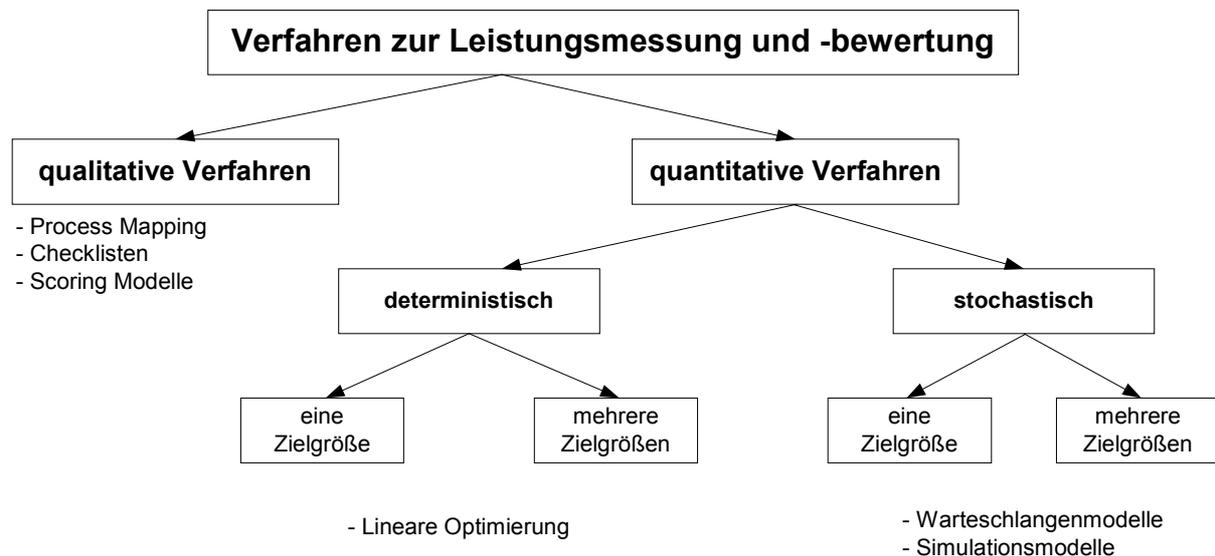


Abb. 2: Verfahren zur Leistungsmessung und -bewertung

Im Rahmen dieser Arbeit wird aus folgenden Gründen die Simulation [HeBr99] zur Abbildung und Analyse der vorliegenden komplexen realen Problemstellung ausgewählt:<sup>2</sup>

- Die Simulation weist aufgrund der frei wählbaren Modellannahmen im Vergleich zur Warteschlangentheorie weniger restriktive Beschränkungen bei der Modellerstellung auf [Lieb95, 5 ff].
- Bei der Parameterwahl ist die Simulation nicht auf bestimmte idealtypische Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschränkt.
- Die Struktur der Simulationsmodelle kann in der Regel einfacher geändert werden.

Bei den quantitativen Verfahren lässt sich die Prozessleistung<sup>3</sup> in den Zielgrößen Qualität, Zeit und Kosten - den drei Dimensionen des strategischen Zieldreiecks - darstellen. Zu unterscheiden sind Verfahren, die ausschließlich eine der drei Größen

<sup>2</sup> Eine detaillierte Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile beider Verfahren findet sich bei Zapf [Zapf01, 62 ff].

<sup>3</sup> Die Prozessleistung misst die Effizienz und / oder Effektivität eines Prozesses oder des gesamten Systems im Hinblick auf ein vorgegebenes Ziel oder einen Plan [Fort88].

betrachten, und solche, die mehrere Größen in die Untersuchung einbeziehen. Aufgrund ihrer Einfachheit scheint es zunächst naheliegend, den Fokus nur auf eine Zielgröße zu legen. Bei der Komplexität des Unternehmensgeschehens kann eine reale Problemstellung damit jedoch nicht adäquat beurteilt werden. Hierzu bedarf es eines ganzheitlichen Messkonzeptes [Beam99] und einer simultanen Betrachtung der Größen Qualität, Zeit und Kosten.

### **3 Analyse- und Gestaltungsrahmen für interorganisatorische Kopplungen**

Um die relevanten Gestaltungsparameter von interorganisatorischen Kopplungen und deren Merkmalsausprägungen herauszuarbeiten, wird in zwei Schritten vorgegangen:

- Im ersten Schritt wird bei ausgewählten Versorgungsnetzwerken der unternehmensübergreifende Auftragsbearbeitungsprozess gemeinsam mit den Beteiligten vor Ort aufgenommen und modelliert. Ausgehend von den erstellten Prozessmodellen werden dann die den Prozess charakterisierenden Merkmale mit den spezifischen Merkmalsausprägungen herausgearbeitet.
- Im zweiten Schritt werden theoretische zwischenbetriebliche Versorgungs- und Lagerhaltungskonzepte wie das Vendor Managed Inventory [WaJD99] und das Efficient Consumer Response [TaMu99], untersucht. Dabei werden die identifizierten Merkmale verifiziert und ergänzt. Ferner werden generische Merkmalsausprägungen definiert.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 zusammengefasst. Der Analyse- und Gestaltungsrahmen ist in zwei Blöcke gegliedert. Zu unterscheiden sind dabei Merkmale und Merkmalsausprägungen, die zum einen den Informationsfluss und zum anderen den Materialfluss beschreiben. Beide Blöcke setzen sich zusammen aus Strukturmerkmalen, die den Rahmen vorgeben, und Abwicklungsmerkmalen, die das „Tagesgeschäft“ beschreiben.

Im Folgenden werden beispielhaft einzelne Merkmale und Merkmalsausprägungen des Analyse- und Gestaltungsrahmens näher erläutert. Die Struktur der Kopplungen wird bestimmt durch die Art der Planung und durch die Qualität beziehungsweise Reichweite der den Beteiligten zur Verfügung stehenden Informationen. Entscheidend sind außerdem die Elemente, zwischen denen Materialien und Informationen ausgetauscht werden. So gibt es Kopplungen, bei denen die einzelnen Teilsysteme individuell ihre Produktions- und Absatzplanung erstellen und Kopplungen mit einer kollaborativen Planung. Die Qualität und Verbindlichkeit der zur Verfügung stehenden Informationen wird durch die Merkmale „Reichweite der Information in der Supply Chain“ und „Bestellart“ dargestellt. Bei der Bestellart wird zuerst festgelegt, ob Rahmenvereinbarungen über Abrufmengen und Abrufverhalten abgeschlossen sind. Ist dies der Fall, muss überprüft werden, inwieweit die Lieferabrufe von den vereinbarten Mengen abweichen.

Mit dem Merkmal „Reichweite der Information in der Supply Chain“ und den Merkmalsausprägungen

- Bestellung des Kunden / Handels,
- Lagerbestände des Kunden / Handels,
- Kundenauftrag für den Kunden / Handel und
- Endkundenbedarf

wird die Reichweite der dem Lieferanten zur Verfügung stehenden Informationen dargestellt: Im Idealfall ist dem Lieferanten der Endkundenbedarf bekannt, im ungünstigsten Fall liegt dem Lieferanten neben der Bestellung der vorgelagerten Einheit keine weitere Planungsinformation vor. Die Relevanz der vorliegenden Merkmale zur Analyse und Bewertung der Leistungsfähigkeit der Supply Chain wird durch Untersuchungen bestätigt, die zeigen, dass mangelnde Koordination zwischen den Beteiligten und unterschiedliche Planungsinformationen bereits bei geringen Schwankungen im Endkundenbedarf zu erheblichen Schwankungen auf den vorgelagerten Stufen führen.<sup>4</sup>

Abwicklungsmerkmale einer Kopplung beschreiben die Art und Weise der Informations- und Materialübertragung. Mit dem Merkmal „Bestellübermittlung“ kann beispielsweise aufgezeigt werden, inwieweit ein Medienbruch – Übermittlung per Telefon, Fax, etc. – vorliegt oder ob die Informationen der nachgelagerten Einheit direkt weiterverwendet werden können. Ferner lassen sich mittels „Bestellübermittlung“ und „Transportweg“ Verzögerungen bei der Informations- und Materialübertragung beschreiben.

Anhand der im Analyse- und Gestaltungsrahmen dargestellten Merkmale und Merkmalsausprägungen lassen sich interorganisatorische Kopplungen - beginnend bei der Planung über die Art und Weise der Informationsübermittlung bis zum Warentransport - durch Auswahl und Verknüpfung der spezifischen Merkmalsausprägungen einheitlich und systematisch darstellen. Dies ist die Ausgangsbasis für ganzheitliche, interorganisatorische Untersuchungen.

---

<sup>4</sup> Der Effekt steigender Nachfrageschwankungen wird in der Literatur auch als Forrester Effekt, bullwhip effect oder leverage effect bezeichnet. Siehe hierzu auch *Lee u.a.* [LePW97].

	<b>Merkmal</b>	<b>Merkmalsausprägung</b>				
<b>Informationsfluss</b>	<b>Planung</b>	kollaborativ		individuell		
	<b>Bestellart</b>	Einzelbestellung	Lieferabrufe auf der Grundlage von Rahmenvereinbarungen			
			Lieferabrufe decken sich mit den Rahmenvereinbarungen	Lieferabrufe weichen von den Rahmenvereinbarungen ab	Lieferabrufe weichen stark von den Rahmenvereinbarungen ab	
	<b>Reichweite der Information in der Supply Chain</b>	Bestellung des Kunden / Handels	Lagerbestände des Kunden / Handels	Kundenauftrag für den Kunden / Handel	Endkundenbedarf	
	<b>Art der Steuerung</b>	verbrauchsgesteuert (pull)		plangesteuert (push)		
	<b>Verantwortlich für die Disposition</b>	Zulieferer			Kunde	
		zentral	dezentral	zentral	dezentral	
	<b>Bestellhäufigkeit</b>	niedrig		mittel		hoch
	<b>Bestellrhythmus</b>	kein fester Rhythmus	fixe Losgröße fixer Bestellzeitpunkt	fixe Losgröße variabler Bestellzeitpunkt	variable Losgröße fixer Bestellzeitpunkt	variable Losgröße variabler Bestellzeitpunkt
	<b>Bestellübermittlung</b>	Postweg	Fax, e-mail, etc.	Telefon	EDI, XML, etc.	PPS
<b>Eingang der Bestellung</b>	Zentral			Dezentral		
<b>Weiterverwendung der Information</b>	automatisch			personell		
<b>Materialfluss</b>	<b>Abstimmung von Verpackung, Losgröße etc.</b>	Abstimmung erfolgt		keine Abstimmung erfolgt		
	<b>Losgröße</b>	klein		mittel		groß
	<b>Belieferung</b>	vom Lager		vom Lager / von der Produktion		von der Produktion
	<b>Anlieferung</b>	auf Lager			direkt zum Anforderer	
	<b>Verpackungshandling</b>	Umpacken erforderlich			kein Umpacken erforderlich	
	<b>Verpackungsart</b>	Einwegverpackung			Mehrwegverpackung	
	<b>Transportweg</b>	Wasser	Schiene	Straße	Luft	

Abb. 3: Analyse- und Gestaltungsrahmen für interorganisatorische Kopplungen

## 4 Analyse interorganisatorischer Kopplungen

Supply Chain Management wird als ganzheitlicher Ansatz beschrieben. Da jedoch die gleichzeitige Optimierung aller Zielgrößen in einem Versorgungsnetzwerk, bestehend aus mehreren Lieferanten, produzierenden Werken, Logistikdienstleistern und Kunden über alle Geld-, Material- und Informationsflüsse ein komplexes stochastisches nicht-lineares Optimierungsproblem darstellt, ist die zielgerichtete Implementierung dieses Ansatzes im allgemeinen unmöglich.

### 4.1 Untersuchungsgegenstand

Diese Arbeit analysiert die Supply Chain aus der Sicht eines diskreten Serienfertigers mit Fokus auf dessen Beziehung zum Handel. Zielsetzung der Untersuchung ist die Verbesserung der Prozessleistung und somit der Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Supply Chain durch Reduzierung der Reaktionszeit und verbessertem Einsatz der Ressourcen.

Der diskrete Serienfertiger ist ein mittelständisches Unternehmen, das mehrteilige Standarderzeugnisse mit einfacher Struktur für den anonymen Endkunden herstellt. Die zur Montage benötigten Einzelteile werden teils von externen Lieferanten und teils von Tochterunternehmen bezogen. Der Bedarf an Enderzeugnissen ist im Jahresverlauf konstant und wird in Kleinserien produziert.

Im Fokus der Untersuchung steht der unternehmensübergreifende Auftragsbearbeitungsprozess<sup>5</sup>, der, wie in Abbildung 4 zu erkennen, neben dem Teilsystem Vertrieb / Montage beim Produzenten auch das Teilsystem Handel und deren interorganisatorische Kopplung umfasst. Die weiteren Teilsysteme des Versorgungsnetzwerkes in Richtung Rohstofflieferant und Endkunde werden nicht näher betrachtet. Das Teilsystem Handel ist ein aggregiertes Handelshaus, das mehrere rechtlich selbstständige Handelsunternehmen repräsentiert. Es besteht aus dem Verkaufsregal, der Kontaktstelle zum Endkunden und der Beschaffungsabteilung. Letztere leitet die Summe der Aufträge an den Vertrieb des Produzenten weiter. Neben der Versandlogistik und den Montagesegmenten 1, 2 und 3 beinhaltet das Teilsystem Vertrieb / Montage die Elemente Vertrieb,

---

<sup>5</sup> Zur ausführlicheren Betrachtung des Auftragsbearbeitungsprozesses (o.a. Order to Payment Process) und dessen Abgrenzung zu den übrigen Unternehmensprozessen siehe *Klaus* [Klau99]. Die Untersuchungen wurden unter anderem im Rahmen zweier Diplomarbeiten von *Kuhn* [Kuhn01] und *Steffen* [Stef01] durchgeführt.

Fertigwarenlager und das Halb- und Rohwarenlager. Letzteres ist die Kontaktstelle zu Lieferanten und Tochterunternehmen.

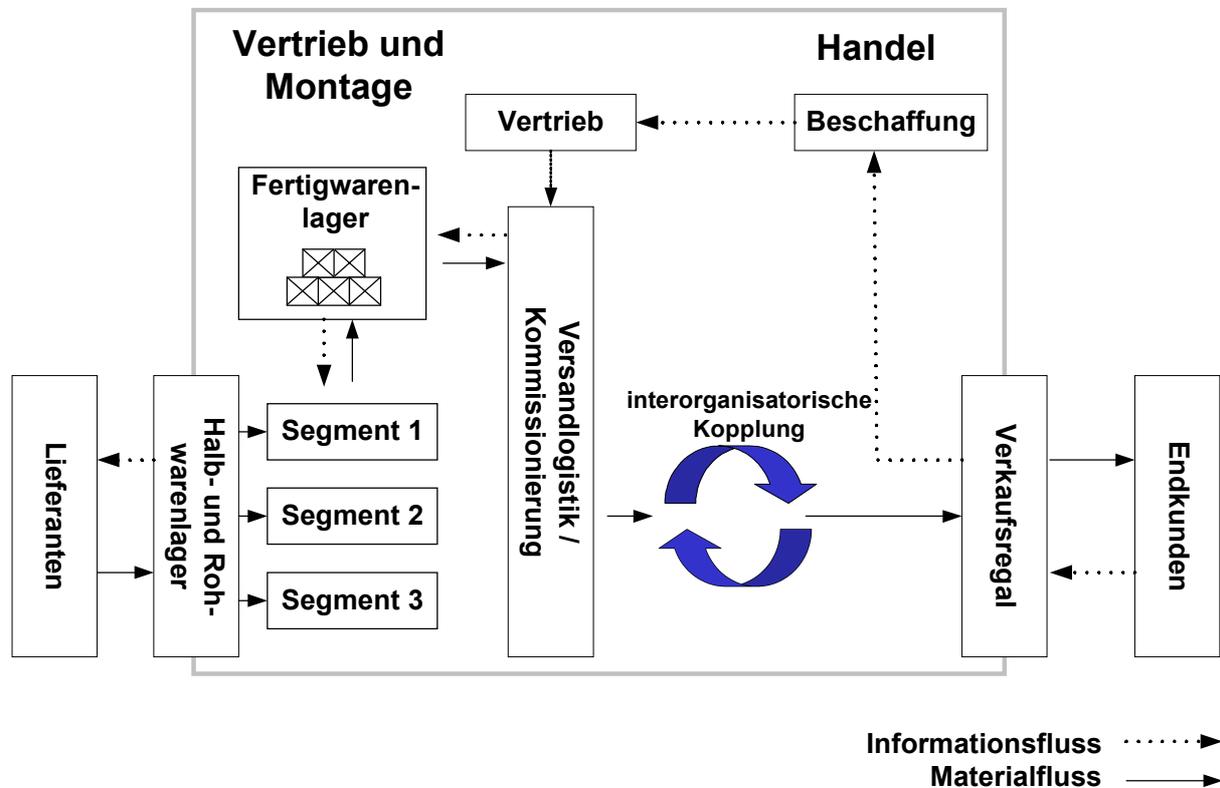


Abb. 4: Untersuchungsbereich

Der vorliegende Auftragsbearbeitungsprozess beginnt beim Handel. Auslöser ist der Endkunde, der die Produkte aus den Verkaufsregalen entnimmt. Die Regale werden in regelmäßigen Abständen von Mitarbeitern der Beschaffungsabteilung überprüft und die verkauften Erzeugnisse werden beim Produzenten per Fax bestellt. Mindestabnahmemengen sind nicht vereinbart, ebenso liegen dem Produzenten keine weiteren Planungsinformationen seitens des Handels vor. Die Aufträge werden vom Vertrieb auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft und dann in das Produktionsplanungs- und -steuerungssystem (PPS-System) eingestellt. Die Mitarbeiter in der Versandlogistik bearbeiten die in automatischen Dispositionsläufen generierten Kundenaufträge und veranlassen die Kommissionierung aus dem Fertigwarenlager. Danach wird der Versand der Enderzeugnisse zum jeweiligen Handelsunternehmen veranlasst. Aufträge, die bis 14:00 Uhr versandfertig sind, können bis zum nächsten Morgen angeliefert werden. Der Prozess endet mit der Wiederauffüllung der Verkaufsregale.

Wird der Meldebestand eines Enderzeugnisses im Fertigwarenlager unterschritten, schlägt das PPS-System einen Fertigungsauftrag vor, der dezentral von Montagemitarbeitern bearbeitet wird. Die Montage der Enderzeugnisse erfolgt in den

jeweiligen Montagesegmenten, die nach Produktgruppen segmentiert sind. Die Montagesegmente 1, 2 und 3 setzen sich aus mehreren, nicht verketteten Montageautomaten / -anlagen zusammen. Die montierten Enderzeugnisse werden verpackt und im Fertigwarenlager eingelagert. Versorgt werden die Montagesegmente mit Roh- und Halbwaren aus Durchlaufregalen, die montagenah angesiedelt sind.

Die Wiederauffüllung des Roh- und Halbwarenlagers erfolgt analog dem Fertigwarenlager. Nach Unterschreiten des teilespezifisch definierten Meldebestandes schlägt das PPS-System eine Bestellung vor, die durch die Disponenten weiterbearbeitet wird.

## 4.2 Simulative Untersuchung

Zur simulativen Untersuchung der beiden Teilsysteme Montage / Vertrieb und Handel sowie deren interorganisatorischer Kopplung wird in Anlehnung an Küll und Ställy [KuSt99] die folgende Vorgehensweise gewählt:<sup>6</sup>

- Festlegung der Ziele und Zielgrößen zur Leistungsmessung / -bewertung.
- Datenerhebung, Ist-Modellierung und Modellvalidierung.
- Versuchsplanung, Simulationsexperimente und Analyse.

### 4.2.1 Festlegung der Ziele und Zielgrößen zur Leistungsmessung / -bewertung

Abgeleitet von den Kundenanforderungen und der strategischen Positionierung wurden von den Prozesseigentümern die folgenden Ziele für den Auftragsbearbeitungsprozess vorgegeben:

- Lieferzeit von einem Tag bei gleichbleibend hoher Liefertreue ( $\geq 95\%$ ) und
- möglichst niedrigen Gesamtkosten.

Für das Simulationsexperiment werden daraus folgende Zielgrößen zur Messung der Leistungsfähigkeit des Systems abgeleitet:

- Durchlaufzeit des Auftrages vom Bestelleingang bis zur Versandabwicklung.
- Termintreue Anlieferung nächster Tag.
- Termintreue Anlieferung übernächster Tag.

---

<sup>6</sup> Die Simulationsstudien werden mit dem Programm Arena<sup>®</sup> in der Version 5.0 der Rockwell Software Inc. durchgeführt.

- Lagerhaltungskosten im Fertigwarenlager des Produzenten.

Die simultane Betrachtung der Zielgrößen Durchlaufzeit, Termintreue und Lagerhaltungskosten ermöglicht eine mit den Unternehmenszielen abgestimmte Messung und Bewertung der Leistungsfähigkeit des Systems. Die Zielgrößen sind jedoch, wie die übergeordneten Ziele, nicht ohne weitere Prüfung auf andere Versorgungsnetzwerke übertragbar. Sie wurden gemeinsam mit den Prozessverantwortlichen speziell für die zu untersuchende Kunden-Lieferanten-Beziehung erarbeitet. So liegt beispielsweise der Fokus der ersten Analysen nur auf den Lagerhaltungskosten im Fertigwarenlager des Produzenten, da diese zum Zeitpunkt der Untersuchung den größten Anteil an den Gesamtkosten ausmachten.

#### 4.2.2 Datenerhebung, Ist-Modellierung und Modellvalidierung

Nach Festlegung der Ziele und der Zielgrößen werden - ergänzend zu dem bereits erstellten Prozessmodell - die Input-, Throughput- und Outputgrößen der einzelnen Elemente der Kunden-Lieferanten-Beziehung ermittelt. Die Ist-Daten des letzten Geschäftsjahres werden aus dem PPS-System erhoben und durch Zeit- und Mengenaufnahmen vor Ort ergänzt. Im Folgenden einige ausgewählte Eckdaten<sup>7</sup>:

- Sortimentsbreite: ca. 5.000 Enderzeugnisse.
- Durchschnittliche Anzahl der Kundenaufträge pro Monat: ca. 3.500 Aufträge.
- Durchschnittliche Anzahl der Auftragspositionen pro Monat: ca. 25.000 Positionen.
- Durchschnittlich verkaufte Stück pro Monat: ca. 170.000 Stück.

Die Modellierung des Systems erfolgt in Anlehnung an den realen Prozessablauf, der in Kapitel 4.1 bereits ausführlich dargestellt wurde. Dabei werden zur Vereinfachung die folgenden zwei Annahmen getroffen. Erstens wird bei der Modellierung der Montagesegmente nur die Engpassanlage detailliert dargestellt, die übrigen Anlagen werden, analog dem Teilsystem Handel, in einem Aggregat zusammengefasst. Zweitens wird die Verfügbarkeit der zur Montage benötigten Halb- und Rohwaren mit 100% angenommen.

Aus den erhobenen Auftragsdaten des letzten Geschäftsjahres werden statistische Wahrscheinlichkeitsverteilungen ermittelt, die als Inputgrößen für die Simulationsexperimente dienen. So wird der Auftragseingang mit einer exponentiell

---

<sup>7</sup> Die in diesem Beitrag veröffentlichten Daten sind nicht die originären Kunden-Daten, sie spiegeln jedoch die Relationen wider.

verteilten Zwischenankunftszeit abgebildet. Für die erzeugten Kundenaufträge wird mittels Poissonverteilung die Anzahl der Positionen sowie deren Größe festgelegt.

Die ergebnisorientierte Validierung [Lieb95] des Simulationsmodells erfolgt in drei Schritten:

- Zuerst wird die Modelllogik mit den Prozessverantwortlichen überprüft, indem jeder einzelne Prozessschritt durchgesprochen wird.
- Es folgen ein Vergleich der mittels Simulation errechneten Zustände der abgebildeten Elemente mit den erhobenen Ist-Daten und eine Überprüfung der Modellparameter mit Hilfe vereinfachter Konfigurationsannahmen.
- Am Ende steht ein Vergleich der erzielten Prozessergebnisse mit den manuellen Zeitaufnahmen und Mengenerhebungen.<sup>8</sup>

#### 4.2.3 Versuchsplanung, Simulationsexperimente und Analyse

Um Aussagen über den Einfluss einzelner Kopplungsmerkmale auf die Leistungsfähigkeit der gesamten Versorgungskette treffen zu können, werden ausgehend vom Ist-Modell, durch Variation einzelner Merkmalsausprägungen, die zu untersuchenden Kopplungsdesigns festgelegt. Da nicht alle theoretisch möglichen Kopplungsdesigns analysiert werden können, wird gemeinsam mit den Prozessverantwortlichen der Umfang der Simulationsexperimente bestimmt. Im Fokus stehen die Kopplungsmerkmale „Bestellrhythmus“, „Belieferung“, „Bestellhäufigkeit“ und „Losgröße“. Der Gang der Untersuchung wird beispielhaft am Kopplungsmerkmal „Belieferung“ aufgezeigt:

Zur Reduzierung der Komplexität und um die Vielzahl der unterschiedlichen Artikelnummern abbilden und simulativ untersuchen zu können, werden mittels ABC-Analyse Untersuchungsklassen gebildet. In Abhängigkeit der pro Monat verkauften Stück werden die Enderzeugnisse den Klassen Renner, Standard und Exoten zugeordnet.

Ausgehend von der Ist-Situation, der kompletten Belieferung vom Lager, werden die folgenden Kopplungsdesigns festgelegt:

- Alle auf Lager.
- Renner auf Lager.

---

<sup>8</sup> Die simulativ ermittelten Durchlaufzeiten liegen im Schnitt unter und die Liefertreue über den tatsächlich ermittelten Werten. Die Abweichungen sind auf die Modellvereinfachung zurückzuführen, dass die zur Montage benötigten Materialien zu 100% zur Verfügung stehen.

- Standard auf Lager.
- Exoten auf Lager.
- Keine Bevorratung von Enderzeugnissen.

Es werden pro Simulationsexperiment 200 unabhängige Wiederholungen [KeSa98] mit einem Zeithorizont von einem Jahr und einer Aufwärmphase von zwei Monaten durchgeführt. Die Varianz der Ergebnisse liegt damit in den meisten Fällen unter 10 % und somit statistisch aussagekräftig. Ferner werden die Ergebnisse einem multiplen Vergleichstest nach der Bonferroni-Methode unterzogen [LaKe91]. Mit diesem Test lassen sich die einzelnen Kopplungsdesigns paarweise vergleichen, um signifikante Unterschiede zwischen den Alternativen festzustellen. Die Ergebnisse der Simulationsexperimente sind in Abbildung 5 zusammengefasst.

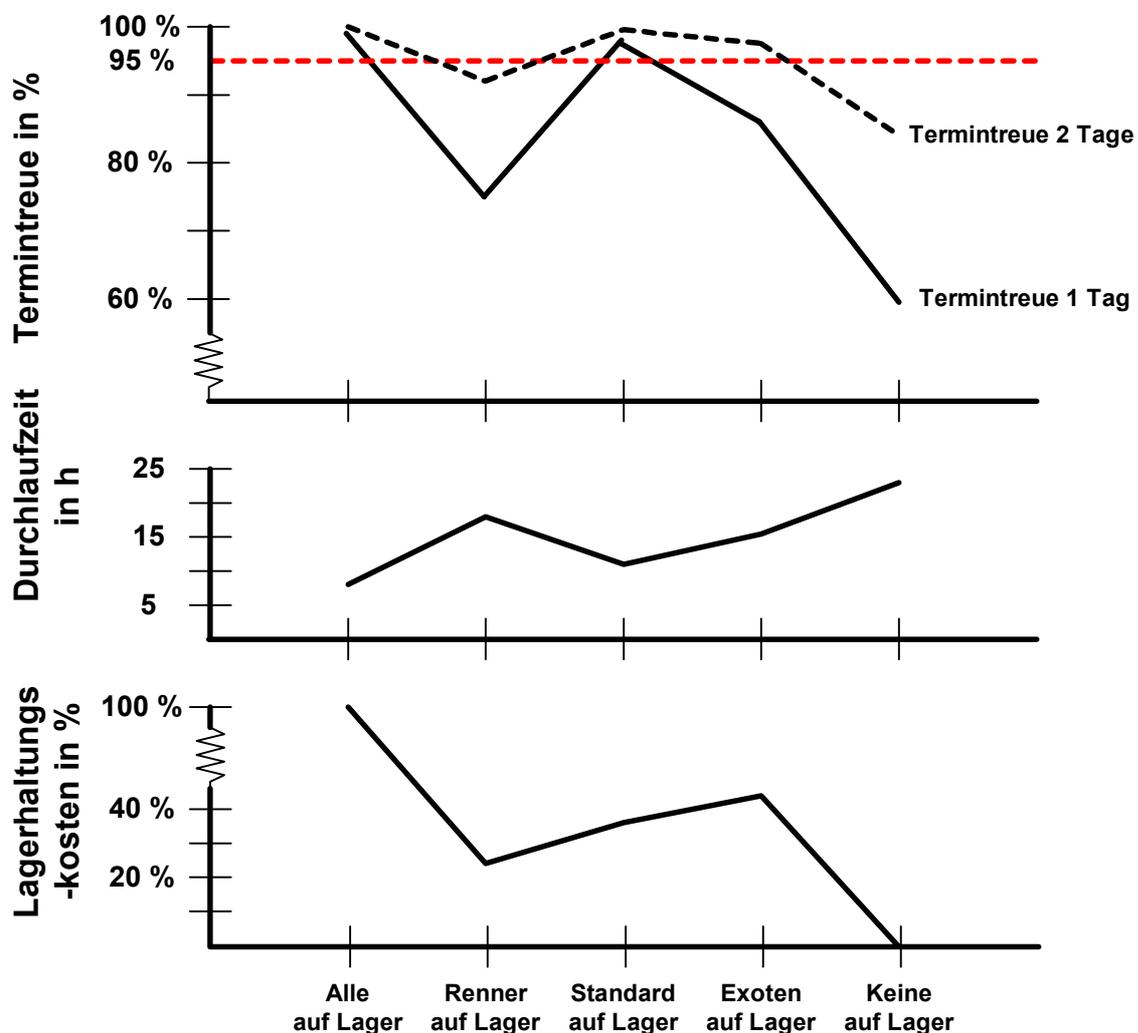


Abb. 5: Vergleich unterschiedlicher Lagerhaltungsstrategien

Die Ergebnisse können wie folgt interpretiert werden. Für den Fall, dass alle Erzeugnisse im Fertigwarenlager gelagert werden, beträgt die mittlere Durchlaufzeit für einen Auftrag etwas mehr als 7 Stunden. Im Schnitt wurden zu 99,99% alle

Aufträge am nächsten Tag und zu 100% am übernächsten Tag beim Handel angeliefert. Die Termintreue liegt in beiden Fällen deutlich über den geforderten 95%. Die Durchlaufzeit der Aufträge ist bei diesem Kopplungsdesign im Vergleich zu den anderen Designs am niedrigsten und die Termintreue am höchsten. Da alle Fertigwaren gelagert werden, entstehen aber auch die höchsten Lagerhaltungskosten (100%). Bei der kundenauftragsbezogenen Montage - „Keine auf Lager“ – fallen keine Lagerhaltungskosten an, die Termintreue zur Anlieferung am nächsten oder übernächsten Tag liegt aber weit unter den geforderten 95%. Die geforderte Termintreue bei der Anlieferung am nächsten Tag wird nur mit dem Kopplungsdesign „Standard auf Lager“ und „Alle auf Lager“ erzielt. Beim direkten Vergleich der Designs ist festzustellen, dass keines von einem anderen dominiert wird. Die Durchlaufzeit der Aufträge ist beim Design „Alle auf Lager“ niedriger, was sich in einer schnelleren Reaktionszeit spiegelt, die Lagerhaltungskosten sind bei diesem Design jedoch höher. Eine Gestaltungsempfehlung lässt sich aus den ermittelten Ergebnissen somit nicht direkt ableiten. Durch den Vergleich der Kopplungsdesigns können jedoch Anhaltspunkte gewonnen werden, welchen Einfluss einzelne Kopplungsmerkmale und deren Merkmalsausprägungen auf die Leistungsfähigkeit der Lieferkette haben.

Die bei der Untersuchung der Kopplungsmerkmale „Bestellrhythmus“, „Belieferung“, „Bestellhäufigkeit“ und „Losgröße“ ermittelten Ergebnisse wurden gemeinsam mit den Prozessverantwortlichen ausgewertet. Im Anschluss daran wurde bei einem ausgewählten Produktbereich und bei drei repräsentativen Handelsunternehmen das Kopplungsdesign angepasst. Die regelmäßige Überprüfung der Zielgrößen bestätigte, dass die Leistungsfähigkeit des Systems durch die Anpassungen nachhaltig verbessert werden konnte. Dies führte dazu, dass die Anpassungen für alle Produkte und mit allen Handelsunternehmen durchgeführt wurden.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Es wurde ein konzeptioneller Rahmen für interorganisatorische Kopplungsdesigns vorgestellt. Der Analyse- und Gestaltungsrahmen ist die Basis für eine einheitliche Darstellung, Messung und Bewertung interorganisatorischer Kopplungen. Darauf aufbauend wurden ausgewählte Kopplungsdesigns einer konkreten Kunden-Lieferanten-Beziehung mittels Simulation hinsichtlich Effizienz und Effektivität analysiert. Dazu wurden gemeinsam mit den Prozessverantwortlichen die Zielgrößen zur Messung und Bewertung der Leistungsfähigkeit des Systems von den übergeordneten Unternehmenszielen abgeleitet. Anhand der vorgestellten Vorgehensweise konnten erste Erkenntnisse erzielt werden, welche Parameter der Kopplungen in welchem Umfang die Zielgrößen beeinflussen. Dies hilft den

Entscheidungsträgern bei der Gestaltung und anschließenden kontinuierlichen Verbesserung der unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse. Es hat sich gezeigt, dass der vorgestellte Ansatz geeignet ist, um komplexe reale Problemstellungen abzubilden und zu untersuchen, ohne von zu vielen Vereinfachungen auszugehen.

Da die Anzahl der theoretisch möglichen Kopplungsdesigns sehr groß ist, ist es notwendig, generische Kopplungsdesigns abzuleiten und den erarbeiteten Analyse- und Gestaltungsrahmen zu verallgemeinern. Dies impliziert, dass weitere Untersuchungen hinsichtlich der Zielgrößen Qualität, Kosten und Zeit durchgeführt werden. Darauf aufbauend ist es erforderlich, ein Konzept zur Messung der Flexibilitätsanforderungen sowie der Flexibilität interorganisatorischer Kopplungen zu entwickeln, da nur dann Wettbewerbsvorteile innerhalb eines Netzwerkes generiert werden können, wenn ein Fit zwischen dem Flexibilitätsbedarf und dem Flexibilitätspotenzial der Kopplung vorhanden ist.

## Literaturverzeichnis

- [Adam96] Adam, D.: Planung und Entscheidung, Modelle – Ziele – Methoden., 4. Auflage, Gabler, Wiesbaden 1996.
- [Beam99] Beamon, B.M.: Measuring Supply Chain Performance. In: International Journal of Operations & Productions Management, 19, 3, 1999, S. 275 – 292.
- [BeKa00] Becker, J.; Kahn, D.: Prozesse im Fokus. In: Becker, J. u.a.: Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Springer, Berlin u.a. 2000.
- [Clos98] Closs, D. J. u. a.: An Empirical Comparison of Anticipatory and Response-Based Supply Chain Strategies. In: The International Journal of Logistics Management, 9, 2, 1998, S. 21 – 34.
- [DoDr95] Domschke, W.; Drexl, A.: Einführung in Operations Research. 4. Auflage, Springer, Berlin u.a. 1995.
- [FeSi94] Ferstl, O.K.; Sinz, E.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. Band 1, 2. überarbeitete Auflage, Oldenbourg, München u.a. 1994.
- [Feie87] Feierabend, R.: Beitrag zur Abstimmung und Gestaltung unternehmensübergreifender logistischer Schnittstellen. 2. Auflage, Huss, München 1987.
- [Fort88] Fortuin, L.: Performance indicators: Why, where and how? In: European Journal of Operational Research, 34, 1988, S. 1 – 9.
- [Frau98] Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung: Delphi '98 Umfrage. Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Methoden und Datenbestand, Karlsruhe 1998.
- [HeBr99] Heinzl, A.; Brandt, A.: Simulationsmodelle. In: Weber, J.; Baumgarten, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Management von Material- und Warenflussprozessen, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1999, S. 392 – 411.
- [KeSa98] Kelton, D. W.; Sadowski, R. P.; Sadowski, D. A.: Simulation with Arena. McGraw-Hill, Boston u.a. 1998.
- [Klau99] Klaus, P.: Logistik als Weltanschauung. In: Weber, J./Baumgarten, W. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1999, S. 15 – 32.

- [Kuhn01] Kuhn, M.: Bewertung unterschiedlicher Kopplungsstrategien im Rahmen des Supply Chain Managements. Diplomarbeit am Lehrstuhl BWL VII – Wirtschaftsinformatik, Universität Bayreuth 2001.
- [KuSt99] Küll, R.; Stähly, P.: Zur Planung und effizienten Abwicklung von Simulationsexperimenten. In: Biethan, J. u.a. (Hrsg.): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe. State of the Art und neuere Entwicklungen. Physica, Heidelberg 1999, S. 1 – 21.
- [LaKe91] Law, A.; Kelton, D. W.: Simulation Modeling and Analysis. Second Edition, McGraw-Hill, New York u.a. 1991.
- [LePW97] Lee, H.L.; Padmanabhan, V.; Whang, S.: Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. In: Management Science 43 (4), 1997, S. 546 – 558.
- [Lieb95] Liebl, F.: Simulation, 2. Auflage, Oldenbourg, München 1995.
- [OtKo01] Otto, A.; Kotzab, H.: Der Beitrag des Supply Chain Managements zum Management von Supply Chains – Überlegungen zu einer unpopulären Frage. In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 53, 2001, S. 157 – 176.
- [Patz82] Patzak, G.: Systemtechnik. Springer, Berlin u.a. 1982.
- [ScJa99] Scholz-Reiter, B.; Jakobza, J.: Supply Chain Management – Überblick und Konzeption. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 207, 1999, S. 7 - 15.
- [Stef01] Steffen, C.: Simulative Analyse interorganisatorischer Geschäftsprozesse: Untersuchung ausgewählter Kopplungsdesigns anhand einer konkreten Kunden-Lieferantenbeziehung. Diplomarbeit am Lehrstuhl BWL VII – Wirtschaftsinformatik, Universität Bayreuth, 2001.
- [Swam97] Swaminathan, J. u.a.: Effect of Sharing Supplier Capacity Information, Working Paper, Haas School of Business, University of California, Berkeley, CA-94720, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA-15123, 1995, rev. 1997.
- [TaMu99] Tappe, D.; Mussäus, K.: Efficient Consumer Response als Baustein im Supply Chain Management. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 207, 1999, S. 47 – 57.

- [ThGr96] Thomas, D.J.; Griffen, P.M.: Coordinated supply chain management. In: European Journal of Operational Research 94, 1996, S. 1 – 15.
- [VVBB00] Van der Vorst, J.G.A.J.; Beulens, A.J.M.; Van Beek, P.: Modeling and simulating multi-echelon food systems. In: European Journal of Operational Research, 122, 2000, S. 354 – 366.
- [WaJD99] Waller, M.; Johnson, M.E.; Davis, J.: Vendor-Managed Inventory in the Retail Supply Chain. In: Journal of Business Logistics, 20, 1, 1999, S. 183 – 203.
- [Zapf01] Zapf, M.: Gestaltung flexibler Kundeninteraktionsprozesse im Communication Center: Theoretische Grundlagen und experimentelle Analyse. Dissertation, Universität Bayreuth, 2001.

---

**Folgende FORWIN-Berichte sind bisher erschienen:**

FWN-2000-001

Mertens, P.

**FORWIN – Idee und Mission**

**E-Business \* Supply Chain Management \* Betriebliche Software-Bausteine**

FWN-2000-002

Sinz, E. J.

**Die Projekte im Bayerischen Forschungsverbund Wirtschaftsinformatik (FORWIN)**

FWN-2000-003

Kaufmann, Th.

**Marktplatz für Bausteine heterogener betrieblicher Anwendungssysteme**

FWN-2000-004

Schaub, A., Zeier, A.

**Eignung von Supply-Chain-Management-Software für unterschiedliche Betriebstypen und Branchen – untersucht am Beispiel des Produktions-Prozessmodells zum System SAP APO**

FWN-2000-005

Friedrich, M.

**Konzeption eines Componentware-basierten Supply-Chain-Management-Systems für kleine und mittlere Unternehmen**

FWN-2000-006

Schmitzer, B.

**Klassifikationsaspekte betriebswirtschaftlich orientierter Frameworks**

FWN-2000-007

Zeier, A., Hauptmann, S.

**Ein Beitrag zu einer Kern-Schalen-Architektur für Supply-Chain-Management (SCM)-Software, Teil I: Anforderungen an den Kern einer SCM-Software und deren Abdeckung in SAP APO 2.0/3.0**

FWN-2000-008

Maier, M.

**Bestandsaufnahme zu Jobbörsen im WWW**

FWN-2000-009

Mantel, S., Knobloch, B.; Ruffer, T., Schissler, M., Schmitz, K., Ferstl, O. K., Sinz, E. J.  
**Analyse der Integrationspotenziale von Kommunikationsplattformen für verteilte Anwendungssysteme**

FWN-2000-010

Franke, Th., Barbian, D.  
**Platform for Privacy Preferences Project (P3P) - Grundsätze, Struktur und Einsatzmöglichkeiten im Umfeld des "Franken-Mall"-Projekts**

FWN-2000-011

Thome, R., Hennig, A., Ollmert, C.  
**Kategorisierung von eC-Geschäftsprozessen zur Identifikation geeigneter eC-Komponenten für die organisierte Integration**

FWN-2001-001

Zeier, A., Hauptmann, S.  
**Ein Beitrag zu einer Kern-Schalen-Architektur für Supply-Chain-Management (SCM)-Software, Teil II: Anforderungen an die Schalen einer SCM-Software und deren Abdeckung in SAP APO 2.0/3.0**

FWN-2001-002

Lohmann, M.  
**Die Informationsbank ICF – eine wissensbasierte Werkzeugsammlung für die Software-Anforderungsanalyse**

FWN-2001-003

Hau, M.  
**Das DATEV-Komponenten-Repository - Ein Beitrag zu Marktplätzen für betriebswirtschaftliche Software-Bausteine**

FWN-2001-004

Schoberth, Th.  
**Virtual Communities zur Unterstützung von Infomediären**

FWN-2001-005

Kronewald, K.; Menzel, G.; Taumann, W.; Maier, M.  
**Portal für bürgergerechte Dienstleistungen in der Sozialen Sicherheit**

FWN-2001-006

Maier, M.

**Strukturen und Prozesse im "Netzwerk für Arbeit"**

FWN-2001-007

Maier, M.; Gollitscher, M.

**Überlegungen zum Skill-Matching-Modul eines Leitstands für den regionalen,  
zwischenbetrieblichen Personalaustausch**

FWN-2001-008

Schissler, M.

**Unterstützung von Kopplungsarchitekturen durch SAP R/3**

FWN-2001-009

Göbel, Ch, Hocke, S.

**Simulative Analyse interorganisatorischer Kopplungsdesigns**