

# **Simulationsmodell zum Informationsaustausch im Supply Chain Management**

als  
Seminararbeit  
an der  
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Bern

eingereicht bei  
**Prof. Dr. Gerhard Knolmayer**  
Institut für Wirtschaftsinformatik

von  
Rentsch, Adrian Peter  
von Trub i. E. (BE)  
im 9. Semester  
Matrikelnummer: 02-131-621

Studienadresse:  
Dorf 42c  
3438 Lauperswil  
(Tel. 034 496 77 09)  
(e-mail: arentschi@DEC-online.ch)

Bern, 2006-11-30

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 SIMULATIONSSTUDIE</b>	<b>3</b>
2.1 Statischer Modellaufbau	3
2.1.1 Aufbaustruktur und Beziehungen	3
2.1.2 Annahmen	5
2.1.3 Nachvollziehbarkeit des statischen Modellaufbaus	7
2.2 Dynamischer Modellaufbau	8
2.2.1 Anticipatory Model	8
2.2.2 Response-Based Model	9
2.2.3 Nachfragestruktur	9
2.2.4 Bedarfsvorhersagen	11
2.2.5 Lagerhaltungs- und Bestellpolitik	11
2.2.6 Implementierung von Information Sharing	12
2.3 Verifikation und Validierung des Modells	12
2.4 Statistische Auswertung und Interpretation	15
<b>3 ERWEITERTES MODELL</b>	<b>18</b>
3.1 Prognoseverfahren auf allen Stufen	18
3.2 Mögliche Weiterentwicklungen	19
<b>4 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>20</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>22</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>23</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>24</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>Selbständigkeitserklärung</b>	<b>28</b>

# 1 Einleitung

Durch extensive Reorganisation von Strukturen und Prozessen in den Unternehmen nimmt der Grad der vertikalen Integration in einzelnen Wertschöpfungsketten (auch: Supply Chain) immer mehr ab. Produkte und Dienstleistungen werden von externen Partnern bezogen. Die unternehmensübergreifende Koordination entlang der Supply Chain gewinnt dadurch an Bedeutung.<sup>1</sup> Zusätzlich erschwert die meist unetstetige Nachfrage nach Produkten die Lieferung der richtigen Leistung, in der richtigen Qualität, am richtigen Ort, zur rechten Zeit, in der richtigen Menge. Um trotzdem einen hohen Servicegrad am Point-of-Sales (POS) erreichen zu können, sind Sicherheitsbestände im Lager nötig. Ziel ist es deshalb, die Kosten durch diese Lagerbestände und Bestellungen möglichst gering zu halten, ohne dass aber Umsätze am POS verloren gehen und somit das Servicelevel bzw. die Kundenzufriedenheit hoch bleibt.<sup>2</sup> Dieses Optimierungsproblem schaukelt sich entlang der Wertschöpfungskette und der einzelnen Glieder auf. Immer grösser werdende Lagerbestände bei den Zulieferern sind die Folge. Die Literatur nennt dieses Phänomen ‚Bullwhip-Effekt‘.<sup>3</sup> Das Konzept des Supply Chain Managements (SCM) nimmt sich nun dieser Problematik an und richtet dabei seinen Fokus auf die ganze Wertschöpfungskette.<sup>4</sup> Eine wichtige Fragestellung im SCM lautet nun, ob im Rahmen einer Zusammenarbeit innerhalb der Supply Chain wichtige Informationen zur Nachfrage und zu Bestellungen der einzelnen Stufen geteilt werden sollen oder nicht.<sup>5</sup>

Um die Effektivität und Effizienz von einzelnen SCM-Konzepten messen und vergleichen zu können, bedarf es konkreter Daten. Es ist schwierig, solche Daten in der Realität zu erheben, da Supply Chains sehr komplex sein können und von vielen unkontrollierbaren Variablen beeinflusst sind. Die Methode der Simulation von Supply Chains kann dabei die Datenlücke schliessen.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Knolmayer/Mertens/Zeier (2002), S. 1.

<sup>2</sup> Vgl. Wikipedia (2006c).

<sup>3</sup> Vgl. Lee/Padmanabhan/Whang (1997).

<sup>4</sup> Vgl. Simchi-Levi/Kaminsky/Simchi-Levi (2000), S. 7 ff.

<sup>5</sup> Vgl. Schmidt/Knolmayer (2006), S. 1 f.

<sup>6</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 23.

---

Diese Seminararbeit untersucht zu diesem Zweck die Simulationsstudie von *Closs et al. 1998* und baut mit Hilfe der Simulationssoftware Extend 6<sup>7</sup> das in der Studie vorgestellte Modell nach. Es interessiert, ob die Ergebnisse der publizierten Studie replizierbar und inwiefern diese von den getroffenen Annahmen und/oder der zugrundeliegenden Modellstruktur abhängig sind. Gleichzeitig wird das Modell kritisch anhand folgender Kriterien beurteilt<sup>8</sup>:

- Nachvollziehbarkeit des Modells
- Plausibilität der Modellannahmen hinsichtlich
  - Nachfragestruktur
  - Bedarfsvorhersagen
  - Lagerhaltungspolitiken
  - Implementierung von Information Sharing (IS)
- Verifikation und Validierung des Modells
- Statistische Auswertung

Aus den Erkenntnissen der Untersuchung des Modells werden abschliessend Erweiterungen vorgestellt, welche die anhand der Kriterien identifizierten Probleme berücksichtigen und in eine angepasste Modellstruktur aufgenommen werden.

---

<sup>7</sup> Vgl. Extend (2006).

<sup>8</sup> Vgl. Schmidt/Knolmayer (2006), S. 3 f.

## 2 Simulationsstudie

Die Simulationsstudie von *Closs et al. 1998* trägt den Titel „*An Empirical Comparison of Anticipatory and Response-Based Supply Chain Strategies*“. Die Autoren vergleichen dabei zwei verschiedene Konzepte der Bedarfsplanung. Dem *Anticipatory Model* liegt eine traditionelle Bedarfsplanung mittels exponentieller Glättung erster Ordnung zugrunde. Im *Response-Based Model* ist eine spezielle Art des IS umgesetzt.

Kapitel 2.1 geht im Folgenden auf den statischen Modellaufbau ein und beschreibt die Aufbaustruktur der Elemente und deren Beziehung untereinander sowie die getroffenen Annahmen. Kapitel 2.2 erläutert anschliessend den dynamischen Modellaufbau des *Anticipatory Model* und des *Response-Based Model* sowie die den beiden Modellen zugrundeliegende Nachfragestruktur. Im Kapitel 2.3 wird das selbst gebaute Modell auf die Richtigkeit hin geprüft bzw. mit dem vorgegebenen Modell verglichen. Kapitel 2.4 macht basierend auf den vorgestellten Überlegungen zur Simulationsstudie eine statistische Auswertung der Daten.

Im ganzen Kapitel 2 wird an passenden Stellen zudem das Modell anhand der in Kapitel 1 genannten Kriterien kritisch durchleuchtet.

### 2.1 Statischer Modellaufbau

Das *Anticipatory Model* und das *Response-Based Model* besitzen die gleiche statische Aufbaustruktur.

#### 2.1.1 *Aufbaustruktur und Beziehungen*

Das Grundmodell (Abbildung 1) beschreibt eine vierstufige Wertschöpfungskette, ohne dass die Beziehungen upstream vom Supplier zum Rohstoffmarkt („World“) sowie downstream vom Verkäufer („Retailer“) zum Endkunden („Customer“) mitgerechnet werden. Ein Rohstoffhändler bezieht die Ware vom Rohstoffmarkt („World“) und beliefert einen Hersteller („Manufacturer“). Dieser Hersteller wiederum ist Zulieferer für zwei unabhängige Zwischenhändler („Distributor“). Dabei besitzt Distribu-

tor #1 einen Verkäufer (Retailer A) als direkten Partner, Distributor #2 dagegen versorgt zwei Verkaufsladen mit Ware (Retailer B und Retailer C). Jeder Einzelhändler besitzt einen Pool von Kunden. Die Ware fließt gemäss eingegangenen Bestellungen vom Supplier downstream der Supply Chain zum Endkunden („Physical flow“). Je nach implementiertem IS tauschen die Mitglieder der Supply Chain relevante Verkaufs- und Nachfrageinformationen aus („Information flow“).

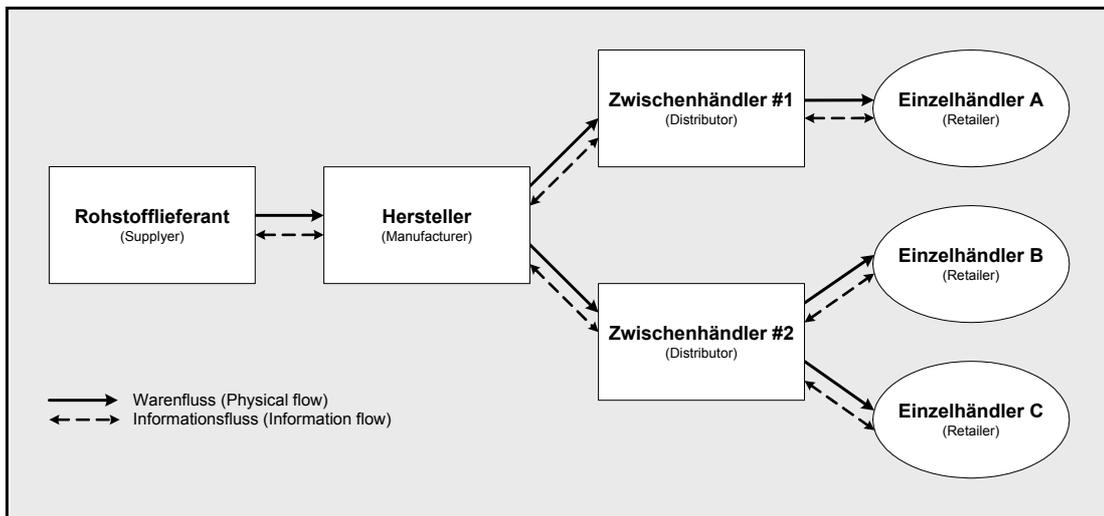


Abbildung 1: Basiskonfiguration der betrachteten Supply Chain.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 25.

### 2.1.2 Annahmen

Den Transport- und Prozesszeiten liegen eine Vielzahl von Parametern zugrunde. Tabelle 1 stellt eine Übersicht dieser Parameter dar.

Parameter	Mittelwert/ Most-likely*	Verteilung
Transportzeit zum Supplier	5.0	Log-Normal
Prozesszeit Supplier	1.0	Normal (Stdabw. = 0.3)
Transportzeit zum Hersteller	5.0	Log-Normal
Prozesszeit Hersteller	0.08*	Triangular (min = 0.02, max = 0.2)
Transportzeit zum Distributor	5.0	Log-Normal
Prozesszeit Distributor	0.3*	Triangular (min = 0.1, max = 1.0)
Transportzeit zum Einzelhändler	5.0	Log-Normal
Prozesszeit Einzelhändler	0.5*	Triangular (min = 0.2, max = 2.0)
Durchschnittliche Durchlaufzeit vom Supplier zum Einzelhändler	21.88	

Tabelle 1: Modellparameter - Transport- und Prozesszeiten (in Tage).<sup>10</sup>

Die Angaben von *Closs et al. 1998* betreffend Kapazitäten der Zwischenhändler und Verkäufer sowie bezüglich der Transportpläne zwischen den Unternehmen sind gemäss Ansicht des Verfassers dieser Arbeit zu unpräzise und lassen grossen Interpretationsspielraum offen. Tabelle 2 und Tabelle 3 nennen die von den Autoren getroffenen Annahmen und weisen auf mögliche Unklarheiten hin.

Kapazität	Kommentar
Die erwarteten Verkaufsvolumen und Kapazitäten von Retailer A entsprechen der Summe von Retailer B und Retailer C.	Wie genau diese Kapazitätsangaben zu modellieren sind, wird nirgends konkret umschrieben. Da bei den Retailern jeweils Kunden mit der gleichen Nachfragestruktur und unabhängig voneinander eintreffen, bleiben die Kapazitäts-/Volumenangaben im nachgebauten Modell unberücksichtigt.
Die Kapazität von Distributor #1 entspricht der von Distributor #2.	

Tabelle 2: Übersicht der Annahmen betreffend der Kapazitäten.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 26.

<sup>11</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 25.

Transportpläne	Kommentar
Vom Supplier zum Hersteller erfolgt der Transport einmal pro Woche in ‚Full truck load‘ <sup>12</sup> .	Die Studie macht keine Angaben über die Zeitpläne der Lieferung bzw. ob die Lieferungen an fixen Tagen unter der Woche erfolgen oder die Tage zufällig gewählt sind.
Lieferung vom Hersteller zum Distributor und von dort zum Retailer erfolgt zweimal pro Woche in ‚Less than truckload‘ <sup>13</sup> .	Fährt der LKW nun einmal pro Woche, dann jeweils mittwochs. Fährt er zweimal, dann jeweils dienstags und donnerstags.

Tabelle 3: Übersicht der Annahmen betreffend der Transportpläne.<sup>14</sup>

Je nach Stufe in der Supply Chain sind die Lagerhaltungs- und Bestellpolitiken (Anfangs-/Sicherheitsbestände) verschieden mit Anfangswerten ausgestattet. Ebenso existieren Vorschriften bezüglich der statistischen Auswertung. Diese konstruktiven Modellvorgänge sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Annahmen zur Nachfrage der Kunden
Die ‚inter-arrival times‘ der Kunden beim Einzelhändler sind unabhängig voneinander. Sie folgen einer uniformen Verteilung.
Die Bestellungen der Kunden bei den Einzelhändlern sind unabhängig voneinander.
Jeder Kunde plaziert eine Bestellung für ein Produkt.
Modellannahmen
Eine Arbeitswoche dauert fünf Tage. Ein Arbeitsmonat hat demnach 23 Arbeitstage.
Die Zwischen- und Einzelhändler besitzen zu Beginn der Simulation einen Anfangsbestand des Lagers von fünf Einheiten.
Die Sicherheitsbestände der drei Einzelhändler betragen zehn Einheiten.
Die Simulation läuft 100 Mal für eine Zeitperiode von 101 Tagen. An jedem 101. Tag werden dabei die Daten für die statistische Auswertung gesammelt.
Die Datensammlung beginnt nach einer Aufwärmphase von 2'000 Tagen.
Im <i>Anticipatory Model</i> ist eine Anfangsproduktion von 15 Einheiten bereits durchgeführt.

Tabelle 4: Übersicht der konstruktiven Modellvorgänge.<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Vgl. Wikipedia (2006b).

<sup>13</sup> Vgl. Wikipedia (2006b).

<sup>14</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 25.

<sup>15</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 27.

Die Simulation läuft demnach 100 Mal à Perioden zu 101 Tage durch. Am Ende jeder Periode werden die statistischen Kennzahlen erhoben. Dies ergibt einen totalen Simulationshorizont von 10'100 Tagen (rund 28 Jahre). Die lange Aufwärmphase (rund 5.5 Jahre) bis zum Sammeln von Daten zur statistischen Auswertung ist ebenfalls erwähnenswert. Denn unter diesen Annahmen muss davon ausgegangen werden, dass sich in der Praxis eine so ausgestaltete Supply Chain während 28 Jahren strukturell nicht weiterentwickelt. Erkenntnisse aus der stetigen technologischen Entwicklung<sup>16</sup> zum Zwecke einer Effizienzsteigerung in diesem Zeitraum fließen nicht in die Supply Chain ein.

Die Anfangsbestände sind relativ gering. Sie entsprechen der durchschnittlichen, täglichen Nachfrage der Kunden während der ersten 120 Tage (je Periode) beim Einzelhändler multipliziert mit der Liefer-/Vorlaufzeit. Die Sicherheitsbestände bei den Einzelhändlern sind offenbar ebenfalls nach diesem Schema gewählt. Sie entsprechen gerundet der durchschnittlichen Nachfrage über das ganze Muster hinweg gesehen (= 2.07) multipliziert mit der Liefer-/Vorlaufzeit.

### **2.1.3 Nachvollziehbarkeit des statischen Modellaufbaus**

Die Konfiguration der Supply Chain kann als praxisnah bezeichnet werden. Die Produktion erfolgt nach dem Prinzip der Lagerfertigung (Make-to-Stock)<sup>17</sup>, wobei die Produkte von der höheren Stufe in die darunterliegende geschoben („pushed“) werden.<sup>18</sup> Die hergestellten Produkte und Leistungen werden über den Einzelhandel („Retailer“) verkauft. Beide Elemente sind mögliche Ausprägungen im SCOR Framework des Supply-Chain Councils auf der Stufe „Make“ bzw. „Delivery“.<sup>19</sup>

Konkrete Veränderungen (z. B. Montage, Halb-/Fertigfabrikate) am Produkt werden gemäss Modellbeschreibung in der ganzen Supply Chain keine vorgenommen. Es findet auf jeder Stufe lediglich eine Verzögerung in der Einlieferung statt („Prozesszeit“). Man kann durchaus von „trivialem Durchschieben“ der Produkte durch die

---

<sup>16</sup> Vgl. Fenn/Linden (2005), S. 11.

<sup>17</sup> Vgl. Logistik (2006), „Make-to-Stock“.

<sup>18</sup> Vorbehalten bleibt an dieser Stelle ein eigentlich implizites Information Sharing im *Anticipatory Model*. Siehe dazu auch Kapitel 2.2.1.

<sup>19</sup> Vgl. SCOR (2006), S. 19.

Supply Chain sprechen. Die Funktion des Distributors ist aus dieser Perspektive gesehen nicht klar. Der Hersteller könnte nämlich direkt an den Einzelhandel liefern, da der Distributor keine essentiellen Veränderungen am Produkt vornimmt. Aus ökonomischer Sicht macht diese zusätzliche Arbeitsteilung gemäss Ansicht des Verfassers dieser Arbeit wenig Sinn.

## 2.2 Dynamischer Modellaufbau

Wie bereits erwähnt, besitzen das *Anticipatory Model* und das *Response-Based Model* die gleiche statische Struktur. Unterschiede zwischen diesen zwei Modellen ergeben sich nur in wenigen, kontrollierbaren dynamischen Elementen. Diese Grundannahme eliminiert die Einflüsse der Aufbaustruktur auf die Ergebnisse. Somit können die Resultate der beiden Modelle miteinander verglichen und allfällige Abweichungen schlüssig interpretiert werden.

### 2.2.1 *Anticipatory Model*

Im *Anticipatory Model* werden die Bedarfe der einzelnen Stufen mittels exponentieller Glättung erster Ordnung vorhergesagt. Geglättet werden dabei die aktuellen Nachfragen der Kunden auf Stufe Einzelhandel mit einem  $\alpha$ -Faktor von 0.25. Wie diese prognostizierte Nachfrage für die vorgelagerten Stellen verwendet wird, lässt die Modellbeschreibung offen bzw. gibt sie keine klaren Vorgaben. Es muss vermutet werden, dass die geglättete Nachfrage aus den Verkaufslökalen für die restlichen Stufen bekannt ist. Ebenso bleiben *Closs et al. 1998* eine Erklärung schuldig, aus welchem Grund diese Informationen erst mit einer Verzögerung von 15 Tagen verfügbar sind. Dass die gefertigten Produkte vom Rohstofflieferant über den Hersteller hin zum Distributor geschoben („pushed“) werden, ändert an diesem Erklärungsnotstand nichts. Es verdeutlicht nur, dass der Rohstofflieferant, der Hersteller und der Distributor selbst keine Vorhersagen über die bei ihnen getätigten Bestellungen machen, sondern die Information direkt mit der genannten Verzögerung vom Retailer erhalten. Es findet demnach bereits hier implizit ein IS statt.

### 2.2.2 *Response-Based Model*

Im *Response-Based Model* findet nun ein explizites IS statt. Die Nachfrage der Kunden bei den Einzelhändlern steht ohne Verzögerung den restlichen Stufen zur Verfügung. Sie bestellen mit Eintreffen der Information unverzüglich bei der nächst höheren Stufen, um ihr eigenes Lager aufzufüllen („pulling“). Im Prinzip aber ist dieses Vorgehen genau das gleiche wie beim *Anticipatory Model*. Anstelle der geglätteten Nachfrage der Einzelhändler (mit einer Verzögerung von 15 Tagen) wird die Nachfrage der Kunden direkt der höheren Stufe in Auftrag gegeben bzw. von ihr bereitgestellt.

### 2.2.3 *Nachfragestruktur*

Die Nachfragestruktur folgt einer uniformen Verteilung (Abbildung 2) und ist im *Anticipatory Model* und im *Response-Based Model* identisch. Die Verteilung ist so ausgestaltet, dass sie die Marktnachfrage sowie die Supply Chain Aktivitäten als dynamische Prozesse widerspiegelt.<sup>20</sup> Ein saisonaler Einfluss soll so simuliert werden. Das Nachfragemuster weist eine gewisse Regelmässigkeit auf. Die durchschnittliche „Inter-arrival time“<sup>21</sup> der Kunden bei den Einzelhändlern beträgt 0.48 Tage. Aus den Modellannahmen ist bekannt, dass jeder Kunde jeweils nur ein Produkt bestellt.

Daraus lässt sich folgendes ableiten:

- Keine eigentliche Zufallsverteilung der täglichen Nachfrage.
- Nur kleine Nachfragesprünge.
- Das produzierte Gut ist kein Massenprodukt.

Die Vermutung, dass das produzierte Gut kein Massenprodukt ist, lässt sich mit der geringen Nachfrage pro Tag und pro Kunde begründen. Möglich wäre es zwar, dass der Kunde z. B. eine Kiste bestehend aus 250 Büchsen bestellt und die Büchsen das eigentliche Produkt sind. Mit Hinblick auf das in Kapitel 1 hingewiesene Optimierungsproblem dürfte dies aber nicht der Fall sein. Mit den Prognosen auf Kistenbasis

---

<sup>20</sup> Closs et al. (1998), S. 26.

<sup>21</sup> Hier: Die „Inter-arrival time“ gibt die Zeit zwischen dem Eintreffen zweier Kunden an. Sie rechnet sich eins über der Anzahl Kunden pro betrachtete Zeiteinheit.

anstelle auf Basis der einzelnen Büchsen entstünde so eine statistische Ungenauigkeit aufgrund der geringen und unteilbaren Stückzahlen und die Lösung wäre dadurch nicht optimal.

Wieder stellt sich nun die Frage, welche Funktion der Distributor in dieser Supply Chain übernimmt. Mit der Tatsache, dass offenbar kein Massenprodukt produziert wird, darf man zudem die eigentliche Aufgabe des Einzelhändlers anzweifeln. Muss dieses Produkt wirklich bei einer Kundennachfrage direkt verfügbar sein? Ist dies eine praxisnahe Annahme? Es ist zu vermuten, dass aus diesem Blickwinkel gesehen eine Auftragsfertigung<sup>22</sup> direkt beim Hersteller nachvollziehbarer ist. Die Durchlaufzeit in der Supply Chain würde so im Schnitt um 10.8 Tage gekürzt.

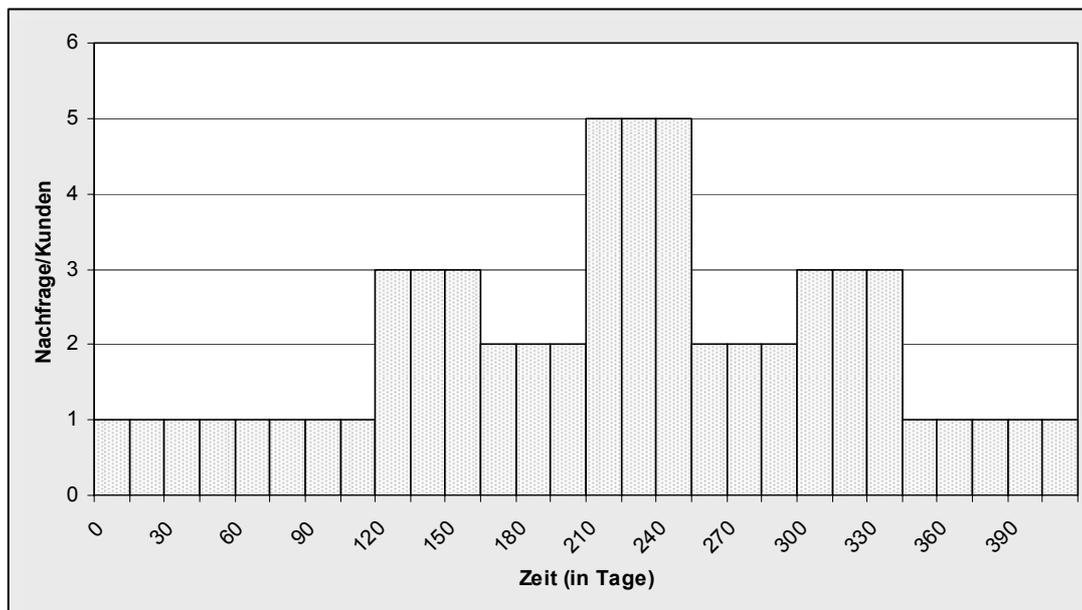


Abbildung 2: Nachfragestruktur/-muster beim Einzelhändler.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Vgl. Logistik (2006), ‚Make-to-Order‘.

<sup>23</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 26.

### 2.2.4 **Bedarfsvorhersagen**

Im *Anticipatory Model* ist eine exponentielle Glättung erster Ordnung auf die tägliche Nachfrage der Kunden beim Einzelhändler umgesetzt. Der  $\alpha$ -Faktor von 0.25 weist darauf hin, dass Werte der naheliegenden Vergangenheit weniger gewichtet werden als die der fernen Vergangenheit. Da die Nachfrage über die Zeit hinweg keine grossen Sprünge aufweist und die Verteilung uniform ist, hat die Glättung offenbar keine grossen Auswirkungen auf den Verlauf der vorhergesagten Nachfragestruktur im Vergleich mit der tatsächlichen (Abbildung 3).

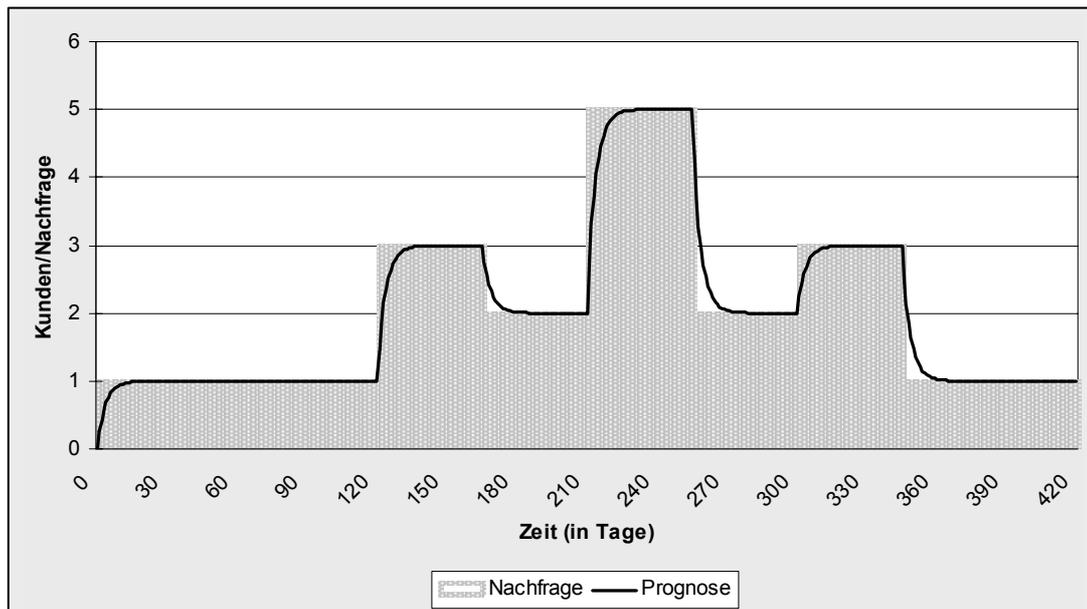


Abbildung 3: Tatsächliche und geglättete Nachfragestruktur.

Im *Response-Based Model* findet keine Vorhersage der zukünftigen Bedarfe statt.

### 2.2.5 **Lagerhaltungs- und Bestellpolitik**

Die verschiedenen Lagerhaltungspolitiken sind gekennzeichnet durch den Bestellpunkt, den Bestellzyklus, die Bestellmenge und das Bestellniveau.<sup>24</sup> Im *Anticipatory Model* ist auf Stufe Einzelhandel eine (s,S)-Politik (Bestellpunkt-Lagerniveau-Politik)<sup>25</sup> umgesetzt. Nach Unterschreiten eines bestimmten physischen Lagerniveaus  $s$  wird eine Bestellung mit derjenigen Menge ausgelöst, welche den disponiblen La-

<sup>24</sup> Vgl. Tempelmeier (2006).

<sup>25</sup> Vgl. Wikipedia (2006a).

gerbestand auf ein vorher definiertes Niveau  $S$  zurückbringt. Da weder variable noch fixe Bestellkosten berücksichtigt sind, entspricht der ‚reorder-point‘ (Bestellpunkt) dem ‚order-up-to level‘ (Bestellniveau), also  $s = S$ .<sup>26</sup> Auf den anderen Stufen im Modell sind keine eigenen Lagerhaltungs- und Bestellpolitiken implementiert. Die Produktion beim Supplier wird durch die prognostizierten Bedarfe des Einzelhändlers verzögert ausgelöst und von einer Stufe auf die nächste geschoben (Vgl. Kapitel 2.1.3).

Im *Response-Based Model* finden implizit keine eigentlichen Bestellungen (ausser vom Kunden zum Einzelhändler) statt. Siehe dazu auch Kapitel 2.2.2.

### **2.2.6 Implementierung von Information Sharing**

Über die Art und Weise des IS und seine Schwächen gibt Kapitel 2.2.2 bereits Auskunft. Wie dort erwähnt, ist der Unterschied zwischen dem *Anticipatory Model* (ohne IS) und dem *Response-Based Model* (mit IS) nicht gross. Im nachgebauten Modell ist nun IS so umgesetzt, dass anstelle der prognostizierten Bestellmengen der Einzelhändler die Nachfrage der Kunden in die weiteren Stufen einfließt, um basierend darauf die Bedarfe zum Auffüllen der Lager abzuleiten. Es bleibt offen, in wie fern dieses IS für die Praxis relevant ist bzw. einen konkreten Zusatznutzen stiftet.

## **2.3 Verifikation und Validierung des Modells**

Die ersten Testläufe<sup>27</sup> mit dem selbst erstellten, kompletten Modell lieferten nicht die von der Studie vorgegebenen Resultate. Nach systematischem Prüfen der einzelnen Vorgänge auf den verschiedenen Stufen wurden am eigenen Modell im Vergleich zu den Resultaten der Studie folgende Schwachstellen gefunden:

---

<sup>26</sup> Vgl. Simchi-Levi/Kaminsky/Simchi-Levi (2000), S. 52.

<sup>27</sup> Die Simulation läuft 2'100 Tage. Die Daten werden ab dem 420. Tage gesammelt. Tests erfolgten mit dem *Anticipatory Model* als auch mit dem *Response-Based Model*. Die Transportpläne wurden geändert, so dass die LKWs täglich fahren. Der Verfasser der Arbeit vermutet dort eine grosse Verzögerung im Prozess, was dann auch bestätigt wird (siehe Schwachpunkt „Transport“).

## Bestellungen

Grundsätzlich bestellt bereits der Einzelhändler zu wenig. Obwohl man z. B. dem Zwischenhändler ein unendliches Lager zugesteht, erreicht das Servicelevel bereits auf der ersten Stufe nur einen Höchstwert um die 95 %. Verglichen mit den Resultaten der Studie ist dies deutlich zu wenig. Dieser Effekt schaukelt sich auf, wenn man nach gleichem Muster die anderen Stufen testet. Die modellierte Bestellpolitik ist mit Hinblick auf die Studienresultate ungenügend.

## Transport

Die Transporthäufigkeit bzw. die zusammengefassten („batched“) Lieferungen haben einen grossen Einfluss auf die effektiven Durchlaufzeiten. Sie sind um bis zu vier Tage (bei fixer Lieferung einmal pro Woche) oder um bis zu drei Tage (bei fixer Lieferung zweimal pro Woche) höher als geplant.

## Lager

Die Lager auf den einzelnen Stufen sind im Vergleich zur Studie viel höher (um das Zwanzigfache). Trotzdem treten auf der Stufe des Zwischenhändlers und des Herstellers Tage auf, wo nichts mehr an Lager ist (Abbildung 4). Betrachtet man den Verlauf der Lagerbestände der gesamten Supply Chain, so sind genügend Produkte vorhanden (Abbildung 5), sie befinden sich jedoch am falschen Ort.

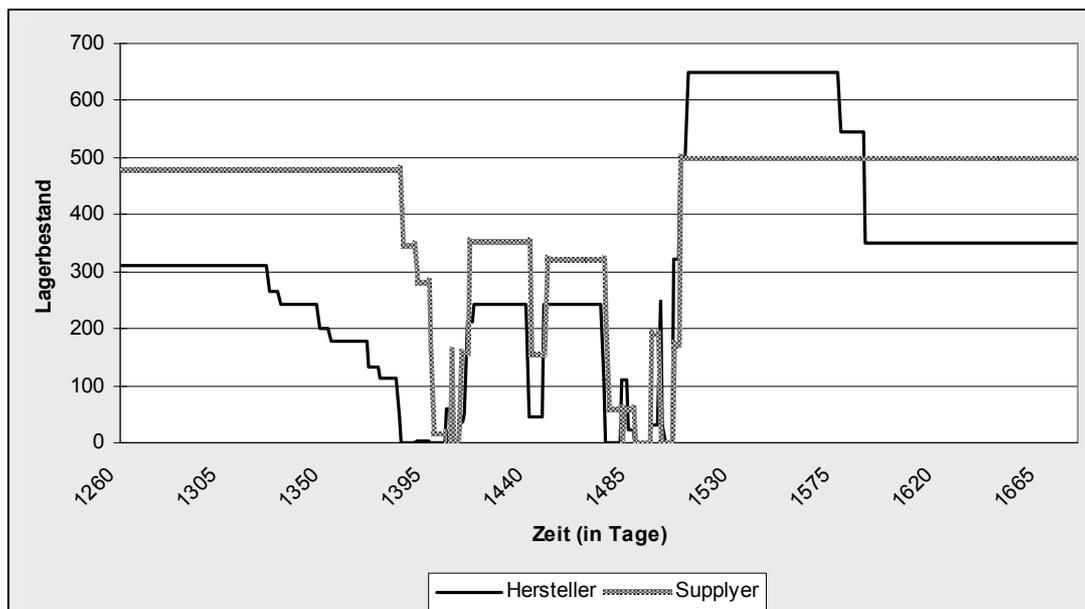


Abbildung 4: Lagerbestand des Herstellers und Suppliers im Zeitverlauf vom 1260. bis zum 1680. Tag des Simulationslaufs.

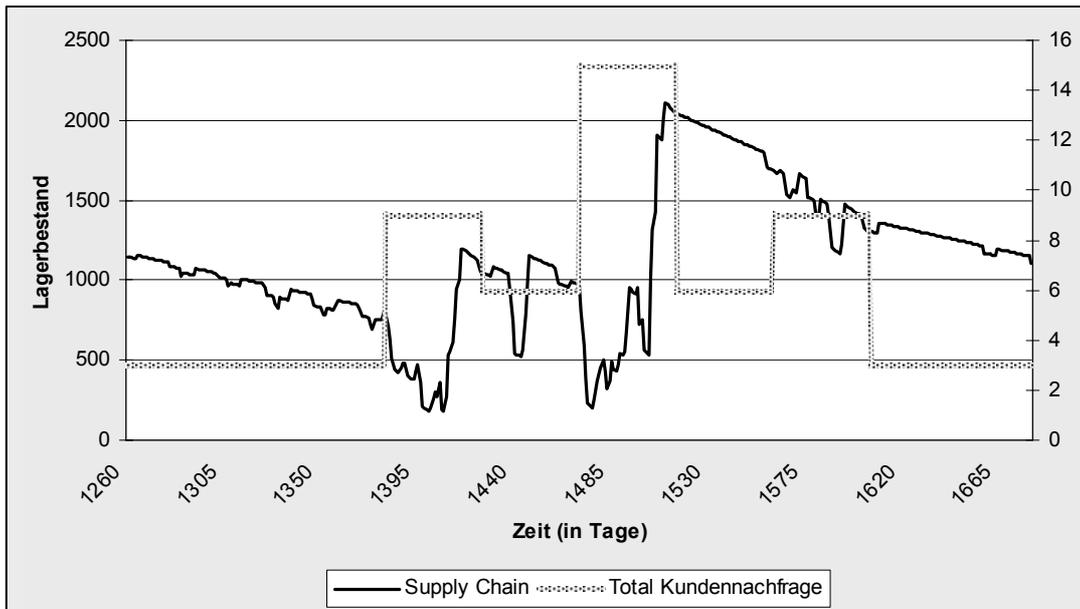


Abbildung 5: Lagerbestand in der Supply Chain verglichen mit der summierten Kundennachfrage bei den drei Einzelhändlern.

Es lässt sich also festhalten, dass vom Einzelhändler zu wenig bestellt/produziert wird, die Produkte dann auch nicht zur rechten Zeit, am rechten Ort vorzufinden sind. Auf die zeitliche Komponente haben nebst den statischen Modellelementen (Prozesszeiten, Transportzeiten/-pläne) v. a. auch die Lagerhaltungs-/Bestellpolitik einen Einfluss. In Kapitel 2.2.1 wurde dargelegt, dass diese Angaben in der Studie zu unpräzise bzw. teils bedingt nachvollziehbar sind, als dass man sie auf kleinster Stufe zweifelsfrei korrekt nachbauen könnte. Es ist nun wahrscheinlich, dass dort im Vergleich zur Simulationsstudie der Fehler liegt und dies einer der Hauptgründe für die zeitliche Verschiebung der Bestellungen und Lieferungen ist. Ein anderer ist die Tatsache, dass die effektiven Vorlaufzeiten im Schnitt höher sind als die erwarteten (Tabelle 5). Diese Phänomene treten sowohl im *Anticipatory Model* als auch im *Response-Based Model* auf.

Stufe	Vorlaufzeit (Anticipatory Model)	
	Erwartet (Tage)	Effektiv (Tage)
Supplier	6.00	5.93
Hersteller	5.08	6.63
Distributor #1	5.30	7.31
Distributor #2	5.30	6.86
Retailer A	5.50	7.99
Retailer B	5.50	8.26
Retailer C	5.50	7.77
Durchschnitt (gewichtet)	21.88	27.65

Tabelle 5: Vergleich erwarteter und effektiver Durchlaufzeiten.

## 2.4 Statistische Auswertung und Interpretation

Von den in Kapitel 2.3 festgestellten Schwachpunkten ausgehend, macht eine detaillierte, statistische Auswertung von Resultaten aus dem nachgebauten Modell wenig Sinn. Um trotzdem in einem kleineren Rahmen die Grundhypothesen<sup>28</sup> der Studie prüfen zu können, hat der Verfasser dieser Arbeit das Modell soweit vereinfacht, als dass es nur noch drei Stufen besitzt und Verzweigungen keine mehr vorkommen. Die angewendeten Parameter und konstruktiven Modellvorgänge sind die gleichen. Abbildung 6 zeigt den modifizierten Modellaufbau.

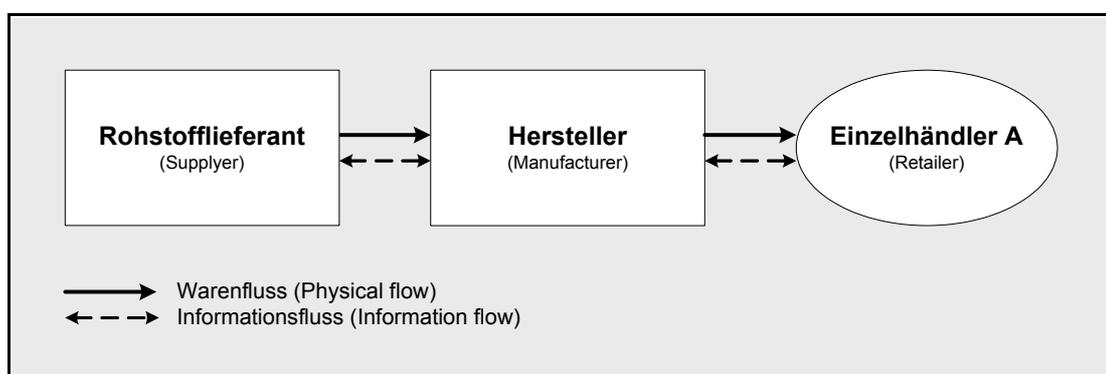


Abbildung 6: Vereinfachte Modellstruktur zur statistischen Auswertung.

<sup>28</sup> Vgl. Closs et al. (1998), S. 24.

Die Simulation am vereinfachten Modell lief 100 Mal durch mit jeweils einem Zeit-  
horizont von 2'100 Tagen. Die Aufwärmphase betrug 420 Tage, da gemäss vorange-  
henden Testläufen die Initialisierung des Modells ab diesem Zeitpunkt keinen Ein-  
fluss mehr auf das Ergebnis hat. Simuliert wurde am *Anticipatory Model* und am  
*Response-Based Model*. Mit Hilfe des t-Tests wurde abschliessend die Gültigkeit der  
Hypothesen aus der Studie geprüft. Die Hypothesen lauten wie folgt:

**H1:** „*Customer service performance, as measured by percent of consumer orders  
filled, is significantly higher for the response-based supply chain.*“<sup>29</sup>

**H2:** „*Inventory quantity at each supply chain stage is significantly lower for the  
response-based supply chain.*“<sup>30</sup>

**H3:** „*Total system inventory quantity is significantly lower for the response-based  
supply chain.*“<sup>31</sup>

Die Hypothese H2 betreffend der Lagerbestände auf den einzelnen Stufen kann nicht  
überprüft werden, da das vereinfachte Modell dort keine auswertbaren Resultate lie-  
fert. Die nach Zeit gewichteten Lagerbestände betragen auf den Stufen Supplier und  
Hersteller jeweils einen Mittelwert von Null, da sämtliche Bestände gleich zum Re-  
tailer hin durchgeschoben werden. In Tabelle 6 sind die Resultate der beiden Stich-  
proben zu finden.

	Anticipatory		Response-Based		p-Wert*
	Mittelwert	Stdabw.	Mittelwert	Stdabw.	
<i>Servicelevel</i>	79.17 %	1.27 %	92.43 %	3.86 %	0.00
<i>Lager Supplier</i>	0	0	0	0	-
<i>Lager Hersteller</i>	0	0	0	0	-
<i>Lager Retailer</i>	30.48	23.30	64.93	23.14	-
<i>Lager Total</i>	30.48	23.30	64.93	23.14	-

\* Signifikanzniveau = 95 %.

*Tabelle 6: Resultate der Simulation und Hypothesentest.*

<sup>29</sup> Closs et al. (1998), S. 24.

<sup>30</sup> Closs et al. (1998), S. 24.

<sup>31</sup> Closs et al. (1998), S. 24.

---

Aufgrund der Testresultate kann die Hypothese H1 bestätigt werden. Das Servicelevel ist im *Response-Based Model* signifikant höher als im *Anticipatory Model*. Hypothese H3 muss dagegen im vorliegenden Fall abgelehnt werden. Der Mittelwert des gesamtem Lagerbestandes ist im *Response-Based Model* bereits höher als im *Anticipatory Model* und somit entgegen der Aussage der Hypothese. Das Testen auf ein Signifikanzniveau entfällt.

Dass mit IS das Servicelevel höher ist, erstaunt aufgrund der Zahlen nicht. Es stehen dem Retailer grössere Lagerbestände zur Verfügung. Die Gefahr von verlorenem Umsatz ist also geringer. Das im Kapitel 1 beschriebene Optimierungsproblem wurde hier nur bedingt gelöst: Das Servicelevel ist zwar höher, doch geschieht dies auf Kosten eines grösseren Lagers.

Im Modell ohne IS ist der Servicegrad äusserst gering. Die zeitlichen Verzögerungen durch die Transportpläne und die künstliche Verzögerung der Bedarfe (siehe Kapitel 2.2.1) beim Retailer resp. dem Supplier dürften die Gründe dafür sein.

### 3 Erweitertes Modell

Anhand der im Kapitel 1 genannten Kriterien wurde in Kapitel 2 das vorgegebene Modell kritisch durchleuchtet. Das so entstandene, nachgebaute Modell genügt den Resultaten aus der Simulationsstudie nicht. Ein Ausbau des Modells im Sinne der Simulationsstudie würde demnach keine wertvollen Zusatzkenntnisse bringen. Mit einer kleinen Erweiterung lässt sich aber mit dem nachgebauten Modell eine ‚echte‘ Lagerfertigung simulieren.

Kapitel 3.1 stellt nun diese Erweiterung vor. Im Kapitel 3.2 wird auf mögliche Weiterentwicklungen des Modells eingegangen. Die statische Modellstruktur bleibt hier die gleiche. Die dynamische Ausgestaltung orientiert sich in den Grundzügen an den Annahmen des *Anticipatory Model*.

#### 3.1 Prognoseverfahren auf allen Stufen

Der Verfasser dieser Arbeit versteht unter einer ‚echten‘ Lagerfertigung, dass sämtliche Informationen betreffend Bestellmengen und Bestellhäufigkeiten durch eine Stufe bzw. bei einer Stufe mit den restlichen Mitgliedern der Supply Chain nicht geteilt werden. Jede Stufe muss anhand der ihr vorliegenden Informationen entscheiden, wann eine Bestellung und in welcher Höhe diese erfolgt. Sie prognostiziert anhand der ihr bekannten Nachfragemenge ihre Bedarfe für die Zukunft.

Alle Stufen der Supply Chain prognostizieren also mit dem bereits bekannten Verfahren der exponentiellen Glättung erster Ordnung ihre Bedarfe. Eine Bestellung wird ausgelöst, sobald der Bestellpunkt unterschritten ist. Diese Überprüfung findet in jeder Periode statt. Da die Kosten einer Bestellung (bestellfixe Kosten bzw. variable Kosten einer Bestellung, Lagerhaltungskosten) nicht berücksichtigt werden, gilt wiederum  $s = S$ . Um eine solches Bestellverfahren simulieren zu können, müssen ausstehende Bestellungen (sog. ‚Outstanding orders‘) berücksichtigt werden. Die Summe aus vorhandenen Lagerbeständen und den ausstehenden Bestellungen ergibt den disponiblen Lagerbestand zum Betrachtungszeitpunkt.

## 3.2 Mögliche Weiterentwicklungen

Modellierungstechnisch ist das Modell nun so aufgebaut, dass ohne grosse Anpassungen folgende Erweiterungen zusätzlich implementiert werden können:

- Berücksichtigen der Lagerhaltungs- und der Bestellkosten zur Bestimmung des Bestellniveaus  $S$ .
- Stochastische Nachfragestruktur der Kunden beim Einzelhandel.
- Andere Prognoseverfahren zur Bestimmung der zukünftigen Bedarfe (z. B. exponentielle Glättung zweiter Ordnung, Regressionsanalysen).
- Andere Lagerhaltungs- und Bestellpolitiken.<sup>32</sup>
- Berücksichtigen der effektiven Vorlaufzeit der Bestellung/Produktion mittels statistischer Verfahren.

---

<sup>32</sup> Vgl. Tempelmeier (2006) und Simchi-Levi/Kaminsky/Simchi-Levi (2000), S. 39 ff.

## 4 Zusammenfassung

Unternehmensübergreifende Koordination entlang der Wertschöpfungskette gewinnt an Bedeutung. Simulationsstudien zum SCM vergleichen dabei verschiedene Arten und Konzepte der Zusammenarbeit der Mitglieder einer Supply Chain, da Daten betreffend Effektivitäts- und Effizienzkriterien in der Realität schwer zu beschaffen sind.

In der vorliegenden Arbeit wurde nun eine vorhandene Simulationsstudie untersucht und mit Hilfe der Simulationssoftware Extend 6 nachgebaut. Die besagte Studie stammt von *Closs et al. 1998*. Nach genauer Betrachtung der Modellstruktur und Modellannahmen anhand von einer aktuellen Forschung vorgeschlagener Kriterien musste festgestellt werden, dass einige Vorgaben zu wenig präzise formuliert wurden, als dass man das ganze Modell detailliert und schlüssig nachbauen konnte (Nachfragestruktur, Lagerhaltungs-/Bestellpolitik). Teils wurden von den Autoren auch Elemente beschrieben, welche durch den Verfasser dieser Arbeit nicht nachvollzogen werden konnten (konkrete Funktion der Zwischen- und Einzelhändler, Lagerhaltungs-/Bestellpolitik, Information Sharing). Aus diesen Gründen war es deshalb nicht möglich, das Modell zu replizieren. Dies zeigte sich an den drei erkannten Schwachpunkten betreffend Bestellung, Transport und Lager.

Eine statistische Auswertung und eine Sensitivitätsanalysen am Gesamtmodell im Sinne der Simulationsstudie wurde deshalb nicht durchgeführt. Statt dessen erfolgte die Prüfung der Grundhypothesen an einem durch den Verfasser vereinfachten Modell. Die Hypothese H1 der Studie konnte bestätigt werden, dies aber nur aufgrund der höheren Lagerbestände. Dementsprechend musste die Hypothese H3 verworfen werden. Das Optimierungsproblem gemäss Kapitel 1 war somit nicht erfüllt. Die Überprüfung von Hypothese H2 war wegen schlechter Daten nicht möglich.

All diese Erkenntnisse flossen abschliessend als Feedback in das eigene Gesamtmodell ein. Das Resultat ist ein erweitertes Modell, mit Hilfe dessen man eine ‚echte‘ Lagerfertigung simulieren kann. Dabei prognostizieren alle Mitglieder der Supply Chain ihre Bedarfe der Zukunft anhand eingegangener Bestellungen der Vergangen-

---

heit mit Hilfe der exponentiellen Glättung erster Ordnung. Die Ausgangsparameter sind individuell einstellbar. Der modulare Aufbau des Gesamtmodells erlaubt zudem Weiterentwicklungen z. B. im Bereich von verschiedenen Lagerhaltungs- und Bestellpolitiken, unter Einbezug von Kostenaspekten oder weiterer stochastischen Inputgrößen.

Statistische Auswertungen und Optimierungen an diesem ausgebauten Gesamtmodell und Untersuchungen der genannten Erweiterungen können Inhalt zusätzlicher Forschungsarbeiten im Rahmen einer Simulationsstudie oder einer vertieften Auseinandersetzung mit der Simulationssoftware Extend 6 sein.

---

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Basiskonfiguration der betrachteten Supply Chain.....	4
Abbildung 2: Nachfragestruktur/-muster beim Einzelhändler.....	10
Abbildung 3: Tatsächliche und geglättete Nachfragestruktur.....	11
Abbildung 4: Lagerbestand des Herstellers und Suppliers im Zeitverlauf vom 1260. bis zum 1680. Tag des Simulationslaufs.....	13
Abbildung 5: Lagerbestand in der Supply Chain verglichen mit der summierten Kundennachfrage bei den drei Einzelhändlern.....	14
Abbildung 6: Vereinfachte Modellstruktur zur statistischen Auswertung.....	15

---

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Modellparameter - Transport- und Prozesszeiten (in Tage).....	5
Tabelle 2: Übersicht der Annahmen betreffend der Kapazitäten.....	5
Tabelle 3: Übersicht der Annahmen betreffend der Transportpläne.....	6
Tabelle 4: Übersicht der konstruktiven Modellvorgänge. ....	6
Tabelle 5: Vergleich erwarteter und effektiver Durchlaufzeiten. ....	15
Tabelle 6: Resultate der Simulation und Hypothesentest. ....	16

---

# Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
IS	Information Sharing
LKW	Lastkraftwagen
max	Maximum
min	Minimum
POS	Point-of-Sales
resp.	respektive
SCM	Supply Chain Management
Stdabw.	Standardabweichung
v. a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel

---

# Literaturverzeichnis

[Closs et al. 1998]

Closs, D. J., Roath, A. S., Goldsby, T. J., Eckert, J. A., Swartz, S. M.: An Empirical Comparison of Anticipatory and Response-Based Supply Chain Strategies, in: International Journal of Logistics Management 9 (1998) 2, S. 21-34.

[Extend 2006]

Imagine That! – Overview of Extend

URL: [http://www.imaginethatinc.com/prods\\_overview.html](http://www.imaginethatinc.com/prods_overview.html)

[Abruf am: 2006-11-26].

[Fenn/Linden 2005]

Fenn, J., Linden, A., Understanding Gartner's Hype Cycles (Research G00128180), o. O., Gartner Inc. 2005.

[Knolmayer/Mertens/Zeier 2002]

Knolmayer, G., Mertens, P., Zeier, A., Supply Chain Management Based on SAP Systems: Order Management in Manufacturing Companies, Berlin et al.: Springer 2002.

[Lee/Padmanabhan/Whang 1997]

Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, in: Management Science 43 (1997) 4, S. 546 - 558.

[Logistik 2006]

Logistik inside

URL: <http://www.logistik-inside.de/sixcms/>

detail.php?template=de\_lexikon\_ergebnis\_li&title=M\*

[Abruf am: 2006-11-29].

[Schmidt/Knolmayer 2006]

Schmidt, R., Knolmayer, G., Ein Vergleich von Simulationsstudien zu Information Sharing und Vendor Managed Inventory, Bern: Institut für Wirtschaftsinformatik 2006

URL: <http://www.ie.iwi.unibe.ch/publikationen/berichte/resource/WP-185.pdf> [erstellt am: 2006-09-01].

[SCOR 2006]

SCOR Supply-Chain Operations Referenc-model, Overview 8.0 rev

URL: <http://www.supply-chain.org/galleries/default-file/SCOR%2080%20Overview%20Booklet2.pdf>  
[erstellt am: 2006-08-29].

[Simchi-Levi/Kaminsky/Simchi-Levi 2000]

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., Designing and Managing the Supply Chain, Boston: Irwin/McGraw-Hill 2000.

[Tempelmeier 2006]

Tempelmeier, H., Sicherheitsbestand

URL: <http://www.advanced-planning.de/advancedplanning-237.htm>  
[Abruf am: 2006-11-26].

[Wikipedia 2006a]

Bestellpolitik – Wikipedia

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bestellpolitik> [Abruf am: 2006-11-28].

[Wikipedia 2006b]

Full Truck Load – Wikipedia

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Full\\_Truck\\_Load](http://de.wikipedia.org/wiki/Full_Truck_Load)  
[Abruf am: 2006-11-28].

[Wikipedia 2006c]

Supply Chain Management – Wikipedia

URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Supply\\_Chain\\_Management](http://de.wikipedia.org/wiki/Supply_Chain_Management)

[Abruf am: 2006-11-28].

## Selbständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche kenntlich gemacht. Mir ist bekannt, dass andernfalls der Senat gemäss dem Gesetz über die Universität zum Entzug des auf Grund dieser Arbeit verliehenen Titels berechtigt ist.“

Bern, 2006-11-30

Adrian Peter Rentsch