

R. Bogaschewsky / M. Eßig
R. Lasch / W. Stölzle (Hrsg.)

Supply Management Research

Aktuelle Forschungsergebnisse 2010



Reihe:
Advanced Studies
in Supply Management

Herausgeber:
BME, Frankfurt/Main



Ronald Bogaschewsky / Michael Eßig
Rainer Lasch / Wolfgang Stölzle (Hrsg.)

Supply Management Research

Band 3 aus der Reihe

Advanced Studies in Supply Management

herausgegeben vom Bundesverband Materialwirtschaft,
Einkauf und Logistik e. V. (BME), Frankfurt/Main

R. Bogaschewsky / M. Eßig
R. Lasch / W. Stölzle (Hrsg.)

Supply Management Research

Aktuelle Forschungsergebnisse 2010



Reihe:
Advanced Studies
in Supply Management

Herausgeber:
BME, Frankfurt/Main



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

1. Auflage 2010

Alle Rechte vorbehalten

© Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2010

Lektorat: Stefanie A. Winter

Redaktion: Prof. Dr. Ronald Bogaschewsky, Prof. Dr. Michael Eßig, Prof. Dr. Rainer Lasch,
Prof. Dr. Wolfgang Stölzle, Ulrike Müller, Sabine Ursel

Gabler Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.gabler.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Druck und buchbinderische Verarbeitung: STRAUSS GMBH, Mörlenbach

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-2262-5

Geleitwort

Der Bundesverband Materialwirtschaft Einkauf und Logistik e.V. fördert seit mehr als 50 Jahren den konstruktiven, offenen Austausch zwischen Praktikern und Wissenschaftlern. Der Verband unterstützt aktiv das Aufspüren von Innovationen und Trends, das Erarbeiten von Erfolgsansätzen und das Vermitteln von Best Practices. Inzwischen profitieren 7.000 Mitglieder und darüber hinaus eine breite Fachöffentlichkeit vom BME-Netzwerk.

Eine wichtige Säule der Verbandsarbeit ist die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Themen Beschaffung und Logistik, verbunden mit der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Dazu lobt der Verband seit 22 Jahren den „BME-Wissenschaftspreis“ aus. Gesucht werden jährlich die besten Habilitationsschriften und Dissertationen. Herausragende Studien-Abschlussarbeiten erhalten seit 2003 den „BME-Hochschulpreis für Beschaffung und Logistik“. Seit 2007 wird zudem der „BME-Preis Trendscouting“ für Abschlussarbeiten zum Themenbereich Logistik verliehen.

Ich freue mich sehr, dass es auch mit dem dritten Band der Buchreihe „Advanced Studies in Supply Management“ gelungen ist, wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse rund um aktuelle und viel diskutierte Managementmethoden transparent zu machen und einer breiteren Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. So bieten u.a. die Beiträge „Unternehmensübergreifende Bestandsallokation“ und „Composite Solutions for Consumer-Driven Supply Chains“ interessante Lösungsansätze für Praktiker in den Unternehmen. Ebenso innovativ sind die Studien bzw. Analysen zum „Einfluss der Beschaffungskomplexität auf den Logistikerfolg“ zum „Logistikmanagement als Management von Kontraktlogistikbeziehungen“, zur „Koordination von Zuliefernetzwerken“ und zu den „Auswirkungen asymmetrischer Informationsverteilungen in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen“.

Mein herzlicher Dank gilt sowohl den Autoren für ihre Beiträge als auch den Professoren Ronald Bogaschewsky (Universität Würzburg), Michael Eßig (Universität der Bundeswehr München), Rainer Lasch (Technische Universität Dresden) und Wolfgang Stölzle (Universität St. Gallen) für ihre fachliche Unterstützung und ihr großes Engagement.

Frankfurt, im März 2010

Dr. Holger Hildebrandt
Hauptgeschäftsführer
Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V.

Vorwort

Die vorliegende Schrift ist der dritte Band der im Jahre 2008 gestarteten Buchreihe „Advanced Studies in Supply Management“, in der jährlich die wissenschaftlichen Fortschritte in diesem Forschungsfeld dargelegt werden. Zugleich handelt es sich um den Tagungsband des 3. Wissenschaftlichen Symposiums Supply Management, das im Frühjahr 2010 durchgeführt wurde. Diese jährlich ausgerichtete Tagung wird vom Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME) veranstaltet, der auch die Buchreihe herausgibt. Inhaltlich verantwortlich für die Durchführung der Symposien und die hieraus resultierenden Schriften ist der Wissenschaftliche Beirat des Bundesvorstands des BME.

Die sehr hohe Bedeutung der Bereiche Beschaffung, Einkauf, Materialwirtschaft, Logistik und Supply Chain Management spiegelt sich in den zunehmend intensiven Forschungsanstrengungen der – theoriegeleiteten, wie der anwendungsnahen – Wissenschaft wider. Mit dem Wissenschaftlichen Symposium Supply Management konnte hierfür eine adäquate Diskussions- und Präsentationsplattform im deutschsprachigen Raum geschaffen werden.

Alle in diesem Band aufgenommenen Beiträge mussten sich – bereits bei der Begutachtung für die Zulassung zum Symposium – einem Double-blind-review-Verfahren unterziehen und wurden von unabhängigen Gutachtern eingehend geprüft. Zahlreiche Beiträge wurden abgelehnt, da sie den rigorosen Ansprüchen der Evaluatoren nicht genügten. Dabei wurde eine Unterteilung in primär wissenschaftliche und stärker anwendungsnahe Beiträge vorgenommen.

Es war und ist erklärtes Ziel, ausschließlich exzellente Forschungsergebnisse sowie innovative Beiträge mit hoher Praxisrelevanz zu präsentieren und zu publizieren. Zudem sind erneut Beiträge von Autoren eingegangen, die sich für den BME-Wissenschaftspreis beworben und sich im Zuge des Begutachtungsverfahrens für das Vortragsfinale auf dem Wissenschaftlichen Symposium qualifizieren konnten.

Die vorliegende Schrift zeigt die große Breite und erhebliche Tiefe der Erkenntnisse im Bereich Supply Management auf. Es ist dem Wissenschaftlichen Beirat und dem BME ein besonderes Anliegen, diese Arbeiten weiterhin intensiv zu fördern.

Im Januar 2010

Prof. Dr. Ronald Bogaschewsky, Würzburg

Prof. Dr. Michael Eßig, München

Prof. Dr. Rainer Lasch, Dresden

Prof. Dr. Wolfgang Stölzle, St. Gallen

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	V
Vorwort	VII
Inhaltsverzeichnis	IX
Teil A Wissenschaftliche Forschungsbeiträge	1
Auswirkungen asymmetrischer Informationsverteilungen in Lieferanten- Abnehmer-Beziehungen	3
<i>Dr. Christoph Glock</i>	
Abstract	3
1 Problemstellung.....	3
2 Literaturüberblick	5
3 Modellentwicklung	7
3.1 Definitionen und Modellannahmen.....	7
3.2 Modellformulierung	12
3.3 Lösung des Modells.....	15
3.4 Numerische Studien	17
4 Zusammenfassung und Ausblick	22
Literatur.....	23
Kritische Analyse der Eignung des Fuzzy-AHP zur Lieferantenauswahl	27
<i>Prof. Dr. Udo Buscher, Dr. Andreas Wels und Ricardo Franke</i>	
Abstract	27
1 Einleitung	27
2 Kriterienauswahl	29
3 Methodische Grundlagen.....	31
3.1 Der Analytische Hierarchieprozess.....	31
3.2 Die Fuzzy Logik	32
3.3 Integration der Fuzzy Logik in den AHP.....	35
4 Lieferantenauswahl mit dem AHP	38
4.1 Anwendung des FAHP bei der Lieferantenauswahl	38
4.2 Die $\lambda_{\max}$ - Methode	40
4.3 Defuzzifizierung und Rangbildung	42
4.4 Ein Beispiel.....	42

4.5	Kritische Auswertung	52
5	Zusammenfassung	53
	Anhang - Symbolverzeichnis	55
	Literatur.....	56
	Design of voluntary sustainability initiatives for supply chains	61
	<i>Dr. Nils Peters</i>	
	Abstract	61
1	The need to explore the design of voluntary sustainability initiatives for supply chains	61
2	Theoretical foundation: Design of voluntary sustainability initiatives for supply chains	62
2.1	Review of existing theories explaining corporate action towards voluntary sustainability initiatives.....	63
2.2	An elective approach: A resource-based view on institutional entrepreneurship (RBVIE) and the design of voluntary sustainability initiatives.....	65
3	Method: Analytical induction to find resources enabling the design of voluntary sustainability initiatives for supply chains.....	67
4	The institutional entrepreneur's resources and the design of voluntary sustainability initiatives for supply chains.....	72
4.1	Description of cases on the design of voluntary sustainability initiatives for supply chains.....	72
4.2	Key resources of the institutional entrepreneur.....	74
4.3	Complementary resources of the institutional entrepreneur	78
5	Conclusion.....	84
	References	87
	Koordination von Zuliefernetzwerken	95
	<i>Dr. Christoph Glock</i>	
	Abstract	95
1	Problemstellung.....	95
2	Literaturüberblick	97
3	Modellentwicklung	99
3.1	Problemstellung und Modellannahmen.....	99
3.2	Untersuchte Zulieferstrukturen.....	101
3.3	Entwicklung integrierter Losgrößenmodelle für unterschiedliche Zulieferstrukturen	103
4	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	116
	Literatur.....	117

Logistische Lieferantenentwicklung in der Automobilindustrie 121*Matthias Pauli, Prof. Dr. Bernd Hellingrath, Dr. Axel Wagenitz und Lorant Szekely*

Abstract	121
1 Einleitung	121
2 Stand der Forschung	123
2.1 Lieferantenentwicklung	123
2.2 Lieferantenbewertung und Lieferantencharakterisierung	124
2.3 Bewertung der vorgestellten Ansätze	125
3 Methodik	126
3.1 Vorgehensweise bei der Auswahl von logistischen Entwicklungs-	
kandidaten	126
3.2 Logistische Lieferantenleistung	127
3.3 Strategische Bedeutung für die Logistik	131
3.4 Logistisches Entwicklungspotential	141
4 Diskussion	144
Literatur	145

Der Einfluss der Beschaffungskomplexität auf den Logistikerfolg 149*Marco Gießmann und Prof. Dr. Rainer Lasch*

Abstract	149
1 Einführung	150
2 Die Komplexität als zunehmende Herausforderung	151
2.1 Begriffsabgrenzung und Dimensionen der Komplexität	151
2.2 Das Komplexitätsproblem aus Sicht der Praxis	152
3 Untersuchung der beschaffungsinduzierten Komplexität und ihrer Auswir-	
kungen auf den Logistikerfolg	156
3.1 Hypothesenbildung	156
3.2 Modellentwicklung und -spezifikation	158
3.3 Datengrundlage und Methodik	170
3.4 Ergebnisse und Diskussion	176
4 Zusammenfassung und Ausblick	185
Literatur	187

Logistikmanagement als Management von Kontraktlogistikbeziehungen 197*Prof. Dr. Rudolf O. Large*

Abstract	197
1 Problemstellung	197
2 Stand der Forschung	201
2.1 Fremdvergabe komplexer logistischer Leistungen	201

2.2	Logistikaufbauorganisation	204
2.3	Berufsbild des Logistikmanagers	206
3	Forschungsthesen	209
4	Ausblick	213
	Literatur.....	213
	Dokumente	218
Teil B Anwendungsnahe Beiträge.....		219
Global Sourcing Footprint		221
<i>Mikko De Nardo, Patricia Hurschler, Heinrich Bücheler und Prof. Dr. Roman Boutellier</i>		
	Abstract	221
1	Motivation	221
2	Ansätze aus der Literatur.....	223
2.1	Sourcing-Strategien	223
2.2	Portfolio-Modelle	225
3	Grundlagen der Untersuchung.....	226
3.1	Thematische Abgrenzung.....	226
3.2	Methodik	227
4	Portfolios.....	228
4.1	Größendegressions-Effekte und Wertdichte.....	228
4.2	Marktattraktivität und Wettbewerbsposition.....	230
4.3	Reaktionsfähigkeit und Bedarfsprofil.....	231
5	Global Sourcing Footprint-Prozess	233
6	Erfolgsfaktoren beim Fallbeispiel Hilti	236
7	Schlussbetrachtung: Folgerungen für die Anwendung	239
	Literatur.....	240
SMA – The Supply Market Analysis-framework for analysing supply markets within the strategic sourcing process.....		247
<i>Max Lobermeyer and Prof. Dr. Herbert Kotzab</i>		
	Abstract	247
1	Why analyse supply markets?.....	247
2	The four SMA dimensions	248
2.1	General overview	248
2.2	Dimension 1: Characteristics of existing markets and their influencing factors.....	250
2.3	Dimension 2: Influence of the product itself on the supply market characteristics	251

2.4	Dimension 3: Search for potential new markets.....	252
2.5	Dimension 4: Attractiveness of the own organisation to the market.....	253
3	Analysis process and visualisation of the supply market analysis.....	254
4	Analysing supply markets in practice.....	257
5	Utilise supply market intelligence to support the right business decisions.....	261
	Bibliography	262
	Unternehmensübergreifende Bestandsallokation mittels software-basierter Multiagenten-Systeme.....	263
	<i>Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis, Falko Zimmermann und Marco Plöger</i>	
	Abstract	263
1	Bestandsallokation im dynamischen Umfeld	263
2	Beitrag von Multiagenten-Systemen zur Komplexitätsbewältigung	265
3	Unternehmensübergreifendes Virtual Warehousing mit der Unterstützung von MAS	268
3.1	Grundlegende Konzeption	268
3.2	Allokationsmechanismus zur Selbststeuerung	269
3.3	Erweiterung für dynamisches Lernen	273
4	Kritische Würdigung und Ausblick	273
	Literatur.....	274
	Composite Solutions for Consumer-Driven Supply Chains	277
	<i>Simone Scholten, Ulrich Scholten and Robin Fischer</i>	
	Abstract	277
1	Introduction	277
2	The Shift from Classical Supply Chains to Value Nets.....	280
2.1	Structure	281
2.2	Complexity Aspects of Decentralized Management	282
2.3	Delivering Consumer-centric Composite Solutions	283
3	Managerial Control in Service-enabling Ecosystems for Improved Service Supply	284
3.1	Controlled Systems	285
3.2	Self-organizing and Open Systems	289
3.3	Centralized versus Decentralized Control.....	289
4	Control Mechanisms in Service-enabling Ecosystems.....	290
4.1	A Typology of Control Mechanisms in Service-enabling Ecosystems.....	290
4.2	Restrictive Control [1]	292
4.3	Co-regulative Control [2].....	293
4.4	Market Regulative Control [3]	293

4.5	Sanctional Control [4].....	294
4.6	Motivational Control [5]	294
4.7	Informative Control [6]	295
4.8	Scope for Subsequent Improvement	295
5	Conclusion.....	296
	References	297
	Autorenverzeichnis	303

Teil A

Wissenschaftliche Forschungsbeiträge

Auswirkungen asymmetrischer Informationsverteilungen in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen

Dr. Christoph Glock

Abstract

Der Beitrag untersucht den Fall eines Käufers, der ein Produkt von einem Lieferanten unter Unsicherheit bezieht. Konkret wird unterstellt, dass der Lieferant die Qualität des gehandelten Produkts durch seine Arbeitsanstrengung beeinflussen kann, dass gleichzeitig aber auch unsichere externe Einflüsse auf die Produktqualität wirken. Da der Käufer die Arbeitsanstrengung des Lieferanten nicht direkt beobachten kann und gleichzeitig eine Zufallsgröße auf die Qualität des Endprodukts wirkt, kann der Käufer aus der Qualität des Endprodukts nicht auf die Leistung des Lieferanten schließen. Damit entsteht ein klassisches Hidden Action-Problem, das in der vorliegenden Arbeit formal vorgestellt und mithilfe eines zweiteiligen Vergütungsschemas gelöst wird.

1 Problemstellung

Aufgrund der fortschreitenden Globalisierung sehen sich fertigende Unternehmen mit einem steigenden Konkurrenz- und Kostendruck und einem gleichzeitig dynamischer und komplexer werdenden Marktgeschehen konfrontiert. Um vor dem Hintergrund eines geänderten Wettbewerbsumfelds langfristig erfolgreich sein zu können, reagieren viele Industrieunternehmen mit einer Reduktion der Fertigungstiefe, um durch eine Beschränkung auf Kernkompetenzen die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. Schätzungen gehen in diesem Zusammenhang davon aus, dass der Anteil fremd bezogener Wertschöpfung in vielen Industrien bereits über 50% beträgt und dass auch zukünftig mit weiteren Auslagerungen zu rechnen ist (u. a. Glock, 2009, S. 1).

Die Auslagerung von Tätigkeiten, die nicht zu den Kernkompetenzen des Unternehmens zählen, kann für das auslagernde Unternehmen mit zahlreichen Vorteilen einhergehen (Pralhad/Hamel, 1990), birgt aber gleichzeitig auch Risiken. So können Abhängigkeiten entstehen, die bei Ausfall einer Bezugsquelle zu Versorgungsengpässen oder gar einem Produktionsstopp auf Abnehmerseite führen können (Wagner/

Bode, 2006). Um die negativen Folgen eines Lieferantenausfalls abfedern zu können, ist es daher notwendig, alternative Bezugsquellen zu erschließen oder durch das Vorhalten von Sicherheitsbeständen kurzfristige Ausweichquellen zu schaffen (Silver/Pyke/Peterson, 1998, S. 232 ff.; Berger/Zeng, 2006).

Neben Abhängigkeiten stellen Unsicherheiten eine zweite große Herausforderung in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen dar. So ist der Abnehmer in der Regel nicht in der Lage, den Fertigungsprozess des Lieferanten detailliert zu überwachen, sodass das Produktionsergebnis aufgrund unsicherer Umweltzustände nicht eindeutig auf die Leistung des Lieferanten zurückgeführt werden kann (Glock/Bogaschewsky, 2009, S. 287 ff.). Um den Lieferanten dennoch dazu zu motivieren, eine vertragskonforme Leistung zu erbringen, ist es notwendig, anreizkompatible Verträge zu implementieren, die die Vergütung des Lieferanten mit dem Produktionsergebnis korrelieren. In diesem Fall wird dem Lieferanten ein Anreiz gesetzt, die geschuldete Leistung vertragskonform zu erbringen, da nur dann sein Gewinn maximiert wird (vgl. zu dieser Problematik z. B. Fandel/Lorth, 2001, S. 273 ff.).

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit besteht vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen in der Analyse von Informationsasymmetrien in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen. Konkret wird der Fall eines Käufers betrachtet, der ein Zwischenprodukt von einem Lieferanten bezieht, das in seinem eigenen Produktionsprozess zu einem Endprodukt umgeformt wird. Es wird unterstellt, dass der Lieferant durch seine Arbeitsanstrengung Einfluss auf die Qualität des gehandelten Guts nehmen kann und dass die Qualität des Zwischenprodukts die Fehlerrate des Produktionsprozesses auf Käuferseite beeinflusst. Ferner wird angenommen, dass der Käufer zwar die Qualität des Zwischenprodukts einschätzen kann, nicht aber die Arbeitsanstrengung des Lieferanten, und damit auch nicht, ob eine mangelhafte Qualität des Zwischenprodukts auf eine geringe Arbeitsanstrengung oder zufällige Umwelteinflüsse zurückzuführen ist. Während der Lieferant damit vollständig über seine Arbeitsanstrengung informiert ist, kann der Käufer von der festgestellten Qualität aufgrund von Unsicherheit nicht auf die Arbeitsanstrengung des Lieferanten schließen. Damit entsteht ein klassisches Prinzipal-Agent-Problem, das im Folgenden einer genaueren Analyse unterzogen werden soll.

Der Aufbau der Arbeit gestaltet sich wie folgt: Im nächsten Kapitel wird ein Überblick über Veröffentlichungen, die sich mit Anreizproblemen in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen befassen, gegeben, bevor auf die Modellannahmen der vorliegenden Arbeit eingegangen wird. Im vierten Kapitel folgt die Modellentwicklung und -lösung, die durch numerische Studien veranschaulicht wird. Das fünfte Kapitel fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen und enthält einen Ausblick auf weiterführende Forschungsansätze.

2 Literaturüberblick

Die Prinzipal-Agent-Theorie beschäftigt sich mit der Analyse von Vertragsbeziehungen, in denen ein Prinzipal eine Aufgabe an einen Agenten delegiert (u. a. Ross, 1973; Jensen/Meckling, 1976; Eisenhardt, 1989; Sappington, 1991). Beide Vertragspartner werden als beschränkt rational angenommen und es wird unterstellt, dass beide Parteien über wichtige vertragsrelevante Aspekte asymmetrisch informiert sind. Hieraus ergeben sich Probleme sowohl bei der Kontraktsschließung als auch in der Abwicklungsphase des Vertrags, da Prinzipal und Agent typischerweise konfliktäre persönliche Zielsetzungen verfolgen. Liegen Informationsasymmetrien bereits vor Vertragsabschluss vor und sind die Vertragspartner über wichtige vertragsrelevante Eigenschaften des Agenten oder der vom Agenten angebotenen Leistung unterschiedlich genau informiert, so entsteht die Gefahr der Auswahl schlechter Vertragspartner durch den Prinzipal, die in der Literatur häufig als adverse Selektion bezeichnet wird (u. a. Milgrom/Roberts, 1992; Göbel, 2002). Treten Informationsprobleme erst nach Vertragsabschluss auf, da der Prinzipal die Leistung des Agenten nicht beobachten oder nicht verifizieren kann, besteht die Gefahr des moral hazard, bei der der Agent absichtlich eine schlechtere als die vertraglich geschuldete Leistung erbringt (z. B. Arrow, 1985; Göbel, 2002). Da Versprechungen des Agenten aufgrund fehlender Kontrollier- oder Durchsetzbarkeit stets als unglaubwürdig zurückgewiesen werden müssen, kann ein vertragskonformes Verhalten in diesem Fall nur durch Anreiz- und Kontrollmechanismen in der Geschäftsbeziehung sichergestellt werden.

Da Geschäftsbeziehungen zwischen Lieferanten und Abnehmern in der Regel unter Unsicherheit abgewickelt werden und beide Parteien konfliktäre Zielsetzungen verfolgen können, wurden Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen in einer Reihe von Publikationen aus einer Prinzipal-Agent-theoretischen Perspektive untersucht. So analysiert Lim (2001) z. B. eine Situation, in der ein Käufer ein Produkt von einem Lieferanten bezieht und beide Parteien über die technischen Fähigkeiten des Lieferanten, die das Qualitätsniveau des Produktes beeinflussen, asymmetrisch informiert sind. Hierbei wird unterstellt, dass der Käufer für Qualitätsmängel gegenüber seinen Kunden haftbar ist, auch wenn diese auf ein fehlerhaftes Zulieferprodukt zurückzuführen sind. Der Autor untersucht die Anreizwirkung zweier Koordinationsmechanismen – eines Rabatts, den der Lieferant für fehlerhafte Produkte gewährt, und einer Garantie an den Endkunden, deren Kosten von Käufer und Lieferant geteilt werden – und zeigt, dass der Käufer mithilfe beider Vertragstypen die Informationsasymmetrie auflösen und seinen Gewinn maximieren kann.

Weitere Arbeiten, die Informationsasymmetrien zwischen einem Käufer und einem Lieferanten vor Vertragsabschluss untersuchen, finden sich bei Corbett und de Groote (2000), Corbett (2001) und Corbett et al. (2004). So untersuchen Corbett und de Groote (2000) ein System mit einem Lieferanten und einem Käufer und unterstellen, dass der Käufer ex ante eine Bestellmenge ordern möchte, die kleiner als die aus Lieferantensicht optimale Auftragsgröße ist. Der Lieferant möchte den Käufer durch einen Rabatt

dazu bewegen, seine Bestellmenge auszudehnen, kann jedoch den Lagerhaltungskostensatz des Käufers nicht einschätzen, der für die Festlegung eines Rabattschemas elementar ist. Die entstehende Problematik wird gelöst, indem dem Käufer eine Menge unterschiedlicher Rabattschemata angeboten wird, durch deren Auswahl er seinen Lagerhaltungskostensatz offen legt. Ähnliche Problembeschreibungen finden sich bei Corbett (2001) und Corbett et al. (2004). Corbett (2001) untersucht zwei Szenarien, in denen Lieferant und Käufer entweder über die Rüstkosten des Lieferanten oder den Strafkostensatz für Lagerunterdeckungen auf Käuferseite asymmetrisch informiert sind. Die Problematik wird in einem mehrstufigen Losgrößenmodell mit stochastischer Nachfrage untersucht, und es werden Vertragsstrukturen entwickelt, die eine Reduktion der Systemkosten ermöglichen. Corbett et al. (2004) analysiert hingegen den Fall, in dem der Lieferant unvollständig über die variablen Kosten des Käufers informiert ist. Die Autoren unterstellen einen Reservationsnutzen auf Käuferseite und untersuchen, wie drei unterschiedliche Vertragskonstrukte auf den Gewinn des Lieferanten wirken. Weitere Modelle, die Informationsasymmetrien vor Vertragsabschluss mit einem Lieferanten und einem Käufer untersuchen, finden sich u. a. bei Sucky (2004), Burnetas et al. (2007), Lau et al. (2008) und Wang et al. (2009), die an dieser Stelle jedoch nicht ausführlicher betrachtet werden sollen.

Während in den bisher aufgeführten Arbeiten kein direktes Selektionsproblem untersucht wird, da nur ein Lieferant zur Auswahl steht, betrachten Deng und Elmaghraby (2005) einen Käufer, der eine aus zwei möglichen Bezugsquellen auswählen möchte. Es wird unterstellt, dass die Produkte der Lieferanten ein Qualitätsniveau aufweisen, das durch Investitionen beeinflusst werden kann, dass der Käufer jedoch weder das Qualitätsniveau noch das von den Lieferanten gewählte Investitionsvolumen vollständig einschätzen kann. Um die Lieferanten dazu zu bewegen, ein hohes Investitionsvolumen zu wählen, führt der Käufer ein Turnier durch, während dessen Verlauf er bei beiden Lieferanten Güter bezieht, um Informationen über die Qualität der Produkte zu sammeln, und an dessen Ende der Turniersieger das verbleibende Auftragsvolumen zugesprochen bekommt. Die Autoren ermitteln die optimale Dauer des Turniers und zeigen, dass es aus Sicht des Käufers vorteilhaft ist, eine bestimmte Zeitspanne bei beiden Lieferanten parallel einzukaufen, um so eine Wettbewerbssituation zu erzeugen und ein hohes Investitionsvolumen zu provozieren.

Ein weiteres Modell, das Informationsasymmetrien in der Lieferantenselektion thematisiert, findet sich bei Özer und Raz (2006). Die Autoren betrachten den Fall, in dem ein Käufer ein Gut von einem Lieferanten beziehen möchte und zwei Lieferanten mit unterschiedlichen Charakteristika als Bezugsquellen zur Auswahl stehen. In der Arbeit wird unterstellt, dass die Parteien asymmetrisch über die Bearbeitungskosten des Käufers und/oder über die Stückkosten des kleineren der beiden Lieferanten informiert sind, und es wird untersucht, wie der größere der beiden Lieferanten seinen Preis festsetzen muss, um als Lieferant ausgewählt zu werden und seinen Gewinn zu maximieren.

Wagner und Friedl (2007) untersuchen schließlich den Fall eines Lieferantenwechsels in einem Modell mit einem Käufer und zwei Lieferanten. Konkret unterstellen die Autoren, dass der Käufer ein Produkt von einem Lieferanten bezieht und vor der Entscheidung steht, ob er (vollständig oder teilweise) zu einem zweiten Lieferanten wechseln soll. Das Problem besteht darin, dass er die Stückkosten des zweiten Lieferanten nicht einschätzen kann und nur die Verteilungs- bzw. Dichtefunktion der Stückkosten sowie ein Intervall kennt, innerhalb dessen sich die Stückkosten bewegen. Die Autoren entwickeln nun ein Vergütungsschema, das der Käufer dem neuen Lieferanten vorlegt, um ihn zur Aufdeckung seiner tatsächlichen Kosten zu bewegen.

Der Literaturüberblick verdeutlicht die hohe Relevanz, die Prinzipal-Agent-Problemen in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen zugesprochen werden kann. Eine genauere Analyse bisheriger Veröffentlichungen zeigt aber auch, dass der Schwerpunkt der Forschung bisher insbesondere auf das Problem der adversen Selektion gelegt wurde und dass moral hazard-Probleme in formalen Logistikkostenmodellen kaum untersucht wurden (die gleiche Tendenz zeigt sich auch im Literaturüberblick von Fandel/Lorth, 2001). Ferner wird deutlich, dass Probleme, die durch die Risikoneigung der Akteure entstehen, ebenso wenig thematisiert worden sind. Da beide Einschränkungen den Charakteristika real auftretender Informationsprobleme nicht gerecht werden, soll in der folgenden Arbeit ein moral hazard-Problem in Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen unter expliziter Berücksichtigung von Risikoneigung untersucht werden.

In der vorliegenden Arbeit wird der Fall eines Käufers, der ein Produkt von einem Lieferanten bezieht, untersucht. Der Produktionsvorgang des Käufers bringt einen konstanten Anteil defekter Produkte hervor, der sowohl durch die Handlungen des Käufers als auch des Lieferanten beeinflusst werden kann. Da der Käufer nicht in der Lage ist, den Zusammenhang zwischen der Qualität des Endprodukts und der Leistung des Lieferanten vollständig einzuschätzen, entsteht ein moral hazard-Problem, das in den nachfolgenden Abschnitten einer genaueren Analyse unterzogen werden soll. Ferner wird die Risikoneigung der Akteure explizit berücksichtigt, wobei von einem risikoneutralen Käufer und einem risikoaversen Lieferanten ausgegangen wird. Die Zielsetzung der Arbeit besteht darin, ein Vergütungsschema zu entwickeln, das den Lieferanten zu einer Teilnahme an der Kooperation bewegt und gleichzeitig den Gewinn des Käufers maximiert.

3 Modellentwicklung

3.1 Definitionen und Modellannahmen

Im Folgenden sollen die Annahmen erläutert werden, die bei der Modellentwicklung in der vorliegenden Arbeit unterstellt wurden:

- Es wird ein Käufer betrachtet, der ein Produkt von einem Lieferanten bezieht. Der Lieferant fertigt das Produkt und liefert ausschließlich vollständig fertig gestellte Lose an den Käufer aus. Der Käufer setzt das Produkt des Lieferanten als Einsatzfaktor in seinem eigenen Produktionsprozess ein und formt es zu einem Endprodukt um, das an die Kunden des Käufers verkauft wird. Auf Seiten des Käufers wird eine offene Fertigung unterstellt, sodass mit dem Verkauf der Produkte bereits nach Fertigstellung der ersten infinitesimalen Einheit begonnen werden kann. Ferner wird unterstellt, dass eine Mengeneinheit des Zulieferprodukts notwendig ist, um eine Mengeneinheit des Endprodukts herzustellen.

- Der Käufer dominiert die Zulieferkette, weshalb die Zielsetzung des Modells darin besteht, den Gewinn des Käufers zu maximieren. Daneben wird jedoch unterstellt, dass der Lieferant einen Reservationsnutzen hat und dass er nicht an der Kooperation teilnimmt, wenn sein Nutzen den Reservationsnutzen unterschreitet. Der Käufer wiederum nimmt nur dann an der Kooperation teil, wenn sein Gewinn nicht-negativ ist, d. h. wenn $\Pi \geq 0$ gilt.

- Im Produktionsprozess des Käufers wird ein konstanter Anteil defekter Produkte hergestellt (Affisco et al., 2002, für eine vergleichbare Annahme). Die Fehlerrate ist sowohl von der Qualität des Zulieferprodukts als auch von der Länge des Produktionszyklus abhängig. Die erste Annahme basiert auf der Überlegung, dass die Qualität von Einsatzfaktoren die Qualität des Endprodukts bzw. den Erfolg des Produktionsvorgangs beeinflusst, und wurde in empirischen Untersuchungen bestätigt (z. B. Romaniuk, 2000) und in der Literatur häufig diskutiert (z. B. Tagaras/Lee, 1996; Baiman et al., 2000; Zhu et al., 2007). Die zweite Annahme berücksichtigt daneben den Einfluss des Produktionsprozesses auf die Qualität des Endprodukts und unterstellt in diesem Fall, dass ein Produktionsprozess nach einer gewissen Produktionszeit außer Kontrolle geraten kann und dass danach ein bestimmter Anteil defekter Produkte gefertigt wird, bis die Maschine in ihren ursprünglichen Zustand zurück versetzt wird. Porteus (1986) verwendet zur Abbildung dieser Zusammenhänge einen Markov-Prozess, während Lee und Rosenblatt (1987) sowie Zhu et al. (2007) eine exponentialverteilte Zufallsvariable, mit deren Hilfe der Zeitpunkt beschrieben wird, zu dem der Produktionsprozess außer Kontrolle gerät, benutzen. Die Berücksichtigung beider Zusammenhänge hat den Vorteil, dass die Wechselwirkungen zwischen unternehmensinternen und -externen Qualitätsbestrebungen untersucht werden können. So merken Tagaras und Lee (1996) an, dass bei der Auswahl von Lieferanten auch die Eigenschaften des eigenen Produktionsprozesses auf die Produktqualität berücksichtigt werden müssen, da eine hohe Qualität von Inputfaktoren nur dann zu einem guten Ergebnis führt, wenn die Einsatzfaktoren auch in hoher Qualität weiterverarbeitet werden können.

Um die Modellkomplexität im Folgenden in Grenzen zu halten wird auf eine einfache exponentielle Funktion als Approximation zurückgegriffen, um den beschriebenen Zusammenhang abzubilden. In der vorliegenden Arbeit wird daher

die folgende Relation zwischen der Fehlerquote p , der Länge des Produktionszyklus T und der Qualität des Zulieferprodukts q unterstellt:

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{\alpha q}{T}\right) \quad (1)$$

Der in (1) beschriebene Zusammenhang verdeutlicht, dass die Fehlerquote des Produktionsprozesses auf Käuferseite entweder durch eine Erhöhung der Qualität des Zulieferprodukts oder eine Reduktion von T , wodurch die Wahrscheinlichkeit, mit der der Produktionsprozess außer Kontrolle gerät, reduziert wird, verringert werden kann.

- Die fehlerhafte Natur von Endprodukten wird erst im Moment des Verkaufs offenbar, wobei der Endkunde Fehler mit Sicherheit entdeckt (hierzu auch Reyniers/Tapiero, 1995). Aus dieser Annahme folgt, dass fehlerhafte Produkte bis zu ihrem Verkauf eingelagert werden müssen. Für jede fehlerhafte Mengeneinheit fallen auf Käuferseite Aufarbeitungskosten in Höhe von γ an.
- Der Lieferant kann die Qualität des Zulieferprodukts durch die Wahl seiner Arbeitsanstrengung beeinflussen, die wiederum für das Maß im Produktionsprozess angewandter Sorgfalt oder die Qualität verwendeter Einsatzstoffe stehen kann. In der Literatur wurde der Zusammenhang zwischen der Leistung des Lieferanten und der Qualität des Zulieferprodukts bisher in der Regel mithilfe einer diskreten Entscheidungsvariablen mit häufig nur zwei Zuständen modelliert, wobei die Wahl einer hohen Arbeitsanstrengung zu einer geringen Fehlerwahrscheinlichkeit und die Wahl einer geringen Arbeitsanstrengung zu einer hohen Fehlerwahrscheinlichkeit führt (u.a. Cr mer, 1995; Reyniers/Tapiero, 1995). Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass der Lieferant seine Arbeitsanstrengung aus dem Intervall $[0;\infty]$ beliebig wählen kann und dass ein linearer Zusammenhang zwischen der Produktqualität q und der Arbeitsanstrengung e besteht. Ferner wird unterstellt, dass die Qualität des Zwischenprodukts neben der Arbeitsanstrengung des Lieferanten auch von einer Zufallsvariablen Θ abhängt, die für externe Risiken steht, die von den Vertragsparteien nicht beeinflusst werden können. Es gilt:

$$q = e + \Theta \quad (2)$$

Für die Zufallsvariable wird angenommen, dass diese einer Normalverteilung folgt, wobei die Wahrscheinlichkeit für die Realisation von Werten, die größer als Null und kleiner als $-e$ sind, Null betragen soll. Damit wird der Fall ausgeschlossen, dass die Qualität durch zufällige Einflüsse besser ausfallen kann als vom Lieferanten beabsichtigt oder dass die Qualität negative Werte annehmen kann.

Während der Lieferant aufgrund der Tatsache, dass ihm seine Arbeitsanstrengung e bekannt ist, auf den eingetretenen Umweltzustand rückschließen kann, kann der Käufer von q wegen Θ nicht auf e schließen.

- In Abhängigkeit der gewählten Arbeitsanstrengung fallen auf Lieferantenseite Qualitätskosten an. Es wird angenommen, dass sich diese wie folgt zusammensetzen:

$$QC^{(v)} = ce^2 \quad (3)$$

Damit gilt, dass ein hohes Qualitätsniveau mit höheren Kosten als ein geringes verbunden ist und dass die Grenzkosten von Qualitätsverbesserungen gleichzeitig zunehmen. Diese Annahme erschließt sich intuitiv und ist auch in der Literatur zu finden, wie z. B. bei Porteus (1986).

- Der Käufer ist risikoneutral, da unterstellt wird, dass er über Diversifikationsmöglichkeiten verfügt, während der Lieferant risikoavers ist (z. B. Spemann, 1989, für eine ähnliche Annahme). Zur Abbildung der Risikoneigung des Lieferanten wird die von Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktion verwendet, sodass folgt:

$$U^{(v)}(w) = -\exp(-rw)$$

w stellt hierbei den Nettonutzen des Lieferanten und r den Risikoaversionsgrad mit $r = -U''/U' > 0$ dar (Arrow, 1971).

- Um den Lieferanten zu einer hohen Arbeitsanstrengung zu motivieren, kompensiert ihn der Käufer mit einer zweiteiligen Vergütung. Die Vergütung besteht aus einer fixen Komponente F und einer variablen Komponente V , die an den Gewinn des Käufers gekoppelt ist. In der vorliegenden Arbeit wird von dem folgenden funktionalen Zusammenhang ausgegangen:

$$V = \beta \Pi$$

- Die Produktionsgeschwindigkeit des Käufers übersteigt die Nachfragerate der Endkunden und die Produktionsgeschwindigkeit des Lieferanten ist nicht kleiner als die Produktionsgeschwindigkeit des Käufers. Damit wird sichergestellt, dass der Absatz stets unterbrechungsfrei versorgt werden kann.

Daneben soll die folgende Terminologie verwendet werden:

α	ein Multiplikator
β	Erfolgsbeteiligung des Lieferanten mit $\beta \in [0;1]$
D	Nachfragerate in Mengeneinheiten je Zeiteinheit
F	fixe Vergütung des Lieferanten
g	Preis einer Mengeneinheit des Endprodukts
$h_f^{(b)}$	Lagerhaltungskosten für Fertigprodukte je eingelagerter Mengeneinheit und Zeiteinheit auf Käuferseite

$h_z^{(b)}$	Lagerhaltungskosten für Zulieferprodukte je eingelagerter Mengeneinheit und Zeiteinheit auf Käuferseite
$h^{(v)}$	Lagerhaltungskosten je eingelagerter Mengeneinheit und Zeiteinheit auf Lieferantenseite
K	Rüst- und Bestellkostensatz je aufgelegtem Los auf Käuferseite
γ	Aufarbeitungskosten je fehlerhafter Mengeneinheit des Endprodukts
M	Reservationsnutzen des Lieferanten
μ	Erwartungswert der Zufallsvariablen θ
Π	Gewinn des Käufers
$P^{(b)}$	Produktionsgeschwindigkeit des Käufers in Mengeneinheiten je Zeiteinheit
$P^{(v)}$	Produktionsgeschwindigkeit des Lieferanten in Mengeneinheiten je Zeiteinheit
p	Anteil defekter Produkte, die im Produktionsprozess der Käufers hergestellt werden
p_0	maximale Fehlerrate, die realisiert wird, wenn die Qualität des Zulieferprodukts 0 ist.
Q	Fertigungslosgröße des Käufers
q	ein Maß für die Qualität des Zulieferprodukts
r	Risikoaversionsgrad des Lieferanten
T	Länge des Produktionszyklus
V	variable Vergütung des Lieferanten
w	Nettonutzen des Lieferanten
EU	Erwarteter Nutzen (expected utility)
IC	Lagerhaltungskosten (inventory costs)
QC	Qualitätskosten (quality costs)
SC	Rüstkosten (setup costs)
TC	Gesamtkosten (total costs)
TO	Umsatz (turnover)

3.2 Modellformulierung

Die Situation des Käufers

Die Lagerbestandsverläufe von Käufer und Lieferant sind in Abbildung 1 dargestellt (die dünn gedruckten Linien im oberen Teil der Abbildung stellen hierbei die Lagerzugangs- und -abgangsfunktion des Käufers dar, während die fett gedruckten Linien den Lagerbestandsverläufen entsprechen). Der Käufer stellt ein Los der Größe Q in T Zeiteinheiten her und beginnt mit dem Verkauf direkt nach Fertigstellung der ersten infinitesimalen Mengeneinheit. Der maximale Lagerbestand an Endprodukten wird damit nach T Zeiteinheiten erreicht und beträgt $(P^{(b)}-D)T$ Mengeneinheiten. Daneben sind Lagerbestände am Zulieferprodukt zu berücksichtigen, die im Durchschnitt der halben Fertigungslosgröße entsprechen. Damit folgt für die Lagerhaltungskosten des Käufers:

$$IC^{(b)} = \frac{1}{2}(P^{(b)} - D)Th_f^{(b)} + \frac{1}{2}P^{(b)}Th_z^{(b)} \quad (4)$$

Neben den Lagerhaltungskosten fallen auf Käuferseite Bestell- und Rüstkosten je aufgegebener Bestellung bzw. je aufgelegtem Los an. Diese betragen:

$$SC^{(b)} = KD/(P^{(b)}T) \quad (5)$$

Schließlich sind auf Käuferseite Qualitätskosten in Abhängigkeit der Fehlerrate p und den Aufarbeitungskosten γ zu berücksichtigen. Diese betragen:

$$QC^{(b)} = D\gamma p_0 \exp(-\alpha q/T) \quad (6)$$

Die Gesamtkosten des Käufers ergeben sich damit wie folgt:

$$TC^{(b)} = \frac{1}{2}(P^{(b)} - D)Th_f^{(b)} + \frac{1}{2}P^{(b)}Th_z^{(b)} + \frac{KD}{P^{(b)}T} + D\gamma p_0 \exp\left(-\frac{\alpha q}{T}\right) \quad (7)$$

Der Käufer verkauft seine Produkte für g Geldeinheiten je Mengeneinheit an den Endkunden. Sein Umsatz kann damit wie folgt ermittelt werden:

$$TO = gD \quad (8)$$

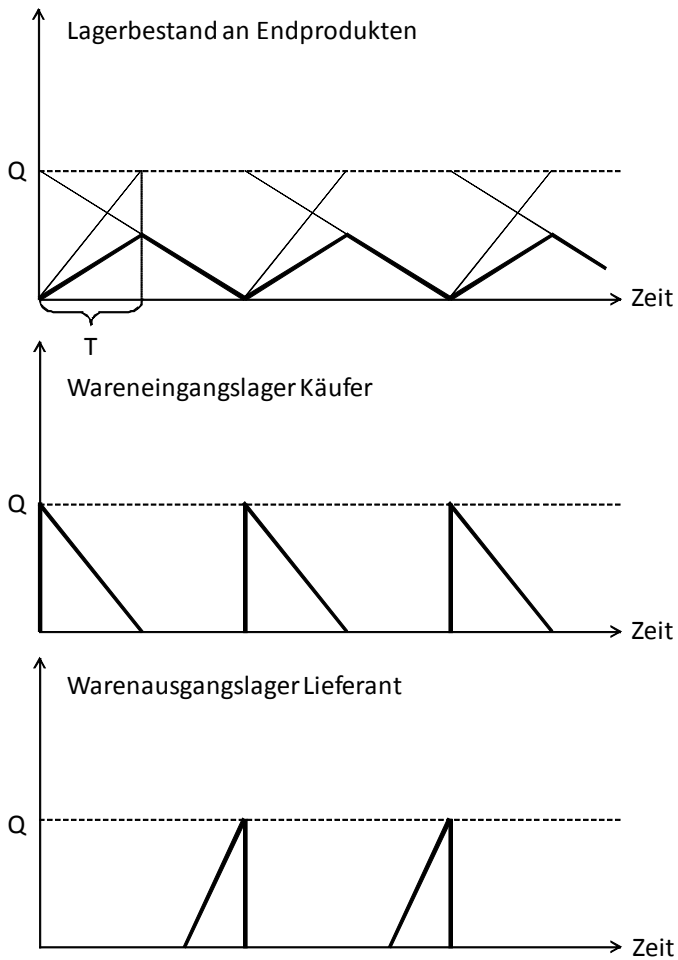
Der Gewinn des Käufers beträgt damit $\Pi = TO - TC^{(b)}$.

Die Situation des Lieferanten

Der Lieferant fertigt das Zulieferprodukt mit der Fertigungsgeschwindigkeit $P^{(v)}$ und leitet nur vollständig fertiggestellte Lose der Größe $P^{(b)}T$ an den Käufer weiter (vgl. Abbildung 1). Die Lagerhaltungskosten des Lieferanten betragen damit:

$$IC^{(v)} = \frac{1}{2} \frac{P^{(b)}}{P^{(v)}} Th^{(v)} \quad (9)$$

Abbildung 1: Lagerbestandsverläufe auf Käufer und Lieferantenseite



Neben den Lagerhaltungskosten fallen auf Seite des Lieferanten Rüst- und Transportkosten an:

$$SC^{(v)} = SD / (P^{(b)}T) \quad (10)$$

Die Gesamtkosten des Lieferanten sind nun als Summe aus (3), (9) und (10) gegeben:

$$TC^{(v)} = \frac{1}{2} \frac{P^{(b)}}{P^{(v)}} Th^{(v)} + \frac{SD}{P^{(b)}T} + ce^2 \quad (11)$$

Das Prinzipal-Agent-Problem

Wie Relation (2) verdeutlicht, kann der Lieferant die Qualität des Zwischenprodukts durch die Wahl der Arbeitsanstrengung e beeinflussen. Wählt er eine hohe Arbeitsanstrengung, so ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass das Zwischenprodukt den Käufer in einer hohen Qualität erreicht und die Fehlerrate p reduziert werden kann. Die Kostenfunktion des Lieferanten verdeutlicht jedoch, dass ein positiver Wert von e zu Kosten führt, sodass der Lieferant originär keinen Anreiz hat, eine von null verschiedene Arbeitsanstrengung zu wählen. Da die Qualität des Zwischenprodukts q von der Zufallsvariable Θ abhängt, kann der Prinzipal in diesem Fall von der Realisation von q nicht darauf rückschließen, ob eine niedrige Qualität durch einen niedrigen Arbeitseinsatz oder ungünstige Umweltzustände bedingt wurde.

Um den Lieferanten dazu zu motivieren, eine positive Arbeitsanstrengung zu wählen, kompensiert ihn der Käufer mit einer Transferzahlung, die aus einer fixen und einer variablen Komponente besteht. Die variable Komponente ist hierbei mit dem Gewinn des Käufers korreliert, da der Lieferant nur in diesem Fall einen Anreiz hat, eine von null verschiedene Arbeitsanstrengung zu wählen. Die Transferzahlung wird hierbei so bestimmt, dass der erwartete Nutzen des Käufers maximiert wird.

Der risikoaverse Lieferant wiederum maximiert seinen erwarteten Nutzen, der sich wie folgt ergibt:

$$EU^{(v)} = -\int \exp(-rw)f(w)dw = \exp\left(-r\left(E[w] - \frac{r}{2}\text{Var}[w]\right)\right) \quad (12)$$

wobei $E[w]$ den erwarteten Nettonutzen, $\text{Var}[w]$ die Varianz des Nettonutzens und $f(w)$ die Dichtefunktion von w bezeichnet. Eine monotone Transformation von (12) führt zu (Spremann, 1989; Erlei et al., 2007, S. 107 f.):

$$EU^{(v)} = E[w] - \frac{r}{2}\text{Var}[w] \quad (13)$$

Ausdruck (13) verdeutlicht, dass der erwartete Nutzen aufgrund der Risikoaversion des Lieferanten unter dem Erwartungswert von w liegt.

Wie bereits ausgeführt wurde, beträgt der Gewinn des Käufers $\Pi = TO - TC^{(b)}$. Aufgrund seiner Risikoneutralität entspricht sein erwarteter Nutzen dem erwarteten Gewinn (Spremann, 1989, S. 20):

$$EU^{(b)} = E[\Pi] = (1 - \beta)\left(gD - Ta_1 - \frac{b_1}{T} - vE[p]\right) - F \quad (14)$$

wobei $v = D\gamma$, $a_1 = 0.5\left((P^{(b)} - D)h_f^{(b)} + P^{(b)}h_z^{(b)}\right)$ und $b_1 = KD/P^{(b)}$ gilt. Bei der Berechnung des Erwartungswerts von p ist zu berücksichtigen, dass die Dichte einer gestutzten Normalverteilung wie folgt ermittelt werden kann (Hartung, 2005, S. 148 ff.):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \frac{\phi(y)}{\Phi(y_o) - \Phi(y_u)}$$

wobei $\phi(y)$ der Dichtefunktion der Standardnormalverteilung, $\Phi(y)$ der Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung sowie y_o der oberen und y_u der unteren Grenze der Variable y entsprechen. Im vorliegenden Fall, für den $y_u = -e$ und $y_o = 0$ angenommen wurde, resultiert daher der folgende Erwartungswert für die Fehlerquote p :

$$E[p] = p_0 \frac{\exp(\xi_1)(\text{Erf}[\xi_2] - \text{Erf}[\xi_3])}{\text{Erf}[\xi_4] + \text{Erf}[\xi_5]} \quad (15)$$

$$\text{mit } \xi_1 = \frac{\alpha(-2T(e + \mu) + \alpha\sigma^2)}{2T^2}, \quad \xi_2 = \frac{T\mu - \alpha\sigma^2}{\sqrt{2T}\sigma}, \quad \xi_3 = \frac{T(e + \mu) - \alpha\sigma^2}{\sqrt{2T}\sigma}, \quad \xi_4 = \frac{\mu}{\sqrt{2}\sigma} \quad \text{und} \\ \xi_5 = \frac{e + \mu}{\sqrt{2}\sigma}$$

wobei $\text{Erf}[\cdot]$ die Gaußsche Fehlerfunktion darstellt. Die Varianz von p ergibt sich analog als:

$$\text{Var}[p] = p_0 \frac{\exp(4\xi_1)(\text{Erf}[\xi_4] - \text{Erf}[\xi_5])(\text{Erf}[\xi_6] - \text{Erf}[\xi_7]) - \exp(2\xi_1)(\text{Erf}[\xi_2] - \text{Erf}[\xi_3])}{(\text{Erf}[\xi_4] - \text{Erf}[\xi_5])^2}$$

$$\text{mit } \xi_6 = \frac{T\mu - 2\alpha\sigma^2}{\sqrt{2T}\sigma} \quad \text{und} \quad \xi_7 = \frac{T(e + \mu) - 2\alpha\sigma^2}{\sqrt{2T}\sigma} \quad (16)$$

Der Nettonutzen des Lieferanten kann nun wie folgt berechnet werden:

$$w = F + \beta(\phi \cdot D - TC^{(b)}) - TC^{(v)} \quad (17)$$

Der erwartete Nutzen des Lieferanten ergibt sich aus (13) und (17) damit zu:

$$EU^{(v)} = F + \beta\left(\phi D - Ta_1 - \frac{b_1}{T} - vE[p]\right) - a_2T - \frac{b_2}{T} - ce^2 - \frac{r}{2}\beta^2v^2\text{Var}[p] \quad (18)$$

mit $a_2 = 0.5h^{(v)}P^{(b)}/P^{(v)}$ und $b_2 = SD/P^{(b)}$.

3.3 Lösung des Modells

Wie bereits ausgeführt versucht der Käufer, den Lieferanten mithilfe einer Transferzahlung dazu zu motivieren, eine hohe Arbeitsanstrengung zu wählen. Der Lieferant wiederum maximiert seinen Erwartungsnutzen für gegebene Vertragsparameter F und β , d. h. er maximiert (18) in e . Da ein allgemeiner Konkavitätsbeweis von (18) aufgrund der Komplexität der Funktion nicht möglich ist, wurden Simulationsstudien durchgeführt, in denen das Verhalten der Funktion für eine Vielzahl unterschiedlicher Parameterwerte untersucht wurde. Für 10.000 zufällig generierte Datensätze zeigte sich, dass die zweite Ableitung von (18) nach e zwar sowohl positive als auch negative Werte

annehmen kann, dass die Funktion jedoch stets nur ein Maximum besitzt und damit quasi-Konkavität unterstellt werden kann.

Die Reaktionsfunktion des Lieferanten, die für gegebene Werte für F und β den aus Lieferantensicht optimalen Arbeitseinsatz e festlegt, kann damit ermittelt werden, indem (18) nach e abgeleitet und mit null gleichgesetzt wird. Da die Funktion im vorliegenden Fall einen komplexen Ausdruck annimmt, wird auf ihre explizite Darstellung verzichtet; die Reaktionsfunktion kann jedoch mit einem Standard-Mathematik-Programm, wie z.B. Mathematica 7.0 der Firma Wolframs Research, einfach ermittelt werden. Für den Lieferanten resultiert mithin das folgende Optimalitätskriterium:

$$dEU^{(v)}/de = 0 \quad (19)$$

Es zeigt sich, dass die Reaktionsfunktion (19) nicht nur von den Vertragsparametern F und β , sondern auch von der Zykluslänge T abhängig ist. Dies ist der Fall, da die Länge des Produktionszyklus den Anteil defekter Produkte im Produktionsprozess beeinflusst und damit den Effekt von e verstärkt oder verringert (in anderen Worten: auch eine hohe Arbeitsanstrengung, die eine hohe Qualität des Zulieferprodukts bedingt, kann keine geringe Fehlerrate nach sich ziehen, wenn ein sehr langer Produktionszyklus gewählt wird und der Produktionsprozess häufig außer Kontrolle gerät). Damit beeinflusst die Wahl von T die variable Vergütung des Lieferanten und muss daher berücksichtigt werden, wenn der Lieferant seinen Arbeitseinsatz wählt. Es folgt, dass der Käufer den Lieferanten zu einer hohen Arbeitsanstrengung bewegen kann, indem er entweder β erhöht oder die Auswirkungen einer Variation von e verstärkt, indem er T anpasst.

Im Folgenden wird, wie in der Literatur häufig üblich, angenommen, dass der Käufer die Reaktionsfunktion und den Reservationsnutzen des Lieferanten kennt. Aus diesem Grund wählt der Käufer F genau so, dass die Reservationsbedingung des Lieferanten erfüllt ist:

$$F = \frac{r}{2}\beta^2 v^2 \text{Var}[p] + a_2 T + \frac{b_2}{T} + ce^2 - \beta \left(\varphi D - T a_1 - \frac{b_1}{T} - vE[p] \right) + M \quad (20)$$

Wird (20) in (14) eingesetzt, so folgt:

$$EU^{(b)} = \varphi D - T(a_1 + a_2) - \frac{b_1 + b_2}{T} - vE[p] - \frac{r}{2}\beta^2 v^2 \text{Var}[p] - ce^2 - M \quad (21)$$

Da der Ausdruck $gD - M$ konstant ist, entspricht die Maximierung von (21) der Minimierung des folgenden Ausdrucks:

$$TC^{(b)} = T(a_1 + a_2) + \frac{b_1 + b_2}{T} + vE[p] + \frac{r}{2}\beta^2 v^2 \text{Var}[p] + ce^2 \quad (22)$$

Der Käufer minimiert nun (22) für vorgegebene Werte für e in T und β . Da der Ausdruck (22) zu komplex ist, um Konvexität formal nachzuweisen, wurden wiederum Simulationsstudien durchgeführt, in denen das Verhalten der Kostenfunktion für

unterschiedliche Parameterwerte untersucht wurde. Für 10.000 zufällig generierte Datensätze zeigte sich, dass die zweite Ableitung der Funktion (22) nach T sowohl positive als auch negative Werte aufweisen kann, dass die Funktion (22) im zulässigen Bereich jedoch stets ein globales Maximum aufweist, das mithilfe der zweiten Ableitung aufgefunden werden kann. Für vorgegebene Werte für e und β kann (22) daher minimiert werden, indem die erste Ableitung nach T gebildet und der resultierende Ausdruck mit null gleichgesetzt wird (auch in diesem Fall wird aus Komplexitätsgründen auf eine explizite Darstellung der ersten Ableitung verzichtet):

$$\partial TC^{(b)} / \partial T = 0 \quad (23)$$

Für vorgegebene Werte für β kann nun eine Lösung gefunden werden, indem der folgende Algorithmus angewendet wird:

Schritt 1: Setze $e = 0$

Schritt 2: Für einen vorgegebenen Wert für e , finde denjenigen Wert für T der Gleichung (23) erfüllt

Schritt 3: Für vorgegebene Werte für T , finde denjenigen Wert für e der Gleichung (19) erfüllt.

Schritt 4: Wiederhole die Schritte 2 und 3, bis eine hinreichend genaue Lösung gefunden ist.

Da β auf einem endlichen Intervall definiert ist, wurde eine lineare Suche über das Intervall angestellt und für jeden β -Wert korrespondierende T - und e -Werte ermittelt. Diejenige Lösung wurde am Ende der linearen Suche als beste Lösung übernommen, die die Kosten des Käufers gemäß (22) minimiert.

3.4 Numerische Studien

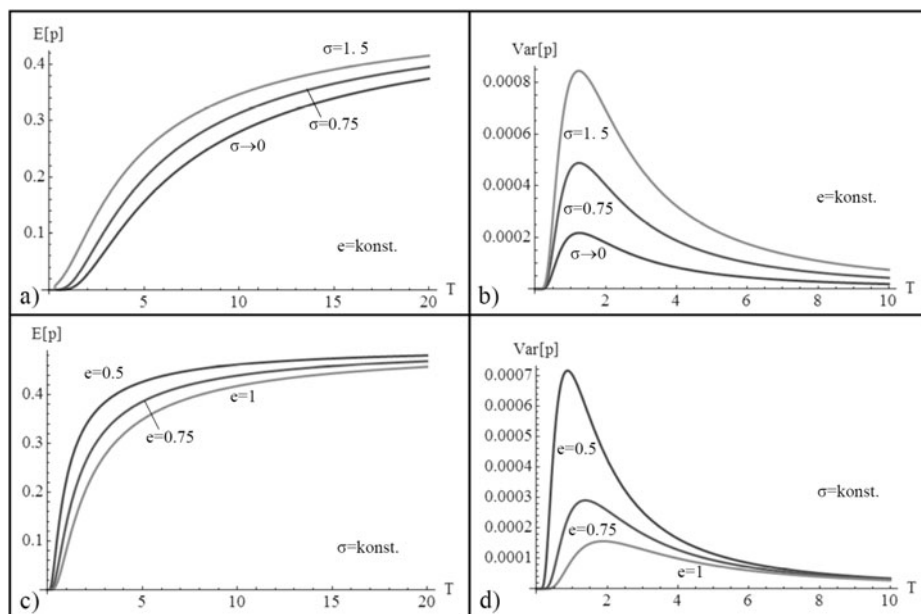
Um das in dieser Arbeit entwickelte Modell zu veranschaulichen wurden numerische Studien mit unterschiedlichen zufällig generierten Datensätzen durchgeführt. Im Folgenden soll zunächst gezeigt werden, wie sich der Erwartungswert und die Varianz der Fehlerquote p in Abhängigkeit von der Arbeitsleistung e und der Zykluszeit T entwickeln, bevor auf Zusammenhänge zwischen den Entscheidungsvariablen von Käufer und Lieferant bei steigender Unsicherheit eingegangen werden soll.

3.4.1 Einfluss von Arbeitsleistung und Zykluszeit auf die Fehlerquote

Abbildung 2 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der Standardabweichung σ , der Arbeitsleistung e , der Zykluszeit T und dem Erwartungswert sowie der Varianz der Fehlerquote p . Wie in den Teilen a) und c) der Abbildung 2 zu sehen ist, steigt der Erwartungswert der Fehlerquote an, wenn die Zykluszeit T erhöht wird, da der Produktionsprozess in diesem Fall mit einer höheren Wahrscheinlichkeit außer Kontrolle gerät und anschließend defekte Produkte hervorbringt. Ferner wird ersichtlich, dass

der Erwartungswert der Fehlerquote ansteigt, wenn die Standardabweichung der Zufallsvariable zunimmt oder die Arbeitsleistung des Lieferanten reduziert wird. Eine Analyse der Varianz von p (vgl. die Teile b) und d) der Abbildung 2) zeigt daneben, dass eine Ausdehnung von T zunächst zu einem Anstieg und anschließend zu einer Reduktion der Varianz führt. Dieser Effekt ist auf die spezifische Form der Fehlerfunktion (1) zurückzuführen, da durch eine Variation der Zykluszeit sowohl direkt Einfluss auf die Fehlerquote als auch indirekt Einfluss auf die Auswirkung der Zufallsvariable genommen werden kann (mit anderen Worten: da die Zufallsvariable Θ über den Ausdruck Θ/T in (1) eingeht, nimmt der Einfluss von Θ ab, wenn T erhöht wird). Daneben wird deutlich, dass die Varianz der Ausfallquote sowohl bei einer Erhöhung der Standardabweichung σ als auch einer Reduktion der Arbeitsleistung e ansteigt.

Abbildung 2: Wirken von e , T und σ auf $E[p]$ und $Var[p]$



3.4.2 Modellverhalten bei steigender Unsicherheit

Im Folgenden soll untersucht werden, wie sich eine steigende Unsicherheit in der Leistungserstellung auf das Verhalten der Parteien auswirkt. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen dieser Arbeit numerische Studien mit unterschiedlichen Datensätzen durchgeführt, wobei im folgenden die Ergebnisse für einen Datensatz mit den folgenden Modellparametern exemplarisch vorgestellt werden sollen: $D=100$, $P^{(b)}=120$, $P^{(v)}=150$, $K=100$, $S=250$, $p_0=0,8$, $\gamma=1,5$, $\alpha=3,5$, $c=4$, $h^{(v)}=0,4$, $h_z^{(b)}=0,8$, $h_f^{(b)}=1$, $\varphi=10$ und $M=200$.

Für den Erwartungswert wurde unterstellt, dass dieser von e abhängig ist und der folgende Zusammenhang gilt: $\mu = e/6$.

Abbildung 3: Ergebnisse der numerischen Studie

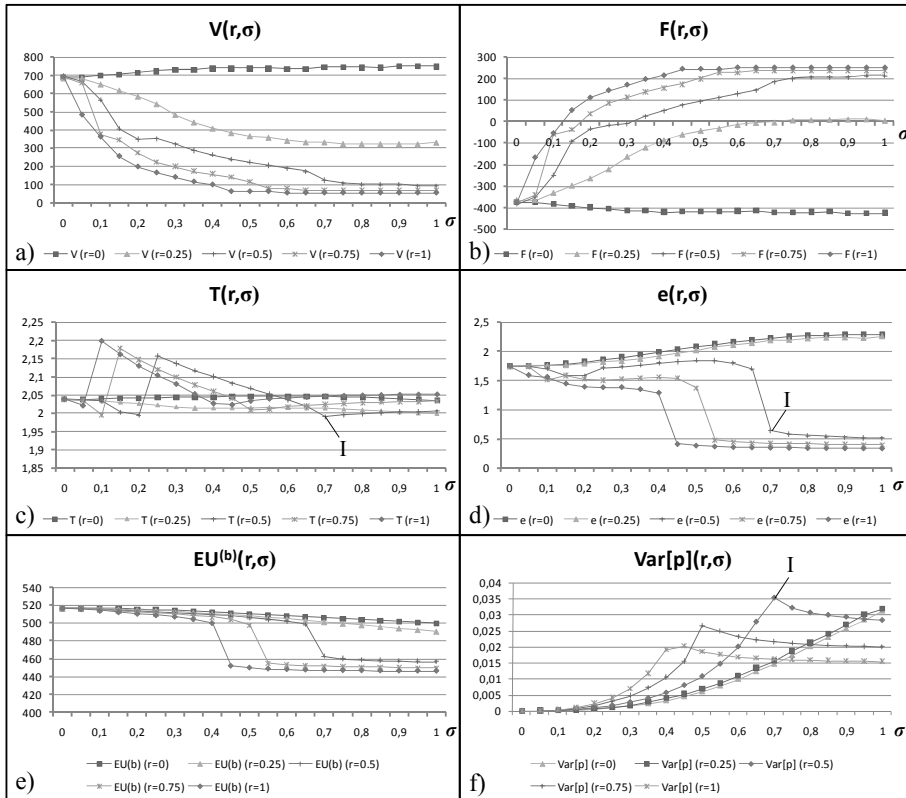


Abbildung 3 verdeutlicht, wie sich die Entscheidungsparameter der Akteure bei einer steigenden Standardabweichung und für unterschiedliche Grade an Risikoaversion entwickeln. Wie zu sehen ist, ist es aus Sicht des Käufers im Fall eines risikoneutralen Agenten (d. h. für den Fall $r=0$) optimal, eine hohe variable Vergütung, verbunden mit einer negativen Transferzahlung zu wählen (vgl. die Teile a) und b) der Abbildung 3). Diese Vorgehensweise kann mit dem praktischen Fall einer Lizenzierung verglichen werden, bei der der Käufer Teile seiner Geschäftstätigkeit an den Lieferanten überträgt und eine fixe Lizenzgebühr erhält. Nimmt die Risikoaversion des Lieferanten zu, so wird die variable Vergütung zunehmend in eine fixe Vergütung überführt, da der Lieferant andernfalls zu viel Risiko tragen muss, was zu einem negativen Nutzen auf

seiner Seite und einer damit verbundenen hohen Kompensationszahlung führt. Ferner wird deutlich, dass die variable Vergütung des Lieferanten auch mit einer steigenden Standardabweichung (d. h. also mit zunehmender Unsicherheit) in eine fixe Vergütung umgewandelt wird, da ein steigendes σ bei Risikoaversion zu einem zunehmenden negativen Nutzen führt. Dies kann auf den negativen Einfluss der Varianz von w auf den Erwartungsnutzen des Lieferanten zurückgeführt werden, der eine größere fixe Transferzahlung für einen gegebenen Arbeitseinsatz verlangt, wenn σ zunimmt. Um sicherzustellen, dass F nicht stärker ansteigt als unbedingt notwendig, reduziert der Käufer β und erhöht F mit steigendem σ .

Eine genauere Betrachtung der Teile c), d) und f) der Abbildung 3 verdeutlicht ferner, dass der Käufer die Zyklusdauer mit steigender Standardabweichung zunächst leicht reduziert, dann ausdehnt, um sie anschließend wieder zu reduzieren. Diese Vorgehensweise ist auf die komplexen Abhängigkeiten zwischen den Entscheidungsvariablen T und e und dem Erwartungswert bzw. der Varianz von p , die wiederum auf den Nutzen von Käufer und Lieferant wirken, zurückzuführen. Wie in Abschnitt 3.4.1 gezeigt wurde, kann der Käufer die Varianz der Fehlerquote, die sich negativ auf den Nutzen des Lieferanten auswirkt, verringern, indem er die Zykluszeit erhöht, wodurch jedoch auch gleichzeitig der Erwartungswert der Fehlerquote gesteigert und seine eigenen Qualitätskosten erhöht werden. Wie in Teil c) der Abbildung 3 zu sehen ist, wählt der Käufer bei niedrigen Werten für σ eine niedrige Zykluszeit, da so der Erwartungswert der Fehlerquote reduziert werden kann. Dies führt, wie in den Teilen b) und d) der Abbildung 2 zu sehen ist, im vorliegenden Fall jedoch zu einer relativ hohen Varianz, die bei einer niedrigen Standardabweichung jedoch nicht stark ins Gewicht fällt. Wird die Standardabweichung erhöht, so versucht der Käufer die Varianz durch eine Erhöhung von T zu reduzieren. Da der Lieferant mit steigender Standardabweichung seine Arbeitsleistung erhöht, wird jedoch auch die Wirkung von T auf die Varianz verringert (vgl. Teil d) der Abbildung 2), weshalb der Käufer mit einer Reduktion der Zykluszeit reagieren und den Erwartungswert der Ausfallquote senken kann. Da die Varianz in diesem Fall mit steigendem σ jedoch weiter zunimmt, reagiert der Lieferant mit einer Reduktion der Arbeitsleistung, um das von ihm getragene Risiko zu verringern. Der Käufer erwidert diese Handlung schließlich mit einer Erhöhung der Zykluszeit (vgl. hierzu die jeweils mit I markierten Punkte in den Teilen c), d) und f) der Abbildung 3). Teil e) der Abbildung 3 verdeutlicht schließlich, dass der erwartete Nutzen des Käufers mit steigender Standardabweichung sinkt. Dies ist offensichtlich, da eine Zunahme des Risikos in der Leistungserstellung zu einem negativen Nutzen auf Lieferantenseite führt, der kompensiert werden muss. Da die Gesamtwohlfahrt im System sinkt und der Lieferant einen konstanten Reservationsnutzen hat, muss also der erwartete Nutzen des Käufers sinken.

Abbildung 4 verdeutlicht schließlich die Effizienz des oben beschriebenen Algorithmus. Es zeigt sich, dass nur wenige Iterationsschritte benötigt werden, bis sich das Verhältnis von $e(T)$ und $T(e)$ auf ein stabiles Niveau eingeschwungen hat. Es kann also