

Supply Chain-Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten

Taktisch-operative Potenzialplanung zur Schaffung
von Robustheit, Resilienz und Agilität

Immanuel Zitzmann



University
of Bamberg
Press

20 Logistik und Supply Chain Management

Logistik und Supply Chain Management

Band 20

Herausgegeben von
Prof. Dr. Eric Sucky



Supply Chain-Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten

Taktisch-operative Potenzialplanung zur Schaffung
von Robustheit, Resilienz und Agilität

Immanuel Zitzmann



Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Informationen sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als Dissertation vorgelegen.

1. Gutachter: Prof. Dr. Eric Sucky

2. Gutachter: Prof. Dr. Alexander Pflaum

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.2018

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über den Hochschulschriften-Server (OPUS; <http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/>) der Universitätsbibliothek Bamberg erreichbar. Kopien und Ausdrücke dürfen nur zum privaten und sonstigen eigenen Gebrauch angefertigt werden.

Herstellung und Druck: docupoint, Magdeburg

Umschlaggestaltung: University of Bamberg Press, Larissa Günther

© University of Bamberg Press, Bamberg, 2018

<http://www.uni-bamberg.de/ubp/>

ISSN: 2191-2424

ISBN: 978-3-86309-603-8 (Druckausgabe)

eISBN: 978-3-86309-604-5 (Online-Ausgabe)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-opus4-525632

DOI: <http://dx.doi.org/10.20378/irbo-52563>

Schriftenreihe

Logistik und Supply Chain Management

Herausgegeben von
Prof. Dr. Eric Sucky

Kontakt: Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Lehrstuhl für BWL, insb. Produktion und Logistik, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg

Das erfolgreiche Management sowohl unternehmensinterner als auch unternehmensübergreifender Wertschöpfungsprozesse, Wertschöpfungsketten und ganzer Wertschöpfungsnetzwerke basiert im Besonderen auf dem zielgerichteten Einsatz von bestehenden und weiterentwickelten Methoden und Konzepten des Produktions- und Logistikmanagements sowie des Operations Research, dem Einsatz von innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien sowie theoretischen und praktischen Erkenntnissen des Kooperationsmanagements. Die Schriftenreihe dient der Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse auf den Gebieten Logistik und Supply Chain Management. Aufgenommen werden Publikationen, die einen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt in Logistik und Supply Chain Management liefern.

Geleitwort

Unternehmen werden kontinuierlich mit steigenden Anforderungen an das Management ihrer Wertschöpfungsprozesse konfrontiert. Standen in den 1960er und 1970er Jahren noch die Transport-, Lager- und Umschlagsprozesse (TUL) in der organisatorisch funktional ausgerichteten Logistik im Fokus der Betrachtung, wird aktuell Supply Chain Management durch eine strategische Führungsfunktion der unternehmensübergreifenden, kundenorientierten Weiterentwicklung von Prozess- und Wertschöpfungsnetzwerken charakterisiert. Die Erstellung von Gütern, ob Produkte oder Dienstleistungen, ist dabei durch globale Supply Chains geprägt, d. h. weltumspannende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke mit Netzwerkcharakter, deren Elemente über Güter-, Informations- und Finanzflüsse miteinander in Beziehung stehen. Diese Wertschöpfungsnetzwerke sind durch einen hohen Grad an räumlicher und institutioneller Arbeitsteilung gekennzeichnet. Dadurch ergeben sich erhöhte Anforderungen an das Management der institutionsübergreifenden Prozesse und deren Koordination. Ziel ist ein reibungsloser und effizienter Ablauf, den eine stabile Umwelt und deterministische Gegebenheiten erleichtern. In der realen betriebswirtschaftlichen Praxis existieren solche Zustände jedoch nicht. Die Welt ist von Unsicherheiten und nicht vorhersehbaren Ereignissen geprägt. Das Management von Unternehmen, aber auch ganzer Supply Chains steht daher vor der Herausforderung, Maßnahmen zu ergreifen, die es auf der einen Seite ermöglichen, die vorhandenen Risiken zu bewältigen, auf der anderen Seite aber auch Chancen zur Generierung von Wettbewerbsvorteilen zu nutzen.

Flexibilität als ein strategischer Erfolgsfaktor wird in der turbulenten Unternehmensumwelt daher als eine obligatorische Fähigkeit von Unternehmen betrachtet. Auch die Wissenschaft greift seit geraumer Zeit diesen Trend auf und macht die Flexibilität sowie deren Arten und Beschreibungssystematiken zum Gegenstand zahlreicher wirtschafts- und ingenieurwissenschaftlicher Arbeiten. Dabei kann ganz allgemein folgendes Flexibilitätsverständnis abgeleitet werden: *Flexibilität ist die Fähigkeit eines Systems (Unternehmen oder Netzwerk), selbstständig proaktiv*

oder reaktiv mit externen oder intern induzierten Veränderungen umzugehen, um die bisherigen Ziele zu erreichen. Auch die selbstständige Anpassung des Zielsystems als Reaktion auf eine zukünftige oder bereits eingetretene Veränderung ist möglich. Die für eine Veränderungsbewältigung nötigen und zur Verfügung stehenden Ressourcen in Prozessen, Systemen und Strukturen werden als Flexibilitätspotenziale bezeichnet.¹

Die Installation der Flexibilität als Paradigma einer zukunftsfähigen Unternehmensausrichtung darf dabei keinesfalls ohne Reflexion der jetzigen und Antizipation der zukünftigen Unternehmensentwicklung geschehen. Flexibilität ist kein Selbstzweck, sondern hat sich an ihrem Beitrag zur Verbesserung der Zielerreichung zu orientieren und ist dabei stets auf ihren unmittelbaren Zusammenhang mit den Anforderungen des Wettbewerbsumfeldes zu überprüfen. Die Bereitstellung von Flexibilitätspotenzialen verursacht Kosten und ist deshalb sinnvoll, wenn den vorgehaltenen Potenzialen auch ein entsprechender Flexibilitätsbedarf gegenübersteht. Die Zielsetzung eines Unternehmens muss es sein, durch Produkte in Kombination mit Dienstleistungen die Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen. Neben der Funktionalität und Qualität des Produktes sind Zeit- und Kostenaspekte wesentlich für die Kundenzufriedenheit. Die Erfüllung von Kundenanforderungen ist die Grundlage dafür, Kunden zu gewinnen und an das Unternehmen zu binden. Je schärfer der Wettbewerb wird, umso wichtiger wird die Kundenbindung. Wer es schafft, den Kunden schneller und besser an sich zu binden als die Konkurrenz, kann die Wettbewerbsposition des Unternehmens halten und verbessern. Somit ist die Schaffung von Flexibilitätspotenzialen dann sinnvoll, wenn es dadurch gelingt, auch unter sich wandelnden Rahmenbedingungen die Kundenbedürfnisse bestmöglich zu erfüllen.² Eine erhöhte Supply Chain-Flexibilität gilt daher auch gemäß aktueller Studien nicht nur als Erfolgsfaktor, sondern ist für Unternehmen wesentlich, um am Markt

¹ Voigt, K. I./Wildemann, H. (2007): Quantifizierung der Flexibilität im Rahmen wertschöpfungspartnerschaftlicher Zusammenarbeit, in: Günthner, W. A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik, Berlin, S. 123–136.

² Voigt, K. I./Wildemann, H. (2007): Quantifizierung der Flexibilität im Rahmen wertschöpfungspartnerschaftlicher Zusammenarbeit, in: Günthner, W. A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik, Berlin, S. 123–136.

bestehen zu können.³ Der Fokus publizierter Arbeiten liegt im Schwerpunkt jedoch auf der Flexibilitätsplanung für Produktionsstätten in Supply Chains, d. h. die Flexibilitätsplanung für Supply Chains wird überwiegend als strategische Planungsaufgabe gesehen.⁴ Im Fokus der vorliegenden Arbeit von Herrn Immanuel Zitzmann steht jedoch folgerichtig die Planung und Analyse von Flexibilitätspotenzialen auf der bisher wenig beachteten taktisch-operativen Planungsebene des Supply Chain Managements. Herr Zitzmann legt seiner Arbeit daher sieben Forschungsfragen zugrunde:

1. Über welche Fähigkeiten muss eine Supply Chain verfügen, um Unsicherheiten zu bewältigen?
2. Wie lässt sich die Planung von Flexibilität in die Supply Chain-Planung integrieren?
3. In welchen Planungsaufgaben des SCM gilt es, Flexibilität zu berücksichtigen?
4. Mit welchen Instrumenten lässt sich Flexibilitätspotenzial auf der taktisch-operativen Planungsebene aufbauen?
5. Welche Verfahren eignen sich, um den Umfang der aufzubauenden Handlungsspielräume auf taktisch-operativer Ebene festzulegen?
6. In welcher Höhe ist taktisch-operatives Flexibilitätspotenzial zu dimensionieren?
7. Welchen Beitrag leistet eine durch taktisch-operative Mengenplanung erzeugte Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains?

Die formulierten Forschungsfragen machen den Anspruch von Herrn Zitzmann deutlich, eine zielgerichtete Flexibilitätsplanung erstmals umfassend und fundiert auf die taktisch-operative Planungsebene des Supply Chain Managements anzuwenden.

³ Vgl. Kersten, W./Singer, C. (2011): Aufbau von Flexibilitätspotenzialen zur Beherrschung von Supply Chain-Risiken, in: *Industrie Management* 27, S. 61–64.

⁴ Kuhn, A./Klingebiel, K./Schmidt, A./Luft, N. (2011): Modellgestütztes Planen und kollaboratives Experimentieren für robuste Distributionssysteme, in: Späth, H. (Hrsg.): *Wissensarbeit – Zwischen strengen Prozessen und kreativem Spielraum*, Wiesbaden.

Nach Chmielewicz⁵ dient wissenschaftliche Forschung der theoretischen Fundierung in der Praxis beobachtbarer Phänomene, um bestehende Tatbestände zu erklären und zukünftige Sachverhalte zu prognostizieren. Dabei sind ein deskriptives Ziel der Begriffsbildung, ein theoretisches Ziel der allgemeinen Erkenntnisgewinnung sowie ein pragmatisches Ziel der Ableitung von Handlungsalternativen zu verfolgen. Für eine anwendungsorientierte Realwissenschaft, zu der die Wirtschaftswissenschaften gezählt werden, ist nach Ulrich⁶ ein enger Austausch mit der betriebswirtschaftlichen Praxis entlang des Forschungsprozesses entscheidend, d. h. der Praxisbezug ist konstitutiv. Herr Zitzmann gewinnt seine Erkenntnisse im Rahmen der vorliegenden Dissertation durch drei Forschungsmethoden. Dies ist eine auf vorhandenen Veröffentlichungen aufbauende Literaturanalyse, eine Fallstudienuntersuchung mithilfe von leitfadengestützten Experteninterviews sowie eine experimentelle Untersuchung auf Grundlage einer computergestützten Simulationsstudie. Der Aufbau der Ausführungen folgt dabei – wie die ersten sechs Forschungsfragen – einem deduktiven Vorgehen. Mit der Beantwortung der siebten Forschungsfrage erfolgt dann ein induktiver Rückschluss auf die für diese Arbeit Anstoß gebende Frage: Wie müssen Supply Chains gestaltet sein, um auftretende Unsicherheiten bewältigen zu können, und mit welchen Verfahren und Instrumenten lässt sich dies realisieren?

Insgesamt liefert die Arbeit von Herrn Zitzmann einen bedeutenden Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt sowohl im Feld der Flexibilitätswissenschaften als auch für das Supply Chain Management im Allgemeinen. Darüber hinaus weist sie einen sehr hohen Anwendungsbezug für die betriebswirtschaftliche Praxis auf.

Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky

⁵ Chmielewicz, K. (1979): *Forschungskonzeptionen der Wirtschaftswissenschaften*, Stuttgart.

⁶ Ulrich, H. (2001): *Systemorientiertes Management*, München.

Vorwort

„Of course I'll hurt you. Of course you'll hurt me. Of course we will hurt each other. But this is the very condition of existence. To become spring, means accepting the risk of winter. To become presence, means accepting the risk of absence.”

(Antoine de Saint-Exupéry)

*„Es ist nicht Deine Schuld, dass die Welt ist, wie sie ist.
Es wär nur Deine Schuld, wenn sie so bleibt.“*

(Die Ärzte)

Diese Arbeit ist in den Jahren meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Logistik an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg entstanden. Alle Mitglieder des Lehrstuhl-Teams, die Studierenden sowie die Betreuer meiner Dissertation haben mich dabei persönlich und inhaltlich begleitet und geprägt.

- Prof. Dr. Eric Sucky bereitete mir an seinem Lehrstuhl ein Arbeitsumfeld mit großer Freiheit sowohl in meiner Lehr- wie auch meiner Forschungstätigkeit. Dies hat es mir ermöglicht, mich mit den jeweiligen Inhalten zu identifizieren und ich habe meine Energie mit Begeisterung eingebracht. Dafür bin ich meinem Doktorvater sehr dankbar. Dies gilt auch für die konstruktiven Hinweise, kritischen Kommentare und Bestätigungen im Zuge der Arbeit an meiner Dissertation.
- Prof. Dr. Alexander Pflaum danke ich für die unmittelbare Bereitschaft, die Aufgabe des Zweitgutachters zu übernehmen. Das Vertrauen und die von ihm gewährte Freiheit ermöglichten eine unkomplizierte Zusammenarbeit.
- Prof. Dr. Alexander Dobhan war nicht nur dritter Prüfer im Rahmen meiner Disputation, sondern auch Betreuer meiner Bachelorarbeit und mein Kollege am Lehrstuhl. Ihm gilt mein herzlichster Dank für die verschiedenen Ebenen der Zusammen-

arbeit, seine langjährige Unterstützung sowie für die gemeinsame Zeit als inhaltlicher und persönlicher Gesprächspartner und Freund.

- Ein sehr großer Dank gilt Roswitha Laukenmann für ihre herzliche und fürsorgliche Art in der Organisation des Lehrstuhls sowie Sophie Kurbjuhn, die mich beim Lektorat meiner Dissertation unterstützte und am Ende der Arbeit ermutigt und bestärkt hat, diese einzureichen. Danken möchte ich auch Christiane Reinshagen für ihre Energie und positive Ausstrahlung sowie Anja Böhnlein für die Gespräche an der Kaffeemaschine und beim Mittagessen. Björn Asdecker danke ich für seine unterhaltsamen Geschichten, Impulse, Ratschläge und Meinungen. Sabine Ebner gilt der Dank besonders für ihre modischen Tipps und die vielen gemeinsamen Gespräche in der Sandstraße. Für seine ausgleichende Art, seine Anteilnahme und die Hilfe bei Problemen mit meinem Simulationsmodell danke ich sehr Jonas Wiese. Für die gute und schöne Zusammenarbeit in gemeinsamen Lehrveranstaltungen sowie für ihre Fröhlichkeit ein großes Danke an Vanessa Felch.

Die Jahre meiner Dissertation waren geprägt von einem persönlichen Wachstum, das weit über die inhaltlichen Aspekte dieser Arbeit hinausgeht. Dieser Lern- und Entwicklungsprozess ist durch die Interaktion mit Personen aus meinem privaten Umfeld entstanden, welche mich in den vergangenen Jahren auf unterschiedliche Weise begleitet haben. In unzähligen Gesprächen und Begegnungen mit meiner Familie und meinen Freunden sind Impulse für diese Doktorarbeit entstanden und es ist Raum und Zeit gewesen, damit sich Gedanken und Ideen auch abseits der direkten Beschäftigung mit der Dissertation entfalten. Dieses Umfeld war ein nötiger und guter Ausgleich, wenn mir die Arbeit zu viel wurde und ich nicht weiterwusste. Dieses Vorwort ist zu kurz um alle Personen namentlich zu nennen, die hier eine Rolle gespielt haben. Dennoch gilt jeder einzelnen mein Dank.

- Hervorheben möchte ich meine Familie. Dies sind zunächst meine Eltern, Margarethe und Andreas. Mit ihrer Liebe und ihren Ratschlägen haben sie mich in allen Jahren auf meinem

Weg über die Hauptschule bis zu meiner Promotion unterstützt. Sie haben bei mir die Grundlagen für meine Begeisterung an gesellschaftlichen Zusammenhängen gelegt und das Interesse, diese zu verstehen und mitgestalten zu wollen, stets gefördert. Dabei haben sie mir die Freiheit gelassen, meinen eigenen Weg zu gehen. Dafür ein Danke, dass ich nicht in Worte fassen kann.

Ich möchte mich auch für die Unterstützung durch meine Geschwister bedanken, die als Personen so anders sind als ich und dennoch immer da und deshalb so wertvoll sind. Dies sind zum einen Thomas und seine Familie. Die Treffen mit ihm, Vera, Zora, Beorn, Merlin und Phineas haben mir immer wieder vor Augen geführt, dass es im Leben viel wichtigere Dinge gibt als eine Promotion und dass diese Dinge in den verschiedensten Lebensentwürfen möglich sind. Zum anderen ist es Dominik, dessen Gesichtspunkte auf die Welt mir eine Hilfe sind, meine Meinung zu finden und der mich immer unterstützt, wenn ich Hilfe brauche, sei es beim Umzug, einem Fahrdienst oder der Ablenkung nach einem anstrengenden Arbeitstag.

Aus meiner Familie möchte ich zudem meinem Großvater Alois danken. Seine Ermutigung hat dazu geführt, dass ich mich für die Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter entschieden habe.

- Neben meiner Familie ist mein privates Umfeld von meinen Freunden geprägt. Ihnen gilt mein Dank dafür, die Zeiten auszuhalten, in denen ich dünnhäutig war und wenig Zeit hatte. Vor allem aber möchte ich Danke sagen für die vielen Momente, die mein Leben abseits der Dissertation bunt und vielfältig gemacht und dadurch positiv bereichert haben. Dies haben sie bewerkstelligt durch gute Worte, gemeinsames Tanzen, Schwimmen oder in der Sonne liegen, diskutieren, feiern und trinken, politische und persönliche Gespräche, intensive Kontakte und nicht zuletzt einfach dadurch, als Freunde für mich da zu sein.

Danken möchte ich besonders Gaby und Clemens, bei denen ich zum Grillen, Fußball schauen oder gemeinsamen Essen

immer ein Gast sein darf und die damit einen Ruhepol in den bewegten letzten Jahren darstellten. Julia, für ihre Energie und Begeisterung und unsere konstruktiven Diskussionen über Politik, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit sowie für unsere sehr persönlichen Gespräche. Johanna für das Festhalten an unserer Freundschaft und das Dasein über einen sehr langen Zeitraum. Meinen beiden Jugendfreunden Christian und Clemens für unsere gemeinsamen Wochenenden und die Unerschütterlichkeit unseres Dreiergespanns, in dem alles seinen Raum hat, was nötig ist. Conny für unsere Gespräche, Joggingrunden und die aktiv gelebte Fernfreundschaft. Doro für ihre Impulse bei der Lebensgestaltung. Esther für ihre phänomenale Playliste, das Zuhören, unsere Verbundenheit und ihre Lebensfreude. Anni und Soph haben mich dazu gebracht, meinen Balkon aktiv zu nutzen, dafür und für die Gespräche, die wir auf diesem und abseits davon geführt haben, ein großes Danke. David danke ich für die Freundschaft abseits der Arbeit als Kollege und für die gemeinsamen Radausflüge, Biere und politischen Diskussionen.

- An dieser Stelle möchte ich nun noch drei Personen nennen, deren Impulse, Begleitung und Persönlichkeit in den unterschiedlichen Phasen meiner Dissertation großen Einfluss auf mich hatten. Viele Positionen, Gedanken und Meinungen sind durch die Interaktion mit ihnen gewachsen bzw. angestoßen worden. Dafür und für die gemeinsame, oft intensive Zeit ein Danke von ganzem Herzen.

Sophia hat mich besonders am Anfang meines Promotionsprojektes ermutigt und bestätigt, dieses fortzuführen und voranzubringen. Neben dieser Bestätigung bin ich ihr dankbar für unsere Gespräche und Diskussionen, die uns an die Grenze mancher Sperrstunde gebracht haben und für ihre persönlichen Impulse, das Leben intensiv zu leben und manchmal alles auf eine Karte zu setzen.

In den Jahren, in denen ich diese Arbeit geschrieben habe, war mir Ann-Kathrin eine enge Begleitung. Ich danke ihr für die gemeinsamen Arbeitseinheiten, die immer produktiv waren,

die nötige Ablenkung, wenn diese anstand, sei es durch Tanzen, Ausflüge oder gemeinsamen Sport. Auch für die langen Spaziergänge, Gespräche, gemeinsamen Drinks und die Ermutigung zur Unvernunft bin ich dankbar. All diese Dinge haben mein Leben mit und abseits der Dissertation geprägt und bereichert.

Zum Ende meiner Promotion war mir Anna eine kraftvolle Stütze. Ihre Lebensfreude und Leidenschaft haben mir geholfen, in den letzten Jahren und Monaten Motivation und Energie für die Arbeit zu finden. Dafür sowie für das weite Spektrum unserer persönlichen Gespräche und Aktivitäten, ihre Unterstützung und das Mitfiebern danke ich ihr.

Immanuel Zitzmann

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIII
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XIX
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	4
1.3 Methodik und Gang der Untersuchung.....	6
2 Supply Chain Management-Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten	11
2.1 Wesen und Eigenschaften einer Supply Chain.....	12
2.1.1 Sichtweisen auf eine Supply Chain.....	13
2.1.2 Definition des Begriffs „Supply Chain“ als Grundlage der Arbeit.....	15
2.1.3 Beschreibung einer Supply Chain als System	18
2.2 Supply Chain Management und dessen Planungsaufgaben	20
2.2.1 Der Planungsprozess als Ausgangspunkt des zielgerichteten Managements eines Systems.....	20
2.2.1.1 Entscheidungen als Abschluss des Planungsprozesses .	24
2.2.1.2 Formale Darstellung von Entscheidungssituationen	26
2.2.2 Definition, Sichtweisen und Grenzen des Supply Chain Management.....	28
2.2.3 Ziele des Supply Chain Management und deren Umsetzung	32
2.2.4 Planung im Supply Chain Management	35

2.2.4.1	Hierarchische Ebenen der Supply Chain-Planung	36
2.2.4.2	Strukturierung der Planungsaufgaben gemäß der Supply Chain Planning Matrix.....	41
2.2.4.3	Rollierende Planung im Rahmen der Supply Chain-Planung.....	47
2.3	Wesen und Arten von Unsicherheiten in einer Supply Chain und in deren Management.....	50
2.3.1	Begriffsverständnis von „Unsicherheit“, „Risiko“ und „Chance“	51
2.3.2	Entscheidungen unter Unsicherheit	53
2.3.3	Unsicherheiten in einer Supply Chain.....	56
2.3.3.1	Quellen und Ursachen von Unsicherheiten in einer Supply Chain	56
2.3.3.2	Auswirkungen von Unsicherheiten auf eine Supply Chain.....	60
2.4	Aktuelle Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten im Supply Chain-Kontext.....	63
2.4.1	Prozess des Supply Chain-Risikomanagements.....	65
2.4.2	Konzept einer agilen Supply Chain	69
2.4.3	Konzept einer resilienten Supply Chain.....	72
2.4.4	Konzept einer robusten Supply Chain.....	76
2.4.5	Konzept einer flexiblen Supply Chain	79
2.4.6	Konzeptioneller Bezugsrahmen und Abgrenzung der Supply Chain Management-Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten.....	83
2.4.6.1	Abgrenzung des Supply Chain-Risikomanagements zu den Konzepten einer agilen, resilienten, robusten und flexiblen Supply Chain	85

2.4.6.2	Differenzierung der Ziele und betrachteten Unsicherheiten in den Konzepten einer agilen, resilienten, robusten und flexiblen Supply Chain	86
2.4.6.3	Entwicklung eines konzeptionellen Bezugsrahmens einer agilen, resilienten, robusten und flexiblen Supply Chain zur Bewältigung von Unsicherheiten.....	89
2.4.7	Wirkungsweise und Zusammenspiel der Komponenten einer Supply Chain zur Bewältigung von Unsicherheiten ..	92
2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Analyse des Supply Chain Managements bei Unsicherheiten.....	94
3	Flexibilitätsmanagement zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain.....	97
3.1	Flexibilität und die bestehenden Herausforderungen bei ihrer Planung	98
3.1.1	Begriff „Flexibilität“ und deren Planung	98
3.1.1.1	Flexibilitätspotenzial und dessen Planung.....	102
3.1.1.2	Flexibilitätseinsatz und dessen Planung	107
3.1.2	Möglichkeiten und Probleme bei der Messung von Flexibilität	109
3.1.3	Kosten und Nutzen von Flexibilität.....	112
3.2	Planung von Flexibilitätspotenzial durch die Integration von Unsicherheiten in Planungsmodelle.....	115
3.2.1	Prinzip der stochastischen Optimierung.....	116
3.2.2	Prinzip der robusten Optimierung	119
3.2.3	Prinzip der flexiblen Planung mithilfe der stochastischen dynamischen Optimierung.....	122
3.2.4	Zusammenfassung der Möglichkeiten der Integration von Unsicherheiten in Planungsmodelle	125
3.3	Flexibilitätsplanung im Supply Chain Management.....	128
3.3.1	Flexibilitätsplanung in der Supply Chain Configuration...	129

3.3.2	Flexibilitätsplanung im Supply Chain Planning.....	134
3.3.3	Flexibilitätsplanung in der Supply Chain Execution	139
3.3.4	Fazit aus der Analyse des Einsatzes quantitativer Modelle für die Flexibilitätsplanung in der Supply Chain Planning Matrix.....	140
3.4	Erkenntnisse aus der Analyse der Flexibilitätsplanung in einer Supply Chain	144
4	Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial in der taktisch-operativen Supply Chain-Planung.....	147
4.1	Qualitative Untersuchung zur Leistungsprogrammplanung bei Unsicherheiten	149
4.1.1	Auswahl und methodisches Vorgehen bei der leitfadengestützten Expertenbefragung.....	149
4.1.2	Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Expertenbefragung 154	
4.1.2.1	Prozess der Leistungsprogrammplanung und verwendete Hilfsmittel.....	155
4.1.2.2	Relevante Unsicherheiten und deren Berücksichtigung im Planungsprozess.....	162
4.1.2.3	Instrumente zur Bewältigung von Unsicherheiten	166
4.1.2.4	Weitere Anregungen und relevante Erkenntnisse aus den Gesprächen mit Unternehmensvertretern	172
4.2	Quantitative Untersuchung zur Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial in der taktisch-operativen Mengenplanung	175
4.2.1	Simulationsstudie als Untersuchungsmethode.....	176
4.2.2	Untersuchungsgegenstand der Simulationsstudie.....	181
4.2.2.1	Taktisch-operative Mengenplanung in einer Supply Chain.....	181
4.2.2.2	Modell einer zweistufigen Supply Chain und ihre Abbildung in der Simulationssoftware	189

4.2.2.3	Operationalisierung der Supply Chain-Ziele in der durchgeführten Simulationsstudie.....	199
4.2.3	Logik der untersuchten Vorgehensweisen und deren Abbildung in der Simulationsstudie	203
4.2.3.1	Vorgehen und Modellierung der deterministischen Planung	205
4.2.3.2	Vorgehen und Modellierung der stochastischen Optimierung.....	210
4.2.3.3	Vorgehen und Modellierung der robusten Optimierung	213
4.2.3.4	Vorgehen und Modellierung der flexiblen Planung.....	217
4.2.3.5	Vorgehen und Modellierung der losfixen Planung	226
4.2.3.6	Vorgehen und Modellierung der periodenfixen Planung	229
4.2.3.7	Modellierung der dritten Phase der Simulationsstudie nach der ersten Datenauswertung.....	231
4.2.3.8	Implementierungsaufwand der Vorgehensweisen zur taktisch-operativen Mengenplanung	232
4.2.4	Durchführung der Simulationsstudie.....	232
4.2.4.1	Simulationsexperimente zur Beurteilung der implementierten Planungsverfahren	233
4.2.4.2	Schritte und Experimente zur Verifikation und Validierung der Ergebnisse	234
4.2.5	Ergebnisdarstellung und Interpretation der ersten Phase der Simulationsstudie.....	242
4.2.5.1	Daten der Fehlmengenbetrachtung.....	244
4.2.5.2	Daten der Kostenbetrachtung	249
4.2.5.3	Daten zu den Supply Chain-Beständen.....	253
4.2.5.4	Analyse der Daten über Fehlmengenergebnisse, Kosten und Bestände.....	254

4.2.6	Ergebnisdarstellung und Interpretation der zweiten Phase der Simulationsstudie.....	261
4.2.6.1	Parameterveränderung auf der Planungsebene.....	261
4.2.6.2	Parameterveränderung auf der Ausführungsebene.....	267
4.2.7	Bewertung der Planungsmethoden aufgrund der Ergebnisse der Simulationsstudie.....	276
4.2.8	Heuristisches Vorgehen und Analyse der dritten Phase der Simulationsstudie.....	281
4.3	Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den empirischen Untersuchungen.....	288
5	Abschließende Betrachtung der taktisch-operativen Potenzialplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain	293
5.1	Beitrag der taktisch-operativen Mengenplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain	293
5.1.1	Bestandspotenzial als Element des Flexibilitätsmanagements	294
5.1.2	Weiterentwicklung des konzeptionellen Bezugsrahmens zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain ..	296
5.1.3	Zentrale Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain ..	300
5.2	Zusammenfassung der Ausführungen und Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit.....	304
5.3	Kritische Würdigung der Ergebnisse und Ausblick auf zukünftige Forschungsansätze.....	313
Anhang	.....	XXI
Anhang A1	.....	XXI
Anhang A2	.....	XXI
Anhang A3	.....	XXII
Anhang A4	.....	XXIII

Anhang A5.....	XXIII
Anhang A6.....	XXIV
Anhang A7.....	XXV
Anhang A8.....	XXVI
Anhang A9.....	XXVII
Anhang A10.....	XXVIII
Anhang A11.....	XXIX
Literaturverzeichnis	XXXI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Aufbau und Methodik der Untersuchung.....	9
Abbildung 2.1:	Grundlegende Begriffe eines Systems.....	19
Abbildung 2.2:	Regelkreis des Managements und dessen Bestandteile der Planung, Steuerung und Kontrolle.....	22
Abbildung 2.3:	Bestandteile eines Entscheidungsfeldes	26
Abbildung 2.4:	Sichtweisen auf das SCM	29
Abbildung 2.5:	Grundstruktur der hierarchischen Planung.....	37
Abbildung 2.6:	Durch Antizipation, Vorgaben und Rückkopplung in Verbindung stehende Planungsebenen im SCM.....	39
Abbildung 2.7:	Supply Chain Planning Matrix.....	43
Abbildung 2.8:	Prinzip der rollierenden Planung	49
Abbildung 2.9:	Beziehung zwischen Unsicherheit und Risiko	52
Abbildung 2.10:	Quellen von Unsicherheiten in Supply Chains.....	58
Abbildung 2.11:	Operative und disruptive Unsicherheiten	61
Abbildung 2.12:	Ursachen und Auswirkungen von Unsicherheiten	62
Abbildung 2.13:	Prozess des Risikomanagements	66
Abbildung 2.14:	Risikoportfolio	67
Abbildung 2.15:	Eigenschaften und Instrumente einer agilen Supply Chain.....	71
Abbildung 2.16:	Einfluss disruptiver Ereignisse auf die Supply Chain- Leistung	73
Abbildung 2.17:	Unterschiede des robusten und optimierenden Managementansatzes	78
Abbildung 2.18:	Teilbereiche einer flexiblen Supply Chain nach Duclos et al.	80
Abbildung 2.19:	Verhältnis zwischen SCM und SCRM.....	86
Abbildung 2.20:	Fokus der Eigenschaften Agilität, Resilienz, Robustheit und Flexibilität bei der Bewältigung von Unsicherheiten.....	89
Abbildung 2.21:	Zuordnung der Supply Chain-Eigenschaften zu den Unsicherheiten.....	90
Abbildung 2.22:	Konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten.....	91

Abbildung 2.23:	Zusammenspiel der Supply Chain-Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten	93
Abbildung 3.1:	Komponenten der Flexibilität bzw. Flexibilität ­ planung	101
Abbildung 3.2:	Fertigungsstrategien in Abhängigkeit des Decoupling Points.....	104
Abbildung 3.3:	Zusammensetzung des Flexibilität ­ potenzials.....	105
Abbildung 3.4:	Zusammenhang von Unsicherheiten, Flexibilität ­ bedarf und -potenzial	106
Abbildung 3.5:	Zone der angemessenen Flexibilität.....	106
Abbildung 3.6:	Pro- und reaktive Planung der Einsatzflexibilität	108
Abbildung 3.7:	Kosten von Flexibilität ­ potenzial	113
Abbildung 3.8:	Beispielhafter Verlauf der Nutzenkurve von Flexibilität.....	114
Abbildung 3.9:	Entscheidungsbaum eines stochastischen dynamischen Planungsmodells.....	123
Abbildung 3.10:	Differenzierungsmerkmale der Literaturbetrachtung	129
Abbildung 3.11:	Integrierte Aspekte der verschiedenen Modelltypen	133
Abbildung 3.12:	Berücksichtigte Aspekte in den Modellen des Master Planning.....	137
Abbildung 3.13:	Integration hierarchischer Interdependenzen in Modelle der Supply Chain-Planung	141
Abbildung 3.14:	Integration zeitlicher Interdependenzen in Modelle der Supply Chain-Planung.....	142
Abbildung 4.1:	Betrachteter Supply Chain-Ausschnitt der Experteninterviews	155
Abbildung 4.2:	Sequenzieller Ablauf der von den Experten beschriebenen Mengenplanung	160
Abbildung 4.3:	Vorgehen der Simulationsstudie der vorliegenden Arbeit.....	180
Abbildung 4.4:	Differenzierung der Entscheidungssituation der Mengenplanung anhand der Eigenschaften der relevanten Planungsparameter	185
Abbildung 4.5:	Taktisch-operative Mengenplanung in einer zweistufigen Supply Chain, bestehend aus Händler und Produzent	188

Abbildung 4.6:	Betrachteter Supply Chain-Ausschnitt der Simulationsstudie	190
Abbildung 4.7:	Modellierung der Produktion	192
Abbildung 4.8:	Modellierung des Transports	194
Abbildung 4.9:	Modellierung der Nachfrage.....	196
Abbildung 4.10:	Entscheidungsbaumstruktur bei drei Handlungsalternativen und drei Umweltszenarien für zwei Perioden	218
Abbildung 4.11:	Ausschnitt des Entscheidungsbaums des Händlers bei $t = -1$	220
Abbildung 4.12:	Eingesetzte Methoden zur Verifikation und Validierung der Simulationsstudie	235
Abbildung 4.13:	Beispielhafter Bestandsverlauf eines Simulationslaufes aus dem Experiment der DP	238
Abbildung 4.14:	Aufsteigende Ordnung der Planungsmethoden gemäß der Kennzahlen zur Erfassung der Fehlmengenergebnisse.....	246
Abbildung 4.15:	Streuung der Fehlmengengrößen der LPmB und der SO2 bei 100.000 Simulationsläufen	248
Abbildung 4.16:	Absteigende Ordnung der Verfahren gemäß der Summe der Kosten	250
Abbildung 4.17:	Absteigende Ordnung der durchschnittliche Bestandsmengen.....	253
Abbildung 4.18:	Höhe der Fehlmengengrößen im Vergleich zu den Beständen bei Produzent, Transport und Händler...	255
Abbildung 4.19:	Gegenüberstellung der Planungsverfahren aufgrund ihrer Kosten sowie der Fehlmengengrößen	258
Abbildung 4.20:	Kostenvergleich in Abhängigkeit der Bewertung der Fehlmengengrößen.....	260
Abbildung 4.21:	Bestände im Produzentenlager und Anzahl der Fehlmengengrößen bei Variation von h_1	264
Abbildung 4.22:	Prozentuale Abweichungen der Fehlmengengrößen bei Parametervariation auf der Planungsebene	265
Abbildung 4.23:	Prozentuale Abweichungen der Kosten bei Parametervariation auf der Ausführungsebene	268

Abbildung 4.24:	Prozentuale Abweichungen der Fehlmengenstunden bei Parametervariation auf der Ausführungsebene...269
Abbildung 4.25:	Vergleich der Ergebnisse der FP90 und ROMM .....272
Abbildung 4.26:	Kosten und Fehlmengenstunden bei verkürzter Transportzeit.....273
Abbildung 4.27:	Senkung der Fehlmengenstunden und Anstieg der Kosten im Vergleich zur Planung mit der PPOB .....278
Abbildung 4.28:	Ergebnisse bei Erweiterung der PPOB um den zweiten Schritt der Heuristik.....285
Abbildung 4.29:	Ergebnisse bei Erweiterung der DP um den zweiten Schritt der Heuristik.....286
Abbildung 4.30:	Vergleich der Fehlmengenstunden bei Anwendung der Heuristik mit den Ergebnissen der Planungsverfahren SO1 und ROMM .....287
Abbildung 4.31:	Vergleich der Summe der Kosten bei Anwendung der Heuristik mit den Ergebnissen der Planungsverfahren SO1 und ROMM .....288
Abbildung 5.1:	Rolle der Kapazitäts- und Bestandsflexibilität im Flexibilitätsmanagement.....295
Abbildung 5.2:	Erweiterter konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains..297
Abbildung 5.3:	Einordnung der Flexibilitätsplanung in die Planungsebenen des SCM .....299
Abbildung 5.4:	Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten307
Abbildung 5.5:	Komponenten der Flexibilität bzw. Flexibilitätsplanung .....309
Abbildung 5.6:	Fokussierung der Untersuchung.....310
Abbildung 5.7:	Erweiterter konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains..313

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Exemplarische Supply Chain-Definitionen aus integrativer Sicht.....	15
Tabelle 2.2:	Merkmale von Entscheidungen	25
Tabelle 2.3:	Ergebnismatrix.....	27
Tabelle 2.4:	Beispiele für Sach- und Formalziele in der Supply Chain	34
Tabelle 2.5:	Planungsebenen im SCM.....	40
Tabelle 2.6:	Modelle zur Strukturierung der Aufgaben im SCM.....	42
Tabelle 2.7:	Abbildung des Risikoverhaltens in formalen Entscheidungsregeln	56
Tabelle 2.8:	Quellen der Unsicherheiten in Supply Chains	59
Tabelle 2.9:	Strategien des SCRM	68
Tabelle 2.10:	Instrumente zur Schaffung einer resilienten Supply Chain	75
Tabelle 2.11:	Bereiche der Supply Chain-Flexibilität	81
Tabelle 2.12:	Instrumente zur Umsetzung einer flexiblen Supply Chain	82
Tabelle 2.13:	Zusammenfassung der Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains.....	84
Tabelle 3.1:	Beispiele von Flexibilitätsarten.....	99
Tabelle 3.2:	Ansätze zur Messung von Flexibilität.....	110
Tabelle 3.3:	Probleme bei der Anwendung von Bewertungsverfahren zur Messung von Flexibilität	111
Tabelle 3.4:	Modellvarianten der stochastischen Optimierung.....	118
Tabelle 3.5:	Handhabung der Verletzung von Nebenbedingungen	120
Tabelle 3.6:	Unterschiede der Planungsmethoden zur Integration von Unsicherheiten.....	127
Tabelle 3.7:	Schwerpunkte der Betrachtung in Kapitel 4	145
Tabelle 4.1:	Leitfaden der Experteninterviews.....	152
Tabelle 4.2:	Angaben zu den Gesprächspartnern	153
Tabelle 4.3:	Wesentliche Erkenntnisse zum Prozess der Leistungsprogrammplanung.....	161

Tabelle 4.4:	Wesentliche Erkenntnisse zu Unsicherheiten im Planungsprozess.....	165
Tabelle 4.5:	Von den Interviewpartnern genannte Instrumente zur Bewältigung von Unsicherheiten	166
Tabelle 4.6:	Wesentliche Erkenntnisse zum Einsatz von Instrumenten zur Bewältigung von Unsicherheiten ...	171
Tabelle 4.7:	Klassifikation von Simulationen.....	179
Tabelle 4.8:	Zeitraum der Simulationsstudie sowie der Planungsperioden.....	191
Tabelle 4.9:	Prognostizierte Nachfrage im Zeitraum $t = 1, \dots, 7$	206
Tabelle 4.10:	Bestellmengen für den Zeitraum $t = 1, \dots, 7$ bei DP.....	206
Tabelle 4.11:	Produktionsmengen für den Zeitraum $t = 1, \dots, 7$ bei DP	208
Tabelle 4.12:	Szenarien der Nachfrageverläufe	210
Tabelle 4.13:	Gewichtung der Nachfrageszenarien.....	211
Tabelle 4.14:	Erwartungswerte der Nachfrage bei Gewichtung 1 und 2	211
Tabelle 4.15:	Ergebnisse der Planung zu Beginn von $t = -1$ bei Gewichtung 1.....	212
Tabelle 4.16:	Ergebnisse der Planung zu Beginn von $t = -1$ bei Gewichtung 2.....	212
Tabelle 4.17:	Bestellmengen des Händlers für alle Szenarien	214
Tabelle 4.18:	Erwartungswerte der Kosten und Fehlmengen.....	215
Tabelle 4.19:	Bestellmengen des Händlers in Abhängigkeit der Entscheidungsregel	215
Tabelle 4.20:	Produktionsmengen in Abhängigkeit der Entscheidungsregel	216
Tabelle 4.21:	Bewertung der Pfade 28–54 des Entscheidungsbaums des Händlers zum Planungszeitpunkt $t = -1$	221
Tabelle 4.22:	Erwartungswerte für die Handlungsalternativen a_{110}, \dots, a_{118} bei der FP des Händlers für Periode [1,2] zum Zeitpunkt $t = -1$	223
Tabelle 4.23:	Erwartungswerte für die Handlungsalternativen a_{01}, \dots, a_{03} bei der FP des Händlers für Periode [0,1] zum Zeitpunkt $t = -1$	224

Tabelle 4.24:	Bestell- und Produktionsmengen bei der Planung zum Zeitpunkt $t = -1$ mit der LP	227
Tabelle 4.25:	Bestell- und Produktionsmengen bei der Planung zum Zeitpunkt $t = -1$ mit der PP	230
Tabelle 4.26:	Bezeichnung der Varianten der Planungsverfahren ...	234
Tabelle 4.27:	Parameterwerte des Festwerttests.....	239
Tabelle 4.28:	Nachfrageverläufe in der Simulationsstudie	240
Tabelle 4.29:	Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse angepasste Parameter	241
Tabelle 4.30:	Anzahl der Fehlmengenergebnisse und Fehlmengenstunden in Phase 1 der Simulationsstudie	245
Tabelle 4.31:	Standardabweichung und Varianzkoeffizient der Fehlmengenstunden aus Tabelle 4.30	247
Tabelle 4.32:	Ausprägungen der Kennzahlen zur Erfassung der Kosten in Phase 1 der Simulationsstudie.....	249
Tabelle 4.33:	Prozentuale Abweichungen bei den Kennzahlen der Kostenerfassung zwischen den günstigsten und teuersten Planungsverfahren	251
Tabelle 4.34:	Standardabweichung und Varianzkoeffizient der Summe der Kosten aus Tabelle 4.32.....	252
Tabelle 4.35:	Ausprägungen der Kennzahlen zur Erfassung der Bestände in Phase 1 der Simulationsstudie	254
Tabelle 4.36:	Prozentuale Abweichungen der Kosten bei Parameterveränderungen auf der Planungsebene	263
Tabelle 4.37:	Rangwerte der Verfahren gemäß Fehlmengenstunden bei Parameterveränderung der Planungsebene, geordnet nach der Rangfolge der ersten Simulationsphase.....	266
Tabelle 4.38:	Vergleich der aufsteigenden Reihenfolgen der Fehlmengenstunden zwischen der ursprünglichen Modellierung und der reinen Betrachtung disruptiver Unsicherheiten.....	270
Tabelle 4.39:	Vergleich der aufsteigenden Reihenfolgen der Summe der Kosten zwischen der ursprünglichen Modellierung und der reinen Betrachtung disruptiver Unsicherheiten	271

Tabelle 4.40:	Bestandswerte bei DP und Reduktion der Produktionskapazität.....	274
Tabelle 4.41:	Kosten und Fehlmengenstunden bei Reduktion der Produktionskapazität.....	275
Tabelle 4.42:	Kostensteigerung und Senkung der Fehlmengenstunden	279
Tabelle 4.43:	Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Planungsverfahrens.....	280
Tabelle 4.44:	Ergebnisse der 13 Experimente bei Erweiterung der PPoB durch Sicherheitsbestände.....	284
Tabelle 4.45:	Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Experteninterviews	289
Tabelle 4.46:	Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Simulationsstudie.....	291
Tabelle 5.1:	Zentrale Forschungsbeiträge und Handlungsempfehlungen.....	303
Tabelle 5.2:	Zuordnung der Ausführungen zu den Forschungsfragen.....	305
Tabelle 5.3:	In der Literaturanalyse des Kapitels 2 identifizierte Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten und ihre Definitionen	306
Tabelle 5.4:	Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Planungsverfahrens.....	311

Abkürzungsverzeichnis

APO	Advanced Planning and Optimization
bzw.	beziehungsweise
DP	Deterministische Planung
FP	Flexible Planung
FP70	Flexible Planung mit einem Servicegrad von 70 %
FP90	Flexible Planung mit einem Servicegrad von 90 %
Hrsg.	Herausgeber
i. d. R.	in der Regel
i. e. S.	im engeren Sinn
LP	Losfixe Planung
LPmB	Losfixe Planung mit Sicherheitsbestand
LPoB	Losfixe Planung ohne Sicherheitsbestand
PP	Periodenfixe Planung
PPmB	Periodenfixe Planung mit Sicherheitsbestand
PPoB	Periodenfixe Planung ohne Sicherheitsbestand
RO	Robuste Optimierung
ROEW	Robuste Optimierung mithilfe des Erwartungswertes
ROMM	Robuste Optimierung mithilfe der Maximin-Regel
S.	Seite
SCM	Supply Chain Management
SCN	Supply Chain Network
SCOR-Modell	Supply Chain Operations Reference-Modell
SCRM	Supply Chain-Risikomanagement

SO	Stochastische Optimierung
SO1	Stochastische Optimierung mit Szenariengewichtung 1
SO2	Stochastische Optimierung mit Szenariengewichtung 2
u. a.	und andere/unter anderem
u. U.	unter Umständen
Vgl.	Vergleiche
WiSt	Wirtschaftswissenschaftliches Studium
z. B.	zum Beispiel

Symbolverzeichnis

Allgemeine Symbole

μ	Mittelwert einer Verteilungsfunktion
σ	Standardabweichung einer Verteilungsfunktion

Funktionen

g	Zustandstransformationsfunktion
-----	---------------------------------

Indizes

f	Index der Ergebnisse ($f = 1, \dots, F$)
l	Index der Alternativen ($l = 1, \dots, L$)
m	Index der Ergebnisse ($m = 1, \dots, M$)
t	Index der Zeitpunkte ($t = 1, \dots, T$)
u	Index der Systemzustände zum Zeitpunkt t ($u = 1, \dots, U$)

Mengen

A	Alternativenmenge
E	Ergebnismenge
R_t	Systemzustandsmenge zum Zeitpunkt t
S	Szenarienmenge
T	Planungszeitraum

Parameter und Variablen

a	Alternative
α	Gewichtungsfaktor der Hurwicz-Regel
B	Bestellkosten des Händlers
$b_{[t,t+1]}$	Bedarf der Periode $[t, t + 1]$
$\bar{b}_{[t,t+1]}$	Durchschnittlicher Bedarf der Periode $[t, t + 1]$

C	Matrix eines deterministischen Restriktionssystems
\tilde{C}	Matrix eines Restriktionssystems mit unsicheren Parametern
d	Vektor eines deterministischen Restriktionssystems
\tilde{d}	Vektor eines Restriktionssystems mit unsicheren Parametern
e	Ergebnis
EW	Erwartungswert eines stochastischen dynamischen Planungsmodells
h	Lagerhaltungskostensatz, in € je Mengeneinheit und Periode
h_1	Lagerhaltungskostensatz des Produzenten, in € je Mengeneinheit und Periode
h_2	Lagerhaltungskostensatz des Händlers, in € je Mengeneinheit und Periode
p	Wahrscheinlichkeit
R	Rüstkosten des Produzenten
r_t	Systemzustand zum Zeitpunkt t
\tilde{r}_t	Unsicherer Systemzustand zum Zeitpunkt t
s	Umweltszenario
\tilde{s}	Unsicheres Umweltszenario
v	Parameter eines Planungsmodells
\tilde{v}	Unsicherer Parameter eines Planungsmodells
x	Vektor der Entscheidungsvariablen
z	Zielwert eines deterministischen Planungsmodells
\tilde{z}	Zielwert eines Planungsmodells mit unsicheren Parametern

1 Einleitung

„Life is what happens to you while you are busy making other plans.“
(John Lennon, Musiker)

Auf plakative Art überträgt das aufgeführte Zitat von John Lennon ein grundlegendes Problem bei der Gestaltung von Systemen jeglicher Art auf das individuelle Leben: die Tatsache, dass Pläne Anweisungen für zukünftiges Handeln geben, die Zukunft jedoch unsicher ist und damit oft anders verläuft als geplant.⁷ Die tatsächlichen Rahmenbedingungen zum Ausführungszeitpunkt einer Aktion entsprechen zumeist nicht den in der Planung unterstellten Annahmen.⁸ Dies führt zu der Notwendigkeit, Pläne anzupassen. Würden diese in ihrer ursprünglichen Form umgesetzt, so können die verfolgten Ziele nicht erreicht werden. Dies gilt auch für das Management von Supply Chains. Deren Zielsetzung, die Bedürfnisbefriedigung des Verbrauchers, ist gefährdet, wenn Pläne trotz veränderter Rahmenbedingungen im Vergleich zum Planungszeitpunkt unverändert umgesetzt werden. Der folgende Abschnitt 1.1 erläutert die Herausforderungen für das Supply Chain Management (SCM), die sich aus existierenden Unsicherheiten ergeben. Dabei werden Beispiele aufgeführt, welche die Aktualität der Problemstellung aufzeigen. Die Ausführungen beschreiben somit die Ausgangssituation der Arbeit und stellen auch deren Motivation dar.

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Im Kontext des SCM existieren mehrere Sachverhalte, die der Grund für die vorliegende Arbeit sind:

Zunächst ist festzuhalten, dass die Betriebswirtschaftslehre, der das SCM zuzuordnen ist, durch ökonomische Prinzipien geprägt ist.⁹ Dem-

⁷ Vgl. zu den Merkmalen der Planung Klein/Scholl (2011), S. 1–3 sowie die Ausführungen in Abschnitt 2.2.1.

⁸ Vgl. Davis (1993), S. 36 sowie Abschnitt 2.3.

⁹ Vgl. zum Wesen und der Ausrichtung des SCM Abschnitt 2.2.

nach sind Ressourcen effizient einzusetzen, um mit einer gegebenen Ausstattung an Mitteln möglichst viel zu erreichen bzw. einen angestrebten Zielzustand mit möglichst geringem Aufwand zu erlangen.¹⁰ Um aus einer großen Zahl alternativer Handlungsmöglichkeiten diejenige zu identifizieren, die der optimalen Supply Chain-Konfiguration entspricht, stehen dem SCM formale Planungsmodelle zur Entscheidungsunterstützung zur Verfügung.¹¹ Ihr Einsatz verlangt es, Annahmen über zukünftige Systemparameter sowie Umweltentwicklungen zu treffen. Auf dieser Grundlage kann ein für die verfolgte Zielsetzung optimaler Plan entwickelt werden.¹² Da sich die Zukunft jedoch nicht mit Sicherheit vorhersagen lässt, manifestieren sich Sachverhalte zum Zeitpunkt der Planrealisation nicht entsprechend der getroffenen Annahmen.¹³ Für das SCM heißt dies, dass Unsicherheiten in den Planungsprozess zu integrieren sind.¹⁴ Nur dann ist es möglich, die angestrebten Ziele zu erreichen.

Planung unter Unsicherheit betreiben zu müssen, betrifft alle Bereiche menschlichen Handelns.¹⁵ Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass das SCM hier besonders herausgefordert ist.¹⁶ Die Globalisierung sowie die zunehmende Digitalisierung haben zu komplexen Leistungsnetzwerken geführt, die den Globus umspannen und sich aus einer Groß-

¹⁰ Vgl. Corsten/Gössinger (2008), S. 569–570. Eine ausführliche Darstellung der Ziele des SCM erfolgt in Abschnitt 2.2.3.

¹¹ Vgl. Isermann (1998), S. 51. Vgl. hierzu auch Abschnitt 2.2.1.2.

¹² Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 33–34.

¹³ Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 2–3.

¹⁴ Klibi et al. fordern in ihrem Aufsatz, dass Methoden der stochastischen und robusten Optimierung genutzt werden müssen, um Supply Chains widerstandsfähig gegenüber auftretenden Unsicherheiten zu gestalten [vgl. Klibi et al. (2010), S. 292]. Die Autoren betonen dabei, dass es nicht um eine reine Maximierung der erwarteten Gewinne gehen kann, sondern die Bewältigung von Risiken im Vordergrund stehen muss. Baghalian et al. schlagen ebenfalls diese Methoden zum Berücksichtigen von Unsicherheiten in der Planung vor [vgl. Baghalian et al. (2013), S. 199–200]. Die Abschnitte 3.2 und 3.3 beschäftigen sich ausführlich mit diesen Ansätzen. Auch die Untersuchung in Abschnitt 4.2 geht auf diese ein.

¹⁵ Vgl. Voigt (1992), S. 485.

¹⁶ Vgl. Bendul/Brüning (2017), S. 10–21; Dittman (2014), S. 4–6; Singer (2012), S. 1; Christopher/Holweg (2011), S. 65–68; Tang/Tomlin (2008), S. 12–14; Hillman/Keltz (2007), S. 8.

zahl an Akteuren zusammensetzen.¹⁷ Aufgrund dieser Strukturen können auch lokale Ereignisse sowie geringfügige Abweichungen von erwarteten Werten zu erheblichen Störungen in der Leistungserstellung einer Supply Chain führen.¹⁸ Diese Effekte verstärken sich durch den Fokus auf effiziente Prozesse, der das SCM antreibt.¹⁹ Zum Teil ist festzustellen, dass diese Ausrichtung die Effektivität der Systeme gefährdet.²⁰ Dies gilt es zu verhindern.

Die Notwendigkeit und Aktualität, die genannten Aspekte zu betrachten, zeigt sich sowohl in der Literatur zum SCM, in Aussagen aus der Unternehmenspraxis sowie den dokumentierten Supply Chain-Zusammenbrüchen in den vergangenen Jahren. So finden sich beispielsweise bei Simangunsong et al., Vlajic et al. und Manuj/Mentzer Ausführungen zu den Quellen und Auswirkungen von Unsicherheiten auf Supply Chains sowie erste Ansätze zu deren Messung und ihrem Management.²¹ Alle Autoren betonen jedoch einen weiteren Forschungsbedarf. Dieser betrifft sowohl die Notwendigkeit, die theoretischen Modelle zu evaluieren wie auch konkrete Empfehlungen für das SCM abzuleiten. Es ist hier sowohl qualitative wie auch quantitative Forschung nötig. Dass diese Forderungen nicht nur wissenschaftlich motiviert sind, belegen zahlreiche Beiträge in Branchenzeitschriften sowie Befragungen von Unternehmensvertretern.²² Ein prominentes Beispiel für ein unerwartetes Ereignis, welches Supply Chains gefährdet, ist der Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull im Jahr 2010. Obwohl dieser zu keinen Schäden bei der Infrastruktur von Supply Chains geführt hat, unterbrach er die Leistungserstellung u. a. bei BMW sowie den Elektronikkonzernen Samsung und LG.²³ Grund hierfür war

¹⁷ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010), S. 13–14.

¹⁸ Vgl. Sodhi/Tang (2012), S. 18–19; Shukla et al. (2011), S. 623–625; Charles et al. (2010), S. 722–723; Klibi et al. (2010), S. 289–290; Tang/Tomlin (2008), S. 13. Ausführlich betrachtet Abschnitt 2.3 Unsicherheiten und deren Auswirkungen auf Supply Chains.

¹⁹ Vgl. Vlajic et al. (2012), S. 176.

²⁰ Vgl. Craighead et al. (2007), S. 150–151; Svensson (2000), S. 731.

²¹ Vgl. Simangunsong et al. (2012); Vlajic et al. (2012); Manuj/Mentzer (2008).

²² Vgl. Bendul/Brüning (2017), S. 10–21; Franke (2017); Mallée (2015), S. 8–9; Dittman (2014), S. 4–6; Bhatia et al. (2013), S. 9–10; Wang et al. (2013), S. 14–22.

²³ Vgl. Spiegel Online (2010); Süddeutsche Zeitung (2010); Welt (2010).

das Flugverbot, dass infolge der Aschewolke des Vulkans für mehrere Tage verhängt wurde. Weitere Beispiele für regionale Ereignisse, die Auswirkungen auf globale Supply Chains haben, sind etwa ein Erdbeben in Japan oder ein Unwetter in Neckarsulm.²⁴ Diese führten nicht nur zu beschädigten Produktionsanlagen sondern unterbrechen die Lieferketten ganzer Industrien. Neben Naturkatastrophen kann auch das Verhalten der Supply Chain-Akteure zur Unterbrechung von Leistungsnetzwerken führen. So berichteten u. a. Zeit Online, die Frankfurter Allgemeine und das Handelsblatt im August 2016 über die Folgen eines Streits zwischen VW und zweier Zulieferer.²⁵ Dieser führte zu mehrwöchigen Produktionsausfällen an verschiedenen Standorten des Automobilherstellers. Tausende Mitarbeiter konnten aufgrund fehlender Komponenten ihrer Arbeit nicht nachgehen.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, wie stark sich Unsicherheiten auf die Leistungsfähigkeit von Supply Chains auswirken. Grund hierfür sind u. a. die zuvor genannten Aspekte des SCM und die Tatsache, dass es unmöglich ist, Unsicherheiten vollständig aus der Supply Chain zu entfernen.²⁶ Es gilt daher, Systeme so zu gestalten, dass sie die Auswirkungen von Unsicherheiten bewältigen können. Aus dieser Tatsache lässt sich folgende, für diese Arbeit Anstoß gebende Frage formulieren:

Wie müssen Supply Chains gestaltet sein, um auftretende Unsicherheiten bewältigen zu können, und mit welchen Verfahren und Instrumenten lässt sich dies realisieren?

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Zur Beantwortung der in Abschnitt 1.1 gestellten Frage sind Untersuchungen auf verschiedenen Ebenen notwendig. Die jeweiligen Teilziele der einzelnen Ausführungen lassen sich durch insgesamt sieben Forschungsfragen konkretisieren. Deren Beantwortung soll sowohl einen Beitrag zur wissenschaftlichen Weiterentwicklung des Forschungsbe-

²⁴ Vgl. Frankfurter Allgemeine (2016a); Neidhart (2016).

²⁵ Vgl. Frankfurter Allgemeine (2016b); Handelsblatt (2016); Zeit Online (2016).

²⁶ Vgl. Craighead et al. (2007), S. 132–134.

reichs leisten wie auch das Management realer Supply Chains unterstützen.²⁷ Ausgangspunkt sind dabei die bisherigen Forschungsbemühungen zum Umgang mit Unsicherheiten im SCM.²⁸ Bei deren Betrachtung lassen sich verschiedene Lösungsansätze identifizieren. Neben dem Supply Chain-Risikomanagement (SCRM) sind dies Konzepte zur Gestaltung einer agilen, resilienten, robusten oder flexiblen Supply Chain.²⁹ Welche dieser Eigenschaften zentral für die Bewältigung von Unsicherheiten ist bzw. welcher Ansatz sich zum Umgang mit welchen Arten von Unsicherheiten eignet, klärt die Beantwortung der ersten Forschungsfrage, die wie folgt lautet:

1. *Über welche Fähigkeiten muss eine Supply Chain verfügen, um Unsicherheiten bewältigen zu können?*

Flexibilität wird als eine zentrale Eigenschaft zur Bewältigung von Unsicherheiten angesehen.³⁰ Da Planung den Ausgangspunkt des rückgekoppelten Managementprozesses darstellt, hat sie zentralen Einfluss auf die Gestaltung der Supply Chain.³¹ Um diese flexibel zu designen, sind entsprechende Aspekte in der Supply Chain-Planung zu berücksichtigen. Welche Teilaufgaben der Planung dies betrifft, und wie die entsprechende Integration gelingen kann, wird bei der Beantwortung von Forschungsfrage 2 und 3 geklärt:

2. *Wie lässt sich die Planung von Flexibilität in die Supply Chain-Planung integrieren?*
3. *In welchen Planungsaufgaben des SCM gilt es, Flexibilität zu berücksichtigen?*

Die Leistungsprogrammplanung sowie die in ihr enthaltene Mengenplanung auf taktischer und operativer Ebene sind von zentraler Bedeutung für den Supply Chain-Erfolg.³² Die im SCM auf dieser Ebene eingesetzten Planungsmodelle berücksichtigen jedoch keine Unsicherhei-

²⁷ Vgl. Hodgkinson et al. (2001), S. 42.

²⁸ Diese werden ausführlich in Abschnitt 2.4 betrachtet.

²⁹ Vgl. Abschnitt 2.4.

³⁰ Vgl. Abschnitt 2.4.6.3.

³¹ Vgl. Hungenberg (2014), S. 22 sowie Abschnitt 2.2.1.

³² Vgl. Sucky (2004), S. 26–28 sowie Abschnitt 2.2.4.1.

ten aufgrund zeitlicher Interdependenzen.³³ Mit welchen Instrumenten und Planungsverfahren hier dennoch entsprechendes Flexibilitätspotenzial aufgebaut werden kann, untersuchen Forschungsfrage 4 und 5. Die sechste Forschungsfrage befasst sich in diesem Kontext mit der Höhe der zu schaffenden Handlungsspielräume:

4. *Mit welchen Instrumenten lässt sich Flexibilitätspotenzial auf der taktisch-operativen Planungsebene aufbauen?*
5. *Welche Verfahren eignen sich, um den Umfang der aufzubauenden Handlungsspielräume auf taktisch-operativer Ebene festzulegen?*
6. *In welcher Höhe ist taktisch-operatives Flexibilitätspotenzial zu dimensionieren?*

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Beantwortung der aufgeführten Forschungsfragen sollen das SCM darin unterstützen, Systeme so zu gestalten, dass diese Unsicherheiten bewältigen können. Den Beitrag der untersuchten Aspekte zu dieser Aufgabe führen die Erläuterungen zur siebten Forschungsfrage auf:

7. *Welchen Beitrag leistet eine durch taktisch-operative Mengenplanung erzeugte Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains?*

1.3 Methodik und Gang der Untersuchung

Die in Abschnitt 1.2 gestellten Forschungsfragen sollen im Zuge der vorliegenden Arbeit in den folgenden vier Kapiteln beantwortet werden. Der Aufbau der Ausführungen folgt dabei – wie die ersten sechs Forschungsfragen – einem deduktiven Vorgehen. Mit der Beantwortung von Forschungsfrage 7 erfolgt am Ende ein induktiver Rückschluss auf die für diese Arbeit Anstoß gebende Frage des Abschnitts 1.1.

Das folgende Kapitel 2 befasst sich mit den begrifflichen und theoretischen Grundlagen. Dies beinhaltet zunächst das Verständnis über das Konzept der „Supply Chain“ (Abschnitt 2.1) sowie deren „Management“ (Abschnitt 2.2). Zudem bedarf es einer Erläuterung des Begriffs der

³³ Vgl. die Analyse in Abschnitt 3.3.4.

„Unsicherheit“ sowie dessen Abgrenzung zu den Konzepten „Risiko“ und „Chance“ (Abschnitt 2.3). Anschließend erfolgt eine Literaturanalyse auf Basis vorhandener Veröffentlichungen im deutsch- und englischsprachigen Raum (Abschnitt 2.4). Sie umfasst existierende Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten im SCM. Dies sind das SCRM sowie die agile, resiliente, robuste und flexible Supply Chain. Neben der Vorstellung der Konzepte verfolgen die Ausführungen in Abschnitt 2.4 die Absicht, einen konzeptionellen Bezugsrahmen zu entwickeln. In diesem werden die Beiträge, welche die jeweiligen Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten leisten können, zusammengeführt. Aus dem konzeptionellen Bezugsrahmen lässt sich mit der Flexibilität eine erste Fokussierung der weiteren Untersuchungen ableiten.

Kapitel 3 betrachtet daher zunächst allgemein die Eigenschaft der Flexibilität sowie die Rahmenbedingungen, die bei ihrem Management zu berücksichtigen sind (Abschnitt 3.1). Ausgehend davon stellt Abschnitt 3.2 verschiedene Methoden vor, die es erlauben, Unsicherheiten in einen Planungsprozess zu integrieren und somit implizit Flexibilität zu erzeugen. Die Ausführungen nutzen die vorhandenen Konzepte und Erkenntnisse zum Flexibilitätsmanagement und der Planung unter Unsicherheit, die in der entsprechenden Literatur zu identifizieren sind. Diese werden anschließend auf das SCM übertragen (Abschnitt 3.3). Grundlage der Analyse stellen existierende Literaturüberblicke dar. Ziel der Untersuchung ist es, festzustellen, ob und in welchem Maß Flexibilität in der Supply Chain-Planung erzeugt werden kann und muss. Die gewonnenen Erkenntnisse fasst abschließend Abschnitt 3.4 zusammen. Dabei rückt die Bewältigung von Unsicherheiten auf der taktischen und operativen Ebene in den Vordergrund.

Dieser Aspekt stellt den Fokus von Kapitel 4 dar. Die bis zu diesem Zeitpunkt auf der Grundlage von wissenschaftlichen Veröffentlichungen durchgeführte Analyse wird dabei um zwei Untersuchungsmethoden erweitert. So dient zunächst eine Fallstudienbetrachtung, deren Daten mithilfe von Experteninterviews erhoben werden, als Ausgangspunkt der weiteren Überlegungen (Abschnitt 4.1). Ziel der Erhebung ist es, den zuvor aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisstand mit dem Wissen aus der unternehmerischen Praxis abzugleichen. Die sich dar-

aus ergebende Schwerpunktsetzung stellt sicher, dass die Untersuchung neben dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn auch eine Relevanz für Entscheidungsträger in Supply Chains aufweist. Der Fokus liegt daher auf der taktisch-operativen Mengenplanung, welche anhand einer Simulationsstudie untersucht wird (Abschnitt 4.2). Hier gilt es, Verfahren zu identifizieren, mit deren Hilfe sich im Rahmen des taktisch-operativen SCM Flexibilität aufbauen und nutzen lässt. Dabei spielt die Dimensionierung von Potenzialen in Form von Bestandsflexibilität eine zentrale Rolle. Die Ausführungen beinhalten zudem die Vorstellung eines Vorgehens zur Auswahl geeigneter Planungsverfahren. Dieses mündet in die Entwicklung einer entsprechenden Entscheidungsmatrix sowie eines heuristischen Ansatzes. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus den empirischen Untersuchungen beendet das vierte Kapitel (Abschnitt 4.3).

Kapitel 5 schließt die vorliegende Arbeit ab und verlässt dabei den bis zu diesem Zeitpunkt verfolgten deduktiven Pfad. Es nutzt die gewonnenen Erkenntnisse aus den Fallstudien und Experimenten, um den zuvor entwickelten konzeptionellen Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheit in Supply Chains anzupassen und weiterzuentwickeln (Abschnitt 5.1). Dabei wird auch die Rolle der operativ-taktischen Mengenplanung im Flexibilitätsmanagement von Supply Chains eingeordnet. Diesen Ausführungen folgt in Abschnitt 5.2 eine Zusammenfassung der gesamten Arbeit, welche den Erkenntnisfortschritt anhand der sieben Forschungsfragen darlegt. Eine kritische Würdigung sowie ein Ausblick auf zukünftige Forschungsbemühungen beenden die Arbeit (Abschnitt 5.3).

Insgesamt beinhaltet die so vorgenommene und in Abbildung 1.1 dargestellte Untersuchung mehrere Schwerpunkte. Dies ist zum einen die Arbeit an einem konzeptionellen Bezugsrahmen. Dieser dient dazu, die existierenden Forschungsbeiträge bezüglich der Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains einzuordnen und Impulse für weitere Forschungsbemühungen zu geben. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Analyse der taktisch-operativen Mengenplanung im SCM. Dabei stehen die Beurteilung von Planungsverfahren, mit welchen sich Flexibilitätspotenziale festlegen lassen, sowie die Dimensionierung die-

ser Handlungsspielräume im Vordergrund. Die Betrachtung des Flexibilitätsmanagements stellt den Übergang von den theoretischen Konzepten zu deren Anwendung dar.

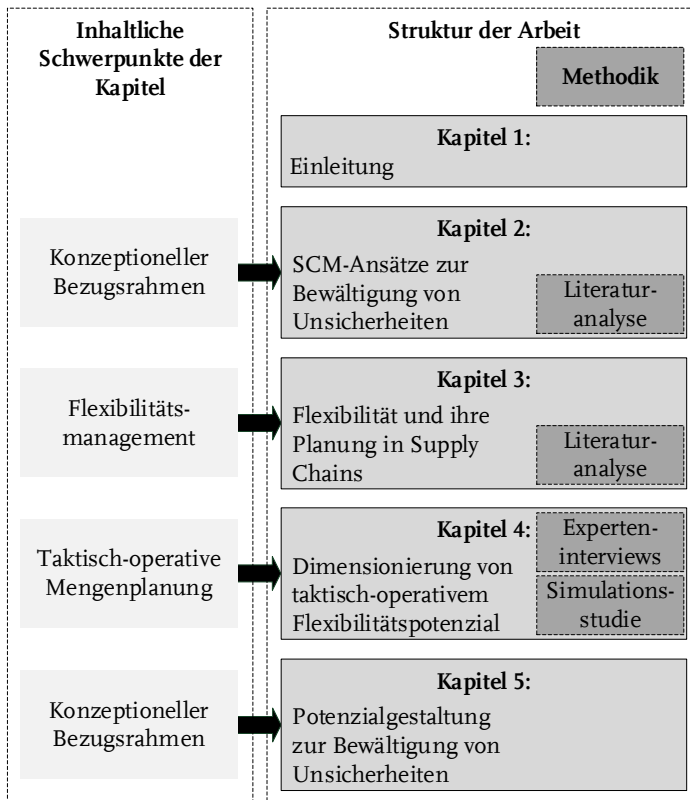


Abbildung 1.1: Aufbau und Methodik der Untersuchung³⁴

Die Erkenntnisse der Arbeit werden mithilfe von drei Forschungsmethoden gewonnen. Diese sind eine auf vorhandenen Veröffentlichungen aufbauende Literaturanalyse, eine Fallstudienuntersuchung basierend auf leitfadengestützten Experteninterviews sowie eine experimentelle Untersuchung auf Grundlage einer computergestützten Simulationsstudie.

³⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

2 Supply Chain Management-Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten

Ziel von Kapitel 2 ist es, bestehende Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains zu identifizieren und diese strukturiert darzustellen. In einem zu entwickelnden Bezugsrahmen sollen die Beziehungen zwischen den vorhandenen Konzepten aufgezeigt und der jeweilige Fokus der einzelnen Ansätze herausgestellt werden. Dies dient zur Beantwortung von Forschungsfrage 1. Diesen Überlegungen vorangestellt sind Definitionen der verwendeten Begriffe, welche der Argumentation zugrunde liegen. Weder zur Supply Chain noch zum SCM lassen sich eindeutige und allgemein anerkannte Definitionen identifizieren.³⁵ Abschnitt 2.1 und 2.2 greifen daher bestehende Überlegungen auf und leiten die Merkmale des Untersuchungsgegenstands ab. Die Ausführungen beinhalten dabei weitere Grundlagen der Arbeit, wie etwa die Strukturierung der Planungsaufgaben im Rahmen des SCM. Als wesentlicher Bestandteil von Planungsprozessen werden hier auch Entscheidungen erläutert. Planungs- und Entscheidungssituationen sind durch Unsicherheiten gekennzeichnet, weshalb Abschnitt 2.3 diese sowohl allgemein wie auch mit Bezug zur Supply Chain analysiert. Existierende Konzepte, wie sich Unsicherheiten im Rahmen des SCM berücksichtigen lassen, werden in Abschnitt 2.4 betrachtet. Neben dem SCRM erfolgt hier eine Vorstellung der Ansätze zur Gestaltung einer robusten, resilienten, agilen oder flexiblen Supply Chain. Die Erläuterungen beinhalten die Entwicklung eines konzeptionellen Bezugsrahmens. Abschnitt 2.5 fasst die wesentlichen Erkenntnisse, die für den weiteren Verlauf der Arbeit relevant sind, zusammen. Somit erfüllt Kapitel 2 drei Aufgaben:

³⁵ Vgl. Burgess et al. (2006), S. 708. Der Versuch allgemeingültiger Definitionen wird immer wieder unternommen [vgl. beispielsweise Dobhan (2012), S. 41–46; Stock/Boyer (2009)] muss bis zum heutigen Zeitpunkt allerdings als nicht gelungen betrachtet werden. Vielmehr ist das Verständnis im jeweils betrachteten Kontext festzulegen. Dies geschieht für diese Arbeit in Abschnitt 2.1.2.

- Das begriffliche Fundament der Arbeit wird gelegt. Dies beinhaltet die Erläuterung der Begriffe „Supply Chain“, „Planung“, „Entscheidung“, „SCM“ und „Unsicherheit“.
- Das Kapitel gibt einen Überblick über existierende Konzepte, die zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains entwickelt wurden.
- Es wird ein konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains entwickelt. Dieser bringt die bestehenden Konzepte in Beziehung zueinander und stellt den Schwerpunkt des jeweiligen Ansatzes heraus. Dadurch wird eine Antwort auf die erste Forschungsfrage der Arbeit gegeben.

2.1 Wesen und Eigenschaften einer Supply Chain

Supply Chains stellen die Bausteine dar, aus denen die globale Wirtschaft besteht.³⁶ Trotz oder gerade wegen dieser hohen Bedeutung und ihrer unterschiedlichen Ausprägungsformen hat sich keine einheitliche Definition des Begriffs entwickelt.³⁷ Die wesentlichen Eigenschaften einer Supply Chain sowie das Verständnis, welches der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt, sollen im Folgenden erläutert werden. Abschnitt 2.1.1 stellt zunächst verschiedene Sichtweisen auf Supply Chains vor. Abschnitt 2.1.2 formuliert darauf aufbauend eine Definition. Den Systemcharakter einer Supply Chain erläutert abschließend Abschnitt 2.1.3.

³⁶ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010), S. 13–14; Lambert/Cooper (2000), S. 65.

³⁷ Vgl. für einen Überblick zu Supply Chain-Definitionen Freiwald (2005), S. 5–6 oder Sucky (2004), S. 7–9; sowie zur unterschiedlichen Verwendung des Begriffs Bretzke (2015), S. 66–82.

2.1.1 Sichtweisen auf eine Supply Chain

Eine Supply Chain lässt sich aus institutioneller, prozess- oder ressourcenorientierter Sichtweise betrachten.³⁸ Die erste Sichtweise legt den Fokus auf die beteiligten Institutionen, von denen es in jeder Supply Chain mindestens zwei gibt.³⁹ Je nach Definition wird dabei von Unternehmen, Organisationen, Geschäftsbereichen oder auch Individuen gesprochen. Einige Autoren dieser Perspektive betonen explizit die wirtschaftliche Unabhängigkeit der einzelnen Akteure, welche durch unterschiedliche Flüsse miteinander in Beziehung stehen und ein Netzwerk bilden.⁴⁰ Aufgrund der Unabhängigkeit wird von einem Netzwerk aus gleichberechtigten Akteuren ausgegangen. Es lassen sich jedoch auch Supply Chain-Konstellationen finden, in denen Abhängigkeiten und dadurch hierarchische bzw. hybride Beziehungen bestehen.⁴¹ Die gesamte produktbezogene Supply Chain erstreckt sich dabei immer vom Ursprung, dem Urlieferanten, bis zum Endverbraucher eines Gutes.⁴² Dieses kann ein Produkt oder eine Dienstleistung sein. Prozessorien-

³⁸ Vgl. für die entsprechende Differenzierung und Einordnung der Definitionen z. B. Dobhan (2012), S. 13–21 oder Sucky (2004), S. 7–18.

³⁹ Eine beispielhafte Definition aus institutioneller Sicht findet sich bei Mentzer et al.: „[...] a supply chain is defined as a set of three or more entities (organizations or individuals) directly involved in the upstream and downstream flows of products, services, finances, and/or information from a source to a customer.“ [Mentzer et al. (2001), S. 4]. Auch die Definition von Stadler ist dieser Sichtweise zuzuordnen: „In a broad sense a supply chain consists of two or more legally separated organizations, being linked by material, information and financial flows.“ [Stadler (2015), S. 3]. Die Definition von Mentzer et al. zeigt, dass von einer Supply Chain zum Teil erst ab einem Netzwerk bestehend aus mindestens drei Institutionen gesprochen wird. In der Mehrzahl der Definitionen findet sich die Betonung von institutionsübergreifenden Beziehungen, welche bereits bei zwei Elementen gegeben sind. Dieser Argumentation folgt die vorliegende Arbeit. Die institutionelle Sichtweise findet sich auch in den Definitionen von Lambert et al. (2005), S. 25; oder Ross (2000), S. 152.

⁴⁰ Vgl. Stadler (2015), S. 3.

⁴¹ Eine ausführliche Diskussion hierzu findet sich bei Dobhan (2012), S. 13–24.

⁴² Vgl. Mentzer et al. (2001), S. 4. Im Kontext des SCM werden i. d. R. Ausschnitte der Supply Chain betrachtet. So lässt sich die direct, extended und ultimate Supply Chain unterscheiden [vgl. Mentzer et al. (2001), S. 5]. Zudem ist die interne Supply Chain in einer Institution zu beachten [vgl. Dobhan (2012)]. Die Betrachtung vom Urlieferanten bis zum Verbraucher bedeutet nicht, dass Güter-, Finanz- und Informationsflüsse nur in diese Richtung stattfinden können [vgl. z. B. Guide et al. (2003) zu Closed-Loop Supply Chains oder Asdecker (2014) zum Retourenmanagement].

tierte Definitionen identifizieren Aktivitäten, die für die Durchführung der entsprechenden Leistung notwendig sind, als Wesen einer Supply Chain.⁴³ Durch die zielgerichtete Kombination der Aktivitäten entstehen Prozesse, welche Ressourcen für ihre Durchführung benötigen. Dies können gemäß der ressourcenorientierten Betrachtung Standorte, Rohstoffe und Materialien genauso wie Transportmittel, Mitarbeiter oder Lager sein.⁴⁴ Wie auch bei einer institutionellen Perspektive, entsteht ein aus Prozessen und Ressourcen bestehendes Netzwerk. Diese Struktur ist ein wesentliches Merkmal einer Supply Chain, auch wenn der Begriff lediglich eine Kettenstruktur andeutet.⁴⁵

Unabhängig von der Betrachtungsperspektive entstehen in einer Supply Chain verschiedene Flüsse, welche Güter, Finanzmittel oder Informationen umfassen können.⁴⁶ Die erläuterten Betrachtungsweisen einer Supply Chain zeigen, dass es sich um einen Begriff handelt, der sehr unterschiedlich verstanden wird. Die in Tabelle 2.1 aufgeführten Beispiele für integrative Definitionen belegen jedoch, dass sich die Perspektiven nicht widersprechen, sondern lediglich unterschiedliche Schwerpunkte setzen.⁴⁷ Ein solch integriertes Verständnis liegt den weiteren Ausführungen zugrunde und wird in Abschnitt 2.1.2 formuliert.

⁴³ Hier lassen sich z. B. die Definitionen von Handfield/Nichols, „The supply chain encompasses all activities associated with the flow and transformation of goods from raw materials stage (extraction), through to the end user, as well as the associated information flows.“ [Handfield/Nichols (1999), S. 2.], und Stevens, „The Supply Chain [...] is the connected series of activities which is concerned with planning, coordinating and controlling material, parts and finished goods from suppliers to the customer.“ [Stevens (1989), S. 3.] aufführen.

⁴⁴ Vgl. als Beispiel Simchi-Levi et al.: „The supply chain [...] consists of suppliers, manufacturing centers, warehouses, distribution centers, and retail outlets, as well as raw materials, work-in-process inventory, and finished products that flow between the facilities.“ [Simchi-Levi et al. (2008), S. 1] und Shapiro: „A company’s supply chain contains geographically dispersed facilities where raw materials, intermediate products, or finished products are acquired, transformed, stored, or sold and transportation links that connect facilities along which products flow.“ [Shapiro (2007), S. 5]. Ebenfalls der ressourcenorientierten Perspektive lassen sich die Konzepte von Chopra/Meindl (2016), S. 13 sowie Thomas/Griffin (1996), S. 1 zuordnen.

⁴⁵ Vgl. Christopher (2011), S. 13; Lambert/Cooper (2000), S. 65; Beckmann (2004), S. 2.

⁴⁶ Vgl. Stadler (2015), S. 3; Sucky (2004), S. 18.

⁴⁷ Auch bei Sucky (2004), S. 18, findet sich eine integrative Definition.

Supply Chain-Definitionen aus integrativer Sicht	
Christopher:	„The supply chain is the network of organizations that are involved, through upstream and downstream linkages, in the different processes and activities that produce value in the form of products and services in the hands of the ultimate consumer.“ ⁴⁸
Waters:	„A supply chain consists of the series of activities and organisations that materials move through on their journey from initial suppliers to final customers.“ ⁴⁹

Tabelle 2.1: Exemplarische Supply Chain-Definitionen aus integrativer Sicht

2.1.2 Definition des Begriffs „Supply Chain“ als Grundlage der Arbeit

Die vorliegende Arbeit baut auf einem umfassenden Supply Chain-Verständnis auf, welches Merkmale aus der institutionellen, prozess- und ressourcenorientierten Perspektive aufgreift. Die Akteure der Supply Chain werden dabei allgemein als Institutionen bezeichnet. Dies soll zum einen der Entwicklung Rechnung tragen, dass z. B. Strukturen der Katastrophen- oder Entwicklungshilfe ebenfalls als Supply Chain bezeichnet werden und auch Non-Gouvernement-Organisationen Bestandteil von Supply Chains sind.⁵⁰ Zum anderen umfasst der Begriff „Institution“ alle möglichen Akteure, wie sie beispielsweise von Simchi-Levi et al. oder Mentzer et al. genannt werden, und beschränkt sich nicht auf Unternehmen.⁵¹ Dennoch wird von einer Supply Chain erst dann gesprochen, wenn mindestens zwei Institutionen miteinander interagieren. Deren Prozesse und Ressourcen stellen die wesentlichen Komponenten zur Leistungserstellung in einer Supply Chain dar und weisen eine Netzwerkstruktur auf.⁵² Zur Eingrenzung des Untersuchungsgegenstands wird bei den Überlegungen zu Supply Chains jeweils nur ein

⁴⁸ Christopher (2011), S. 13.

⁴⁹ Waters (2009), S. 9.

⁵⁰ Vgl. Day (2014); Oloruntoba/Gray (2006); Perez-Aleman (2008).

⁵¹ Vgl. Simchi-Levi et al. (2008), S. 1; Mentzer et al. (2001), S. 4.

⁵² Vgl. zu Ressourcen und Prozessen Sucky (2004), S. 12–15 und die hier angegebene Literatur.

Produkt oder eine Dienstleistung betrachtet. Daraus ergibt sich folgendes Begriffsverständnis für die vorliegende Arbeit:

Eine Supply Chain ist ein produkt- und/oder dienstleistungsbezogenes, institutionsübergreifendes Netzwerk zur Leistungserstellung, bestehend aus Ressourcen, welche durch wechselseitige Prozesse in Verbindung miteinander stehen.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die gewählte Supply Chain-Definition bewusst weit gefasst ist. Insbesondere in der deutschsprachigen, wirtschaftswissenschaftlichen Literatur wird bei Supply Chains oft von Wertschöpfungsnetzwerken gesprochen. So z. B. bei Sucky, welcher eine Supply Chain als „[...] ein unternehmensübergreifendes Wertschöpfungsnetzwerk [...]“⁵³ beschreibt; oder auch bei Beckmann, der von einem „[...] Netzwerk von Wertschöpfungspartnern [...]“⁵⁴ spricht. Dabei wird unter Wertschöpfung der Beitrag verstanden, den die einzelnen Institutionen und in der Summe die gesamte Supply Chain dem Wert eines Gutes hinzufügen.⁵⁵ Die Wertschöpfung lässt sich durch die Differenz aus dem Wert der Güter, die als Input in eine Institution eingehen, und dem Wert der Outputgüter berechnen.⁵⁶ Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden Management- und Planungsprozesse betrachtet, wie sie in Unternehmen und Wertschöpfungsnetzwerken vorzufinden sind. Dass hier dennoch ein über die Wertschöpfung hinausgehendes Supply Chain-Verständnis formuliert ist, hat mehrere Gründe.

⁵³ Sucky (2004), S. 18.

⁵⁴ Beckmann (2004), S. 2.

⁵⁵ Vgl. Günther/Tempelmeier (2003), S. 309.

⁵⁶ Vgl. Pibernik (2001), S. 141–142. Becker differenziert bei der Wertschöpfung in eine sach- und verhaltensökonomische Perspektive [vgl. Becker (2013), S. 24; vgl. für eine zusammenfassende Darstellung dieses Begriffsverständnisses Ebner (2015), S. 105–109]. Letztere beschreibt die Bedürfnisbefriedigung und lässt sich so beispielsweise dem Konzept von Maslow zuordnen. Hier wird der geschaffene Wert nicht nur monetär bewertet. Aus der sachökonomischen Sicht betrachtet Becker neben der Wertsteigerung eines Gutes die Werte, welche für die Stake- und Shareholder einer Unternehmung entstehen. Hier findet wiederum eine monetäre Bewertung statt. Das Konzept ist im Kontext des Controllings entstanden und hier verortet. Es nimmt keine Supply Chain-Perspektive ein. Eine allgemeine Darstellung der Entwicklung des Wertschöpfungsbegriffs findet sich bei Reichwald/Piller (2009), S. 13–16.

Zunächst wird dadurch anerkannt, dass auch Institutionen, die keine durch den Verkaufspreis quantifizierbare Wertschöpfung betreiben, Bestandteil einer Supply Chain sein können. Hier sei erneut auf Systeme der Katastrophenhilfe hingewiesen, bei welchen eine solche Bewertung von Gütern nicht stattfindet. Snyder/Shen nennen mit der Gesundheits- und Energiebranche sowie grünen Supply Chains weitere Bereiche, in denen Leistungssysteme nicht immer mit dem Begriff des „Wertschöpfungsnetzwerkes“ beschrieben werden können.⁵⁷ Auch staatliche Leistungen, wie etwa das Ausstellen eines Personalausweises oder der öffentliche Nahverkehr zählen zu solchen Supply Chains. Lambert betont ebenfalls die Notwendigkeit eines weiten Supply Chain-Verständnisses.⁵⁸

Die Einschränkung einer Supply Chain auf Wertschöpfungsnetzwerke lässt sich zudem aus der englischsprachigen Literatur nicht erkennen. Zwar sprechen auch Christopher oder Lambert et al. davon, „value“ für den Kunden zu generieren, jedoch wird dieser nicht mit den Merkmalen des deutschen Begriffs der „Wertschöpfung“ beschrieben.⁵⁹ Den englischen Definitionen liegt ein allgemeines Mehrwertverständnis zugrunde. Dabei geht es um die Befriedigung von Kundenbedürfnissen, welche zunächst unabhängig von der monetären Wertschöpfung erfolgen kann.⁶⁰ Die Verwendung des Wertschöpfungsbegriffes ist dennoch nicht generell falsch. Er ist im Kontext von Unternehmensbetrachtungen angebracht. Werden jedoch auch andere Institutionen als Bestandteil einer Supply Chain gesehen, so würde die Integration der Wertschöpfung in die formulierte Definition eine Inkonsistenz darstellen.

Bezogen auf Supply Chains lässt sich somit in unternehmensübergreifende Wertschöpfungs- und institutionenübergreifende Leistungsnetzwerke differenzieren. Letztere stellen eine übergeordnete Kategorie dar. Sie umfassen alle beobachtbaren Systeme aus mindestens zwei Akteu-

⁵⁷ Vgl. Snyder/Shen (2011), S. 4.

⁵⁸ Vgl. Lambert (2008), S. 5.

⁵⁹ Vgl. Christopher (2011), S. 13; Lambert et al. (1998), S. 1. Bei Chopra/Meindl (2016), S. 15 findet sich bei der Erläuterung von Supply Chain-Zielen eine Beschreibung, die dem monetären Wertschöpfungsverständnis entspricht. Allerdings beschreiben auch diese Autoren die Supply Chain, ohne die Wertschöpfung zu nennen.

⁶⁰ Vgl. Ayers (2006), S. 6.

ren, die zur Erstellung einer Leistung dienen. Welche Art von Wert dabei geschaffen wird, spielt keine Rolle. Diesem Begriffsverständnis untergeordnet sind unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke. Diese stellen ebenfalls Leistungsnetzwerke aus Institutionen dar, grenzen den betrachteten Kontext jedoch weiter ein. So stehen hier Unternehmen im Fokus, welche gemeinsam eine Wertschöpfung erzielen wollen. Abhängig davon, welches Netzwerk betrachtet wird, können sich für das Management einer Supply Chain unterschiedliche Ziele ergeben. Auf diese wird in Abschnitt 2.2.3 eingegangen.

2.1.3 Beschreibung einer Supply Chain als System

Bei den Erläuterungen zur Supply Chain wurde diese mehrfach als System bezeichnet. Da die aus der Sichtweise der Systemtheorie verwendeten Begriffe auch auf eine Supply Chain zutreffen, finden sie im weiteren Verlauf dieser Arbeit Anwendung und sollen hier erläutert werden.⁶¹

Ein System besteht, wie in Abbildung 2.1 dargestellt, aus Elementen, welche miteinander in Beziehung stehen.⁶² Menschen, Maschinen oder Organisationseinheiten können **Systemelemente** darstellen. Diese entsprechen den Ressourcen einer Supply Chain. Ob sie Bestandteil des betrachteten Systems oder seiner **Umwelt** sind, definieren die **Systemgrenzen**. Innerhalb dieser kann eine Differenzierung in **Teilsysteme** vorgenommen werden. Wird ein Element und seine Struktur detaillierter untersucht, so handelt es sich dabei um ein **Subsystem**.⁶³ Die verbindenden **Beziehungen** zwischen Elementen beschreiben Prozesse. Je nach Richtung, führen diese zu **In-** oder **Output**. Die im Kontext dieser

⁶¹ Vgl. zum Systemverständnis von Supply Chains beispielsweise Beckmann (2004), S. 3; Sucky (2004), S. 13; Mentzer et al. (2001), S. 2; Pibernik (2001), S. 142.

⁶² Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 31–32; Schiemenz/Schönert (2005), S. 3.

⁶³ Vgl. hierzu auch die Erläuterungen am Ende von Abschnitt 2.1.2. Ein Wertschöpfungsnetzwerk kann demnach ein Subsystem eines Leistungsnetzwerks sein.

Arbeit analysierten Systeme können als sozio-technisch, offen, dynamisch und komplex bezeichnet werden.⁶⁴

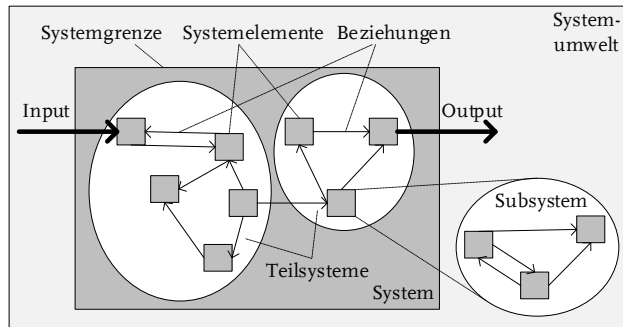


Abbildung 2.1: Grundlegende Begriffe eines Systems⁶⁵

Sozio-technisch beschreibt dabei die Tatsache, dass das Handeln der agierenden Institutionen auf ein Ziel ausgerichtet ist und von Menschen mithilfe von technischen Anlagen und Maschinen gestaltet und ausgeführt wird. Die Elemente einer Supply Chain können zudem Beziehungen zu Elementen in deren Umwelt haben. Daher handelt es sich um ein offenes System. Der Zustand einer Supply Chain ist nicht konstant. Er verändert sich im Zeitverlauf, weshalb das System als dynamisch zu bezeichnen ist. Die Komplexität ist abhängig von den Systemelementen und ihren Beziehungen zueinander. Diese sind bereits in Unternehmen nahezu unendlich und führen zu einem Komplexitätsgrad, der nur durch Abstraktion zu bewältigen ist.⁶⁶ Dies gilt auch für Supply Chains.

⁶⁴ Vgl. Singer (2012), S. 29. Hier findet sich ebenfalls eine Beschreibung der Eigenschaften.

⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Pibernik (2001), S. 20.

⁶⁶ Zur Abstraktion wird eine Abbildung der Realität in einem Modell genutzt. Auf den Modellbegriff geht Abschnitt 2.2.2 ein.

2.2 Supply Chain Management und dessen Planungsaufgaben

Die Ausführungen in Abschnitt 2.1 zeigen die Komplexität der Systeme, die als Supply Chain beschrieben werden. Das Handeln im SCM richtet sich an Zielen aus, um die gewünschte Leistungserstellung und Wertschöpfung zu erreichen. Abschnitt 2.2.1 beschreibt daher zunächst den Managementprozess und die darin enthaltene Rolle der Planung zur Zielerreichung. Den Abschluss eines Planungsprozesses bildet dabei immer eine Entscheidung. Die allgemeinen Ausführungen zum Management und der Planung werden anschließend auf die Supply Chain übertragen. Dabei formuliert Abschnitt 2.2.2 eine SCM-Definition, bevor Abschnitt 2.2.3 speziell auf die Ziele des SCM eingeht. Abschnitt 2.2.4 erläutert abschließend die verschiedenen Planungsebenen im SCM.

2.2.1 Der Planungsprozess als Ausgangspunkt des zielgerichteten Managements eines Systems

Management kann aus zwei verschiedenen Perspektiven analysiert werden.⁶⁷ Zum einen aus der funktionalen Sicht, die sich damit beschäftigt, welche Aufgaben und Handlungen im Rahmen des Managements durchzuführen sind. Zum anderen existiert eine institutionelle Perspektive. Diese betrachtet die Gruppe an Personen, die innerhalb einer Institution Leitungsfunktionen übernimmt. Für die Ausführungen dieser Arbeit, in der die Aufgaben des Managements im Vordergrund stehen, kann letztere Sichtweise vernachlässigt werden. Obwohl der Ursprung des Begriffs „Management“ nicht eindeutig geklärt ist, erscheint eine Abstammung vom lateinischen Ausdruck „manus agere“, der sich mit „an der Hand führen“ übersetzen lässt, plausibel.⁶⁸ Demnach handelt es sich beim Management um eine Tätigkeit, die etwas wohin führt, also

⁶⁷ Vgl. Steinmann et al. (2013), S. 6. Zu der Ausrichtung der Sichtweisen vgl. beispielsweise Staehle (1999), S. 14.

⁶⁸ Vgl. zum Ursprung des Begriffes Hülsmann (2003), S. 74; und zu dessen Bedeutung Staehle (1999), S. 71–73.

ein Ziel vor Augen hat, das erreicht werden soll. Diese Zielgerichtetheit ist ein wesentlicher Bestandteil des Managements und findet sich in dessen Definitionen wieder.⁶⁹ Welche Ziele im Einzelfall zu verfolgen sind, ist abhängig vom zu managenden System. Neben der Zielorientierung identifiziert die funktionale Perspektive verschiedene Teilaufgaben des Managements. Eine einheitliche Auffassung, welche dies sind, lässt sich jedoch nicht finden.⁷⁰ Taylor als ein Begründer der Managementtheorie nennt die Planung und die Kontrolle.⁷¹ Porter hebt neben der Planungs- die Gestaltungsfunktion hervor.⁷² Koontz/O´Donnell beschreiben insgesamt fünf Funktionen: „planning, organizing, staffing, directing, controlling“⁷³. Für die vorliegende Arbeit soll ein Begriffsverständnis als Grundlage dienen, das sich am Entscheidungsprozess des Managements orientiert und die Aufgaben Planung, Steuerung und Kontrolle unterscheidet.⁷⁴ Diese Bausteine sind Bestandteil eines über die Kontrolle rückgekoppelten Prozesses, wie er in Abbildung 2.2 dargestellt ist.⁷⁵ Somit soll unter Management im weiteren Verlauf die *zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle eines Systems* verstanden werden. Dabei ist die Planung Ausgangspunkt jeder zukunftsbezogenen und zielgerichteten Handlung.⁷⁶ Auch zum Planungs-begriff lassen sich unterschiedliche Definitionen finden, jedoch werden ihm verschiedene Merkmale zugeschrieben, die Bestandteil der meisten Erläuterungen sind. Dazu zählen insbesondere die Zukunfts- und Zielorientierung, der Gestaltungs- und Prozesscharakter sowie die subjektive Rationalität.⁷⁷ Der vorliegenden Arbeit dient das Planungsverständnis von Scholl als Grundlage: „*Planung ist ein von Entscheidungsträgern auf der Grundlage*

⁶⁹ Vgl. Hungenberg (2014), S. 20–21; Hülsmann (2003), S. 1; sowie die hier aufgeführte Literatur.

⁷⁰ Vgl. Steinmann et al. (2013), S. 9–10; Hülsmann (2003), S. 74; Staehle (1999), S. 72.

⁷¹ Vgl. Taylor (1984), S. 44–54.

⁷² Vgl. Porter (1996), S. 77–78. Auch Ulrich (1984), S. 49 stellt in seiner Definition die Gestaltungs- zusammen mit der Lenkungs-funktion in den Vordergrund.

⁷³ Vgl. Koontz/O´Donnell (1976), S. 69–73.

⁷⁴ Vgl. Hungenberg (2014), S. 21–22; Hahn/Hungenberg (2001), S. 45–49.

⁷⁵ Die Prozessbetrachtung wird teilweise als plandeterminiert kritisiert [vgl. Staehle (1999), S. 82].

⁷⁶ Vgl. Hungenberg (2014), S. 22.

⁷⁷ Vgl. Scholl (2001), S. 8–9; Goedel (1997), S. 11–12; Pfohl/Stölzle (1997), S. 2–3; Wild (1982), S. 13.

*unvollkommener Information durchgeführter, zukunftsorientierter, grundsätzlich systematischer und rationaler Prozess zur Lösung von (Entscheidungs-) Problemen unter Beachtung subjektiver Ziele.*⁷⁸

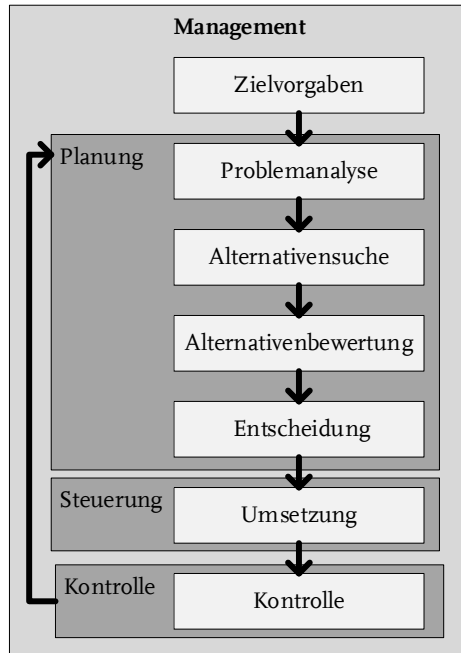


Abbildung 2.2: Regelkreis des Managements und dessen Bestandteile der Planung, Steuerung und Kontrolle⁷⁹

Das Ergebnis der Planung ist ein Plan, der durch das Management im Zuge der Steuerung realisiert und zum Schließen des Regelkreises kontrolliert wird.⁸⁰ Aufgabe der Kontrolle ist es, die Systemleistung zu ermitteln und sie bezüglich der Zielsetzung zu überprüfen. So kann festgestellt werden, ob die im Rahmen der Steuerung erfolgte Umsetzung der zuvor erarbeiteten Pläne erfolgreich war, oder ob es Anpassungsmaßnahmen bedarf. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen gemeinsam

⁷⁸ Scholl (2001), S. 9.

⁷⁹ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hahn/Hungenberg (2001), S. 46.

⁸⁰ Vgl. zum Regelkreis des Managements Hahn/Hungenberg (2001), S. 50–52; Pfohl/Stölzle (1997), S. 13–15.

mit den Zielvorgaben in den sich wiederholenden Planungsprozess ein, und stellen so die Evolutionsfähigkeit des zu managenden Systems sicher.⁸¹ Wie das Management kann auch die Planungsaufgabe als Prozess beschrieben werden. In Abbildung 2.2 wird eine Einteilung in die Teilschritte Problemanalyse, Alternativensuche sowie -bewertung und Entscheidung vorgenommen.⁸² Es sei darauf hingewiesen, dass trotz des Prozesscharakters der Planung diese Schritte nicht zwangsläufig in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen sind. Insbesondere die Schritte der Alternativensuche und -bewertung finden häufig iterativ statt. Gleiches gilt für den Managementprozess.⁸³ Am Ende des Planungsprozesses steht jedoch immer die Entscheidung als finale Alternativenauswahl. Sowohl der Planungs- wie auch der Managementprozess sind daher Entscheidungsprozesse.⁸⁴ Auf die Merkmale einer Entscheidung geht Abschnitt 2.2.2 ein.

Neben einer prozessorientierten Betrachtung lässt sich Planung gemäß dem zeitlichen Horizont und aufgrund der Bedeutung einzelner Aufgaben für den Erfolg der Institution und der Leistungserstellung in die Ebenen der strategischen sowie operativen Planung gliedern.⁸⁵ Auch die Möglichkeit, getroffene Entscheidungen zu revidieren, dient als Differenzierungskriterium. Je schwieriger eine nachträgliche Veränderung ist, desto eher wird die entsprechende Aufgabe dem strategischen Bereich zugeordnet. Leicht veränderbare Entscheidungen haben hingegen operativen Charakter. Zwischen den zwei Ebenen besteht gemäß der hierarchischen Planung eine wechselseitige Beziehung.⁸⁶ Im Rahmen der strategischen Planung werden Leistungspotenziale geschaffen. Die

⁸¹ Vgl. Welge et al. (2017), S. 83–84 zur Evolutionsfähigkeit des Managements.

⁸² Vgl. Hahn/Hungenberg (2001), S. 46. Es lassen sich auch detailliertere Einteilungen vornehmen [vgl. z. B. Scholl (2001), S. 12 oder Pfohl/Stölzle (1997), S. 55–63].

⁸³ Vgl. Hungenberg (2014), S. 22–23.

⁸⁴ Vgl. Hungenberg (2014), S. 22; Goedel (1997), S. 17–18; Adam (1996), S. 15–20.

⁸⁵ Vgl. Hahn/Hungenberg (2001), S. 96; Goedel (1997), S. 17–18. Hier finden sich auch Verweise auf alternative Bezeichnungen und Strukturierungen. So existieren z. B. Gliederungen in strategische, taktische und operative Planung. Erläuterungen zu den Inhalten der strategischen und operativen Planung im Kontext von Unternehmen finden sich bei Hahn/Hungenberg (2001), S. 100–107.

⁸⁶ Die hierarchische Planung wird in Abschnitt 2.2.4.1 näher erläutert. Vgl. zum Prinzip der hierarchischen Planung Schneeweiß (1995), S. 4–6.

hier festgelegten Systemkonfigurationen und Rahmenbedingungen stellen die Systemgrenzen für die operative Planung dar. Deren Aufgabe ist es, den Einsatz der durch die strategische Ebene vorgegebenen Ressourcen im Sinne der verfolgten Zielsetzung zu planen. So entsteht im Idealfall ein in seinen Teilen aufeinander abgestimmter Gesamtplan, der Ausgangspunkt für die Steuerungs- und Kontrollfunktion des Managements ist.

2.2.1.1 Entscheidungen als Abschluss des Planungsprozesses

In Abschnitt 2.2.1 wurde festgestellt, dass Entscheidungen ein zentraler Bestandteil des Planungs- und somit des Managementprozesses sind. Allgemein lässt sich die Auswahl einer Handlungsmöglichkeit aus mehreren Alternativen als Entscheidung bezeichnen.⁸⁷ Welche Wahl dabei die richtige ist, untersucht die präskriptive Entscheidungstheorie.⁸⁸ Sie gibt rationale Empfehlungen ab, welche Handlungsalternative aus Sicht des Zielsystems eines Entscheiders auszuwählen ist. In der vorliegenden Arbeit soll sie genutzt werden, um Aussagen darüber treffen zu können, welche Entscheidungen im Rahmen der Planung bei Unsicherheit zielführend sind. Neben der Unsicherheit werden in der Entscheidungstheorie auch Situationen unter Sicherheit analysiert. Abgesehen vom Informationsstand lässt sich zudem eine Differenzierung in ein- und mehrstufige Entscheidungen sowie in Individual- oder Gruppenentscheidungen vornehmen. Tabelle 2.2 hebt die für die weitere Analyse dieser Arbeit vorgenommene Einordnung hervor.⁸⁹

Betriebswirtschaftliche Planung ist nie abgeschlossen. Entscheidungen, die im Rahmen des Planungsprozesses getroffen werden, haben daher Einfluss auf zukünftige Handlungsalternativen, und können zu späteren Zeitpunkten revidiert oder verändert werden. Somit handelt es sich

⁸⁷ Vgl. Laux et al. (2014), S. 3.

⁸⁸ Neben der präskriptiven Entscheidungstheorie existiert die deskriptive. Sie beschreibt reale Entscheidungssituationen und analysiert, wie Entscheidungen zustande kommen. Es gilt, mithilfe der Empirie, Regelmäßigkeiten zu erkennen und Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Sie ermöglicht dadurch Prognosen über zukünftiges Verhalten. Vgl. hierzu Bamberg et al. (2012), S. 1–11.

⁸⁹ Vgl. für diese Gliederung der Entscheidungstheorie Obermaier/Saliger (2013), S. 17–18.

um mehrstufige Entscheidungen. Trotz der Tatsache, dass Institutionen i. d. R. aus mehr als einer Person bestehen, ist die hier skizzierte Alternativenauswahl eine Individualentscheidung. Unabhängig davon, ob es sich um einen Entscheider, eine Gruppe oder eine Abteilung handelt, ist davon auszugehen, dass sich dieser oder diese in ihrer Funktion als Institutionsmitglied in ihrem Verhalten an den Institutionszielen ausrichten.⁹⁰

Kriterium	Ausprägungen	
Informationsstand:	Sicherheit	Unsicherheit
Zeitaspekt:	Einstufig	Mehrstufig
Anzahl der Entscheider:	Individualentscheidung	Gruppenentscheidung

Tabelle 2.2: Merkmale von Entscheidungen

Entscheidungssituationen lassen sich mithilfe von Planungsmodellen beschreiben.⁹¹ Diese stellen einen speziellen Typ von Modell dar, welcher zur formalen Darstellung von Entscheidungsproblemen genutzt wird.⁹² Allgemein lässt sich unter einem Modell „ein (vereinfachtes) Abbild eines realen Systems oder Problems“⁹³ verstehen. Es dient dazu, den Problemkontext isoliert zu betrachten und Komplexität zu reduzieren. Dies gelingt durch Abstraktion, welche lediglich die für die Betrachtung

⁹⁰ Gruppenentscheidungen sind dadurch charakterisiert, dass zum Teil konträre Ziele verfolgt werden. Hier geht die Entscheidungstheorie in die Spieltheorie über. Dies ist im SCM dann von Bedeutung, wenn institutionsübergreifende Koordinationsprozesse betrachtet werden. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche Kooperation zu geben [vgl. z. B. Dobhan (2012) oder Sucky (2004)]. Gegenstand der Untersuchung dieser Arbeit ist es, Planung bei Unsicherheit innerhalb einer Institution zu betrachten. Erst dann kann eine institutionsübergreifende Koordination erfolgen.

⁹¹ Vgl. für die Ausführungen zum Planungsmodell Laux et al. (2014), S. 29–34 und S. 38–40 sowie Obermaier/Saliger (2013), S. 2–11. Die Autoren sprechen hier von Entscheidungsmodellen. Es ist aber festzuhalten, dass die Modelle lediglich eine Planungssituation abbilden und auch deren Ergebnisse bei bestimmtem Verhalten darstellen. Diese dienen zur Entscheidungsunterstützung. Die Entscheidung selbst ist vom Mitarbeiter zu treffen, dies tun nicht die Modelle [vgl. Sucky (2004), S. 44].

⁹² Vgl. Scholl (2001), S. 17.

⁹³ Klein/Scholl (2011), S. 32.

relevanten Informationen in das Modell überführt. Für ein Planungsmodell müssen Entscheidungsregeln sowie das Entscheidungsfeld beschrieben werden.

2.2.1.2 Formale Darstellung von Entscheidungssituationen

Ein Entscheidungsfeld setzt sich aus drei Bausteinen zusammen. Dies sind die Mengen der Handlungsalternativen, der Ergebnisse sowie der Umweltzustände. Abbildung 2.3 stellt diese Komponenten und ihren Bezug zueinander dar. Sie werden im Folgenden erläutert. Auf Entscheidungsregeln geht Abschnitt 2.3.2 ein, nachdem zuvor das Wesen von Unsicherheiten geklärt worden ist.

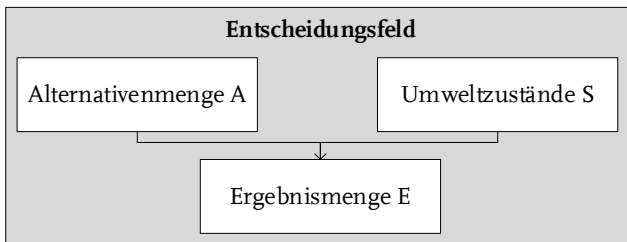


Abbildung 2.3: Bestandteile eines Entscheidungsfeldes⁹⁴

Im Rahmen einer Entscheidung wird davon ausgegangen, dass unter einer endlichen Menge an **Alternativen** A genau eine auszuwählen ist. Mögliche Alternativen werden auch als Aktionen oder Handlungsmöglichkeiten und deren Menge als Aktionsraum oder Entscheidungsraum beschrieben.⁹⁵ Sie sind durch Entscheidungsvariablen charakterisiert, auf die der Entscheider Einfluss hat. Im Zuge der Produktionsprogrammplanung sind dies beispielsweise alternativ zu erzeugende Mengen eines Gutes oder die potenziell wählbaren Routen bei der Tourenplanung. I. d. R. besteht eine Alternative dabei aus einem Tupel mehrerer Variablen, welche die entsprechende Alternative eindeutig beschreiben. Einzelne Alternativen sollen als $a^1, \dots, a^l, \dots, a^L$ bezeichnet werden und sind Bestandteil der endlichen Alternativenmenge $A = \{a^1, \dots, a^l, \dots, a^L\}$.

⁹⁴ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Klein/Scholl (2001), S. 43.

⁹⁵ Vgl. Obermaier/Saliger (2013), S. 5–6.

Um zu beurteilen, welche der möglichen Alternativen auszuwählen ist, müssen diese in Bezug zu den angestrebten Zielen gestellt werden. Dies geschieht mithilfe des **Ergebnisraums** $E = \{e^1, \dots, e^f, \dots, e^F\}$, welcher aus der Menge aller Ergebnisse besteht. Ein Ergebnis e stellt dabei die Ausprägungen der für den Entscheider relevanten Zielgrößen z dar. Es kann sich somit erneut um ein Tupel aus mehreren Werten handeln. Neben der auszuwählenden Alternative a ist ein Ergebnis e vom Umweltzustand s abhängig: $e(a, s)$.

Die Menge an **Umweltzuständen**, alternativ auch als Szenarien oder nur Zustände bezeichnet, stellt den Zustands- bzw. Szenarienraum $S = \{s^1, \dots, s^m, \dots, s^M\}$ dar. Liegt eine Situation vor, in der die Ausprägung der Umwelt mit Sicherheit vorhersagbar ist, so gibt es lediglich einen Zustand s . Dieser beschreibt die Ausprägungen aller für die Entscheidung relevanter Merkmale der Umwelt. Sind verschiedene Umweltzustände denkbar, so gibt es eine Vielzahl an möglichen Zuständen $s^1, \dots, s^m, \dots, s^M$. Es wird von Unsicherheit gesprochen.⁹⁶ In solchen Fällen kann den einzelnen Umweltzuständen eine Eintrittswahrscheinlichkeit $p_{s^1}, \dots, p_{s^m}, \dots, p_{s^M}$ zugeordnet werden.⁹⁷

	s^1	...	s^m	...	s^M
	p_{s^1}	...	p_{s^m}	...	p_{s^M}
a^1	e^{11}	...	e^{1m}	...	e^{1M}
...	
a^l	e^{l1}		e^{lm}	...	e^{lM}
...	
a^L	e^{L1}		e^{Lm}	...	e^{LM}

Tabelle 2.3: Ergebnismatrix⁹⁸

⁹⁶ Unterschiedliche Verständnisse des Begriffs „Unsicherheit“ betrachtet Abschnitt 2.3.1.

⁹⁷ Vgl. Obermaier/Saliger (2013); Laux et al. (2014), S. 92–95.

⁹⁸ Vgl. zur dargestellten Ergebnismatrix Scholl (2001), S. 43.

Die drei Komponenten des Entscheidungsfeldes, Alternativen-, Zustands- und Ergebnismenge, lassen sich als Ergebnismatrix in Tabelle 2.3 abbilden. Diese dient als Grundlage der zu treffenden Entscheidung. Die Ergebnisse werden dazu i. d. R. in eine Entscheidungsmatrix überführt, die den Nutzen der Aktivitäten für den Handelnden abbildet.⁹⁹ Dabei sind die im Zuge des SCM verfolgten Ziele sowie die Einstellung des Entscheiders gegenüber Risiken und Chancen zu beachten. Auf letzteres geht Abschnitt 2.3 ein. Zuvor werden die Erkenntnisse aus den Ausführungen zum Management und der Planung genutzt, um das SCM zu definieren und dessen Ziele zu bestimmen. Dies geschieht in den Abschnitten 2.2.3 und 2.2.4.

2.2.2 Definition, Sichtweisen und Grenzen des Supply Chain Management

Im Kontext des SCM stellt die Supply Chain das System dar, welches gemanagt werden soll. Dementsprechend lässt sich aus den Erläuterungen der Abschnitte 2.1.2 und 2.2.1 SCM für die vorliegende Arbeit wie folgt definieren:

SCM ist die zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle eines produkt- und/oder dienstleistungsbezogenen, institutionsübergreifenden Netzwerkes zur Leistungserstellung, bestehend aus Ressourcen, welche durch wechselseitige Prozesse in Verbindung miteinander stehen.

Es findet sich eine große Zahl an alternativen Definitionen zum SCM. Der folgende Überblick dient zur Einordnung der vorgenommenen Begriffsbestimmung in dieses Spektrum.¹⁰⁰ Eine ausführliche Diskussion und Erläuterung zum Verständnis lässt sich bei Mentzer et al. finden.¹⁰¹ Die Autoren identifizieren mit der philosophischen sowie der aktivitäten- und prozessorientierten Sichtweise drei Schwerpunkte der

⁹⁹ Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 42.

¹⁰⁰ Verschiedene Autoren verweisen darauf, dass es zum SCM keine einheitliche Definition gibt bzw. dass es schwierig ist, eine solche zu finden [vgl. Snyder/Shen (2011), S. 1; Burgess et al. (2006), S. 715, oder Bechtel/Jayaram (1997), S. 16].

¹⁰¹ Vgl. Mentzer et al. (2001).

Betrachtung des SCM, wie sie in Abbildung 2.4 aufgeführt sind.¹⁰² Die Perspektiven unterschieden sich aufgrund ihres Abstraktionsgrades voneinander.¹⁰³

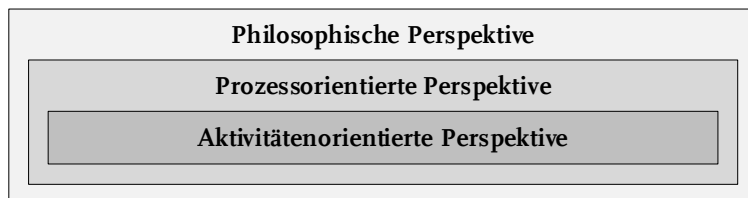


Abbildung 2.4: Sichtweisen auf das SCM¹⁰⁴

Am weitreichendsten Definitionen verfolgen einen philosophischen Ansatz.¹⁰⁵ SCM wird als Organisations- bzw. Managementphilosophie gesehen, die im Kern drei Eigenschaften umfasst.¹⁰⁶ Dies sind erstens die Ganzheitlichkeit der Betrachtungsweise sowie der Ansatz, die Flüsse vom Ursprung bis zum Endkunden gemeinsam zu managen; zweitens die Koordination aller Tätigkeiten und Ressourcen über Institutionsgrenzen hinweg zur Verwirklichung synchronisierter Prozesse; und drittens eine Orientierung an der Verbrauchierzufriedenheit, die durch einen einmaligen und individuellen Nutzen der erbrachten Leistung erzeugt wird. Aktivitäten, die für die Umsetzung eines solch strategischen Verständnisses benötigt werden, beschreibt eine zweite Gruppe von Autoren als Kern des SCM.¹⁰⁷ Dabei werden jedoch unterschiedli-

¹⁰² Dobhan (2012), S. 46 ordnet den Sichtweisen SCM-Definitionen zu und erläutert diese ebenfalls. Weitere Überblicke zum Verständnis und der Definition des SCM finden sich bei Stock/Boyer (2009); Burgess et al. (2006); Tan (2001); Bechtel/Jayaram (1997). Vgl. Dobhan (2012), S. 42.

¹⁰⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁰⁵ Dieses SCM-Verständnis lässt sich z. B. bei Simchi-Levi et al. erkennen, welche SCM als „[...] a set of approaches utilized to efficiently integrate suppliers, manufacturers, warehouses, and stores, so that merchandise is produced and distributed at the right quantities, to the right locations, and at the right time, in order to minimize system wide costs while satisfying service level requirements [...]“ [Simchi-Levi et al. (2008), S. 1] beschreiben.

¹⁰⁶ Vgl. für diese Punkte Mentzer et al. (2001), S. 7.

¹⁰⁷ Z. B. definiert Webster SCM als: „[...] the management of activities surrounding the flow of raw materials to the finished product or service enjoyed by end customers, and back, in the case of recycling or returns [...]“ [Webster (2008), S. 4]. Auch Shapiro nennt die Integration von Aktivitäten als Wesen des SCM [vgl. Shapiro (2007), S. 6].

che Meinungen vertreten, um welche Aktivitäten es sich explizit handelt. Vom Abstraktionsgrad zwischen der philosophischen und aktivitätsorientierten Perspektive auf das SCM lässt sich eine prozessbezogene Sichtweise einordnen.¹⁰⁸ Hier wird eine Perspektive eingenommen, welche die funktionalen Grenzen innerhalb und zwischen einzelnen Institutionen überwindet. Aufgabe des SCM ist es, diese Prozesse übergreifend zu koordinieren und auf den Endverbraucher auszurichten.¹⁰⁹

Mentzel et al. folgern aus den genannten Schwerpunkten, dass es eine übergeordnete Supply Chain-Orientierung gibt.¹¹⁰ Aus dieser lassen sich die ganzheitliche Betrachtung sowie die Ausrichtung auf den Endverbraucher ableiten. Das Wesen des SCM beinhaltet den zweiten und dritten Schwerpunkt und ist die zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle von Prozessen und deren Aktivitäten. Die in diese Arbeit verwendete Definition beinhaltet somit Aspekte aus allen drei Bereichen, wobei das Management von Prozessen und Ressourcen sowie eine ganzheitliche Supply Chain-Betrachtung im Vordergrund stehen. Es muss allerdings angemerkt werden, dass die ganzheitliche bzw. institutionsübergreifende Sicht nicht dazu führt, dass Prozesse über die Grenzen der Akteure hinweg gemanagt werden.¹¹¹ Dies hat mehrere Gründe:

Für eine ganzheitliche Planung, Steuerung und Kontrolle bedarf es vollständiger Informationen über alle Prozesse. Ein solcher Zustand ist nicht zu erreichen. Entwicklungen im Bereich der Sensorik, Datenerfassung und Informationsverarbeitung können hier in den nächsten Jahren jedoch zu einer deutlich transparenteren Supply Chain beitragen.¹¹² Sind Daten vorhanden, so können diese jedoch nur für ein ganzheitliches Management eingesetzt werden, falls über sie verfügt wird. Supply

¹⁰⁸ Dieser Perspektive lässt sich z. B. die Definition von Fawcett et al. zuordnen, welche ausführen, dass SCM „[...] the design and management of seamless, value-added processes across organizational boundaries to meet the real needs of the end customer [...]“ [Fawcett et al. (2014), S. 6] ist.

¹⁰⁹ Cooper et al. identifizieren in diesem Zusammenhang acht Prozesse, die im Rahmen des SCM zu managen sind [vgl. Cooper et al. (1997)].

¹¹⁰ Vgl. Mentzel et al. (2001), S. 11.

¹¹¹ Vgl. Pibernik/Sucky (2006), S. 7; Fawcett/Magnan (2002).

¹¹² Mit dem Schlagwort der Industrie 4.0 wird u. a. die Hoffnung einer hohen Transparenz und Informationsverfügbarkeit in der Supply Chain verbunden. Ob sich dies realisieren lässt, ist abzuwarten.

Chain-Akteure betrachten entsprechende Informationen jedoch als vertrauenswürdig und geben diese nur selten weiter.¹¹³ Zudem ist bis heute nicht geklärt, welche Institution in einem Leistungsnetzwerk die globale Koordination von den Urlieferanten bis zum Endverbraucher übernimmt.¹¹⁴ Dass die Planungshoheit für alle Aufgaben einer Supply Chain bei einem Akteur liegt, ist nicht vorstellbar. Vielmehr findet SCM in und zwischen Institutionen statt. Die Akteure managen die in ihrem Verantwortungsbereich befindlichen Prozesse und Ressourcen und stimmen die entsprechenden Schritte mit den Supply Chain-Partnern ab.¹¹⁵ SCM lässt sich daher in die Bereiche des internen SCM mit entsprechenden hierarchischen Strukturen sowie des externen SCM gliedern.¹¹⁶ Letzteres besteht primär aus der bilateralen Koordination und Kooperation der einzelnen Institutionen.¹¹⁷ Trotz der genannten Einschränkungen hat die vorgenommene Definition zum SCM ihre Berechtigung. Sie stellt klar, dass SCM und die Forschung in diesem Feld nach Managementlösungen suchen, welche die gesamte Supply Chain betreffen. Die Ganzheitlichkeit stellt somit die Vision aus der philosophischen Supply Chain-Perspektive dar, welche zum jetzigen Zeitpunkt nicht umgesetzt, langfristig jedoch angestrebt wird. Zudem sind die Strukturen von Supply Chains Fakten, sie werden jedoch nicht ganzheitlich gemanagt.¹¹⁸ Die verwendete SCM-Definition beinhaltet keine explizite Formulierung der Zielsetzung des SCM. Diese ist von der jeweils betrachteten Supply Chain abhängig und soll in Abschnitt 2.2.3 näher beleuchtet werden.

¹¹³ Vgl. Pibernik/Sucky (2006), S. 7–8; Fawcett/Magnan (2002), S. 359–360.

¹¹⁴ Vgl. zum Problem der Führungsinstitution in Supply Chains Bretzke (2015), S. 82–89.

¹¹⁵ Vgl. Meyr et al. (2015), S. 104; Stadler (2015), S. 257–277; Freiwald (2005), S. 27; Fawcett/Magnan (2002), S. 358.

¹¹⁶ Meyr et al. (2015), S. 104 betonen, dass die internen Aufgaben mit den vor- und nachgelagerten Supply Chain-Partnern zu koordinieren sind.

¹¹⁷ Vgl. für einen Überblick über die Möglichkeiten der Koordination Arshinder et al. (2008); Ostertag (2008), S. 89–122; Li/Wang (2007) sowie Thomas/Griffin (1996).

¹¹⁸ Vgl. Kampstra et al. (2006), S. 327.

2.2.3 Ziele des Supply Chain Management und deren Umsetzung

SCM bedeutet die zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle der Supply Chain. Somit sind alle Aktivitäten auf das Ziel der Supply Chain auszurichten. Ziele sind Ausdruck angestrebter, zu erreichender bzw. zu erhaltender Zustände.¹¹⁹ Nach Laux/Liermann lässt sich in Sach- und Formalziele unterscheiden.¹²⁰ Während Sachziele einen anzustrebenden Zustand beschreiben; formulieren Formalziele, wie dieser zu erreichen ist.¹²¹ Dabei werden meist Extremierungsvorschriften wie die Mini- oder Maximierung eines bestimmten Wertes genutzt.¹²²

Aus der in Abschnitt 2.1.2 erarbeiteten Definition der Supply Chain lässt sich ableiten, dass auf den Endverbraucher ausgerichtet ist, welchem eine Leistung zur Verfügung gestellt werden soll. Dies kann ein Produkt, eine Dienstleistung oder eine Kombination aus beidem sein. Sachziel der Supply Chain ist daher die Bedürfnisbefriedigung des Verbrauchers.¹²³ Einige Autoren beschreiben dies als „match[ing] supply and demand“¹²⁴, also dem Schaffen eines Gleichgewichts zwischen Angebot und Nachfrage. Dieses Sachziel gilt für alle Supply Chains. Über die Formalziele einer Supply Chain gibt die verwendete Definition keine Auskunft. Dies liegt u. a. an der Heterogenität der Supply Chain-Akteure, welche nicht immer durch die gleiche Motivation angetrieben sind. Formalziele von Institutionen sind beispielsweise die Kostenminimierung, das Erreichen vorgegebener Gewinnmargen, ein möglichst geringer CO₂-Ausstoß oder die Realisierung fairer Arbeitsbedingungen.¹²⁵ Allgemeingültige Formalziele für eine Supply Chain zu formulieren ist daher kaum möglich. Beschränkt sich die Betrachtung des SCM lediglich auf Unternehmen, so lassen sich in der betriebswirtschaftlichen Literatur verschiedene Ansätze für das Zielsystem fin-

¹¹⁹ Vgl. Heinen (1976), S. 18 oder Dinkelbach (1982), S. 20.

¹²⁰ Vgl. Laux/Liermann (2005), S. 35.

¹²¹ Vgl. Isermann (1998), S. 23.

¹²² Vgl. Laux/Liermann (2005), S. 35.

¹²³ Vgl. Simchi-Levi et al. (2008), S. 1; Shapiro (2007), S. 7; Otto/Kotzab (2001), S. 160; Stevens (1989), S. 3.

¹²⁴ Christopher/Towill (2001), S. 235.

¹²⁵ Vgl. beispielsweise MacDonald (2007); Sucky (2004), S. 23; Snyder/Shen (2011), S. 1.

den.¹²⁶ Diese sind zum Teil in den verschiedenen Definitionen des SCM enthalten oder werden separat ausgeführt. Bezogen auf die Bedürfnisbefriedigung wird von verschiedenen Autoren betont, dass für den Nachfrager ein Mehrwert geschaffen werden soll.¹²⁷ In der englischsprachigen Literatur ist dieser Wert meist nicht näher spezifiziert. Im deutschsprachigen Raum wird im Supply Chain-Kontext darunter i. d. R. die in Abschnitt 2.1.2 erläuterte Wertschöpfung verstanden.¹²⁸ Die Absicht, diese zu maximieren, stellt den Übergang von Sach- zu Formalzielen dar. Es wird beschrieben, wie die Bedürfnisbefriedigung des Kunden geschehen soll.

Unter der Annahme rational handelnder und nutzenmaximierender Endverbraucher lassen sich die Formalziele weiter spezifizieren. Demnach ist der Mehrwert dann am höchsten, wenn auf der einen Seite die Kosten minimal und auf der anderen Seite der Servicegrad ausreichend hoch ist.¹²⁹ Diese beiden Komponenten gelten zudem als Voraussetzung zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen.¹³⁰ Christopher, Stadler und Cooper et al. sehen das Schaffen solcher Vorteile als primäres Ziel einer Supply Chain.¹³¹ Wie sich dieses aus der Absicht der Leistungserstellung und Bedürfnisbefriedigung ableitet, ist jedoch nicht klar. An Stelle der Supply Chain wird von den Autoren vielmehr die Wettbewerbssituation von Unternehmen betrachtet. Komplexe Leistungssysteme führen zu einer Situation, in der die Endverbraucher die erbrachte Leistung einer Supply Chain nicht differenziert bewerten.¹³² Kunden können oder wollen nicht beurteilen, welcher Akteur innerhalb der Supply Chain einen positiven Beitrag zum finalen Gut leistet und wer negativ zu dessen Erzeugung beiträgt. Daher ist der Erfolg des Leistungsnetzwerkes davon abhängig, dass alle Beteiligten mindestens das

¹²⁶ Vgl. beispielsweise Konrad (2005), S. 92.

¹²⁷ Vgl. Lambert et al. (1998), S. 1; Cooper et al. (1997), S. 4; Christopher (2011), S. 3; Fawcett et al. (2014), S. 6; Chopra/Meindl (2016), S. 15.

¹²⁸ Vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 2.1.2. Hier wurde bereits erläutert, dass auch ein anderes Verständnis über Wertschöpfung in deutschsprachiger Literatur zu finden ist. Dieses bezieht sich aber nicht auf das SCM.

¹²⁹ Vgl. Simchi-Levi et al. (2008), S. 1. Vgl. zum Servicegrad auch Abschnitt 4.2.3.4.

¹³⁰ Vgl. Stadler (2015), S. 10; Christopher (2011), S. 4–11.

¹³¹ Vgl. Christopher (2011), S. 4; Stadler (2005), S. 577; Cooper et al. (1997), S. 4.

¹³² Vgl. Stadler (2015), S. 10.

erwartete Leistungsniveau erfüllen.¹³³ Aus dieser Beobachtung wird von den genannten Autoren abgeleitet, dass Wettbewerbsvorteile für einzelne Unternehmen nur noch im Verbund mit der gesamten Supply Chain entstehen können. Diese Annahme berücksichtigt jedoch weder den Netzwerkcharakter der Supply Chain noch die Tatsache, dass Institutionen in mehr als einer Supply Chain agieren. Bretzke legt dar, dass Unternehmen weiterhin selbstständig Wettbewerbsvorteile generieren können und müssen.¹³⁴ Kostenminimierung, Generierung von Wettbewerbsvorteilen und das Erreichen eines Servicegrades sind Ziele von Unternehmen. Da diese jedoch unterschiedlichen Stakeholdern verpflichtet sind, lässt sich kein einheitlich ausgeprägtes Zielsystem für das gesamte Netzwerk ableiten. Tabelle 2.4 führt Beispiele für die Ziele einer Supply Chain auf.

Zielkategorie	Beispiele
Sachziel der Supply Chain:	Bedürfnisbefriedigung des Verbrauchers
Formalziele der Supply Chain:	Kostenminimierung
	Gewinnmaximierung
	Erreichen eines Serviceniveaus
	Realisierung hoher Mitarbeiterzufriedenheit
	Einhaltung von CO ₂ -Grenzwerten

Tabelle 2.4: Beispiele für Sach- und Formalziele in der Supply Chain

Die Heterogenität der Akteure und ihrer Interessen verhindert allgemein gültige Formalziele für Supply Chains zu formulieren. Diese müssen, wie alle anderen Bereiche der Kooperation im Rahmen des SCM, vereinbart werden. Die Ausführungen zu Wettbewerbsvorteilen beschränken sich zudem auf ökonomische Merkmale. Auch für Unternehmen ist die Beachtung von Kriterien der Corporate Social Responsi-

¹³³ Vgl. Stevens (1989), S. 3.

¹³⁴ Vgl. Bretzke (2015), S. 72–74.

bility und der Nachhaltigkeit wichtig. Zielerreichung in diesen Bereichen ist im besonderen Maße von allen Supply Chain-Akteuren abhängig. Nur wenn Lieferanten und Rohstoffhersteller vom Beginn der Herstellung bis zur Nutzung entsprechend handeln, lassen sich nachhaltige Produkte erzeugen.¹³⁵ Kritische Berichterstattungen von Arbeitsbedingungen in China oder Umweltzerstörungen in Indonesien zwingen Unternehmen dazu, sich mit den Zielvorstellungen der in der Supply Chain beteiligten Partner auseinanderzusetzen. Diese Beispiele zeigen, dass es bei den Formalzielen keine automatische Übereinstimmung zwischen den Institutionen einer Supply Chain gibt. Auf der Netzwerkebene lässt sich daher nur das Sachziel der Bedürfnisbefriedigung durch Leistungsverfügbarkeit formulieren. Formalziele sind abhängig von der jeweils betrachteten Supply Chain und den im Rahmen der Leistungserstellung miteinander kooperierenden Institutionen. Sie können im Prozess des SCM für die Supply Chain vereinbart werden. Sowohl die Leistungserstellung wie auch das SCM sind auch ohne die Definition von Formalzielen auf der Netzwerkebene möglich. Die Akteure verfolgen ihre individuellen Absichten und kooperieren dann, wenn die Zusammenarbeit ihre Zielerreichung unterstützt. Nach der Betrachtung der Ziele, die SCM verfolgt, ist zu überlegen, wie diese erreicht werden können. Dies ist Gegenstand der Planungsaufgabe als Teilbereich des Managements.

2.2.4 Planung im Supply Chain Management

In Abschnitt 2.2.1 wird die Planung als zentralen Bestandteil des Managements identifiziert. Sie stellt den Schwerpunkt dieser Arbeit dar. Die durch sie entstehenden Pläne legen fest, wie zu handeln ist, um die angestrebten und in Abschnitt 2.2.3 erläuterten Ziele zu erreichen.¹³⁶ Da die Handlungsanweisungen auf die Zukunft ausgerichtet sind, unterliegen sie Unsicherheiten. Abschnitt 2.3 untersucht diese. Zuvor werden im aktuellen Abschnitt 2.2.4 Interdependenzen in der Planung

¹³⁵ Vgl. Miemczyk et al. (2012), S. 478; Carter/Rogers (2008), S. 368; Seuring/Müller (2008), S. 1700.

¹³⁶ Vgl. hierzu Abschnitt 2.2.2.

und die sich daraus ergebenden Teilaufgaben analysiert. Auf inhaltlich-hierarchische Interdependenzen geht Abschnitt 2.2.4.1 mit der Erläuterung des Prinzips der hierarchischen Planung ein. Abschnitt 2.2.4.2 stellt deren Umsetzung in der Supply Chain Planning Matrix vor. Zeitliche Interdependenzen und ihre Auswirkungen auf die Planung betrachtet Abschnitt 2.2.4.3.¹³⁷

2.2.4.1 Hierarchische Ebenen der Supply Chain-Planung

Zum Erstellen eines Planes werden alle notwendigen und verfügbaren Informationen herangezogen und mit ihrer Hilfe konkrete Schritte festgelegt, um die angestrebten Sach- und Formalziele zu erreichen.¹³⁸ Erfolgt dies für alle Entscheidungsvariablen eines Problems zusammen, so lässt sich von einer Simultanplanung sprechen.¹³⁹ Bei komplexen Entscheidungssituationen ist diese jedoch nicht möglich.¹⁴⁰ Sowohl die Informationsbeschaffung wie auch der Planungsprozess, welcher alle relevanten Informationen verarbeiten muss, erreichen ein Ausmaß, das entweder nicht durchführbar oder aus wirtschaftlichen Gründen nicht ratsam ist.¹⁴¹ Zudem liegen die für eine Simultanplanung benötigten Informationen oft nicht vor.¹⁴² Beim alternativen Vorgehen handelt es sich um die Sukzessivplanung.¹⁴³ Hier wird das Planungsproblem in Teilbereiche gegliedert, deren Umfang und Komplexität beherrschbar sind. Für jedes Teilproblem lässt sich dann ein separater Plan erstellen. Bei entsprechender Gliederung der Planungsaufgaben ist es möglich, die vorliegende Komplexität sowie den anfallenden Informationsbedarf zu bewältigen. Der Nachteile der Sukzessivplanung liegt in der isolierten Betrachtung von Teilproblemen. Diese ignoriert die Vielzahl an

¹³⁷ Zum Teil wird auch von zeitlich-vertikalen oder dynamischen Interdependenzen gesprochen.

¹³⁸ Vgl. Klein/Scholl, S. 2; Adam (1996), S. 5.

¹³⁹ Vgl. Scholl (2001), S. 20–21 und S. 35; Laux/Liermann (2005), S. 194. Zum Teil wird auch von der Totalplanung gesprochen.

¹⁴⁰ Vgl. Friedrich (2007), S. 148–149; Scholl (2001), S. 35.

¹⁴¹ Vgl. Laux/Liermann (2005), S. 194.

¹⁴² Vgl. Voigt (1992), S. 157–158.

¹⁴³ Vgl. Scholl (2001), S. 35. Ausführlich wird diese von Laux/Liermann oder Voigt beschrieben [vgl. Laux/Liermann (2005), S. 213–217; Voigt (1992), S. 162–172].

Interdependenzen, die zwischen den Teilplänen existieren.¹⁴⁴ Dies kann dazu führen, dass sich Maßnahmen der verschiedenen Teilpläne widersprechen bzw. dass sie auf globaler Ebene unzulässig sind.¹⁴⁵ Daher muss eine Koordination der Teilplanung stattfinden, wobei der entsprechende Abstimmungsprozess nicht trivial ist.

Die Koordination kann mit dem Top-down-, Bottom-up- oder Gegenstromverfahren geschehen.¹⁴⁶ Im Rahmen der Planung komplexer Systeme hat sich die hierarchische Planung als Vorgehen zur Abstimmung von Teilbereichen entwickelt.¹⁴⁷ Sie soll auch für die Gliederung der Planungsaufgaben im SCM als Grundlage dienen. Bei der hierarchischen Planung existieren mindestens zwei in hierarchischer Beziehung stehende Planungsebenen, wie sie in Abbildung 2.5 dargestellt sind.¹⁴⁸

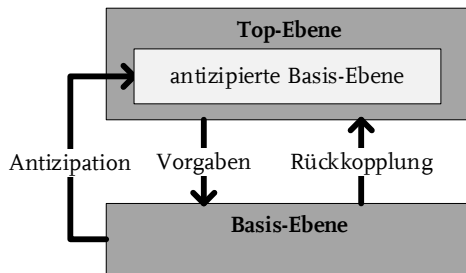


Abbildung 2.5: Grundstruktur der hierarchischen Planung¹⁴⁹

Die Anzahl der möglichen Planungsstufen ist dabei nicht begrenzt.¹⁵⁰ Die jeweils übergeordneten Ebenen, welche als Top-Level bzw. Top-Ebene bezeichnet werden, determinieren dabei Handlungsspielräume,

¹⁴⁴ Vgl. zu den Interdependenzen der Planungsaufgaben im SCM Sucky (2004), S. 30–31. Vgl. allgemein zu den Interdependenzen in der Sukzessivplanung Laux/Liermann (2005), S. 195–199 oder Voigt (1992), S. 153–160.

¹⁴⁵ Vgl. Voigt (1992), S. 165–166.

¹⁴⁶ Vgl. zu den Koordinationsansätzen Laux/Liermann (2005), S. 199–203.

¹⁴⁷ Vgl. hierzu und zur hierarchischen Planung Scholl (2001), S. 35–38; Schneeweiß (1995); Voigt (1992), S. 173–215. Die hierarchische Planung im SCM beschreibt z. B. Sucky (2004), S. 32–35.

¹⁴⁸ Vgl. Schneeweiß (1995), S. 4–5.

¹⁴⁹ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Klein/Scholl (2011), S. 239; Schneeweiß (1995), S. 6.

¹⁵⁰ Vgl. Scholl (2001), S. 35.

in welchen sich die Planung der untergeordneten Aufgaben, des Basis-Levels, bewegt.¹⁵¹ Die aggregierte Planung auf der Top-Ebene, die Vorgaben für die Basis-Ebene macht, findet jedoch nicht isoliert von dieser statt. Vielmehr werden im Rahmen des Planungsprozesses der übergeordneten Ebene bereits vorhandene und sichere Informationen der Basis-Ebene integriert.¹⁵² Zudem findet eine Antizipation der Auswirkungen von Entscheidungen statt.¹⁵³ Die übergeordnete Ebene berücksichtigt bei ihrer Entscheidung, wie sich diese auf den Planungsprozess der untergeordneten Ebene auswirkt und nutzt die entsprechenden Informationen zur Entscheidungsfindung. Der Basis-Level kommuniziert wiederum die Ergebnisse aus dem eigenen, disaggregierten und mit detaillierteren Informationen durchgeführten Planungsprozess. Diese Rückkopplung dient dazu, zukünftige Entscheidungen im Top-Level zu verbessern. Damit dies gelingt, bedarf es einer rollierenden Planung, auf welche in Abschnitt 2.2.4.3 eingegangen wird.¹⁵⁴

Im SCM besteht die hierarchische Planung aus den drei in Abbildung 2.6 dargestellten Ebenen „Supply Chain Configuration“, „Supply Chain Planning“ und „Supply Chain Execution“. ¹⁵⁵ Diese sind in Tabelle 2.5 beschrieben.¹⁵⁶ Die Einteilung der Ebenen orientiert sich hier am zeitlichen Horizont der Planung sowie dem Planungsobjekt und der Bedeutung der einzelnen Aufgaben für den Gesamterfolg der Supply Chain.¹⁵⁷ Für die hier beschriebene Strukturierung werden auch die

¹⁵¹ Vgl. Scholl (2001), S. 35.

¹⁵² Vgl. Schneeweiß (1995), S. 6.

¹⁵³ Vgl. Scholl (2001), S. 36; Schneeweiß (1995), S. 12–13.

¹⁵⁴ Vgl. Scholl (2001), S. 36.

¹⁵⁵ Vgl. Sucky (2004), S. 35. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei der Supply Chain Configuration, dem Supply Chain Planning und der Supply Chain Execution um Teilaufgaben der Planung im SCM handelt. Die Steuerung stellt eine eigene Funktion des Managements dar. Es finden sich zum Teil Beiträge, die hier ein anderes Begriffsverständnis wählen. Demnach handelt es sich bei der Supply Chain Execution um die Ausführung, also die Steuerungsfunktion [vgl. Meyr et al. (2015), S. 105]. Die Planungsfunktion wird hier als Supply Chain Planning bezeichnet, die u. a. das Supply Chain Design enthält, welches der Supply Chain Configuration entspricht. Diese Sichtweise wird in der vorliegenden Arbeit nicht vertreten.

¹⁵⁶ Ausführliche Beschreibungen finden sich z. B. bei Chopra/Meindl (2016), S. 18–19; Freiwald (2005), S. 15–16; Sucky (2004), S. 26–28; Pibernik (2001), S. 162–163.

¹⁵⁷ Vgl. zu lang-, mittel- und kurzfristigen Planungsaufgaben im SCM Fleischmann et al. (2015), S. 77–81.

Begriffe „strategische“, „taktische“ und „operative“ Planung eingesetzt.¹⁵⁸ Die Planungsebenen stehen nach dem Konzept der hierarchischen Planung durch Antizipation sowie Vorgaben und Rückkopplung in Verbindung miteinander.¹⁵⁹

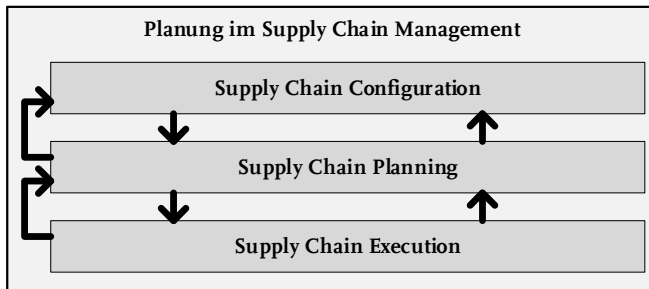


Abbildung 2.6: Durch Antizipation, Vorgaben und Rückkopplung in Verbindung stehende Planungsebenen im SCM¹⁶⁰

So legen die Supply Chain Configuration und das Supply Chain Planning Handlungsspielräume, etwa in Form von Kapazitäten und Leistungsprogrammen, für die untergeordneten Planungsaufgaben fest. Die lang- und mittelfristige Planung muss jedoch die Wirkungen auf die mittel- und kurzfristige Ebene bei der jeweiligen Entscheidung antizipieren und berücksichtigen.¹⁶¹ Ist etwa eine Entscheidung über einen

¹⁵⁸ Vgl. hierzu z. B. Scholl (2001), S. 15; Adam (1996), S. 314–318 oder Voigt (1992), S. 191. Zum Teil wird lediglich nach strategischer und operativer Planung bzw. strategischem und operativem Management unterschieden [vgl. Abschnitt 2.2.1 oder Voigt (1992), S. 192.] Die taktische Ebene wird zwischen der strategischen und operativen Ebene eingeordnet. Ihr wird ein mittelfristiger Planungshorizont zugeschrieben. In vielen Fällen finden sich keine genauen Angaben, welche Zeiträume die einzelnen Planungsebenen umfassen. Grund hierfür ist vermutlich, dass diese nicht klar voneinander trennbar sind bzw. ein zum Teil unterschiedliches Verständnis vorliegt, welchen Zeitraum beispielsweise die taktische Planung umfasst. Thorn nennt hier etwa einen Zeitraum von sechs Monaten bis zwei Jahren [vgl. Thorn (2002), S. 26]. Freiwald spricht hingegen von maximal einem Jahr [vgl. Freiwald (2005), S. 16].

¹⁵⁹ Vgl. Sucky (2004), S. 32–35; Scholl (2001), S. 36.

¹⁶⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁶¹ Vgl. für ein weiteres Beispiel zur hierarchischen Planung und der nötigen Antizipation der Auswirkungen ein Modell zur Lieferantenauswahl bei Sucky (2007).

neuen Lagerstandort zu treffen, so sind Auswirkungen dieser Strukturentscheidung auf die untergeordneten Planungsebenen bereits im Auswahlprozess des Standortes zu beachten. Dies betrifft z. B. zukünftig verfügbare Transportrouten oder Kostensätze sowie Lieferzeiten für die Kundenversorgung.

Planungsebene	Planungsaufgaben
Supply Chain Configuration	Festlegen der Supply Chain-Struktur, bestehend aus Produktions- und Lagerstätten, Lieferantenkooperationen sowie weiteren Ressourcen. Es handelt sich um eine langfristige Gestaltungsaufgabe innerhalb des Einflussbereichs einer Institution. ¹⁶²
Supply Chain Planning	Mittelfristige Leistungsprogrammplanung im Rahmen des vorgegebenen Handlungsspielraums auf Grundlage prognostizierter Nachfragemengen. Ziel ist es, verfügbare Ressourcen so einzusetzen, dass Angebot und Nachfrage ausgeglichen sind.
Supply Chain Execution	Überführung und Anpassung der mittelfristigen Pläne in konkrete Transport-, Bestell- und Produktionsaufträge auf Grundlage vorliegender Kundennachfragen bzw. aktueller Prognosen. Dies beinhaltet auch eine Reihenfolge- und Prioritätsplanung.

Tabelle 2.5: Planungsebenen im SCM¹⁶³

Informationen über diese Faktoren liefern die taktische und operative Ebene. Hier müssen entsprechende Einschätzungen über die Auswir-

¹⁶² In vielen Fällen wird die Aufgabe der Supply Chain Configuration mit der Planung der gesamten Supply Chain-Struktur beschrieben. Angesichts selbstständiger Institutionen ist dies jedoch nicht realistisch [vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 2.2.2]. Die hier beschriebenen Supply Chain-Planungsaufgaben sind zunächst auf Ebene der einzelnen Supply Chain-Partner durchzuführen und dann zu koordinieren [vgl. zur Kooperation und Koordination in Supply Chains z. B. Reuter/Rohde (2015); Kilger et al. (2015); Thomas/Griffin (1996)].

¹⁶³ Vgl. zu den Inhalten der Tabelle Freiwald (2005), S. 16; Sucky (2004), S. 26–28; Pi-bernik (2001), S. 162.

kung der Strukturanpassung vorgenommen werden.¹⁶⁴ Diese fließen in den Entscheidungsprozess der Supply Chain Configuration ein. Die gewählte Alternative ist dann Teil des Rahmens, in dem die mittel- und kurzfristige Planung erfolgt. Diese hat die Aufgabe, den Einsatz der verfügbaren Ressourcen im Sinne der Zielerreichung zu planen. Zu welchen Ergebnissen dieser Ressourceneinsatz führen kann, ist wiederum ein Entscheidungskriterium für die zu wählende Supply Chain-Struktur in der Supply Chain Configuration. So ergibt sich die für die hierarchische Planung typische, wechselseitige Beziehung zwischen Top- und Basis-Level. Am Ende dieses Vorgehens steht ein Gesamtplan, dessen Teilpläne aufeinander abgestimmt sind. Er ist Ausgangspunkt für die Steuerungs- und Kontrollfunktion des Managements.¹⁶⁵

2.2.4.2 Strukturierung der Planungsaufgaben gemäß der Supply Chain Planning Matrix

Neben der Einteilung gemäß der hierarchischen Planung existieren weitere Dimensionen zur Strukturierung der Planungsteilaufgaben im SCM. Die verschiedenen Gliederungskriterien führen zu teils sehr unterschiedlichen Modellen; wobei sich die Systematisierung nicht nur auf die Planungsaufgabe beschränkt, sondern teilweise das gesamte SCM und insbesondere dessen Prozesse umfasst.¹⁶⁶ Einen Überblick über die unterschiedlichen Ansätze geben z. B. Dobhan oder Friedrich.¹⁶⁷ Tabelle 2.6 beinhaltet die drei in der Literatur am häufigsten anzutreffenden Strukturierungsmodelle zum SCM. Für die vorliegende Arbeit dient die Strukturierung gemäß der „Supply Chain Planning Matrix“, welche die hierarchische Planung integriert, als Grundlage. Die Matrix gliedert Planungsaufgaben neben der Lang-, Mittel- und Kurzfristigkeit nach dem Herstellungsprozess, welcher in die Funktionsbereiche Beschaffung, Produktion, Distribution und Absatz eingeteilt ist.¹⁶⁸ Ursprünglich wurde die Supply Chain Planning Matrix entwickelt, um Anwen-

¹⁶⁴ Vgl. Shapiro (2007), S. 7.

¹⁶⁵ Vgl. Abschnitt 2.2.1 und die dort angegebene Literatur.

¹⁶⁶ Vgl. Dobhan (2012), S. 48.

¹⁶⁷ Vgl. Dobhan (2012), S. 48–63; Friedrich (2007), S. 24–25.

¹⁶⁸ Vgl. Stadler (2005), S. 579.

dungssoftware zur Supply Chain-Planung und die durch sie unterstützten Aufgaben zu vergleichen.¹⁶⁹ Daraus hat sich die in Abbildung 2.7 dargestellte Aufgabenstrukturierung für das SCM entwickelt.¹⁷⁰

Modell des SCM	Beschreibung
SCM Framework nach Cooper et al.: ¹⁷¹	Dem SCM werden acht Kernprozesse zugeordnet, die funktions- und unternehmensübergreifend zu managen sind.
Supply Chain Planning Matrix: ¹⁷²	Gliedert die Planungsaufgaben nach dem zeitlichen Horizont sowie nach den Funktionsbereichen eines Unternehmens.
Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell: ¹⁷³	Identifiziert vier Prozesse des SCM sowie einen Hauptprozess der Planung. Jeder Prozess lässt sich auf vier Ebenen betrachten.

Tabelle 2.6: Modelle zur Strukturierung der Aufgaben im SCM¹⁷⁴

Das dort aufgeführte strategische Netzwerkdesign entspricht der Supply Chain Configuration. Die hier getroffenen Entscheidungen besitzen im Einzelnen eine so hohe Wichtigkeit, dass sie gemeinsam zu betrachten sind. Daher erfolgt keine Zerlegung entlang der Funktionsbereiche. Zur Durchführung des Planungsprozesses bedarf es jedoch einer entsprechend hohen Abstraktion zur Komplexitätsreduktion. Der Übergang zwischen der mittel- und kurzfristigen Planung gestaltet sich fließend. Es lässt sich jedoch festhalten, dass taktische Entscheidungen bezüglich des Ressourceneinsatzes und des Leistungsprogrammes für die Bereiche der Beschaffung, Produktion und Distribution ebenfalls gemeinsam betrachtet werden. Dies geschieht im Master Planning. Dem Vertrieb

¹⁶⁹ Vgl. Jahr (2013), S. 25; Rohde et al. (2000).

¹⁷⁰ Sie findet sich beispielsweise bei Dobhan (2012), S. 53; Freiwald (2005), S. 15; Pi-bernik/Sucky (2005), S. 70; Stadler (2005), S. 579.

¹⁷¹ Vgl. Cooper et al. (1997).

¹⁷² Vgl. Meyr et al. (2015); Stadler (2005), S. 579–582; Rohde et al. (2000).

¹⁷³ Vgl. Kuhn/Hellgrath (2002), S. 105–109.

¹⁷⁴ Aufgeführt sind in der Literatur häufig zu findende Strukturierungsmodelle ohne Anspruch auf Vollständigkeit oder Wertung. Sie sollen einen Eindruck davon vermitteln, wie unterschiedlich die Möglichkeiten der Aufgabenstrukturierung im SCM sind.

obliegt die Bereitstellung von Prognosedaten sowohl im taktischen wie auch operativen Bereich.¹⁷⁵ Dies findet im Zuge des Demand Planning statt. Handelt es sich um konkret vorliegende Kundennachfragen, so verändert sich die Aufgabe zum Available to Promise. Auf der operativen Ebene sind aufgrund des Detaillierungsgrades auch die Aufgaben der drei weiteren Funktionsbereiche separat zu betrachten. Dies ist die Beschaffungsplanung sowie die Produktionsplanung und -steuerung in der Produktion und die Distributions- und Transportplanung in der Distribution. Für letztere Teilaufgaben finden sich in den unterstützenden Softwareprogrammen häufig separate Module, daher sind diese Aufgaben in Abbildung 2.7 getrennt dargestellt. Ihre Planung findet laut Meyr et al. jedoch häufig gemeinsam statt und ist der Supply Chain Execution zuzuordnen.¹⁷⁶ Die einzelnen Teilaufgaben der Supply Chain Planning Matrix werden nachfolgend erläutert.¹⁷⁷

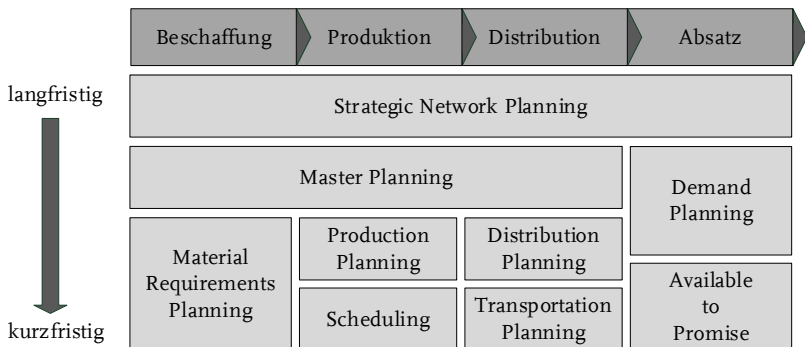


Abbildung 2.7: Supply Chain Planning Matrix¹⁷⁸

Die Struktur der Supply Chain wird im **Strategic Network Planning** determiniert.¹⁷⁹ Wie bereits bei der Gliederung gemäß der hierarchi-

¹⁷⁵ Friedrich (2007), S. 25, vertritt die Meinung, dass es sich bei der Prognose um keine eigentliche Planungsaufgabe handelt. Dennoch identifiziert er die Aufgabe einer Absatzplanung und betrachtet diese losgelöst vom Master Planning.

¹⁷⁶ Vgl. Meyr et al. (2015), S. 100–101.

¹⁷⁷ Eine ausführliche Darstellung findet sich bei Stadler et al. (2015), S. 107–240. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass für die Autoren die Planung im SCM und das Supply Chain Planning identisch sind. Es erfolgt eine andere Abgrenzung zur Supply Chain Execution als in der vorliegenden Arbeit [vgl. Stadler (2015), S. 105].

¹⁷⁸ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Dobhan (2012), S. 53.

schen Planung zur Supply Chain Configuration ausgeführt, besteht die Aufgabe darin, Standorte für Produktionsstätten oder Lager zu bestimmen, Lieferanten- und Kundenkooperationen zu determinieren und insgesamt die Struktur der Supply Chain festzulegen. Es werden die Rahmenbedingungen und das Potenzial für die Leistungserstellung in der Supply Chain geschaffen. Konträr zu verschiedenen Aussagen in der SCM-Literatur umfasst diese Aufgabe in der Realität nicht die Konfiguration von den Urlieferanten bis zum Endverbraucher. Eine Supply Chain wird nicht von einer einzelnen Institution designt, sondern sie entsteht durch die Zusammenarbeit verschiedener Akteure.¹⁸⁰ Das Strategic Network Planning legt daher die Supply Chain-Struktur innerhalb des Einflussbereiches einer Institution fest.

Der Planungsprozess auf der mittel- bis kurzfristigen Ebene beginnt i. d. R. auf der Absatzseite im Rahmen des **Demand Planning**. Hier wird die Nachfrage der kommenden Tage, Wochen, Monate und zum Teil auch Jahre geplant. Dabei existiert zum Erstellen von Absatzvorhersagen eine Vielzahl an qualitativen und quantitativen Prognoseverfahren. Eine Eigenschaft dieser Vorhersagen ist jedoch, dass sie so nicht eintreten werden. Diese Differenz zwischen Prognose und tatsächlicher Nachfrage ist der Grund für Nachfrageunsicherheiten.¹⁸¹ Das Ergebnis des Demand Planning ist die Bedarfsprognose, welche als Input für die weiteren Planungsaufgaben dient. Liegen konkrete Kundenaufträge vor, so können diese in die Prognoseerstellung einfließen. Dadurch ist auch der Übergang zwischen der Bedarfsplanung sowie dem kurzfristigen **Available to Promise**-Prozess fließend. Insbesondere das Transport Planning nutzt Informationen des kurzfristigen Available to Promise.

Master Planning hat die Aufgabe, aufbauend auf den Absatzzahlen des Demand Planning, den Einsatz der verfügbaren Ressourcen und Prozesse so zu planen, dass die Nachfrage befriedigt werden kann. Diese mittelfristige Planung umfasst i. d. R. einen Zeitraum von bis zu einem Jahr und liefert als Ergebnis Pläne, welche wiederum den hierarchisch untergeordneten und kurzfristigeren Planungsaufgaben als Input die-

¹⁷⁹ Vgl. Kauder/Meyr (2009).

¹⁸⁰ Vgl. Kampstra et al. (2006); Fawcett/Magnan (2002) sowie Abschnitt 2.2.2.

¹⁸¹ Vgl. zu Unsicherheiten in der Supply Chain Abschnitt 2.3.2.

nen. Das Master Planning beinhaltet neben dem Kapazitätsmanagement, inklusive der Engpasssteuerung, die mittelfristige Mengenplanung. Hier werden Produktions- und Transportquantitäten festgelegt und Bedarfe mit vor- und nachgelagerten Supply Chain-Partnern abgestimmt.¹⁸² Das Ergebnis des Master Planning ist das Leistungsprogramm. Dessen Planung kann sukzessive durch eine Mengen- und anschließende Ressourceneinsatzplanung erfolgen. Alternativ ist eine simultane Leistungsprogrammplanung, die gleichzeitig Mengen- und Kapazitätseinsatzentscheidungen trifft, möglich. Ausgeführt werden diese Aufgaben auf einer aggregierten Planungsebene, welche meist zentral in einer Institution angesiedelt ist. Die nachfolgenden Aufgaben des Material Requirements Planning, Production Planning und Scheduling sowie Distribution Planning und Transportation Planning sind dezentral organisiert.

Im Gegensatz zum Master Planning beziehen sich die Aufgaben des **Production Planning und Scheduling** auf einen kurzfristigeren Zeitraum sowie auf sehr detaillierte Pläne. Bei diesen operativen Prozessen spielen lokale Gegebenheiten wie das Organisationskonzept der Fertigung eine entscheidende Rolle. Während das Production Planning aus den Plänen des Master Planning konkrete Fertigungsaufträge generiert, legt das Scheduling die Reihenfolge der Ausführung fest. Je nach Fertigungstyp kann dies simultan (z. B. bei der Fließbandfertigung) oder sequenziell (wie etwa bei der Werkstattfertigung) stattfinden.

Die Grobplanung des Master Planning sowie das Ergebnis der detaillierten Planung aus dem Production Planning und Scheduling stellen den Input für das **Material Requirements Planning** dar.¹⁸³ Am Ende dieses Planungsprozesses stehen konkrete Mengenabrufe beim Lieferanten. Diese betreffen das für die Produktion benötigte Material und sind unter Beachtung der verfolgten Ziele festzulegen. Die entsprechende Planung

¹⁸² Vgl. Pibernik/Sucky (2007).

¹⁸³ Vgl. Stadler (2015), S. 214. Diese Logik weicht von alternativen Aufgabenstrukturierungen wie beispielsweise dem MRP II ab. Bei diesem Konzept findet zunächst die Planung der Materialbedarfe statt. Anschließend wird der zeitliche Ablauf von Produktionsaufträgen im Rahmen der Termin- und Kapazitätsplanung festgelegt [vgl. Sucky (2004), S. 28–39].

kann in Abhängigkeit der Materialarten programm- oder verbrauchsorientiert erfolgen.

Die Planung von konkreten Transporten und Beständen zwischen und an einzelnen Standorten, Lagern und zum Verbraucher, ist Aufgabe des **Distribution Planning**. Dazu werden Ergebnisse des Production Planning und Scheduling sowie vorhandene Transport- und Lagerkapazitäten aus dem Master Planning genutzt. Ziel ist die termingerechte Belieferung des Endverbrauchers. Sollte das Angebot nicht der Nachfrage entsprechen, so sind Maßnahmen zu deren Ausgleich zu entwerfen.

Im Zuge des **Transportation Planning** erfolgt die Touren- und Ladeplanung einzelner Transportträger. Dabei sind für die Tourenplanung u. a. Lieferzeitfenster, Fahrzeiten sowie der genaue zeitliche Ablauf zu beachten. Die optimale Nutzung von Ladekapazitäten ist Gegenstand der Ladeplanung. Grundlage dieser Aufgaben sind die Pläne des Distribution Planning, sie werden auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft und entsprechend angepasst.

Die Ausführungen zeigen, dass mit Zunahme der Kurzfristigkeit immer mehr Informationen in der Planung zu verarbeiten sind. Um die Komplexität dennoch zu bewältigen, ist es notwendig, die operative Planung in Teilaufgaben zu zerlegen. Dies kann anhand der vier Funktionsbereiche geschehen.¹⁸⁴ Die Aggregation auf der taktischen Ebene ermöglicht die Gliederungen in zwei Teilbereiche, das Master Planning und das Demand Planning. Aufgrund des hohen Abstraktionsgrades ist es möglich, die strategische Planungsaufgabe für den gesamten Supply Chain-Ausschnitt durchzuführen. Wie bereits erwähnt, sind alle Teilaufgaben innerhalb einer Supply Chain-Institution auszuführen und mit den Partnern zu koordinieren. Die Aktivitäten richten sich neben dem Sachziel der Leistungserstellung an den Formalzielen des jeweiligen Akteurs aus.

Die Erläuterungen zur Supply Chain Planning Matrix sowie zur hierarchischen Strukturierung der Planung dienen als Grundlage für die in

¹⁸⁴ Eine alternative Gliederung ist beispielsweise das Vorgehen des MRP II. Vgl. Sucky (2004), S. 28–30.

Kapitel 3 vorgenommenen Untersuchungen.¹⁸⁵ Sie zeigen zudem den Umfang, den die Planungsfunktion als Teil des SCM besitzt. Entscheidungen in den einzelnen Teilbereichen sind so zu treffen, dass die sich ergebenden Pläne zum Erreichen der Sach- und Formalziele führen. Planung ist dabei immer auf die Zukunft ausgerichtet, weshalb zeitliche Interdependenzen zwischen vergangenen und zukünftigen Entscheidungen zu berücksichtigen sind. Wie eine solche Integration in der Planung gelingt, erläutert Abschnitt 2.2.4.3.¹⁸⁶

2.2.4.3 Rollierende Planung im Rahmen der Supply Chain-Planung

Neben den inhaltlichen Interdependenzen, die bei der Durchführung hierarchisch gegliederter Planungsaufgaben zu berücksichtigen sind, gilt es auch, zeitliche Interdependenzen zu beachten.¹⁸⁷ Darunter werden Wechselwirkungen verstanden, die eine Entscheidung mit zeitlich vor- und nachgelagerten Entscheidungen verbindet. Diese Interdependenzen liegen in der Tatsache begründet, dass Planung im Kontext einer Supply Chain i. d. R. in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern stattfindet.¹⁸⁸ Lediglich bei kurzfristig angelegten Projekten ist es vorstellbar, dass das Entscheidungsfeld zeitlich geschlossen ist. Auf Supply Chains, welche die Bedürfnisbefriedigung von Verbrauchern anstreben, trifft dies nicht zu. So haben etwa Investitionsentscheidungen Einfluss auf zukünftige Systemkonfigurationen bzw. diese sind von den vorherigen Investitionen abhängig. Auch Entscheidungen über Produktionsmengen sind abhängig davon, welche Lagerbestände als Konsequenz vorheriger Entscheidungen und eingetretener Umweltzustände vorhanden sind, sowie von den zukünftigen Bedarfen. Da zukünftige Entwicklungen und Informationen für die Planung unsicher sind, ist das Entscheidungsfeld offen. Somit ist neben den in Abschnitt 2.2.4.1 aufgeführten Punkten auch aufgrund der zeitlichen Wechselwirkungen von Entschei-

¹⁸⁵ Der Aufbau der Supply Chain Planning Matrix orientiert sich an der philosophischen Supply Chain-Perspektive. Dabei werden ursprünglich eigenständige Disziplinen wie das Produktions-, Logistik-, Personal- oder Investitionsmanagement im SCM subsumiert.

¹⁸⁶ Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 3; Adam (1996), S. 5–6.

¹⁸⁷ Vgl. Voigt (1992), S. 116–121.

¹⁸⁸ Vgl. zu zeitlich offenen Entscheidungsfeldern Scholl et al. (2004), S. 153 und Schlichtermann (1996), S. 1–4.

dungen eine Simultanplanung nicht möglich.¹⁸⁹ Die entsprechende Sukzessivplanung unterteilt die Planungsaufgaben entsprechend der zeitlichen Dimension in Teilperioden. Dadurch wird das Entscheidungsfeld künstlich geschlossen. Aufgrund von Unsicherheiten ist weiterhin keine deterministische Planung möglich, jedoch lassen sich durch die Definition von Anfangs- und Endzuständen und entsprechenden Planungsmethoden realisierbare Pläne erstellen.¹⁹⁰ Die Verbindung der Teilpläne der einzelnen Perioden kann durch eine Anschluss- oder eine rollierende Planung erfolgen.

Bei der Anschlussplanung werden in einem Planungsschritt Pläne für einen bestimmten Planungszeitraum erstellt. Nachdem diese realisiert wurden, erfolgt die Planung für den darauffolgenden Planungszeitraum. Bei diesem Vorgehen liegt der Anfangszustand des zu planenden Systems vor. Für diesen Zustand ist ein Anschlussplan festzulegen. Der anzustrebende Endzustand muss im Vorfeld definiert werden. Stehen im Zeitraum der Planrealisation zusätzliche oder aktualisierte Informationen zur Verfügung, so werden diese nicht berücksichtigt. Die Umsetzung der Pläne findet daher ohne Anpassung an veränderte Umstände statt. Die Pläne betrachten zudem keine Entwicklungen, die über den Planungszeitraum hinaus stattfinden.

Im Gegensatz dazu legt die rollierende Planung nur einen Teil des für den Planungszeitraum erstellten Plans fix fest.¹⁹¹ Dieser ist in Abbildung 2.8 dunkel dargestellt. Der fixe Plan wird realisiert. Der für die restlichen Perioden des Planungszeitraumes erstellte Plan, in Abbildung 2.8 hell hinterlegt, ist vorläufig. Er kann sich im Rahmen des nächsten Planungsschrittes verändern. Durch diese Vorgehensweise entstehen Pläne, die zukünftige Entwicklungen zielorientiert berücksichtigen. Ändern sich jedoch die Rahmenbedingungen der Planung oder stehen zusätzliche Informationen zur Verfügung, so ist es möglich, die Pläne anzupassen. Bei diesem Vorgehen überlappen sich die jeweils

¹⁸⁹ Vgl. Scholl et al. (2004), S. 154–155.

¹⁹⁰ Die vorgegebenen Zustände ergeben sich aus prognostizierten Werten. So entsteht eine quasi-deterministische Planung [vgl. Schlüchtermann (1996), S. 1–2].

¹⁹¹ Die rollierende Planung wird auch als rollend, revidierend, revolvierend, überlappend oder gleitend bezeichnet [vgl. Scholl et al. (2004), S. 155].

erstellten Pläne, wodurch sich zeitliche Interdependenzen einbeziehen lassen. Untersuchungen zeigen, dass die rollierende Planung der Anschlussplanung in der Qualität der Planungsergebnisse überlegen ist.¹⁹² Allerdings ist zu beachten, dass sie u. U. zu nervösem Planungsverhalten führen kann. Zudem stellt sie höhere Anforderungen an die zur Verfügung stehenden Informationen und führt zu einem erhöhten Planungsaufwand.

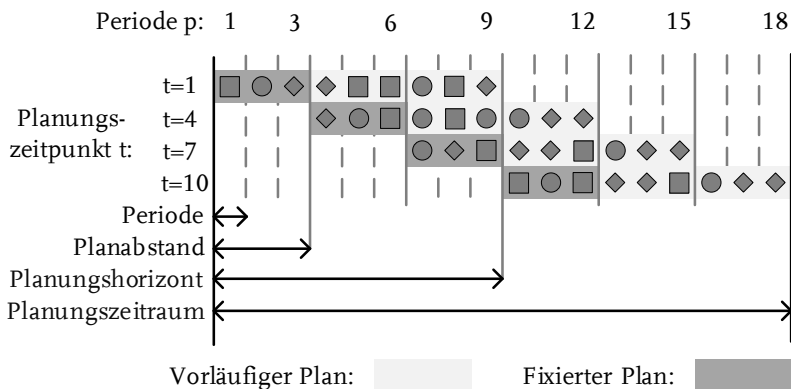


Abbildung 2.8: Prinzip der rollierenden Planung¹⁹³

Ergebnis der Betrachtung zeitlicher Interdependenzen in der Planung ist, dass die in den Abschnitten 2.2.4.1 und 2.2.4.2 gegliederten Planungsaufgaben des SCM nicht nur einmalig durchgeführt werden. Unabhängig davon, ob die Teilperioden durch Anschluss- oder rollierende Planung miteinander verbunden werden, sind die Aufgaben wiederholt auszuführen. Daher determinieren Entscheidungen auf hierarchisch übergeordneten Planungsebenen nicht nur die Handlungsspielräume der untergeordneten Aufgaben, sondern auch die Ausgangslage der zukünftigen, auf der gleichen Ebene durchzuführenden Planung. Somit sind sowohl Unsicherheiten in hierarchisch nachrangigen Planungsaufgaben wie auch aufgrund zukünftiger Entwicklungen in der Planung zu

¹⁹² Vgl. Scholl et al. (2004), S. 160. Vgl. insgesamt zur rollierenden Planung Schlüchtermann (1996), S. 29–33.

¹⁹³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Klein/Scholl (2011), S. 214.

berücksichtigen. Wo in der Supply Chain Unsicherheiten auftreten können, betrachtet der nachfolgende Abschnitt 2.3.

2.3 Wesen und Arten von Unsicherheiten in einer Supply Chain und in deren Management

Laut Davis stellen Unsicherheiten das wesentliche Problem beim Management von Supply Chains dar.¹⁹⁴ Sie verhindern, dass ein zeitliches, qualitatives und quantitatives Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage besteht. Der Begriff „Unsicherheit“ wird in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen verwendet. Auch deshalb lässt sich keine einheitliche Definition finden, sie ist vom jeweiligen Kontext abhängig.¹⁹⁵ In den Wirtschaftswissenschaften und der betrieblichen Entscheidungstheorie liegt Unsicherheit dann vor, wenn „[...] in a certain situation a person does not dispose about information which quantitatively and qualitatively is appropriate to describe, prescribe or predict deterministically and numerically a system, its behavior or other characteristic.“¹⁹⁶ Sie beschreibt somit das Gegenteil von Sicherheit, die es nicht gibt.¹⁹⁷ Menschliches Handeln und damit auch Planung finden immer unter Unsicherheit statt.¹⁹⁸ Die Gründe für Unsicherheit lassen sich allgemein auf zwei Faktoren zurückführen:¹⁹⁹

- **Objektive Unsicherheit** hat ihren Grund in einer dynamischen Welt, welche sich im Zeitverlauf verändert und deren Zustand nicht konstant ist. Daher lässt sich auch nicht mit Sicherheit sagen, wie für die Planung relevante Faktoren in Zukunft ausgeprägt sind.

¹⁹⁴ Vgl. Davis (1993), S. 36.

¹⁹⁵ Vgl. Zimmermann (2000), S. 191.

¹⁹⁶ Zimmermann (2000), S. 192. Vgl. auch Li et al. (2013), S. 2463.

¹⁹⁷ Vgl. beispielsweise Laux et al. (2014), S. 32–34; Meierbeck (2010), S. 10–14; Gohlke (2009), S. 12 oder Scholl (2001), S. 43.

¹⁹⁸ Vgl. Voigt (1992), S. 485.

¹⁹⁹ Vgl. für eine weitergehende Differenzierung von Unsicherheitsgründen Alchian (1950), S. 212; Li et al. (2013), S. 2463, Zimmermann (2000), S. 191.

- **Subjektive Unsicherheit** liegt in der mangelnden Fähigkeit des Menschen begründet, komplexe Systeme vollständig zu erfassen. Dadurch sind nie alle Einflussfaktoren bekannt, bzw. sie werden bei der Vorhersage über ein Systemverhalten nicht vollständig berücksichtigt.

Diese Aspekte führen dazu, dass das SCM im Allgemeinen und auch dessen Planung immer unter Unsicherheit stattfinden. Die Tätigkeiten der Planung, Steuerung und Kontrolle sind nur durchzuführen, indem die Komplexität des zu managenden Systems abstrahiert und reduziert wird. Dadurch ist subjektive Unsicherheit immer vorhanden. Quellen der objektiven Unsicherheit sind in einer Supply Chain vielfältig. Es existieren hier verschiedene Differenzierungsansätze. Bevor auf diese in Abschnitt 2.3.3 eingegangen werden kann, ist zunächst ein einheitliches Verständnis über die Begriffe „Risiko“ und „Chance“ zu schaffen. Dies geschieht in Abschnitt 2.3.1. Abschnitt 2.3.2 erläutert, wie Entscheidungen in Situationen von Unsicherheit getroffen werden können.

2.3.1 Begriffsverständnis von „Unsicherheit“, „Risiko“ und „Chance“

Der Begriff „Risiko“ und dessen Relation zu „Unsicherheit“ sind zu klären, da hier unterschiedliche Auffassungen über deren Beziehung existieren.²⁰⁰ So wird traditionell, besonders in der Entscheidungstheorie, zur Spezifizierung des Begriffs „Unsicherheit“ die Wahrscheinlichkeitstheorie herangezogen.²⁰¹ Demnach ist von Risiken zu sprechen, wenn möglichen Ausprägungen einer Entscheidungsvariablen Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden können.²⁰² Ist dies nicht der Fall, so wird dies als „Ungewissheit“ oder auch als „Unsicherheit i. e. S.“ bezeichnet.²⁰³ Laux et al., Bamberg et al. sowie Eisenführ et al. führen allerdings an, dass jeder Situation zumindest subjektive Einschätzungen

²⁰⁰ Vgl. Wagner/Bode (2008), S. 309.

²⁰¹ Vgl. zu der Differenzierung anhand von Wahrscheinlichkeiten beispielsweise Laux et al. (2014), S. 32–34; Bamberg et al. (2012), S. 19; Gohlke (2009), S. 12; Thorn (2002), S. 159 oder Knight (1971), S. 20.

²⁰² Vgl. Knight (1971), S. 20.

²⁰³ Vgl. Schneeweiß (1967), S. 12.

über die Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden können.²⁰⁴ Ist dies nicht der Fall, so sollten den möglichen Ereignissen gleich hohe Wahrscheinlichkeiten zugeschrieben werden. Demnach stellt das Vorhandensein von Wahrscheinlichkeiten kein adäquates Mittel zur Abgrenzung des Risikobegriffes im Vergleich zur Unsicherheit dar. Zudem kann festgehalten werden, dass Unsicherheit i. e. S. bzw. Ungewissheit keine große Bedeutung in der unternehmerischen Praxis sowie im SCM hat.²⁰⁵

Ein alternativer Differenzierungsansatz zwischen Unsicherheit und Risiko orientiert sich an der Wirkung des eintretenden Ereignisses. So wird mit dem Begriff „Risiko“ i. d. R. eine negative Auswirkung assoziiert.²⁰⁶ Risiken führen dazu, dass die Zielerreichung des Handelnden sowie der Supply Chain gefährdet ist.²⁰⁷ Liegt das Gegenteil vor, die Möglichkeit positiver Abweichungen, durch welche die Ziele weiterhin erreicht und eventuell übertroffen werden, so ist von „Chancen“ zu sprechen.²⁰⁸ Somit versteht diese Abgrenzung unter Unsicherheit sowohl Risiken wie auch Chancen.²⁰⁹ Die unterschiedlichen Begriffsauffassungen sind in Abbildung 2.9 dargestellt.²¹⁰

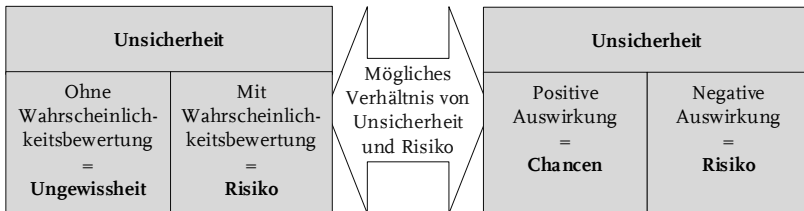


Abbildung 2.9: Beziehung zwischen Unsicherheit und Risiko²¹¹

²⁰⁴ Vgl. Laux et al. (2014), S. 33; Bamberg et al. (2012), S. 12; Eisenführ et al. (2010), S. 260–261.

²⁰⁵ Vgl. Singer (2012), S. 18.

²⁰⁶ Vgl. Wagner/Bode (2008), S. 309; Peck (2006), S. 130–131; March/Shapira (1987), S. 1407.

²⁰⁷ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4493; Pfohl et al. (2008), S. 21.

²⁰⁸ Vgl. Thiemt (2003), S. 14.

²⁰⁹ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4494; Wagner/Bode (2008), S. 309.

²¹⁰ Für eine Zusammenfassung zur Diskussion zu den Begriffen „Unsicherheit“ und „Risiko“ vgl. Singer (2012), S. 17–20 oder auch Thiemt (2003), S. 9–11.

²¹¹ Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der allgemeinen Verwendung des Begriffs „Risiko“, welche diesem negative Aspekte zuschreibt, und dem Wissen, dass Veränderungen auch Chancen enthalten können, wird in der vorliegenden Arbeit der zweiten Abgrenzung gefolgt.²¹² Risiko und Chancen sind demnach Teilbereiche von Unsicherheit. Dadurch lassen sich Konzepte, welche sich mit Risiken in der Supply Chain befassen, auf die Betrachtung von Unsicherheiten ausdehnen.²¹³ Wie Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen werden können, beleuchtet Abschnitt 2.3.2.

2.3.2 Entscheidungen unter Unsicherheit

Aktuelle und zukünftige Situationen können von Menschen optimistisch, pessimistisch oder neutral wahrgenommen und beurteilt werden. Nach diesen drei Grundeinstellungen lässt sich auch der Umgang mit Unsicherheiten beschreiben. Die entsprechenden Einstellungen gegenüber zukünftigen Entwicklungen sowie das beobachtbare Verhalten werden in der Entscheidungstheorie als risikoneutral, risikofreudig und risikoavers beschrieben.²¹⁴

- **Risikoneutrale** Entscheider sind indifferent gegenüber der Wahrscheinlichkeit zweier Ergebnisse, wenn diese den gleichen Erwartungswert aufweisen. Sie wählen die Alternative, deren erwartetes Ergebnis am nächsten am angestrebten Zielwert liegt. Die Varianz des Ergebniswertes spielt bei der Entscheidung keine Rolle.
- **Risikofreudige** bzw. chancensuchende Entscheider sehen in Unsicherheiten Möglichkeiten, die es zu nutzen gilt. Sie wählen die Handlungsalternative, die den höchsten Grad der Zielerreichung verspricht, unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit. Risiken werden im Vergleich zu Chancen geringer eingeschätzt.

²¹² Vgl. für die Diskussion um die Begriffsabgrenzung auch Singer (2012), S. 50–53 bzw. Wagner/Bode (2008), S. 309.

²¹³ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4494.

²¹⁴ Vgl. zu den Einstellungen gegenüber Unsicherheiten Laux et al. (2014), S. 96; Scholl (2001), S. 51.

- **Risikoaverse** Entscheider geben zugunsten von Sicherheit ein hohes Zielerreichungsniveau auf. Chancen eines unsicheren Ereignisses werden geringer eingeschätzt als die sich ergebenden Risiken.

Aufgrund dieser Einstellungen sowie den durch das Management verfolgten Zielen lassen sich verschiedene rationale Entscheidungsprinzipien bei Unsicherheiten identifizieren. Diese sollen im Folgenden erläutert werden:

Die Auswahl aufgrund des Erwartungswertes μ gibt das risikoneutrale Verhalten eines Entscheiders wieder. Dieser wählt die Alternative, deren Erwartungswert der Zielsetzung am nächsten kommt.²¹⁵ Die **μ -Regel** stellt eines der einfachsten und in der Betriebswirtschaft oft eingesetzten Entscheidungskriterien bei Unsicherheit dar.

Um die Unsicherheit einer Entscheidungssituation weiter zu berücksichtigen, ist es möglich, neben dem Erwartungswert die Standardabweichung σ zu beachten.²¹⁶ Dies wird als **(μ, σ) -Regel** bezeichnet. Allerdings ist dadurch noch keine Entscheidung über eine Alternative getroffen. Ob eine Alternative mit gleichem Erwartungswert, aber unterschiedlicher Standardabweichungen einer anderen vorzuziehen ist, ist von den zu beachtenden Risikoeinstellungen abhängig. Risikofreudiges Verhalten entspricht der Wahl der Alternative mit einer höheren Standardabweichung, da hier die Chancen einer positiven Abweichung gesehen werden. Bei risikoscheuem Verhalten überwiegt die Gefahr einer negativen Abweichung vom Erwartungswert, weshalb hier eine Alternative bevorzugt wird, die zu einem Ergebnis mit geringer Standardabweichung führt. Die (μ, σ) -Regel orientiert sich somit am risikoneutralen Erwartungswert, ermöglicht es aber, Risikopräferenzen zu berücksichtigen.

²¹⁵ Vgl. zum Einsatz des Erwartungswertes als Entscheidungsregel Laux et al. (2014), S. 104–106 sowie Dinkelbach (1982), S. 78–79. Die individuelle Risikoeinstellung eines Entscheiders ist für das Verhalten der Person nicht zwingend ausschlaggebend [vgl. hierzu beispielsweise Güth et al. (1997); Wärneryd (1996); March/Shapira (1987)]. Daher ist von risikoneutralem, -freudigem oder -avertem Verhalten anstelle von Einstellungen zu sprechen.

²¹⁶ Vgl. zur (μ, σ) -Regel und deren Bewertung Laux et al. (2014), S. 107–111.

Mithilfe der **Maximin-Regel** ist es möglich, risikoaverse Entscheidungen zu treffen. Aus den zur Verfügung stehenden Alternativen wird diejenige ausgewählt, welche im ungünstigsten Umweltzustand das beste Ergebnis liefert.²¹⁷ Nur die negativsten Szenarien werden hier betrachtet.

Das gegenteilige Vorgehen wird als **Maximax-Regel** bezeichnet.²¹⁸ Hier wird die Alternative gewählt, welche die höchste Zielerreichung ermöglicht, ohne Wahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen. Dadurch sollen Chancen, auch wenn sie eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen, verfolgt werden. Dies entspricht einem risikofreudigen Verhalten.

Sowohl Chancen wie auch Risiken werden mithilfe der **Hurwicz-Regel** berücksichtigt.²¹⁹ Hier wird für jede Handlungsmöglichkeit das beste und das schlechteste Ergebnis herangezogen. Diese Werte werden mit α bzw. $(1 - \alpha)$ gewichtet. Dadurch sollen die Bedenken eines risikoneutralen wie eines risikofreudigen Entscheiders Berücksichtigung finden. Wird für $\alpha = 1$ bzw. $\alpha = 0$ gewählt, ergeben sich die Maximin- bzw. Maximax-Regel.

Nicht direkt auf das Ergebnis einer Alternative bezieht sich das Entscheidungskriterium des **Regrets** bzw. die Niehans-Savage-Regel.²²⁰ Hier wird ein „Wert des Bedauerns“ ermittelt und dieser minimiert. Er entsteht aus der Differenz zwischen dem Ergebnis einer Alternative in einem bestimmten Zustand und dessen Zielmaximum. Dies entspricht dem Verhalten eines risikoaversen Entscheiders und kommt der Maximin-Regel sehr nahe. Die vorgestellten und in Tabelle 2.7 zusammengefassten Entscheidungsregeln bilden die Extrema der Risikoeinstellung von Entscheidern ab sowie mit der (μ, σ) -Regel, der Hurwicz-Regel und dem Regret mögliche Kombinationen. Dieses Verfahren ermöglicht es, das Risikoverhalten von Entscheidungen formal darzustellen. Die Regeln bilden das Zielsystem eines Planungsmodells ab und erlauben so die Auswahl einer Alternative unter Unsicherheit.²²¹ Wo Unsicherheiten

²¹⁷ Vgl. zur Maximin-Regel Laux et al. (2014), S. 85; Scholl (2001), S. 54.

²¹⁸ Vgl. zur Maximax-Regel Laux et al. (2014), S. 85–86; Scholl (2001), S. 54.

²¹⁹ Vgl. zur Hurwicz-Regel Laux et al. (2014), S. 887; Scholl (2001), S. 54.

²²⁰ Vgl. für diese Entscheidungsregel Laux et al. (2014), S. 87–89 bzw. Scholl (2001), S. 55.

²²¹ Vgl. Pibernik (2001), S. 63.

in einer Supply Chain auftreten können und damit das SCM beeinflussen, analysiert Abschnitt 2.3.3.

Entscheidungsregel	Abgebildetes Risikoverhalten
μ -Regel	Risikoneutral
(μ, σ) -Regel	Risikoneutral, bei Auswahl einer Alternative mit hoher Standardabweichung risikofreudig.
Maximin-Regel	Risikoavers
Maximax-Regel	Risikofreudig
Hurwicz-Regel	Abhängig von der α -Gewichtung.
Regret	Risikoavers

Tabelle 2.7: Abbildung des Risikoverhaltens in formalen Entscheidungsregeln

2.3.3 Unsicherheiten in einer Supply Chain

Unsicherheiten, die eine Supply Chain betreffen, lassen sich auf unterschiedliche Arten systematisieren und einordnen. Einen Literaturüberblick über die verschiedenen Ansätze und ihre Entwicklung geben Simangunsong et al.²²² Grundlegend lässt sich in ursachenbezogene und wirkungsbezogene Ansätze differenzieren.²²³ Ursachen und Quellen von Unsicherheiten betrachtet im Folgenden Abschnitt 2.3.3.1. Wirkungsbezogene Aspekte legt Abschnitt 2.3.3.2 dar.

2.3.3.1 Quellen und Ursachen von Unsicherheiten in einer Supply Chain

In ihrem Literaturüberblick identifizieren Simangunsong et al. 14 Quellen für Unsicherheiten in Supply Chains, welche sie drei Gruppen zuordnen.²²⁴ Die erste Gruppe beschreibt Unsicherheiten in der unter-

²²² Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4496–4499.

²²³ Vgl. Wente (2013), S. 27; Pfohl et al. (2008), S. 8–9.

²²⁴ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4498–4499. Diese Gliederung findet sich auch bei Jüttner et al. (2003), S. 201–202.

suchten Institution.²²⁵ Die Zweite identifiziert Risiken und Chancen in der Supply Chain, während die dritte Gruppe den Blick auf externe Unsicherheiten außerhalb des Leistungsnetzwerkes richtet, wobei sich die Faktoren gegenseitig beeinflussen und überlappen.²²⁶ Diese Struktur wird durch Mason-Jones/Towill weiter differenziert.²²⁷ So gliedern diese die institutionelle Ebene in Kontroll- und Prozessunsicherheiten.²²⁸ Des Weiteren stellen sie fest, dass Chancen und Risiken in einer Supply Chain aus Sicht einer Institution dann auftreten, wenn die Güterversorgung oder die Nachfrage beeinflusst ist. Diese Einordnung vertreten auch Sodhi/Tang sowie Jüttner und Chopra/Sodhi.²²⁹ Angelehnt an diese Ansätze lassen sich für die vorliegende Arbeit die in Abbildung 2.10 dargestellten Quellen für Unsicherheiten in einem Leistungsnetzwerk festhalten. Die Strukturierung orientiert sich dabei an der Supply Chain. Zunächst wird eine Differenzierung zwischen Supply Chain-externen und Supply Chain-internen Unsicherheiten vorgenommen.²³⁰ Erstere beziehen sich auf die Unsicherheiten der Umwelt, denen ein Netzwerk zur Leistungserstellung ausgesetzt ist. Dies können Naturkatastrophen wie Erdbeben und Überschwemmungen, aber auch vom Menschen verursachte Ereignisse wie Terrorismus oder Streiks sein. Es lassen sich hierzu auch Korruption oder eine unsichere Rechtslage zählen. Supply Chain-interne Unsicherheiten gliedern sich in zwei Unsicherheitskategorien, welche die jeweiligen Schnittstellen zwischen

²²⁵ Im Kontext des SCM wird der betrachtete Akteur auch als fokales Unternehmen bezeichnet [vgl. Lambert/Cooper (2000), S. 71–72].

²²⁶ In ihrem Literaturüberblick finden Rao/Goldsby eine abweichende Kategorisierung [vgl. Rao/Goldsby (2009)]. Da sich diese jedoch auf Risiken fokussiert und in späteren Veröffentlichungen im Gegensatz zum Supply Chain orientierten Modell nicht aufgegriffen wurde, soll sie hier ebenfalls nur erwähnt werden.

²²⁷ Vgl. Mason-Jones/Towill (1998), S. 17.

²²⁸ Wobei zu beachten ist, dass das englische Wort „control“ in diesem Kontext nicht mit Kontrolle gleichzusetzen ist. Vielmehr werden darunter Unsicherheiten verstanden, die ihren Ursprung in der Planung oder etwa im Managementsystem haben [vgl. hierzu Simangunsong et al. (2012), S. 4499; Jüttner (2005), S. 123].

²²⁹ Vgl. Sodhi/Tang (2012), S. 22; Jüttner (2005), S. 122–123; Chopra/Sodhi (2004), S. 57. Bei Sodhi/Tang findet sich zudem eine Firmenebene als Quelle für Unsicherheiten, dieser werden z. B. finanzielle Unsicherheiten oder Risiken aus mangelnder Supply Chain-Transparenz zugeordnet.

²³⁰ Vgl. zu Supply Chain-Risiken insbesondere Mason-Jones/Towill (1998); Jüttner et al. (2003); Peck (2006); Christopher/Peck (2004).

den Institutionen darstellen.²³¹ Dies sind Versorgungs- und Nachfrageunsicherheiten.

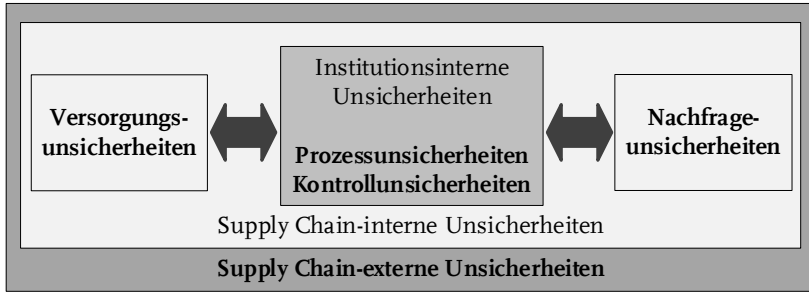


Abbildung 2.10: Quellen von Unsicherheiten in Supply Chains²³²

Versorgungsunsicherheiten beziehen sich auf die Verfügbarkeit und Qualität der Güter, die eine Institution zur Leistungserstellung benötigt. Schwankungen in der Nachfrage stellen die dominante Unsicherheit auf der Absatzseite dar. Neben den Supply Chain-internen existieren auch bei jedem Akteur interne Unsicherheiten. Auch hier findet sich eine Zweiteilung. Diese unterscheidet in Prozess- und Kontrollunsicherheiten. Somit existieren fünf Quellen für Unsicherheiten, welche in Tabelle 2.8 beschrieben und durch Beispiele erläutert sind.²³³

Die Ausführungen zeigen, dass es eine große Zahl an Quellen für Unsicherheiten in der Supply Chain gibt. Für die Kategorisierung der Ursachen existieren unterschiedliche Ansätze. Festzuhalten bleibt zunächst, dass Chancen und Risiken Einfluss auf die Leistungserstellung in Supply Chains haben und daher im SCM zu berücksichtigen sind.

²³¹ Vgl. Christopher/Peck (2004), S. 4–6. Abweichende Differenzierungen finden sich z. B. bei Peck (2006) oder Jüttner et al. (2003).

²³² Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mason-Jones/Towill (1998), S. 17.

²³³ Es finden sich in der Literatur eine Vielzahl weitergehender Differenzierungen, diese sind für den hier betrachteten Zusammenhang jedoch nicht notwendig [vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4496–4500].

Quellen von Unsicherheiten	Beschreibung (Beispiele)
Supply Chain-externe Unsicherheiten	Gehen aus der Umwelt außerhalb der Supply Chain hervor und können sozialer, politischer, ökonomischer, technologischer oder ökologischer Natur sein. (Erdbeben, Terrorangriff, Umwelt- und Sozialgesetze)
Versorgungsunsicherheiten	Unterbrechung der Versorgung mit Gütern, Informationen oder Finanzmitteln durch den Lieferanten, dessen Lieferanten oder einer anderen Institution flussaufwärts der Supply Chain. (LKW-Unfall, Produktionsstillstand des Lieferanten, Qualitätsmängel der gelieferten Ware)
Nachfrageunsicherheiten	Veränderungen in den Güter-, Informations- und Finanzflüssen von der betrachteten Institution in Richtung des Endverbrauchers. (Nachfrageeinbruch, Havarie, Insolvenz eines Kunden, Abweichung von Prognosen)
Prozessunsicherheiten	Abweichungen bei der Ausführung der Aufgaben in den einzelnen Leistungserstellungsprozessen. (Mitarbeiterkrankheit, Maschinenausfall, fehlerhaftes Arbeiten, Produktionsschwankungen, Streiks ²³⁴)
Kontrollunsicherheiten	Fehler im Management einer Institution bzw. fehlerhafte Umsetzung der erstellten Pläne. (Falsche Bedarfsmengen, zu hohe Bestandsplanung, unrealistische Annahmen zur Prozessqualität)

Tabelle 2.8: Quellen der Unsicherheiten in Supply Chains²³⁵

²³⁴ Streiks sind hier bei den Prozessunsicherheiten aufgeführt. Somit werden darunter Arbeitsniederlegungen im betrachteten Unternehmen verstanden. Treten diese beispielsweise bei einem Lieferanten auf, so führen sie zu Versorgungsunsicherheiten.

²³⁵ Vgl. für die Inhalte und Erläuterungen der Tabelle Singer (2012), S. 56 oder Christopher/Peck (2004), S. 4–6.

2.3.3.2 Auswirkungen von Unsicherheiten auf eine Supply Chain

Eine wirkungsbezogene Betrachtung von Unsicherheiten orientiert sich an den Konsequenzen, die aus deren Auftreten hervorgehen. Dabei lässt sich eine grundlegende Differenzierung anhand der Stärke der Auswirkungen in operative und disruptive Unsicherheiten vornehmen:²³⁶

- **Operative Unsicherheiten** bezeichnen inhärente Schwankungen, die Teil einer Supply Chain sind. Dies sind beispielsweise Nachfrageschwankungen, Abweichungen in Produktionszeiten oder von der Planung abweichende Transportzeiten.²³⁷
- **Disruptive Unsicherheiten** beschreiben Ereignisse, die massiven Einfluss auf das Leistungssystem haben. Hier lassen sich sowohl Maschinenausfälle und Unfälle, aber auch Naturkatastrophen und Streiks einordnen.²³⁸

Abbildung 2.11 veranschaulicht die Differenzierung nach operativen und disruptiven Unsicherheiten aufgrund deren Auswirkungen auf die Ausprägung von Variablen. Diese beiden Formen von Unsicherheiten können durch alle in Abschnitt 2.3.2.1 identifizierte Quellen verursacht werden. Die von ihnen ausgehenden Gefahren, aber auch ihre Chancen, liegen darin, dass sie sich auf die Güter-, Informations- und Finanzflüsse auswirken. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Betrachtung von Güterflüssen. Unsicherheiten bei der Informationsversorgung und in den Finanzflüssen finden im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur dann Beachtung, wenn sie Auswirkungen auf den Güterfluss haben. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Gut aufgrund fehlender Zahlungseingänge nicht ausgeliefert wird, oder unvollständige Information zu einer Falschlieferung führen. Da Entscheidungen über den Einsatz von Ressourcen und die Gestaltung von Prozessen im Rahmen des SCM auf der Institutionsebene zu treffen sind, sollen auch die Auswirkungen von

²³⁶ Vgl. Sodhi/Tang (2012), S. 18; Tang/Tomlin (2008), S. 12–13; Tang (2006a), S. 453 oder Chopra/Sodhi (2004), S. 55–56. Die Auswirkungen der Unsicherheiten werden auch als verzögernd bzw. unterbrechend bezeichnet.

²³⁷ Vgl. Tang/Tomlin (2008), S. 13–14.

²³⁸ Vgl. Svensson (2000), S. 739. Taleb bezeichnet solche Ereignisse als „Black Swan“ [vgl. Taleb (2012), S. 6].

auftretenden Unsicherheiten aus Sicht eines Supply Chain-Akteurs betrachtet werden.

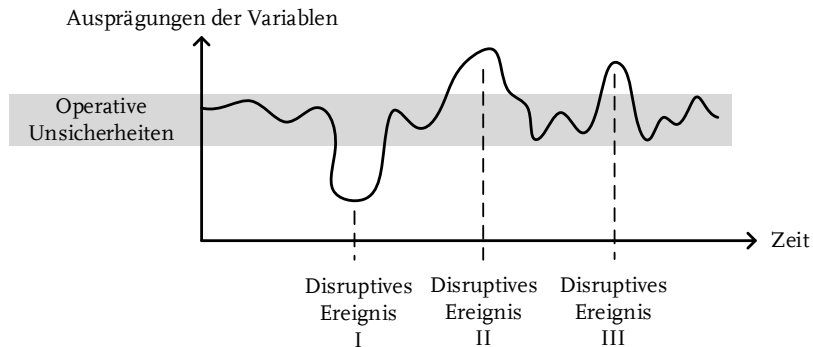


Abbildung 2.11: Operative und disruptive Unsicherheiten²³⁹

Die in Abschnitt 2.3.3.1 beschriebenen Ursachen von Unsicherheiten können die Güterflüsse aus Institutionssicht in drei Bereichen beeinflussen. Dies sind die Güterversorgung, der selbst zu verantwortende Prozess der Güterbearbeitung sowie die Güternachfrage.²⁴⁰ Diese Bereiche sind im unteren Bereich der Abbildung 2.12 zu sehen. Oberhalb sind die Quellen von Unsicherheiten dargestellt, welche zu den entsprechenden Auswirkungen führen. Dabei finden sich in der Literatur zum Teil identische Begriffe, unabhängig davon, ob Ursachen oder Wirkungen von Unsicherheiten beschrieben werden.²⁴¹ Treten Prozess- oder Kontrollunsicherheiten auf, so führt dies zur Störung der Leistungserstellung in einer Institution. Dies ist unabhängig davon, ob ein unerwartetes Ereignis bei der physischen Durchführung oder ein Fehler im Rahmen des Managements eines Prozesses entsteht. Diese Faktoren können auch Einfluss auf die Güterversorgung haben. Das ist dann der Fall, wenn die beschriebenen Ereignisse einen im Güterfluss vorgelager-

²³⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁴⁰ Vgl. Peidro et al. (2009), S. 401; Tang/Tomlin (2009), S. 157–160; Ho et al. (2005), S. 93; Chopra/Sodhi (2004), S. 57; Mason-Jones/Towill (1998), S. 17; Davis (1993), S. 38–39.

²⁴¹ Vgl. Sodhi/Tang (2012), S. 18–22.

ten Partner betreffen.²⁴² In diesem Fall wird von Versorgungsunsicherheiten gesprochen. Unabhängig davon, ob es sich beim Abnehmer um Endverbraucher oder an der Leistungserstellung beteiligte Institutionen handelt, führen Nachfrageunsicherheiten dazu, dass sich die Güternachfrage aus Sicht der betrachteten Institution erhöht oder sinkt.²⁴³ Auch dies kann seine Ursache in Prozess- oder Kontrollunsicherheiten der nachgelagerten Supply Chain-Stufe haben.

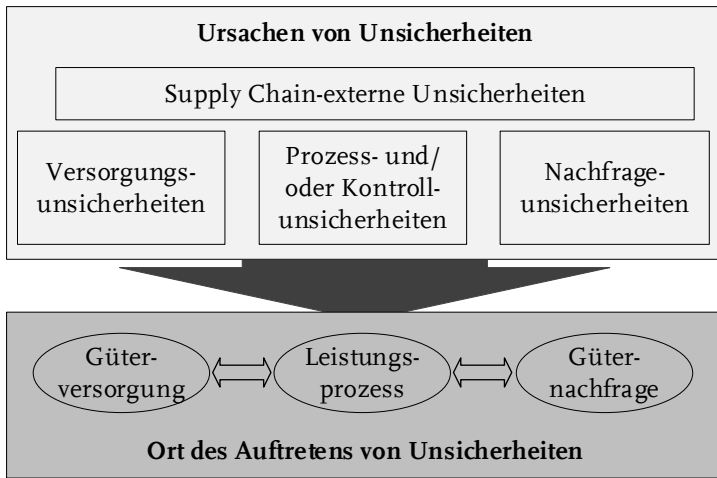


Abbildung 2.12: Ursachen und Auswirkungen von Unsicherheiten²⁴⁴

Supply Chain-externe Quellen für Risiken und Chancen können sich auf alle drei Bereiche auswirken.²⁴⁵ So kann ein Unwetter die Produktionsanlagen eines Akteurs überschwemmen oder verschärfte Umweltauflagen zu einem reduzierten Produktionsoutput führen. Die Auswirkungen betreffen jeweils direkt den Leistungsprozess. Allerdings können diese Faktoren auch Einfluss auf die Güterversorgung der Institution haben. Das ist dann der Fall, wenn die Ereignisse beim versorgenden Akteur auftreten. Zudem kann eine Überschwemmung dazu führen,

²⁴² Vgl. Childerhouse/Towill (2002), S. 3511–3512; Svensson (2000), S. 743.

²⁴³ Vgl. Ho et al. (2005), S. 93.

²⁴⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁴⁵ Vgl. zu diesen Ausführungen Simangunsong et al. (2012), S. 4504–4508 sowie Jüttner (2005), S. 122–124.

dass die für den Transport benötigte Infrastruktur beeinträchtigt wird oder politische Unruhen führen zur Zerstörung von Waren. Es treten somit Versorgungsunsicherheiten durch Supply Chain-externe Ursachen auf. Auch die Nachfrage kann durch Supply Chain-externe Unsicherheiten beeinflusst werden. So sorgt ein Erdbeben beispielsweise für einen Anstieg in der Nachfrage an Decken und Zelten, lässt jedoch den Bedarf an Luxusgegenständen kurzfristig einbrechen. Werden durch ein solches Ereignis Standorte von güterflussabwärts gelegenen Partnern beschädigt, so reduziert sich auch deren Nachfrage. Abhängig von den betrachteten Produkten und Dienstleistungen können auch gesetzliche Veränderungen zu einer niedrigeren oder höheren Nachfrage führen. Externe Unsicherheiten wirken sich aus Sicht eines Supply Chain-Akteurs somit auf die drei bereits von Davis identifizierten Bereiche Versorgung, Prozesse und Nachfrage aus.²⁴⁶ In diesen gilt es, die Auswirkungen von auftretenden Unsicherheiten zu bewältigen. Mit welchen Ansätzen dies geschehen kann, stellt Abschnitt 2.4 vor.

2.4 Aktuelle Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten im Supply Chain-Kontext

Güter-, Informations- und Finanzflüsse sind von Unsicherheiten, wie sie in Abschnitt 2.3 beschrieben wurden, betroffen. Um negative Auswirkungen zu verhindern und positive Aspekte zu realisieren, sind Supply Chains nötig, die entsprechend dieser Bedingungen gemanagt werden. Es finden sich verschiedene Ansätze, die zur Bewältigung von Unsicherheiten unterschiedliche Schwerpunkte setzen und dabei zum Teil identische, aber auch voneinander abweichende Instrumente und Strategien nutzen. Im Folgenden werden Konzepte vorgestellt, die Gegenstand der Diskussion im Rahmen des SCM sind.²⁴⁷ Hier ist zu-

²⁴⁶ Vgl. Davis (1993), S. 38–39 oder auch Jüttner (2005), S. 123.

²⁴⁷ Diese Konzepte wurden bei der Analyse der Literatur zum SCM identifiziert. Grundlage ist eine unstrukturierte Literatursuche nach Beiträgen, die sich mit Unsicherheiten, Risiken, Chancen, Störungen, Unterbrechungen sowie Verletzlichkeit von Supply Chains beschäftigen. Ansätze, die sich ebenfalls mit diesen Punkten befassen, jedoch keinen Bezug zum SCM haben, sollen nicht explizit betrachtet werden. Dies sind bei-

nächst das SCRM zu nennen.²⁴⁸ Zudem wird vorgeschlagen, eine Supply Chain robust, resilient oder agil zu gestalten.²⁴⁹ Eine flexible Supply Chain soll ebenfalls in der Lage sein, Unsicherheiten zu bewältigen.²⁵⁰ Diese fünf Ansätze werden in den Abschnitten 2.4.1 bis 2.4.5 genauer erläutert.²⁵¹ Die Beschreibungen in den einzelnen Abschnitten stellen zunächst eine Definition der jeweiligen Idee vor. Aus dieser lassen sich die Zielsetzung des Ansatzes sowie die von ihm betrachtete Art der Unsicherheit ableiten. Bei den Unsicherheiten wird nach operativen und disruptiven Risiken bzw. Chancen differenziert. Anschließend werden zu jedem Modell, wenn vorhanden, Instrumente aufgeführt, die einen Beitrag zu dessen Umsetzung leisten können. Ziel der Ausführungen ist eine möglichst klare Abgrenzung der Konzepte voneinander. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass sich häufig Überschneidungen in den Inhalten und zum Teil auch synonyme Begriffsverwendungen finden. Das erschwert eine Aussage darüber, ob und welche Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten geeignet sind. Dieses Problem soll durch eine klare Trennung im Zuge eines zu entwickelnden konzeptionellen Bezugsrahmens in Abschnitt 2.4.6 entschärft werden. Die existierenden Überschneidungen sind jedoch nicht zu ignorieren. Daher stellt Abschnitt 2.4.7 die Wirkungsweise der Konzepte dar und analysiert, ob sich diese widersprechen oder ob sich durch Kombination Synergieeffekte ergeben.

spielsweise das Continuity-Management [vgl. hierzu Tomlin (2006); Zsidisin et al. (2005) oder Savage (2002)] sowie der Ansatz der Antifragilität [vgl. Taleb (2012)]. Für eine Abgrenzung und Einordnung dieser beiden Konzepte im Vergleich zum SCM und den in dieser Arbeit betrachteten Ansätzen vgl. Zitzmann (2014).

²⁴⁸ Vgl. Ivanov et al. (2014), S. 2157–2158.

²⁴⁹ Vgl. Spiegler et al. (2012), S. 6163.

²⁵⁰ Vgl. Singer (2012), S. 70; Christopher/Holweg (2011), S. 68–73.

²⁵¹ Grundlage der Ausführungen sind Beiträge, die durch eine unstrukturierte Suche nach den jeweiligen Konzepten in den drei Datenbanken „Business Source Complete“, „Econis“, „Wiso“ sowie bei „Google Scholar“ identifiziert wurden. Aufbauend auf diesen Veröffentlichungen konnten die entsprechenden Literaturverzeichnisse zum Auffinden weiterer, für diese Arbeit relevanter, Beiträge genutzt werden.

2.4.1 Prozess des Supply Chain-Risikomanagements

Tang bezeichnet SCRM als „[...] the management of supply chain risks through coordination or collaboration among the supply chain partners so as to ensure profitability and continuity [...]“²⁵². Mit „[...] the identification and management of risks for the supply chain, through a coordinated approach amongst supply chain members, to reduce supply chain vulnerability as a whole“²⁵³ nennt Jüttner eine sehr ähnliche Definition.²⁵⁴ SCRM lässt sich demnach als die Erweiterung des Risikomanagements einzelner Institutionen über deren Grenzen hinweg verstehen. Dabei findet eine Koordination und Zusammenarbeit bei der Risikobekämpfung und -bewältigung statt. Es gibt jedoch, wie im SCM, keine übergreifende Institution, die das Risikomanagement entlang der gesamten Supply Chain plant, steuert und kontrolliert.²⁵⁵ Vielmehr sind gemeinschaftliche Maßnahmen im Rahmen von Gesprächen und Verhandlungen abzustimmen.²⁵⁶ Diese sind wiederum Bestandteil des SCM. SCRM ist daher kein eigenständiger Managementansatz, sondern Teil des Managements der Supply Chain.²⁵⁷ Die entsprechenden Aktivitäten sind von den Akteuren der Institutionen auszuführen, die sich mit dem SCM bzw. dem Risikomanagement befassen. Möglichkeiten, wie diese organisatorische Verankerung aussehen kann, zeigen Norrman/Jansson auf.²⁵⁸ Inhaltlich baut die Literatur zum SCRM auf dem Konzept des Risikomanagements auf, welches in den einzelnen Institutionen stattfindet. Dieses hat das Ziel, die für den jeweiligen Supply Chain-Akteur relevanten Risiken zu identifizieren und Maßnahmen festzulegen, wie mit diesen umzugehen ist. Dies geschieht im Zuge

²⁵² Tang (2006a), S. 453.

²⁵³ Jüttner (2005), S. 124.

²⁵⁴ Vgl. für einen Literaturüberblick sowie den Stand des SCRM Wente (2013), S. 42–51 oder Ho et al. (2015).

²⁵⁵ Vgl. Jüttner (2005), S. 132 und S. 138–139. Es finden sich Differenzierungen aufgrund des Grades der Kooperation und Integration des SCRM. Demnach lässt sich in ein Risikomanagement mit Supply Chain-Orientierung, eine Risikoanalyse in der Supply Chain sowie ein Supply Chain-Risikomanagement unterscheiden [vgl. hierzu Kajüter (2003), S. 116].

²⁵⁶ Vgl. Pfohl et al. (2008), S. 33–34.

²⁵⁷ Vgl. Ziegenbein (2007), S. 63–64.

²⁵⁸ Vgl. Norrman/Jansson (2004), S. 443–444.

eines mehrstufigen Prozesses des Risikomanagements, welcher aus den Kernelementen Risikoidentifikation, -analyse und -steuerung besteht.²⁵⁹ Die Schritte sind in Abbildung 2.13 dargestellt.

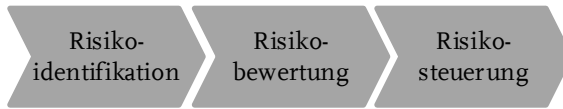


Abbildung 2.13: Prozess des Risikomanagements²⁶⁰

SCRM erweitert den Schritt der Identifikation um Risiken im Supply Chain-Verbund. Die Einordnung von Supply Chain-Risiken kann, gemäß den in Abschnitt 2.3.3.1 aufgezeigten Unsicherheiten, in einer Supply Chain erfolgen.²⁶¹ Der zweite Schritt des Risikomanagements ist die Risikoanalyse, welche die identifizierten Risiken bewertet.²⁶² Dies erfolgt mithilfe des Risikoportfolios wie es in Abbildung 2.14 dargestellt ist. Hier zeigt sich, dass der Fokus des Risikomanagements und somit auch des SCRM bei Risiken liegt, die eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen und deren Auswirkungen die Leistung der betrachteten Institutionen stark beeinträchtigen.²⁶³ Das Augenmerk liegt daher auf disruptiven, nicht auf operativen Unsicherheiten. Zudem werden nur Risiken betrachtet. Chancen, die ebenfalls Bestandteil von Unsicherheiten sind, finden hier keine Beachtung. Um Supply Chain-Risiken im dritten Schritt des SCRM zu steuern, schlagen Manuj/Mentzer sieben Strategien vor:²⁶⁴ Vermeidung, Postponement, Spekulation, Hedging, Kontrolle, Risikoteilung, Sicherheit. Dabei erweitern die Autoren die

²⁵⁹ Bei der Anzahl der Prozessschritte gibt es verschiedene Modelle. Kouvelis et al. unterscheiden beispielsweise jeweils drei Schritte auf zwei Ebenen [vgl. Kouvelis et al. (2012), S. 4–8]; Manuj/Mentzer beschreiben fünf Schritte [vgl. Manuj/Mentzer (2008), S. 137]; Waters nennt drei Kernelemente wie auch Ziegenbein [vgl. Waters (2009), S. 90; Ziegenbein (2007), S. 69].

²⁶⁰ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Ziegenbein (2007), S. 69.

²⁶¹ Für eine alternative Einordnung im Zuge des SCRM vgl. Rangel et al. (2015).

²⁶² Vgl. hierzu und zum Risikoportfolio Kouvelis et al. (2012), S. 5; Waters (2009), S. 140 sowie Ziegenbein (2007), S. 101.

²⁶³ Vgl. Kouvelis et al. (2012), S. 6.

²⁶⁴ Vgl. Manuj/Mentzer (2008), S. 142–143. Alternative Einordnungen finden sich z. B. bei Waters (2009), S. 151.

vier klassischen Strategien Vermeiden, Vermindern, Übertragen und Selbsttragen des Risikomanagement.²⁶⁵

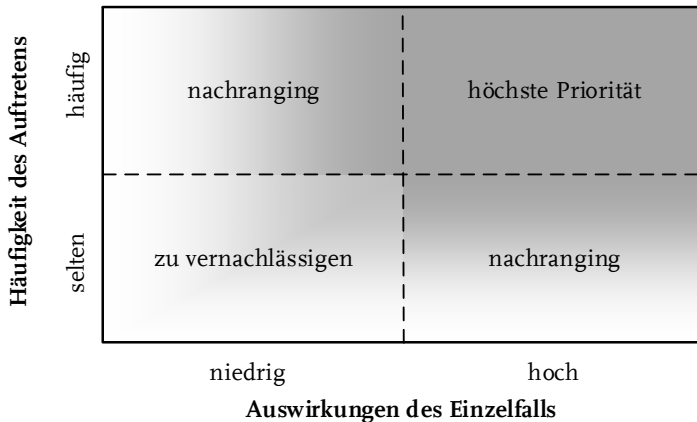


Abbildung 2.14: Risikoportfolio²⁶⁶

Das **Vermeiden** von Risiken wird dadurch ermöglicht, dass die Handelnden auf gewisse Aktivitäten komplett verzichten. Entsprechende Entscheidungen haben daher erhebliche Bedeutung für die Ausrichtung der Tätigkeiten des Akteurs bzw. der Supply Chain. Risiken zu **vermindern** gelingt durch die Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. der potenziellen Schadenshöhe. Dazu wird versucht ein Risiko in Teilrisiken aufzuteilen, damit sich die Komponenten des Gesamtrisikos gegenseitig kompensieren. Outsourcing stellt eine klassische Maßnahme zur **Risikoubertragung** dar. Allerdings ist sie aus Sicht des SCM nicht geeignet, da sich dadurch zwar ein Risiko von einem Akteur auf den anderen übertragen lässt, dieses in der gesamten Supply Chain jedoch weiterhin existiert. Eine Alternative stellen z. B. Versicherungen dar, da diese das Risiko tragen. Das **Selbsttragen** bzw. Akzeptieren eines Risikos ist die vierte Option beim Umgang mit Risiken. Dies bedeutet nicht, zu hoffen, dass entsprechende Ereignisse nicht eintreten, vielmehr liegt die

²⁶⁵ Vgl. zu den vier Strategien Gleißner/Romeike (2015), S. 40; Thiemt (2003), S. 43–44.

²⁶⁶ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Vanini (2012), S. 167; Ziegenbein (2007), S. 101; Kajüter (2003), S. 121.

Verantwortung für Maßnahmen, die Risiken bewältigen können, bei der tragenden Institution.

Strategien des SCRM	Anzahl der Maßnahmen zur Umsetzung		
	Jüttner et al.	Manuj/Mentzer	Chopra/Sodhi
Vermeiden:	1	1	0
Vermindern:	0	0	0
Übertragen/teilen:	1	2	0
Akzeptieren/selbst tragen:	2	4	7

Tabelle 2.9: Strategien des SCRM²⁶⁷

Neben Manuj/Mentzer zählen auch Jüttner et al. sowie Chopra/Sodhi vom klassischen Risikomanagement abweichende Instrumente für das SCRM auf.²⁶⁸ In Tabelle 2.9 finden sich die entsprechende Anzahl an vorgeschlagenen Strategien und Maßnahmen. Sie werden hier den vier, aus dem Risikomanagement stammenden Strategiebereichen zugeordnet. Dabei zeigt sich, dass es sich beim Großteil der vorgeschlagenen Instrumente um Maßnahmen handelt, die der Strategie des Selbsttragens zugeordnet werden können. Dies verdeutlicht, dass es sich bei den bisherigen Ansätzen des SCRM nicht um abschließende Konzepte handelt.²⁶⁹ Vielmehr stellen sie die Wichtigkeit der institutionsübergreifenden Sicht heraus, identifizieren aber hauptsächlich Maßnahmen auf der Verantwortungsebene der einzelnen Akteure.

Es lässt sich zusammenfassen, dass SCRM Risiken in der Supply Chain zunächst identifiziert und bewertet. Dies geschieht i. d. R. aus der Perspektive des jeweiligen Supply Chain-Mitglieds, bei welchem das Risikomanagement angesiedelt ist. Der Fokus liegt dabei auf Risiken mit

²⁶⁷ Vgl. zu den Inhalten der Tabelle Chopra/Sodhi (2004), S. 60; Manuj/Mentzer (2008), S. 142–143; Jüttner et al. (2003), S. 206–207. Hier finden sich auch Erläuterungen zu den vorgeschlagenen Maßnahmen.

²⁶⁸ Vgl. Chopra/Sodhi (2004), S. 60; Jüttner et al. (2003), S. 206–207.

²⁶⁹ Vgl. Faisal et al. (2006), S. 537; Jüttner (2005), S. 139.

erheblicher Bedeutung für die Leistungserstellung. Zur Steuerung der relevanten Risiken entwickelt das Risikomanagement entsprechende Strategien, setzt diese jedoch nicht selbstständig um. Ihre Implementierung ist Aufgabe des SCM. Dies geht mit der Ansicht von Pfohl einher, wonach es nicht für jedes Konzept eine neue Managementdisziplin braucht.²⁷⁰ Vielmehr müssen bestimmte Aspekte, wie etwa das Risikomanagement, in die bestehenden Prozesse zur Planung, Steuerung und Kontrolle der Supply Chain integriert werden. So sind etwa Maßnahmen, wie die Verlagerung des Decoupling Points oder die Implementierung von Sensortechnik, Aufgabe der Funktionsbereiche in den Supply Chain-Institutionen und werden auf den entsprechenden strategischen, taktischen oder operativen Ebenen durchgeführt.

2.4.2 Konzept einer agilen Supply Chain

„Agility means using market knowledge and a virtual corporation to exploit profitable opportunities in a volatile marketplace.“²⁷¹ Diese, von Naylor et al. formulierte Definition der Agilität, ist im Kontext des SCM etabliert.²⁷² Der Ansatz hat seinen Ursprung in der flexiblen Produktion und ist u. a. als Gegenentwurf zum Gedanken des Lean-Managements entstanden.²⁷³ Es ist jedoch festzustellen, dass sich die Ansätze des Lean-Managements und der Agilität nicht gegenseitig ausschließen, sondern durchaus ergänzen und Synergien erzeugen können.²⁷⁴ In einem volatilen Marktumfeld, das von unerwarteten und kurzfristigen Veränderungen geprägt ist, bedarf es einer agilen Supply Chain.²⁷⁵ Der

²⁷⁰ Vgl. Pfohl (2002), S. 5.

²⁷¹ Naylor et al. (1999), S. 108. Vgl. für einen Literaturüberblick zur Supply Chain-Agilität Charles et al. (2010), S. 724–727.

²⁷² Vgl. Baramichai et al. (2007), S. 335; Power et al. (2001), S. 247; Christopher/Towill (2000), S. 236; Mason-Jones et al. (2000a), S. 4064; Mason-Jones/Towill (1999), S. 61.

²⁷³ Vgl. Christopher/Towill (2001), S. 235–236; Christopher (2000), S. 37.

²⁷⁴ Vgl. Yusuf et al. (2004), S. 390 oder Christopher/Towill (2000), S. 239–242. Abhängig vom Decoupling Point innerhalb der Supply Chain wird von einigen Autoren vorgeschlagen, hybride Strukturen zu schaffen, welche die beiden Ansätze in einer Supply Chain umsetzen [vgl. Mason-Jones et al. (2000a), S. 4065–4066; Mason-Jones et al. (2000b), S. 55–57; Christopher/Towill (2001), S. 239–242; Naylor et al. (1999), S. 113–115].

²⁷⁵ Vgl. Charles et al. (2010), S. 727.

Fokus liegt hier auf der Kundenorientierung und betrifft Veränderungen der Nachfrage, aber auch des gesamten Geschäftsumfeldes.²⁷⁶ Die dadurch entstehenden Unsicherheiten werden als Chancen gesehen und sollen zur besseren Sach- und Formalzielerfüllung durch die Supply Chain genutzt werden.²⁷⁷ Die Betonung des volatilen Marktumfeldes zeigt, dass das Augenmerk des agilen Konzeptes auf kurzfristigen Veränderungen liegt, deren Ausprägungen über operative Unsicherheiten hinausgehen.²⁷⁸ Marktveränderungen und disruptive Ereignisse sollen als Chancen genutzt werden. Um dies zu erreichen, nennen Charles et al. in ihrem „House of Supply Chain Agility“ drei entscheidende Eigenschaften einer agilen Supply Chain.²⁷⁹ Dies sind Flexibilität, Effektivität sowie Reaktionsfähigkeit. Alternativ bestimmen van Hoek et al. vier Charakteristika einer agilen Supply Chain:²⁸⁰ Marktsensitivität, Informationsintegration, Prozessintegration und Netzwerkflexibilität. Diese Eigenschaften enthalten bei näherer Betrachtung die von Charles et al. identifizierten Aspekte und sind von einer Vielzahl an Autoren übernommen worden.²⁸¹

Eine hohe **Marktsensitivität** ermöglicht es, Veränderungen frühzeitig zu erkennen und schnell auf diese zu reagieren. Prozesse und Aktivitäten der Supply Chain werden so am Endverbraucher ausgerichtet. Damit diese Ausrichtung gelingt, benötigen alle Partner in der Supply Chain entsprechende Informationen. Um diese mit größter Wirkung einsetzen zu können, ist der Austausch entsprechender Marktinformationen zwischen den Supply Chain-Partnern essenziell. Dies gelingt durch die **Informationsintegration**, zu welcher auch eine gemeinsam koordinierte Planung zählt. Diese greift im Idealfall auf alle der gesamten Supply Chain zur Verfügung stehenden Ressourcen zurück. Die so entstehende **Prozessintegration** nutzt die **Netzwerkflexibilität**, indem sich einzelne

²⁷⁶ Vgl. Power et al. (2001), S. 262; Christopher (2000), S. 38; Naylor et al. (1999), S. 108.

²⁷⁷ Vgl. Yusuf et al. (2004), S. 382.

²⁷⁸ Vgl. Cabral et al. (2012), S. 4831; Charles et al. (2010), S. 725–726; Lee (2004), S. 4; Mason-Jones et al. (2000a), S. 4062–4063.

²⁷⁹ Vgl. Charles et al. (2010), S. 727.

²⁸⁰ Vgl. van Hoek et al. (2001), S. 140–141.

²⁸¹ Vgl. zu den vier Eigenschaften Christopher et al. (2004), S. 370–372; Yusuf et al. (2004), S. 384; Christopher (2000), S. 38–39; Christopher/Towill (2000), S. 208–209.

Institutionen auf ihre Kernkompetenzen fokussieren und diese allen Partnern zur Verfügung stellen. Christopher et al. ordnen den Eigenschaften einer agilen Supply Chain Instrumente zu, mit welchen diese zu realisieren sind.²⁸² Sie sind in Abbildung 2.15 aufgeführt.

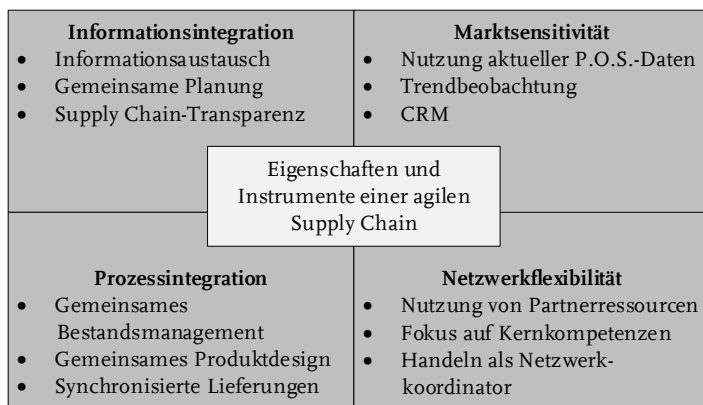


Abbildung 2.15: Eigenschaften und Instrumente einer agilen Supply Chain²⁸³

Zusammenfassend ist festhalten, dass Konzepte zur Konstruktion einer agilen Supply Chain auf dem Flexibilitätspotenzial der einzelnen Institutionen einer Supply Chain aufbauen. In Kombination mit einer starken Marktausrichtung soll auf Veränderungen der Kundenbedürfnisse und des Marktumfeldes schnell reagiert werden, um Chancen zu nutzen. Um dies zu realisieren, legen die vorgeschlagenen Instrumente einen klaren Fokus auf eine möglichst enge Kooperation. Insbesondere Maßnahmen zur Informations- und Prozessintegration werden dabei hervorgehoben. In gewisser Weise stellt eine agile Supply Chain damit die Verwirklichung des Grundgedankens des SCM dar, indem durch institutionsübergreifende Kooperation Wettbewerbsvorteile geschaffen werden. Dabei stehen Chancen, die sich aus einer dynamischen Umwelt ergeben, im Vordergrund. Um diese nutzen zu können, müssen die einzelnen Institutionen ihre Planung, Steuerung und Kontrolle so an-

²⁸² Vgl. Christopher et al. (2004), S. 371.

²⁸³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Christopher et al. (2004), S. 371.

passen, dass sie über die von Hoek et al. bzw. Charles et al. genannten Fähigkeiten verfügen.²⁸⁴

2.4.3 Konzept einer resilienten Supply Chain

Der Begriff „Resilienz“ wird in verschiedenen Disziplinen verwendet und beschreibt die Eigenschaft eines Systems.²⁸⁵ Im Zusammenhang mit dem SCM findet sich zum Teil eine synonyme Verwendung mit dem Begriff „Robustheit“.²⁸⁶ Brandon-Jones et al., Wieland/Wallenburg sowie Christopher/Peck stellen jedoch fest, dass sich die jeweiligen Eigenschaften unterscheiden.²⁸⁷ Dieser Differenzierung soll, mit dem Ziel einer klaren Abgrenzung der Konzepte, gefolgt werden. Demnach stellt Resilienz im Kontext einer Supply Chain „[...] the ability of a system to return to its original state or move to a new, more desirable state after being disturbed [...]“²⁸⁸ dar.

Eine resiliente Supply Chain soll demnach in der Lage sein, sich von Störungen und deren Auswirkungen möglichst schnell zu erholen. Unter Umständen bedeutet diese Erholung, einen neuen Systemzustand anzustreben. In den verschiedenen Veröffentlichungen zur Resilienz in Supply Chains werden die zu bewältigen Unsicherheiten jeweils mit einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit, aber einer hohen, negativen Auswirkung auf die Systemleistung beschrieben.²⁸⁹ Es handelt sich demnach um disruptive Unsicherheiten, wie sie in Abschnitt 2.3.3.2 erläutert wurden. Die Aufgaben zur Bewältigung dieser Art von Unsi-

²⁸⁴ Vgl. zur Implementierung einer agilen Supply Chain Baramichai et al. (2007).

²⁸⁵ Vgl. Bhamra et al. (2011), S. 5379–5380; Ponomarov/Holcomb (2009), S. 125–131.

²⁸⁶ Vgl. Spiegler (2012), S. 6163; Tang (2006b).

²⁸⁷ Vgl. Brandon-Jones et al. (2014); Wieland/Wallenburg (2013), S. 304; Christopher/Peck (2004), S. 2.

²⁸⁸ Christopher/Peck (2004), S. 2.

²⁸⁹ Vgl. Carvalho et al. (2012), S. 209–2011; Sheffi/Rice (2005), S. 42. Literaturüberblicke zur resilienten Supply Chain finden sich u. a. bei Wieland/Wallenburg (2013), S. 301–302; Spiegler et al. (2012), S. 6163–6168 oder Jüttner/Maklan (2011), S. 247–248. Es finden sich zunehmend Beiträge, die darauf hinweisen, dass einzelne Ereignisse selten auftreten, deren Summe aber zu einer hohen Wahrscheinlichkeit führt, dass es zu disruptiven Störungen kommt. Welche Ereignisse dies im Einzelnen sind, ist jedoch nicht klar [vgl. Sheffi (2007), S. 26–27].

cherheiten können in zwei Bereiche gegliedert werden.²⁹⁰ Tritt ein Ereignis ein, bzw. ist dessen Auftreten absehbar, so gilt es zunächst, die Auswirkungen auf die Supply Chain zu minimieren. Dies ist die „Störungsminderung“.²⁹¹ Anschließend wird das Ziel verfolgt, die Leistungserstellung der Supply Chain aufrecht zu erhalten. Für diese Aufgabe soll der Begriff der „Störungsbewältigung“ verwendet werden.²⁹² Neben der Aufrechterhaltung der Prozesse gilt es dabei, sich vom eingetretenen Ereignis zu erholen. Wie sich diese Aktivitäten auf die Leistung einer Supply Chain auswirken, stellt Abbildung 2.16 dar.

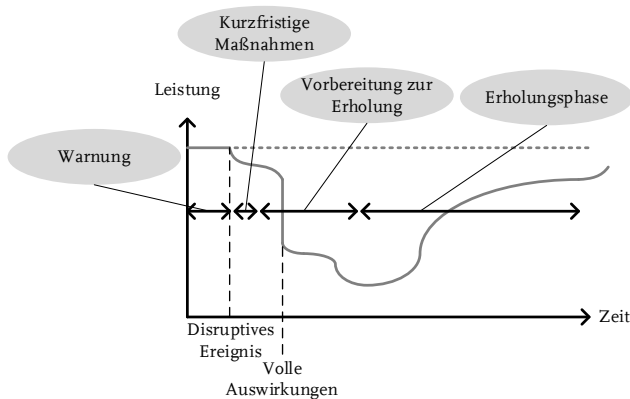


Abbildung 2.16: Einfluss disruptiver Ereignisse auf die Supply Chain-Leistung²⁹³

Hier ist zu erkennen, dass disruptiven Ereignissen meistens eine kurze Phase der Warnung vorausgeht, in der die Akteure konkrete Vorbereitungen zur Bewältigung der Auswirkungen treffen können. In Abhängigkeit davon, wie resilient die Supply Chain designt ist, können nach Auftreten des Ereignisses Auswirkungen auf die Leistung verhindert werden. Gelingt dies nicht oder nur teilweise, so sind Vorbereitungen für eine möglichst schnelle Erholung einzuleiten und anschließend

²⁹⁰ Vgl. Ivanov et al. (2014), S. 2160–6162; Spiegelger et al. (2012), S. 6167 oder Tomlin (2006), S. 640.

²⁹¹ Im englischen als „mitigation“ oder „risk transferring“ bezeichnet.

²⁹² Englisch: „continuity“.

²⁹³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Sheffi (2007), S. 65 sowie Sheffi/Rice (2005), S. 42.

durchzuführen. Neben der Erholung ist gemäß der zu Beginn dieses Abschnitts 2.4.3 genannten Definition von Christopher/Peck zu überprüfen, ob sich die Rahmenbedingungen für die Leistungserstellung der Supply Chain verändert haben. Es ist möglich, dass die Ausgangslage vor der Störung nicht den Zustand darstellt, der nach dem Ereignis angestrebt wird.²⁹⁴

So ermöglichen es veränderte Umweltzustände u. U. Wettbewerbsvorteile zu schaffen. Es gilt daher, im Rahmen der Störungsbewältigung festzulegen, welches Leistungsniveau angestrebt wird und wie sich die Erholung zu diesem gestalten lässt. Eine resiliente Supply Chain, welche in der Lage ist, Maßnahmen zur Störungsminderung und -bewältigung umzusetzen, verfügt laut Jüttner/Maklan über vier Merkmale: Flexibilität, Reaktionsfähigkeit, Transparenz und Kooperation.²⁹⁵ Sheffi/Rice nennen lediglich Redundanzen und Flexibilität als Notwendigkeit für eine resiliente Supply Chain.²⁹⁶ Um diese Eigenschaften zu erreichen, lässt sich eine Vielzahl an Instrumenten identifizieren, die einer Supply Chain einen pro- und reaktiven Umgang mit disruptiven Ereignissen ermöglichen. Die Vorschläge von Spiegler et al., Tang sowie Sheffi/Rice finden sich in Tabelle 2.10.

Sowohl die Uneinigkeit über die benötigten Eigenschaften einer resilienten Supply Chain, wie auch die Unterschiede in den Instrumentenkästen zeigen, dass es sich bei dem vorliegenden Ansatz um ein unfertiges Konzept handelt. Es lässt sich festhalten, dass eine resiliente Supply Chain das Ziel verfolgt, disruptive Unsicherheiten zu bewältigen. Der Fokus liegt dabei auf der Reduktion der Auswirkungen auf die Leistung einer Supply Chain bzw. der einzelnen Akteure. Somit stehen Risiken, die aus disruptiven Ereignissen hervorgehen, im Mittelpunkt der Betrachtung. Des Weiteren herrscht Einigkeit darüber, dass Flexibilität ein zentraler Bestandteil einer resilienten Supply Chain ist. Bezüglich weiterer Eigenschaften sowie der Methoden, mit welchen diese Fähigkeit im

²⁹⁴ Vgl. Sheffi (2007), S. 8–10. Hier wird die Veränderung der Supply Chain-Struktur bei Nokia beschrieben, die sich aus einem Brand im Werk des Zulieferers Philips ergab.

²⁹⁵ Vgl. Jüttner/Maklan (2011), S. 247–248. Eine ähnliche Einordnung identifizieren Christopher/Peck (2004), S. 7.

²⁹⁶ Vgl. Sheffi/Rice (2005), S. 44.

Rahmen des SCM erreicht werden kann, sind weitere Untersuchungen notwendig.²⁹⁷

Spiegler et al.²⁹⁸	Tang²⁹⁹	Sheffi/Rice³⁰⁰
Sicherheitsbestände und -kapazitäten	Postponement	Sicherheitsbestände
Mehrere Lieferanten und Standorte	Strategische Bestände	Breite Lieferantenbasis
Unternehmenskultur	Flexible Lieferantenbasis	Geringe Kapazitätsauslastung
Verletzlichkeitsmanagement	Make-and-Buy Trade-off	Supplier Relationship Management
Veränderte Supply Chain-Struktur	Lieferantenanreize	Customer Relationship Management
Zusammenarbeit in der Supply Chain	Flexible Transporte	Standardisierte Prozesse
Flexibilität	Revenue Management	Eventmanagementsysteme
-	Dynamische Sortimentsplanung	Unternehmenskultur
-	Stille Produkt-einführung	-

Tabelle 2.10: Instrumente zur Schaffung einer resilienten Supply Chain

²⁹⁷ Vgl. Spiegler (2012), S. 6183.

²⁹⁸ Vgl. Spiegler et al. (2012), S. 6167.

²⁹⁹ Vgl. Tang (2006b), S. 38–42. Zwar bezeichnet der Autor seine Strategien als Maßnahmen für eine robuste Supply Chain, er beschreibt jedoch disruptive Risiken. Daher sind die Maßnahmen einer resilienten Supply Chain zuzuordnen.

³⁰⁰ Vgl. Sheffi/Rice (2005), S. 44–48.

2.4.4 Konzept einer robusten Supply Chain

Im Zusammenhang mit Unsicherheiten in der Supply Chain ist der Begriff „Robustheit“ in drei unterschiedlichen Bereichen zu finden, wobei sich nicht immer eine Definition identifizieren lässt. Beim robusten Supply Chain-Design handelt es sich um ein Planungsvorgehen mithilfe der robusten Optimierung.³⁰¹ Diese wird in Kapitel 3 näher betrachtet. Im zweiten Bereich dient der Begriff „Robustheit“ als Messgröße für die Flexibilität einer Supply Chain.³⁰² Gegenstand der Betrachtung in diesem Abschnitt 2.4.4 soll der dritte Bereich, Robustheit als Eigenschaft eines Leistungsnetzwerkes, sein.³⁰³ Vlajic et al. zeigen in ihrem Literaturüberblick, dass auch hier kein einheitliches Begriffsverständnis vorliegt.³⁰⁴ So hat sich erst in den letzten Jahren eine klare Abgrenzung zur Resilienz herausgebildet.³⁰⁵ Diese eigenständige Betrachtung von Robustheit wird u. a. von Klibi et al. vertreten. Demnach ist Robustheit in einer Supply Chain „[...] the extent to which the SCN [Supply Chain Network] is able to carry its functions for a variety of plausible future scenarios [...]“³⁰⁶ Eine robuste Supply Chain ist demnach in der Lage, die Leistungserstellung trotz unsicherer Einflüsse auszuführen.³⁰⁷ Bei den plausiblen Szenarien handelt es sich um das Auftreten operativer Unsicherheiten, wie sie in Abschnitt 2.3.3.2 beschreiben wurden.³⁰⁸ Dies sind beispielsweise Schwankungen im Produktionsoutput, der Produktqualität oder der saisonalen Nachfrage. Mit dieser Einschränkung kann die Robustheit von der in Abschnitt 2.4.3 beschriebenen Resilienz abgegrenzt werden. Einer robusten Supply

³⁰¹ Vgl. beispielsweise Baghalian et al. (2013) oder Pan/Nagi (2010).

³⁰² Vgl. Kouvelis et al. (1992), S. 288 oder Gupta/Rosenhead (1968), S. B-20–B-21.

³⁰³ Eine Übersicht über Definitionen, die Robustheit als Eigenschaft sehen, geben Vlajic et al. (2012), S. 177. Ein Literaturüberblick zu Robustheit in Supply Chains findet sich bei Durach (2016), S. 41–62.

³⁰⁴ Vgl. Vlajic et al. (2010), S. 67–74. Vgl. für einen weiteren Überblick Klibi et al. (2010), S. 290–291.

³⁰⁵ Vgl. Brandon-Jones et al. (2014); Wieland/Wallenburg (2013), S. 304.

³⁰⁶ Klibi et al. (2010), S. 290. Auch hier werden Störungen als Ereignisse bezeichnet, bei deren Bewältigung eine robuste Supply Chain hilft. Für ein besseres Verständnis der unterschiedlichen Ansätze soll in diesem Abschnitt der Arbeit aber eine klare Abgrenzung erfolgen.

³⁰⁷ Vgl. Brandon-Jones et al. (2014), S. 58.

³⁰⁸ Vgl. Spiegler et al. (2012), S. 6169; Cardeneo (2008), S. 363.

Chain die Fähigkeit zuzuschreiben, auch disruptive Unsicherheiten zu bewältigen, ist unrealistisch.³⁰⁹ Entsprechende Ereignisse, die für diese Störungen verantwortlich sind, sind nicht Bestandteil plausibler Szenarien. So werden weder Vulkanausbrüche, noch Terrorangriffe oder Streiks in die Planung der Leistungsnetzwerke einbezogen. Zudem lässt sich kein System konstruieren, das immer funktioniert. Bei disruptiven Ereignissen müssen, mindestens kurzfristig, Auswirkungen auf die Leistungserstellung in Kauf genommen werden. Dies soll eine robuste Supply Chain bei operativen Unsicherheiten vermeiden.

Für diese Sachzielerfüllung ist es laut Vlajic et al. legitim, von den Extrema der Formalziele abzuweichen.³¹⁰ Diese sollen jedoch weiterhin in einem akzeptablen Maß erreicht werden.³¹¹ Ein solcher Managementansatz steht zu einem gewissen Grad im Widerspruch zum kostenminimalen Design einer Supply Chain. Anstatt das Leistungssystem für eine angenommene, deterministische Situation zu optimieren, wird eine gute Lösung in möglichst vielen Situationen angestrebt.³¹² Dabei wird bewusst auf das mögliche Erreichen eines optimalen Ergebnisses verzichtet. Abbildung 2.17 stellt den Zusammenhang zwischen Kosten und den Ausprägungen von Variablen in einer robusten Supply Chain sowie einem kostenminimalen System dar. Da im Vorfeld nicht klar ist, welche Ausprägungen die Umwelt annimmt, wird eine Systemkonfiguration gewählt, die die Kundennachfrage befriedigt, deren Kosten jedoch höher liegen als in dem für eine Kostenminimierung angenommenen Szenario. Der Vorteil einer robusten Supply Chain liegt darin, auch bei abweichenden Umweltbedingungen die Nachfrage zu befriedigen bzw. geringere Kosten zu verursachen als ein Leistungsnetzwerk, das nur durch Kompensationsmaßnahmen in der Lage ist, sein Sachziel zu erfüllen. Es liegt also ein Trade-off zwischen Kosten und sicherer Sach-

³⁰⁹ Vgl. Brandon-Jones et al. (2014), S. 58; Vlajic et al. (2012), S. 177. Brandon-Jones et al. stellen jedoch fest, dass es hierfür massiver Investitionen bedarf [vgl. Brandon-Jones et al. (2014), S. 69].

³¹⁰ Vgl. Vlajic et al. (2012), S. 177. Als Extrema ist beispielsweise die Kostenminimierung zu sehen.

³¹¹ Vgl. Vlajic et al. (2012), S. 177; Van Landeghem/Vanmaele (2002), S. 773.

³¹² Vgl. Shukla et al. (2011), S. 625; Gupta/Rosenhead (1968), S. B-20–B-21.

zielerfüllung vor.³¹³ Extreme Ausprägungen der Variablen, also disruptive Ereignisse, können durch ein solches System jedoch nicht bewältigt werden.

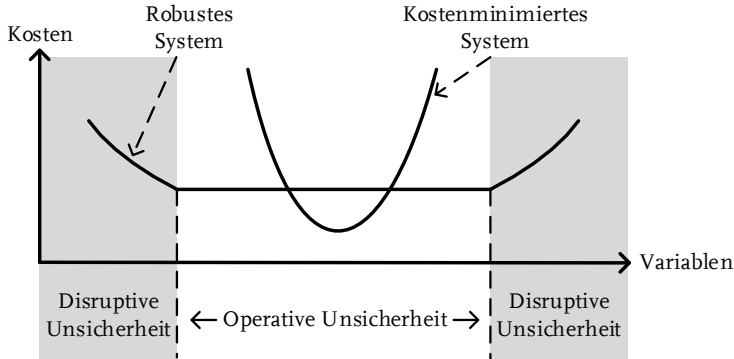


Abbildung 2.17: Unterschiede des robusten und optimierenden Managementansatzes³¹⁴

Auch bei robusten Supply Chains lässt sich Flexibilität als zentrale Komponente zu deren Verwirklichung erkennen.³¹⁵ Weitere Eigenschaften sind nicht identifiziert. Dafür ist das Verständnis über eine robuste Supply Chain zu heterogen. Festhalten lässt sich lediglich, dass Entscheidungen in einer robusten Supply Chain so getroffen werden, dass sie Handlungsspielräume offen lassen.³¹⁶ Daraus lässt sich schließen, dass Redundanzen eine wichtige Rolle spielen.³¹⁷ Da die Forschung bis jetzt nicht in der Lage war, weitere Eigenschaften einer robusten Supply Chain zu identifizieren, ist es auch noch nicht gelungen, einen Instrumentenkasten für deren Umsetzung zu entwickeln.³¹⁸ Neben Werkzeugen zum Generieren von Flexibilität werden lediglich die stochastische

³¹³ Vgl. Shukla et al. (2011), S. 625; Dong (2006), S. 57.

³¹⁴ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Van Landeghem/Vanmaele (2002), S. 774.

³¹⁵ Vgl. Wallace/Choi (2011), S. 286; Klibi et al. (2010), S. 290.

³¹⁶ Vgl. Wallace/Choi (2011), S. 285; Van Landeghem/Vanmaele (2002), S. 781; Gupta/Rosenhead (1968), S. B-20.

³¹⁷ Vgl. Klibi et al. (2010), S. 291.

³¹⁸ Vgl. Vljajic et al. (2010), S. 73; Van Landeghem/Vanmaele (2002), S. 782. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass Tang zwar Instrumente zum robusten Supply Chain-Design nennt, er jedoch eine Definition des Begriffes verwendet, die der einer resilienten Supply Chain entspricht [vgl. Tang (2006b), S. 38–42].

und robuste Optimierung mehrfach erwähnt.³¹⁹ Deren Einsatz ist jedoch nicht auf ein robustes Leistungsnetzwerk beschränkt. Vielmehr handelt es sich um Methoden zur Integration von Unsicherheiten in den Planungsprozess, unabhängig von den Eigenschaften der Supply Chain.

Somit kann die Bewältigung von operativen Unsicherheiten als Ziel einer robusten Supply Chain formuliert werden. Im Vordergrund steht dabei die Sachzielerfüllung, für welche u. U. Kompromisse bei der Erfüllung der Formalziele einzugehen sind. Ein Leistungsnetzwerk mit diesen Fähigkeiten ist entsprechend flexibel aufzustellen, wozu wiederum Redundanzen hilfreich sind. Aufzählungen konkreter Maßnahmen zur Umsetzung einer so definierten robusten Supply Chain finden sich nicht.

2.4.5 Konzept einer flexiblen Supply Chain

Die Analyse von Flexibilität auf der Ebene der Supply Chain stellt eine Erweiterung des Betrachtungsgegenstands der Flexibilitätsforschung, über die Grenzen einer Institution hinweg, dar.³²⁰ Es findet sich hier eine große Anzahl an Veröffentlichungen und unterschiedlichen Konzepten.³²¹ Tiwari et al., Singer, Stevenson/Spring, Garavelli oder Duclos et al. geben entsprechende Literaturüberblicke.³²² Fest steht, dass sich eine flexible Supply Chain zur Bewältigung von Unsicherheiten eignet.³²³ Solche Netzwerke „[...] are able to adapt effectively to disruptions in supply and changes in demand [...]“³²⁴ Sie sind also in der Lage, sich sowohl an Ereignisse mit großen Auswirkungen auf das Leistungsnetzwerk, wie auch an alltägliche Nachfrageschwankungen effektiv anzupas-

³¹⁹ Vgl. Vljajic et al. (2012), S. 177; Shukla et al. (2011), S. 624; Wallace/Choi (2011), S. 287; Pan/Nagi (2010), S. 671–673; Kouvelis et al. (1992), S. 289–300.

³²⁰ Vgl. Lummus et al. (2003), S. 3.

³²¹ Vgl. für einen Überblick über den Forschungsstand zur Flexibilität in Supply Chains Seebacher/Winkler (2013).

³²² Vgl. Tiwari et al. (2015); Singer (2012), S. 85–87 und S. 93–96; Stevenson/Spring (2007); Garavelli (2003), S. 142–144; Duclos et al. (2003), S. 447–450.

³²³ Vgl. Singer (2012), S. 70; Merschmann/Thonemann (2011), S. 50–51; Tang/Tomlin (2008), S. 15–17.

³²⁴ Stevenson/Spring (2007), S. 686.

sen. Dabei findet keine Fokussierung auf eine bestimmte Art von Unsicherheiten statt. Sowohl disruptive wie auch operative Veränderungen werden im Rahmen des Flexibilitätsmanagements in der Supply Chain betrachtet. Diese können Risiken, aber auch Chancen darstellen.³²⁵ Um letztere zu nutzen bzw. erstere zu bewältigen, bedarf eine flexible Supply Chain verschiedener Komponenten. Dabei ist sich die Forschung einig, dass es zur Anpassungsfähigkeit auf Supply Chain-Ebene Teilflexibilitäten in verschiedenen Bereichen braucht.

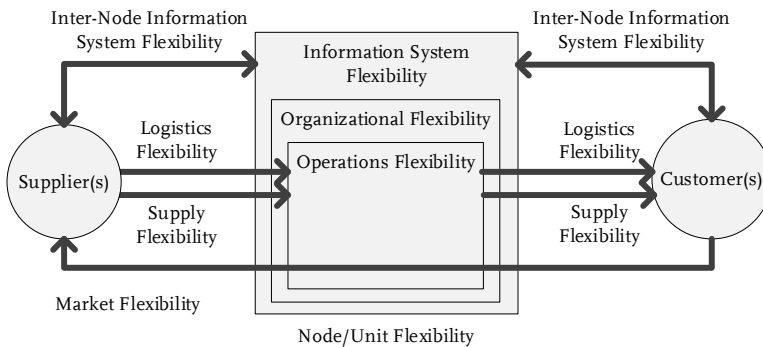


Abbildung 2.18: Teilbereiche einer flexiblen Supply Chain nach Duclos et al.³²⁶

Zur Gliederung der Teilbereiche existiert eine Vielzahl an Vorschlägen.³²⁷ Auf der Makroebene lässt sich zum einen die Flexibilität, die in den einzelnen Institutionen existiert, sowie die inter-institutionelle Flexibilität zwischen den Supply Chain-Akteuren betrachten.³²⁸ Letztere wird auch als Beziehungsflexibilität bezeichnet und beispielsweise von Stevenson/Spring beschrieben.³²⁹ Dem Bereich der Institutionsflexibilität lassen sich alle Beiträge zuordnen, die das Flexibilitätsmanagement in einer Institution analysieren.³³⁰ Zwar handelt es sich dabei nicht zwangsläufig um Beiträge zur flexiblen Supply Chain, jedoch führt eine

³²⁵ Vgl. Stevenson/Spring (2007), S. 701–702.

³²⁶ Quelle: Eigene Darstellung von Duclos et al. (2003), S. 451.

³²⁷ Vgl. beispielsweise Kumar et al. (2006), S. 306–311; Pujawan (2004), S. 81–86; Duclos et al. (2003), S. 451.

³²⁸ Vgl. Stevenson/Spring (2007), S. 690–691.

³²⁹ Vgl. Stevenson/Spring (2007), S. 702–703 und die hier angegebene Literatur.

³³⁰ Einen Überblick hierzu gibt Singer (2012), S. 84–85.

gesteigerte Flexibilität einzelner Supply Chain-Partner zu einer größeren Flexibilität des gesamten Leistungsnetzwerkes. Modelle, die eine institutionsübergreifende Prozessperspektive einnehmen, finden sich beispielsweise bei Vickery et al. und Duclos et al.³³¹ Singer identifiziert den Ansatz von Duclos et al. als den am geeignetsten, um die Komponenten einer flexiblen Supply Chain zu beschreiben.³³² Deren Modell ist in Abbildung 2.18 dargestellt. Insgesamt beschreiben die Autoren die sechs, in Tabelle 2.11 aufgeführten Bestandteile einer flexiblen Supply Chain.

Bereiche der Supply Chain-Flexibilität nach Duclos et al.³³³	Beschreibung
Operations System Flexibility	Anpassungsfähigkeit der Ressourcen und Prozesse jedes Supply Chain-Akteurs.
Market Flexibility	Produktentwicklung und -modifikation in enger Kooperation mit den Kunden.
Logistics Flexibility	Effiziente Reaktion auf sich verändernde Lieferanten- und Kundenstandorte.
Supply Flexibility	Fähigkeit, das Lieferantennetzwerk anzupassen.
Organizational Flexibility	Fähigkeit der Mitarbeiter, Leistungen an veränderte Anforderungen anzupassen.
Information Systems Flexibility	Anpassungsfähigkeit des Informationssystems an neue Gegebenheiten.

Tabelle 2.11: Bereiche der Supply Chain-Flexibilität

³³¹ Vgl. Duclos et al. (2003), S. 451; Lummus et al. (2003), S. 5; Vickery et al. (1999), S. 16.

³³² Vgl. Singer (2012), S. 87.

³³³ Vgl. Duclos et al. (2003), S. 451–454.

Dabei lassen sich die „Operations System Flexibility“ sowie die „Organizational Flexibility“ der institutionsinternen Flexibilität zuschreiben. Duclos et al. verwenden für diese den Begriff „Node/Unit Flexibility“. Bei den drei Teilbereichen „Market“, „Logistics“ und „Supply Flexibility“ handelt es sich um Elemente der inter-institutionellen Flexibilität. Die „Information Systems Flexibility“ findet sich in beiden Bereichen.

Diese Darstellung zeigt, wie weitreichend der Aspekt der Flexibilität das SCM beeinflusst und in dieses zu integrieren ist. Über die Gewichtung der einzelnen Komponenten sowie deren Zusammenspiel geben Duclos et al. keine Auskunft. Sie nennen auch keine Instrumente zur Umsetzung. Gleiches gilt für die meisten Veröffentlichungen zur flexiblen Supply Chain. I. d. R. werden Dimensionen der Flexibilität identifiziert, deren Umsetzung jedoch nicht ausgeführt. Lediglich bei Tang/Tomlin finden sich Instrumente zur Umsetzung einer flexiblen Supply Chain. Sie werden den Funktionsbereichen Beschaffung, Produktion und Distribution zugeordnet und sind in Tabelle 2.12 aufgeführt. Dies bedeutet nicht, dass es keine Instrumente zur Umsetzung von Flexibilität gibt, jedoch geschieht die Realisation nicht auf Supply Chain-Ebene.

Instrumente³³⁴	Funktionsbereich
Multiple-Sourcing	Beschaffung
Flexible Lieferantenverträge	Beschaffung
Flexible Produktionsprozesse	Produktion
Postponement	Distribution
Dynamisches Preismanagement	Distribution

Tabelle 2.12: Instrumente zur Umsetzung einer flexiblen Supply Chain

Somit lässt sich zum Konzept der flexiblen Supply Chain festhalten, dass dieser Ansatz geeignet ist, Risiken zu bewältigen sowie Chancen zu nutzen. Dabei findet keine Fokussierung auf bestimmte Unsicherheiten statt. Dies spiegelt sich auch in den Komponenten einer flexiblen Supply

³³⁴ Vgl. Tang/Tomlin (2008), S. 15–16.

Chain wider. So tragen die Summe der flexiblen Systemelemente und deren Zusammenspiel dazu bei, dass eine Supply Chain flexibel ist und Unsicherheiten bewältigen kann. Allerdings existiert kein institutionsübergreifendes Flexibilitätsmanagement, welches die Komponenten ganzheitlich plant, steuert und kontrolliert.³³⁵ Flexibilität wird auch innerhalb der Supply Chain-Institutionen i. d. R. nicht funktionsübergreifend, sondern in den einzelnen Bereichen geplant und umgesetzt. Dementsprechend sind Instrumente zur Realisation einer flexiblen Supply Chain nicht funktions- und institutionsübergreifend zu suchen, sondern in den Teilbereichen des Managements, die für die jeweiligen Komponenten des Leistungsnetzwerkes verantwortlich sind, in denen Flexibilität benötigt wird.

2.4.6 Konzeptioneller Bezugsrahmen und Abgrenzung der Supply Chain Management-Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten

In den vorangegangenen Abschnitten wurden unterschiedliche Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten vorgestellt, die in der Literatur zum SCM zu finden sind. Die Darstellung beinhaltet jeweils die Definition des Konzeptes sowie die sich daraus abgeleiteten Ziele und Arten von Unsicherheit, die im Fokus der einzelnen Ansätze stehen. Zudem konnten Eigenschaften einer Supply Chain identifiziert werden, die zur Realisation der Konzepte notwendig sind. Diese Aspekte sind in Tabelle 2.13 zusammengefasst. Zudem war es zum Teil möglich, konkrete Managementinstrumente zu benennen, mit welchen ein Ansatz zu verwirklichen ist. Die Implementierung findet dabei immer im Rahmen des SCM statt. Die für die Begriffsbestimmung der einzelnen Konzepte aufgegriffenen Definitionen wurden mit dem Ziel einer möglichst klaren Differenzierung der Ansätze gewählt. Diesen Gedanken greifen die folgenden Ausführungen auf. Abschnitt 2.4.6.1 betrachtet zunächst die Unterschiede zwischen dem SCRM und den vier anderen Ansätzen.

³³⁵ Kumar et al. (2006), S. 312–315 stellen zwar einen Ansatz zur Implementierung von Supply Chain-Flexibilität dar, dieser geht aber nicht über die Beschreibung eines dreistufigen Prozesses bestehend aus der Analyse des Flexibilitätspotenzials, der verteilten Umsetzung sowie der Kontrolle hinaus.

Diese werden in Abschnitt 2.4.6.2 voneinander abgegrenzt und anschließend in Abschnitt 2.4.6.3 in einen konzeptionellen Bezugsrahmen gefasst. Diese theoretische Abgrenzung verschwimmt bei der praktischen Umsetzung oft. Insbesondere bei den Instrumenten, die zur Umsetzung der einzelnen Konzepte aufgeführt werden, finden sich häufig ähnliche oder gar gleiche Werkzeuge.

Ansatz	Unsicherheiten	Ziel	Komponenten
SCRM:	Disruptive Risiken	Identifikation und Bewertung von Risiken	Risiko-identifikation
			Risikobewertung
			Risikosteuerung
Agile Supply Chain:	Disruptive Chancen	Nutzen von Chancen zur Generierung von Wettbewerbsvorteilen	Marktsensitivität
			Informations-integration
			Prozessintegration
			Netzwerk-flexibilität
Resiliente Supply Chain:	Disruptive Risiken	Schnelle Erholung von disruptiven Ereignissen	Flexibilität
			Reaktionsfähigkeit
			Transparenz
			Kooperation
Robuste Supply Chain:	Operative Unsicherheiten	Sachzielerfüllung trotz operativer Unsicherheiten	Flexibilität
Flexible Supply Chain:	Disruptive und operative Unsicherheiten	Anpassungsfähigkeit an veränderte Situationen	Flexibilität der Teilbereiche

Tabelle 2.13: Zusammenfassung der Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains

2.4.6.1 Abgrenzung des Supply Chain-Risikomanagements zu den Konzepten einer agilen, resilienten, robusten und flexiblen Supply Chain

Zunächst lässt sich ein grundsätzlicher Unterschied in der Betrachtungsweise zwischen dem SCRM und den verbleibenden vier Ansätzen feststellen. Beim SCRM handelt es sich um einen Managementprozess, der Risiken in der Supply Chain identifiziert, bewertet und steuert. Die in den Abschnitten 2.4.2 bis 2.4.5 betrachteten Konzepte beschreiben hingegen Eigenschaften einer Supply Chain, welche diese in die Lage versetzen soll, bestimmte Unsicherheiten zu bewältigen. Wird das Ziel verfolgt, ein solches System zu erzeugen, so gilt es, die in den Ansätzen beschriebenen Eigenschaften und Instrumente im Rahmen des SCM-Prozesses umzusetzen. Somit kann das Ergebnis des SCM eine agile, resiliente, robuste oder flexible Supply Chain sein. Die Konzepte sind Teil des SCM.³³⁶

Das SCRM stellt im Gegensatz dazu keine Supply Chain-Eigenschaft dar. Es hat auch nicht die Aufgabe, Instrumente zur Steuerung von Supply Chain-Risiken zu implementieren. Vielmehr wirkt es auf die Entwicklung und Umsetzung dieser hin. Die Ausführung obliegt der jeweiligen Organisationsfunktion oder bei institutionsübergreifenden Themen dem SCM. Somit ist SCRM ein Teilprozess des SCM. Es spielt insbesondere in der Planung der Supply Chain eine wichtige Rolle. Daher sind die fünf vorgestellten Ansätze alle Teile des SCM, wobei das SCRM einen Managementprozess und die Ansätze der Abschnitte 2.4.2 bis 2.4.5 Eigenschaften der Supply Chain beschreiben. Da sowohl eine robuste, resiliente, wie auch eine flexible Supply Chain in der Lage sind, Risiken zu bewältigen, können diese Konzepte bzw. Werkzeuge zu ihrer Umsetzung als Instrumente der Steuerungsfunktion des SCRM gesehen werden.³³⁷ Sie finden sich daher im SCRM, aber auch unabhängig von diesem als Teil des SCM. Im Gegensatz dazu steht bei einer agilen Supply Chain die Realisation von Chancen im Vordergrund. Daher ist auch dieser Ansatz Bestandteil der Planung, Steuerung und Kontrolle

³³⁶ Vgl. Ivanov et al. (2014), S. 2165.

³³⁷ Vgl. Tang (2006a), S. 452–454.

von Leistungsnetzwerken, allerdings nicht eines SCRM. Diese Abgrenzung ist in Abbildung 2.19 visualisiert. Resilienz, Robustheit und Flexibilität stellen Eigenschaften dar, die sowohl das SCM wie auch das SCRM nutzen, wobei letzteres ein Teilprozess des SCM ist. Diesem steht zudem die Eigenschaft der Agilität zur Realisation von Chancen, die sich aus Unsicherheiten ergeben, zur Verfügung.

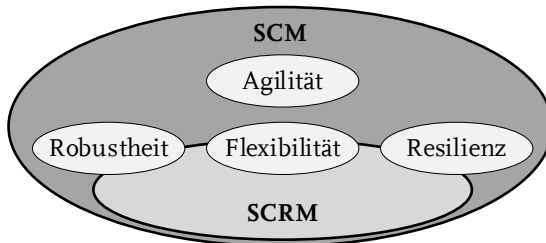


Abbildung 2.19: Verhältnis zwischen SCM und SCRM³³⁸

2.4.6.2 Differenzierung der Ziele und betrachteten Unsicherheiten in den Konzepten einer agilen, resilienten, robusten und flexiblen Supply Chain

Nach der Abgrenzung des SCRM zu den vier weiteren Konzepten ist klar, dass diese keinen Managementprozess, sondern Eigenschaften einer Supply Chain betrachten. Die Literatur zum Management von Unsicherheiten in Supply Chains stellt die Konzepte zum Teil in Bezug zueinander. In anderen Fällen, wie etwa bei agilen und resilienten Systemen oder den Eigenschaften der Agilität und Robustheit, finden sich keine solchen Erläuterungen. Dies soll hier aufgegriffen werden, um zu erkennen, inwiefern sich die Ansätze gegenseitig unterstützen oder widersprechen.

Sowohl bei einer agilen wie auch bei einer resilienten Supply Chain wird i. d. R. davon gesprochen, dass plötzlich auftretende Ereignisse mit großer Bedeutung für das Leistungsnetzwerk zu beachten sind. Der Fokus liegt somit auf disruptiven Unsicherheiten. Diese Ereignisse treten selten ein und finden deshalb nicht genug Beachtung im Rahmen des

³³⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

SCRM. Nach diesen Gemeinsamkeiten findet sich ein deutlicher Unterschied bei der Reaktion auf ein solches Ereignis bzw. dem Ziel des jeweiligen Konzeptes. Eine agile Supply Chain soll in der Lage sein, Marktveränderungen zu nutzen, um daraus Wettbewerbsvorteile zu realisieren. Somit liegt die Betrachtung klar auf positiven Effekten für das Leistungsnetzwerk. Es sollen Chancen genutzt werden. Demgegenüber strebt eine resiliente Supply Chain zunächst die Aufrechterhaltung der Sachzielerfüllung nach einem disruptiven Ereignis an. Ziel ist es, möglichst schnell einen angestrebten Systemzustand zu erreichen. Dieser ist häufig der Zustand vor dem disruptiven Event. Überschneidungen zur Agilität treten dann auf, wenn der angestrebte Zustand nach dem Ereignis vom Ursprungszustand abweicht. Dennoch liegt ein klarer Fokus der resilienten Supply Chain auf der Bewältigung negativer Auswirkungen. Disruptive Risiken für das Leistungsnetzwerk sollen re- und proaktiv gemanagt werden.

Auch eine robuste Supply Chain soll in der Lage sein, ihre Funktion trotz auftretender Unsicherheiten zu erfüllen. Zudem sollen die Auswirkungen der Ereignisse möglichst keine Konsequenzen für die Formalzielerfüllung haben. Ein solcher Anspruch kann jedoch nur bei der Betrachtung von operativen Unsicherheiten gestellt werden. Die Ausführungen zu resilienten Leistungsnetzwerken und disruptiven Unsicherheiten zeigen, dass solche Ereignisse meist die Leistung einer Supply Chain beeinflussen. Wird, wie in der vorliegenden Arbeit, eine Differenzierung zwischen resilienten und robusten Leistungsnetzwerken angestrebt, so liegt der wesentliche Unterschied darin, welche Auswirkungen von Unsicherheiten bewältigt werden sollen.³³⁹ Bei einer robusten Supply Chain sind dies alltägliche Schwankungen, die durch die entsprechenden Akteure grob abgeschätzt werden können.³⁴⁰ Resilienz beschreibt hingegen eine Eigenschaft, die ein System in die Lage versetzt, unerwartete Risiken mit großen Auswirkungen zu bewältigen. Verfügt die Supply Chain nur über die Eigenschaft der Robustheit, so ist

³³⁹ Vgl. Brandon-Jones et al. (2014), S. 58 und S. 67; Klibi et al. (2010), S. 290–291.

³⁴⁰ Vgl. Spiegler et al. (2012), S. 6169.

sie nicht in der Lage, ein solches Ereignis zu bewältigen. Allerdings wird durch die Robustheit ein resilientes System unterstützt.³⁴¹

Zum Verhältnis zwischen einem robusten und agilen Leistungsnetzwerk finden sich in der Literatur keine Aussagen. Dies mag damit zusammenhängen, dass es sich bei der Agilität um ein marktorientiertes, Chancen suchendes Konzept handelt. Ihm gegenüber steht mit der Robustheit ein eher konservativer Ansatz, der auf Stabilität und Beständigkeit ausgelegt ist. Allerdings bezieht sich eine robuste Supply Chain nicht nur auf Risiken, sondern insgesamt auf operative Unsicherheiten, welche auch Chancen enthalten können. Zwar steht die Risikobewältigung im Vordergrund des robusten Ansatzes, dennoch finden sich Beispiele, die zeigen, wie durch eine solche Eigenschaft auch Chancen genutzt werden können. Diese bewegen sich allerdings im Rahmen der Funktionserfüllung der Supply Chain und haben keine Bedeutung in dem Sinne, dass durch sie neue Wettbewerbssituationen entstehen, wie es das Ziel agiler Leistungssysteme ist. So kann eine robuste Supply Chain beispielsweise eine begrenzt erhöhte Nachfrage befriedigen und dadurch zusätzliche Erlöse realisieren.

Bei den Ausführungen zur flexiblen Supply Chain werden keine expliziten, auf die Art der Unsicherheit bezogenen Ziele genannt. Sie soll die Anpassungsfähigkeit eines Leistungsnetzwerkes insgesamt erhöhen, unabhängig davon, ob die Flexibilität zur Abwehr von Risiken oder zur Realisation von Chancen genutzt wird. In den Beiträgen zur agilen wie auch der resilienten und robusten Supply Chain wird Flexibilität als zentraler Bestandteil des jeweiligen Ansatzes genannt.³⁴² Auch die zur Umsetzung der Konzepte vorgeschlagenen Instrumente enthalten Werkzeuge zur Gestaltung einer flexiblen Supply Chain. Es ist daher festzuhalten, dass Flexibilität die zentrale Eigenschaft zur Bewältigung von Unsicherheiten darstellt. Ohne sie ist es nicht möglich agile, resili-

³⁴¹ Vgl. Spiegler et al. (2012), S. 6169; Wieland/Wallenburg (2012), S. 302; Tang (2006a), S. 479–488; Tang (2006b), S. 36.

³⁴² Vgl. beispielsweise Cabral et al. (2012), S. 4831; Vlachos et al. (2012), S. 71–72; Wallace/Choi (2011), S. 285; Charles et al. (2010), S. 725; Swafford et al. (2008), S. 291 und 296; Prater et al. (2001), S. 824 und 837.

ente oder robuste Systeme zu designen. Eine flexible Supply Chain unterstützt daher alle drei Ansätze.

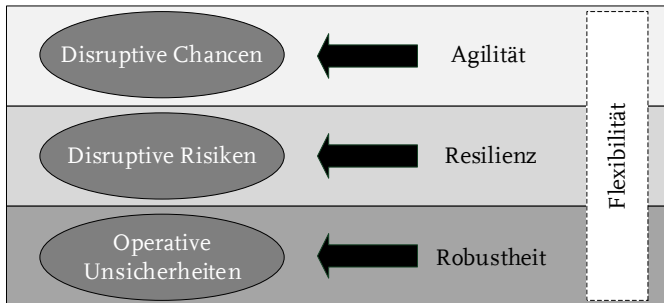


Abbildung 2.20: Fokus der Eigenschaften Agilität, Resilienz, Robustheit und Flexibilität bei der Bewältigung von Unsicherheiten³⁴³

Abbildung 2.20 fasst die Erläuterungen des Abschnittes 2.4.6.2 zusammen. Bei der Darstellung steht eine möglichst klare Trennung zwischen den Konzepten im Vordergrund. Neben der Flexibilität gibt es jedoch noch weitere Komponenten, insbesondere Instrumente zur Umsetzung der Ansätze, die nicht exklusiv einem Ansatz zuzuordnen sind. Insgesamt lassen sich viele Überschneidungen und Redundanzen in den Konzepten finden. Die vorgenommene Abgrenzung in Abbildung 2.20 zeigt, dass der Fokus der Agilität in Supply Chains auf disruptiven Chancen liegt. Robustheit betrachtet operative Unsicherheiten, unterbrechende Risiken sind Gegenstand des resilienten Ansatzes. Flexibilität ist wesentlicher Bestandteil aller drei Konzepte.

2.4.6.3 Entwicklung eines konzeptionellen Bezugsrahmens einer agilen, resilienten, robusten und flexiblen Supply Chain zur Bewältigung von Unsicherheiten

In Abschnitt 2.4.6.2 fand ein direkter Vergleich der Ziele und Ausrichtungen der Konzepte untereinander statt. Um einen konzeptionellen Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains zu entwickeln, sind diese Differenzierungen zusammenzufassen.

³⁴³ Quelle: Eigene Darstellung.

Die in Abbildung 2.21 dargestellte Matrix zeigt, dass die erläuterten Konzepte sowohl Chancen und Risiken, welche in Abschnitt 2.3.1 als Bestandteil von Unsicherheiten identifiziert wurden, wie auch operative und disruptive Unsicherheiten betrachten. Die zweite Differenzierung von Unsicherheiten geht aus den Erkenntnissen von Abschnitt 2.3.3.2 hervor. Die Horizontale der Matrix gibt die Richtung der Auswirkungen von Unsicherheiten auf die Supply Chain-Leistung an. Sind diese positiv, handelt es sich um Chancen, Risiken liegen bei negativen Auswirkungen vor. Die Vertikale gibt das Ausmaß der Wirkung von Unsicherheiten an. Bei alltäglichen Schwankungen handelt es sich um operative Unsicherheiten, bei starken Konsequenzen um disruptive Ereignisse. Liegen operative Unsicherheiten vor, so können diese durch eine robuste Supply Chain bewältigt werden. Bieten disruptive Unsicherheiten das Potenzial, Wettbewerbsvorteile zu generieren, so handelt es sich um Chancen, die durch eine agile Supply Chain realisiert werden sollen. Ein resilientes Leistungsnetzwerk ist in der Lage, disruptive Risiken zu meistern.

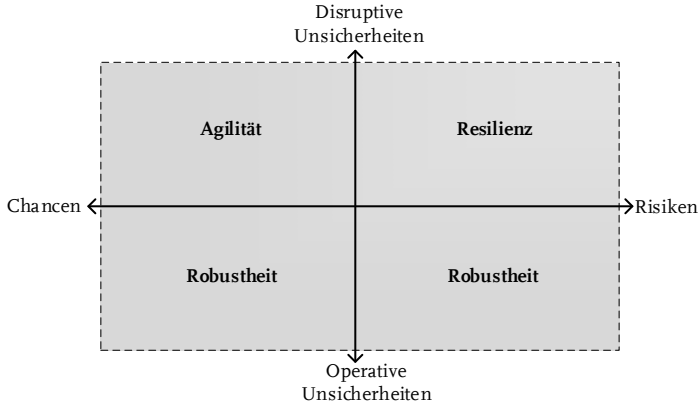


Abbildung 2.21: Zuordnung der Supply Chain-Eigenschaften zu den Unsicherheiten³⁴⁴

Die Eigenschaft der Flexibilität findet sich in dieser Darstellung nicht. Sie lässt sich nicht einordnen. Als Bestandteil der drei weiteren Konzep-

³⁴⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

te spielt sie eine zentrale Rolle bei der Handhabung der unterschiedlichen Ausprägungen von Unsicherheiten. Sie umfasst jedoch nicht alle Aspekte der anderen drei Ansätze. Daher wäre eine entsprechende Zuordnung in der Abbildung 2.21 irreführend. Neben der Flexibilität bedarf es jeweils weiterer Bestandteile, um den verschiedenen Aspekten von Unsicherheit in der Supply Chain zu begegnen. Durch den Fokus auf operative Unsicherheiten kann eine robuste Supply Chain als Fundament eines agilen sowie eines resilienten Leistungsnetzwerkes dienen, wie es in Abbildung 2.22 zu sehen ist.

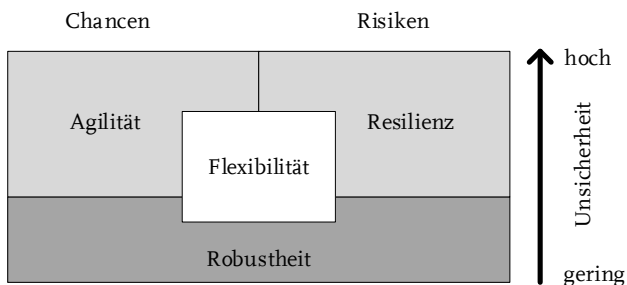


Abbildung 2.22: Konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten³⁴⁵

Es lassen sich hier geringe bis mittlere Abweichungen der Systemvariablen von ihren Normalwerten bewältigen. Dies stellt beim Auftreten von disruptiven Ereignissen einen Puffer dar, lassen sich Unsicherheiten durch diesen nicht bewältigen so sind agile bzw. resilienten Instrumente einzusetzen. Dabei ist zu unterscheiden, ob Chancen genutzt werden können oder ob disruptive Risiken zu bewältigen sind. Agilität und Resilienz stehen zunächst in keiner direkten Beziehung zueinander. Indirekt existieren Gemeinsamkeiten hinsichtlich des Fundamentes der Robustheit sowie dem zentralen Bestandteil der Flexibilität. Zudem lassen sich aus den Erläuterungen in Abschnitt 2.4.2 und 2.4.3 Instrumente identifizieren, die beide Ansätze unterstützen. Abbildung 2.22 stellt die beschriebene Beziehung der vier Supply Chain-Eigenschaften als konzeptionellen Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten dar.

³⁴⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

Als Erkenntnis des Bezugsrahmens kann festgestellt werden, dass zur Bewältigung operativer Unsicherheiten robuste Supply Chains geeignet sind. Je größer die Unsicherheiten sind, desto eher sind agile bzw. resiliente Strukturen erforderlich. Ihr Einsatz ist davon abhängig, ob sich aus den disruptiven Ereignissen negative oder positive Konsequenzen ergeben. Voraussetzung und Grundlage für die Umsetzung der Konzepte ist immer eine flexible Supply Chain. Ohne diese ist es nicht möglich, Unsicherheiten zu bewältigen. Flexibilität kann daher als Kern eines Systems betrachtet werden, das sowohl robust wie auch resilient und agil ist. Dieser Kern verbindet die Ansätze und stellt jeweils die Basis weiterer Überlegungen dar.

2.4.7 Wirkungsweise und Zusammenspiel der Komponenten einer Supply Chain zur Bewältigung von Unsicherheiten

In den bisherigen Ausführungen des Abschnitts 2.4 wurden verschiedene Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains vorgestellt. Dabei stand eine klare Abgrenzung der unterschiedlichen Konzepte im Vordergrund. Bei der Umsetzung der Ansätze verschwimmen die Grenzen jedoch zum Teil. Zudem gibt es verschiedene Instrumente, die nicht nur ein Konzept unterstützen. So helfen z. B. Pufferbestände, operative Unsicherheiten auszugleichen, aber auch unterbrechende Risiken zu bewältigen und sich ergebende Chancen aus einer erhöhten Kundennachfrage zu realisieren. Sie tragen somit sowohl zu einer robusten, aber auch resilienten und agilen Supply Chain bei. Wie die Konzepte gemeinsam Unsicherheiten in der Supply Chain bewältigen, zeigt Abbildung 2.23. Hier ist im oberen Teil der Darstellung die Leistung einer Supply Chain im Zeitverlauf dargestellt. Im unteren Teil sind Veränderungen der Variablen abgebildet, die eine Supply Chain betreffen. Dies sind zunächst operative Unsicherheiten, wie etwa Nachfrageschwankungen oder ein sich verändernder Produktionsoutput. Diese führen zu Schwankungen, die sich in einem gewissen Rahmen um einen Mittelwert bewegen und regelmäßig auftreten.

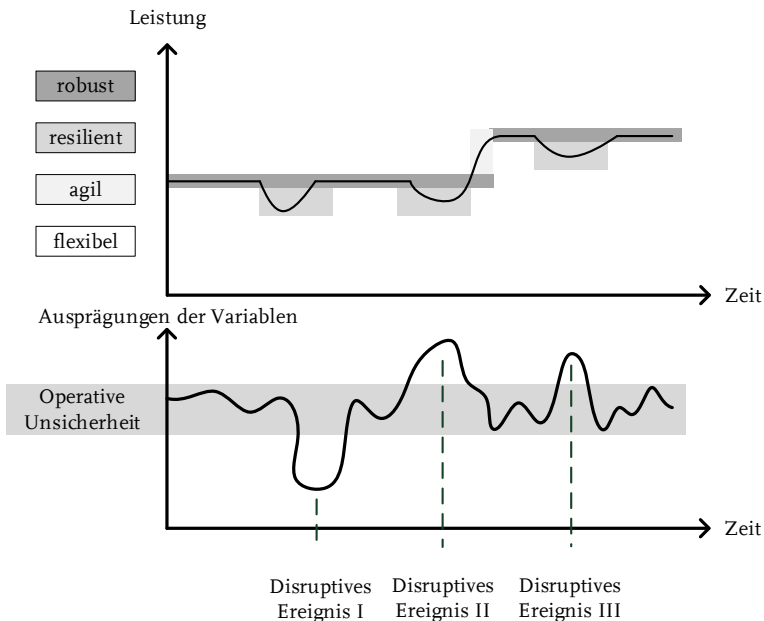


Abbildung 2.23: Zusammenspiel der Supply Chain-Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten³⁴⁶

Zudem sind drei Störereignisse angegeben, die zu einer erheblichen Veränderung in der Ausprägung der Variablen führen. Dies kann beispielsweise der Ausfall einer ganzen Produktionslinie in einem Fertigungswerk, ein Streik beim Flugpersonal oder eine Naturkatastrophe sein. Durch diese Ereignisse, wie auch durch die operativen Unsicherheiten, verändern sich die für die Leistung der Supply Chain maßgeblichen Variablen und somit auch die Leistung selbst. Diese ist im oberen Teil der Abbildung 2.23 dennoch in vielen Bereichen konstant. Dies liegt daran, dass flexible, robuste, resiliente und agile Instrumente zum Einsatz kommen. Die robuste Supply Chain ist in der Lage, operative Unsicherheiten so zu bewältigen, dass diese im dargestellten Idealfall keinen wesentlichen Einfluss auf die Supply Chain haben. Dies führt zu einer konstanten Leistung des Systems, bei der sich die Variablen nur inner-

³⁴⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

halb des Bereichs der operativen Risiken verändern. Die disruptiven Ereignisse I und III führen jedoch zu entsprechenden Abweichungen. Aufgrund der Größe der Unsicherheit gelingt es nicht, Auswirkungen auf die Leistungserfüllung zu verhindern, wenn ein entsprechendes Ereignis eintritt. Die resiliente Supply Chain ist allerdings in der Lage, nach einer kurzen Zeit zu ihrem ursprünglichen Zustand zurückzukehren. Beim disruptiven Ereignis II gelingt es nach dem vorübergehenden Einbruch und dem Einsatz von resilienten und agilen Instrumenten ein neues, höheres Leistungsniveau zu erreichen. Diese Erläuterungen zeigen, dass die Ansätze aufeinander aufbauen und gemeinsam in der Lage sind, Unsicherheiten im Kontext einer Supply Chain zu bewältigen. Elemente einer flexiblen Supply Chain sind bei dieser Betrachtung nicht explizit aufgeführt, da sowohl robuste wie auch resiliente und agile Konzepte immer flexible Instrumente beinhalten. Daher benötigt eine Supply Chain, die Unsicherheiten bewältigen kann, flexible Komponenten.

2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Analyse des Supply Chain Managements bei Unsicherheiten

Einen Überblick über das SCM und dessen Umgang mit Unsicherheiten zu geben sowie die Beantwortung von Forschungsfrage 1, waren die Ziele von Kapitel 2. Im Zuge der Erläuterungen zum SCM wurde dieses als *„zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle eines produkt- und/oder dienstleistungsbezogenen, institutionsübergreifenden Netzwerks zur Leistungserstellung, bestehend aus Ressourcen, welche durch wechselseitige Prozesse in Verbindung miteinander stehen“*³⁴⁷ definiert. Ausgangspunkt aller Handlungen eines zielgerichteten Managements ist daher die Planung. Diese muss sowohl hierarchische wie auch zeitliche Interdependenzen berücksichtigen. Um Planung in komplexen Systemen erfolgreich durchzuführen, ist diese daher zu gliedern. Als Grundlage der Strukturierung dient der vorliegenden Arbeit das Prinzip der hierarchischen Planung, welche sich u. a. im Modell der Supply Chain Planning Matrix wiederfindet. Die Supply Chain-Planung lässt sich demnach in die Teil-

³⁴⁷ Vgl. Abschnitt 2.2.2.

bereiche Strategic Network Planning, Master Planning, Demand Planning, Material Requirements Planning, Production Planning und Scheduling, Distribution und Transportation Planning sowie Available to Promise gliedern. Die Erläuterungen zum SCM dienen den folgenden Kapiteln als Fundament der weiteren Analyse. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei Supply Chain-Akteuren um wirtschaftlich unabhängige Institutionen handelt, weshalb keine globale Planung der Supply Chain existiert. Vielmehr werden die Vorgehensweisen der einzelnen Partner bei der Planung betrachtet. Der Fokus der Arbeit liegt zudem auf den Güterflüssen innerhalb der Supply Chain. Informations- und Finanzflüsse werden im Weiteren nicht explizit betrachtet.

Bei der Analyse von Unsicherheit konnte festgestellt werden, dass nicht sichere Parameter sowohl zu positiven wie auch negativen Abweichungen der Supply Chain-Leistung vom geplanten Niveau führen können. Somit lassen sich Unsicherheiten in Risiken und Chancen gliedern. Aufgrund des Ausmaßes ihrer Auswirkungen sind sie in operative und disruptive Unsicherheiten zu differenzieren. Die Wirkungen von Unsicherheiten auf die Supply Chain lassen sich in die Kategorien Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheit zusammenfassen.

SCRM sowie agile, resiliente, robuste und flexible Supply Chains sind gemäß der Literatur zum SCM geeignete Konzepte, um Unsicherheiten in Leistungsnetzwerken zu bewältigen. Ihre Analyse zeigte, dass die Ansätze unterschiedliche Intentionen beinhalten:

- SCRM als Managementprozess betrachtet lediglich Risiken. Dabei steht deren Identifikation und Bewertung im Vordergrund.
- Agilität in der Supply Chain soll diese befähigen, Chancen zu nutzen und somit aus disruptiven Unsicherheiten Wettbewerbsvorteile zu generieren.
- Disruptive Risiken zu bewältigen und sich von diesen schnell zu erholen, ist Ziel einer resilienten Supply Chain.
- Eine robuste Supply Chain ist in der Lage, operative Unsicherheiten zu bewältigen.
- Die Fähigkeit, sich an veränderte Bedingungen anzupassen, wird durch eine flexible Supply Chain ermöglicht.

Da das SCRM kein Konzept zur Bewältigung von Unsicherheiten darstellt, sondern einen Prozess beschreibt, der u. a. Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten einsetzt, ist dieses nicht näher betrachtet worden. Im Zuge der Untersuchung wurden die verbleibenden vier Konzepte in einem konzeptionellen Bezugsrahmen zusammengefasst, welcher zeigt, dass mit ihnen die zuvor identifizierten Arten von Unsicherheiten bewältigt werden können. Dabei stellt die Eigenschaft der Flexibilität den zentralen Baustein dar, um Unsicherheiten erfolgreich zu begegnen. Diese Erkenntnis beantwortet Forschungsfrage 1 und ist Ausgangspunkt der Erläuterungen in Kapitel 3. Hier liegt der Fokus auf dem Management von Flexibilität.

3 Flexibilitätmanagement zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain

Die Eigenschaft der Flexibilität und deren Management in einer Supply Chain ist Gegenstand von Kapitel 3. Mit deren Betrachtung sollen Antworten auf die Forschungsfragen 2 und 3 gegeben werden. Ziel ist es, zu untersuchen, wie sich Flexibilität im Zuge des SCM erzeugen lässt und auf welchen Planungsebenen dies zu erfolgen hat. Abschnitt 3.1 stellt dafür zunächst allgemein die bei der Planung von Flexibilität zu beachtenden Dimensionen sowie die dabei bestehenden Herausforderungen vor. Dieser Betrachtung folgt die Analyse von Planungsmethoden in Abschnitt 3.2. Hier werden Verfahren untersucht, die Unsicherheiten in Planungs- und Optimierungsmodelle, welche das SCM einsetzt, integrieren. Ob dieses Vorgehen zur Planung von Flexibilität in Supply Chains eingesetzt wird und dazu geeignet ist, untersucht Abschnitt 3.3. Die Analyse erfolgt auf den Ebenen der in Kapitel 3 vorgestellten Planungsaufgaben des SCM. Eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt in Abschnitt 3.4. Die Inhalte von Kapitel 3 umfassen somit drei Punkte:

- Die Erläuterung des Begriffs „Flexibilität“ und die für die Planung dieser Eigenschaft erforderlichen Aspekte.
- Die Untersuchung von Planungsmethoden, welche Unsicherheiten in Optimierungsmodelle integrieren und dadurch einen Beitrag zur Planung von Flexibilität leisten können.
- Eine Analyse, ob und in welchen Bereichen die vorgestellten Methoden im Rahmen des SCM zur Planung von Flexibilität einzusetzen sind.

3.1 Flexibilität und die bestehenden Herausforderungen bei ihrer Planung

In Kapitel 2 wurde im Zuge der Vorstellung einer flexiblen Supply Chain darauf eingegangen, in welchen Bereichen eines Leistungsnetzwerkes Flexibilität benötigt wird. Eine Darstellung, wie diese geplant werden kann, fand jedoch nicht statt. Dies erfolgt im vorliegenden Abschnitt 3.1. Dafür wird in Abschnitt 3.1.1 zunächst die Eigenschaft der Flexibilität erläutert sowie deren Ebenen der Planung vorgestellt. Abschnitt 3.1.2 geht anschließend auf Möglichkeiten und Probleme bei der Operationalisierung von Flexibilität ein. Ihre Messbarkeit hat Einfluss auf Kosten/Nutzen-Abwägungen, welche Abschnitt 3.1.3 betrachtet.

3.1.1 Begriff „Flexibilität“ und deren Planung

Flexibilität ist seit den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts Gegenstand betriebswirtschaftlicher Forschung.³⁴⁸ Dass sich bis heute keine abgeschlossene und einheitliche Flexibilitätsforschung entwickelt hat, ist Ergebnis der vielseitigen Verwendung des Konzeptes.³⁴⁹ So wird Flexibilität in verschiedenen betriebswirtschaftlichen Disziplinen unterschiedlich genutzt.³⁵⁰ Dies führt zu einer großen Zahl an Ansätzen zur Strukturierung von Flexibilität, welche kaum noch überschaubar sind.³⁵¹ Tabelle 3.1 führt entsprechende Beispiele auf. Dabei wird deutlich, dass es sich um ein komplexes, multidimensionales Konzept handelt.³⁵²

Singer, Burmann, Kaluza/Blecker oder auch Pibernik zeichnen die Evolution des Begriffsverständnisses nach und führen wichtige Beiträge zur Flexibilitätsforschung auf.³⁵³ Die Ausführungen der vorliegenden Arbeit

³⁴⁸ Vgl. Kaluza/Blecker (2005), S. 6. Burmann gibt einen Überblick über die Entwicklung der Flexibilitätsforschung [vgl. dazu Burmann (2007), S. 504–508].

³⁴⁹ Vgl. Singer (2012), S. 29; Sethi/Sethi (1990), S. 290–295.

³⁵⁰ Vgl. Pibernik (2001), S. 10.

³⁵¹ Vgl. Burmann (2007), S. 509; Upton (1994), S. 74.

³⁵² Vgl. Garavelli (2003), S. 142; Upton (1994), S. 74.

³⁵³ Vgl. Singer (2012), S. 25–29; Burmann (2007), S. 504–508; Kaluza/Blecker (2005), S. 6–12; Pibernik (2001), S. 6–15. Insbesondere Jacob prägt den Begriff „Flexibilität“. Er versteht darunter die Anpassungsfähigkeit, die aufgrund von Unsicherheiten not-

konzentrieren sich auf das für die Bewältigung von Unsicherheiten notwendige Verständnis. Die ausführliche Diskussion, die u. a. Singer und Pibernik darstellen, wird hier nicht erneut wiedergegeben.³⁵⁴

Aspekte zur Strukturierung	Mögliche Ausprägungen
Funktionale Aspekte:	Produktions-, Marketing-, Logistikflexibilität
Hierarchische Aspekte:	Werkstatt-, Standort-, Unternehmensflexibilität
Aspekte der Messung:	Globalerfassung, individuelle Kennzahlen
Strategische Aspekte:	Relevanz, vernachlässigbar
Zeitlicher Aspekte:	Lang-, mittel-, kurzfristige Flexibilität
Aspekte des betrachteten Objekts:	Produkt-, Sortiments-, Mengenflexibilität

Tabelle 3.1: Beispiele von Flexibilitätsarten³⁵⁵

Ursprünglich wurden mit dem lateinischen „flexibilis“ Eigenschaften wie biegsam, anpassungsfähig und geschmeidig beschrieben.³⁵⁶ Ähnliche Erklärungen werden auch in aktuellen Lexikoneinträgen gefun-

wendig ist [vgl. Jacob (1974)]. Die von Hax/Laux, welche sich ebenfalls intensiv mit Flexibilität sowie flexibler Planung auseinandersetzen, geforderte Differenzierung zwischen „Flexibilität“ und „Elastizität“ hat sich hingegen nicht durchgesetzt [vgl. Hax/Laux (1972) sowie Pibernik (2001), S. 8]. Meffert ist ebenfalls als Autor wichtiger Beiträge zur Flexibilitätsforschung zu nennen [vgl. Meffert (1969) sowie Meffert (1985)]. Die Analyse der englischsprachigen Literatur ergibt ein ähnliches Begriffsverständnis wie die deutschsprachigen Beiträge [vgl. Singer (2012), S. 27–29 sowie Pibernik (2001), S. 10].

³⁵⁴ Für eine ausführliche Diskussion über den Ursprung des Begriffs „Flexibilität“ sowie eine Abgrenzung zu einer Vielzahl ähnlicher Begriffe vgl. Singer (2012), S. 25–35, sowie die dort verwendete Literatur. Hier werden auch verschiedenste Flexibilitätsdefinitionen betrachtet und diskutiert. Pibernik setzt sich ausführlich mit Flexibilität als Eigenschaft eines Systems sowie dessen Formalisierung auseinander [vgl. Pibernik (2001), S. 24–41].

³⁵⁵ Vgl. für die Inhalte der Tabelle Garavelli (2003), S. 142.

³⁵⁶ Vgl. Burmann (2007), S. 509; Kaluza (1993), S. 1173.

den.³⁵⁷ Aus diesen, auf physische Objekte bezogenen Merkmalen hat sich bei der Beschreibung sozio-technischer Systeme, wie Institutionen oder Supply Chains, die Anpassungsfähigkeit als wesentliche Charakteristik etabliert.³⁵⁸ So versteht Schneeweiß unter Flexibilität ganz allgemein „die Fähigkeit eines Systems, sich Veränderungen anzupassen.“³⁵⁹ Bei der Analyse häufig verwendeter Definitionen identifiziert Singer insgesamt vier Merkmale, die der Eigenschaft zugeschrieben werden:³⁶⁰

- Flexibilität ist eine Fähigkeit.
- Flexibilität dient zum Umgang mit Veränderungen.
- Flexibilität bedeutet die Existenz von Handlungsspielräumen.
- Flexibilität bedeutet Zielgerichtetheit.

Diese Aspekte sind auch in der von Pibernik formulierten Definition des Begriffes enthalten: „*Flexibilität ist die Fähigkeit eines offenen, dynamischen, sozio-technischen Systems, [sich] mittels eines vorhandenen (Flexibilitäts-) Potentials [an] relevante system- oder umweltinduzierte Veränderungen [anzupassen].*“³⁶¹ Diese Begriffsbestimmung soll für die vorliegende Arbeit gelten. Pibernik spricht ursprünglich von der Fähigkeit eines Systems, auf Veränderungen zu reagieren. Da dies ein rein reaktives Verhalten suggeriert, wurde die Definition entsprechend modifiziert und die Anpassungsfähigkeit an Veränderungen integriert. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass Flexibilität sowohl pro- wie auch reaktiv genutzt wird.³⁶² Verschiedene Autoren betonen zudem, dass es sich bei den Veränderungen sowohl um Chancen wie auch Risiken handeln kann.³⁶³ Hier zeigt sich erneut, dass Flexibilität ein geeignetes Konzept zur Bewältigung von Unsicherheiten, welchen Supply Chain ausgesetzt

³⁵⁷ Vgl. Pibernik (2001), S. 6.

³⁵⁸ Vgl. Burmann (2007), S. 509; Kaluza (1984), S. 292.

³⁵⁹ Schneeweiß (1996), S. 489. Vgl. zur Anpassungsfähigkeit als Wesen der Flexibilität auch die Definitionen von Hocke (2004), S. 25; Garavelli (2003), S. 142 oder Upton (1994), S. 76.

³⁶⁰ Vgl. Singer (2012), S. 30–31.

³⁶¹ Pibernik (2001), S. 45.

³⁶² Vgl. Sawhney (2006), S. 478–479; Damisch (2002), S. 43; Upton (1994), S. 76.

³⁶³ Vgl. Hocke (2004), S. 25; Wildemann (1986), S. 467; Reichwald/Behrbohn (1983), S. 838.

sind, ist.³⁶⁴ Allerdings entsteht diese Fähigkeit nicht von alleine, sie muss entsprechend gemanagt werden. Wie erfolgreich dies ist, hängt u. a. von Kosten und Nutzen der Flexibilität ab. Diese sind immer in Relation zu den Zielen des betrachteten Systems zu sehen und an diesen auszurichten.³⁶⁵ Flexibilitätsmanagement stellt somit die *zielgerichtete Planung, Steuerung und Kontrolle der Flexibilität eines Systems* dar.³⁶⁶ Die zentrale Aufgabe des Flexibilitätsmanagements – die Planung – lässt sich dabei, wie auch die Flexibilität an sich, in die zwei in Abbildung 3.1 dargestellten Komponenten gliedern.³⁶⁷

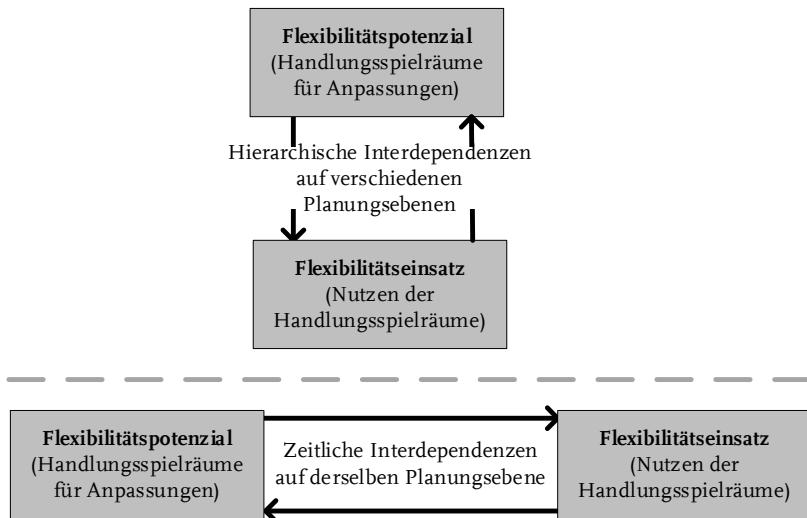


Abbildung 3.1: Komponenten der Flexibilität bzw. Flexibilitätsplanung³⁶⁸

Dies ist zum einen die Planung des Flexibilitätspotenzials, welches Handlungsspielräume darstellt, die zur Bewältigung von Unsicherhei-

³⁶⁴ Vgl. Singer (2012), S. 103; Merschmann/Thonemann (2011), S. 50; Damisch (2002), S. 43.

³⁶⁵ Vgl. Kaluza/Blecker (2005), S. 9; Hocke (2004), S. 17–18; Pibernik (2001), S. 43. Auf die Ziele von Supply Chains geht auch Abschnitt 2.2.3 dieser Arbeit ein.

³⁶⁶ Vgl. für eine ausführliche Darstellung zum Flexibilitätsmanagement Singer (2012), S. 76–100 sowie Hocke (2004), S. 26–74.

³⁶⁷ Vgl. Burmann (2007), S. 513; Pibernik (2001), S. 50–51; Schneeweiß (1996), S. 489.

³⁶⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

ten dienen.³⁶⁹ Diese sind proaktiv aufzubauen und bei Bedarf einzusetzen.³⁷⁰ Die Nutzung des Potenzials wird als Flexibilitätseinsatz bezeichnet und stellt die zweite Komponente der Flexibilität bzw. dessen Managements dar. Die Beziehung zwischen den beiden Komponenten kann, wie auch bei den Planungsebenen im SCM, hierarchisch sein und ist durch entsprechende Interdependenzen gekennzeichnet. Dieses Verhältnis ist im oberen Teil von Abbildung 3.1 dargestellt. Flexibilität kann jedoch auch auf derselben Planungsstufe existieren und hier geplant werden. In einem solchen Fall sind zeitliche Wechselwirkungen bei der Potenzialgestaltung zu beachten. Es ergibt sich die im unteren Teil der Abbildung 3.1 abgebildete Struktur. Die Planung des Potenzials ist dabei der des Einsatzes vorgelagert. Dies ist auch bei der hierarchischen Struktur der Fall. Abschnitte 3.1.1.1 und 3.1.1.2 erläutern die beiden Planungsstufen des Flexibilitätsmanagements

3.1.1.1 Flexibilitätspotenzial und dessen Planung

Die übergeordnete bzw. vorgelagerte Stufe in Abbildung 3.1 beinhaltet das Flexibilitätspotenzial bzw. dessen Management und Planung.³⁷¹ Als Teil der Flexibilität stellt das Potenzial die Handlungsspielräume bereit, die zur Anpassung an Unsicherheiten zur Verfügung stehen.³⁷² Dabei handelt es sich um zielgerichtete Redundanzen. Nur durch redundante Systeme kann Flexibilität erreicht werden.³⁷³ So tragen z. B. flexible Fertigungsmaschinen, die verschiedenste Aufgaben ausführen können, jedoch mit einer Aufgabe betreut und mit dieser ausgelastet sind, nicht zur Flexibilität eines Bereichs oder der Supply Chain bei. Dies wäre nur der Fall, wenn negativ korrelierende Nachfragen vorliegen.³⁷⁴ Unsicherheiten bei der Versorgung oder in den Prozessen lassen sich so jedoch nicht bewältigen. Die Existenz von Redundanzen kann zu einer nicht optimalen Auslastung verfügbarer Ressourcen führen. Entweder werden

³⁶⁹ Vgl. Horváth/Mayer (1986), S. 74.

³⁷⁰ Vgl. Pibernik (2001), S. 49–51; Kühn (1989), S. 3.

³⁷¹ Vgl. zu den Ausführungen zum Flexibilitätspotenzial Singer (2012), S. 76–82, welche den Erläuterungen dieses Abschnittes zu Grunde liegen.

³⁷² Vgl. Pibernik (2001), S. 50–51.

³⁷³ Vgl. Corsten/Gössinger (2016), S. 20–21; Hocke (2004), S. 17; Pibernik (2001), S. 303; Urbach (1997), S. 127.

³⁷⁴ Diese Situation untersuchen z. B. Graves/Tomlin (2003).

Systeme vorgehalten, die nicht zum Einsatz kommen, oder Ressourcen, die normal verwendet werden, müssen aufgrund geringen Bedarfs vorübergehend ungenutzt bleiben. Entsprechende Entscheidungen über die Nutzung werden auf der untergeordneten bzw. nachgelagerten Planungsstufe aus Abbildung 3.1 getroffen. Abschnitt 3.1.1.2 erläutert diese. Die Potenzialplanung dimensioniert im Vorfeld das aufzubauende Flexibilitätspotenzial. Bezogen auf die Leistungserstellung eines Gutes, wird in dieser Arbeit zwischen Kapazitäts- und Bestandspotenzial unterschieden.³⁷⁵

Ersteres besteht beispielsweise aus mehreren Lieferanten für ein Gut, alternativen Transportwegen oder redundanten Fertigungslinien. Auch auf Abruf zur Verfügung stehende Mitarbeiter stellen Potenzial zur Flexibilitätserhöhung dar. Diese Redundanzen können Unsicherheiten dann bewältigen, wenn die für den Herstellungsprozess eines nachgefragten Gutes benötigte Zeit geringer ist als die vom Verbraucher erwartete Lieferzeit.³⁷⁶ Dies ist i. d. R. bei einer Auftragsfertigung der Fall. Treten unerwartet Nachfragen auf, so kann das Kapazitätspotenzial genutzt werden, um den zusätzlichen Bedarf zu befriedigen. Auf den Liefertermin hat die Reaktion keine Auswirkung. Auch ausgefallene Maschinen können durch entsprechende Ersatzanlagen substituiert werden, wenn dies unverzüglich geschieht. Gleiches gilt für Unsicherheiten in der Beschaffung oder im Produktionsprozess, wenn ihren Auswirkungen auf die Supply Chain eine Vorlaufzeit vorausgeht. Ist diese lang genug, lässt sie sich nutzen, um durch vorhandener Kapazitäten geeignete Maßnahmen zu ergreifen und den Liefertermin einzuhalten. So lassen sich z. B. Lieferengpässe durch andere Bezugsquellen oder gesperrte Straßen durch alternative Routen umgehen. Um dies umzusetzen, bedarf es einer möglichst transparenten Supply Chain.³⁷⁷ Treten Unsicherheiten auf, die keine entsprechenden Reaktionszeiten zulassen, ist es nicht möglich, diese mit vorhandenen Kapazitäten zu bewältigen. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn sich Kunden-

³⁷⁵ Auch hier existieren verschieden Kategorien und Gliederungen, vgl. z. B. Sánchez/Pérez (2005), S. 685; Vokurka/O'Leary-Kelly (2000); S. 786; Upton (1996), S. 77.

³⁷⁶ Vgl. Hoekstra/Romme (1992), S. 8.

³⁷⁷ Vgl. zur Supply Chain-Transparenz Barratt/Oke (2007) oder Christopher/Lee (2004).

nachfragen kurzfristig erhöhen, die Durchlaufzeit des Herstellungsprozesses jedoch größer ist, als die vom Kunden erwartete Lieferzeit. In einer solchen Situation bedarf es Potenzial, das unverzüglich zur Erfüllung der Nachfrage einsetzbar ist. Über diese Eigenschaft verfügen Bestände. Redundante Güter können unmittelbar zur Befriedigung von Nachfrageschwankungen oder auf vorgelagerten Supply Chain-Stufen zur Bewältigung von Maschinenausfällen und Lieferengpässen genutzt werden. Abbildung 3.2 stellt verschiedene Fertigungsstrategien dar. Sie beschreiben, ab welchem Punkt ein Herstellungsprozess prognose- bzw. kundengesteuert ist.³⁷⁸ Alle von diesem sogenannten Decoupling Point güterflussaufwärts gelegenen Aktivitäten sind prognosegesteuert. Sie sind in Abbildung 3.2 auf der linken Seite des Decoupling Points dargestellt. Je mehr Schritte des Herstellungsprozesses durch entsprechende Vorhersagen angestoßen werden, desto mehr Bestandspotenzial ist nötig. Primär durch Kundenaufträge angestoßene Fertigungsstrategien wie Make to Order oder Purchase and make to order benötigen vorwiegend Kapazitätspotenzial, um auf Unsicherheiten zu reagieren.

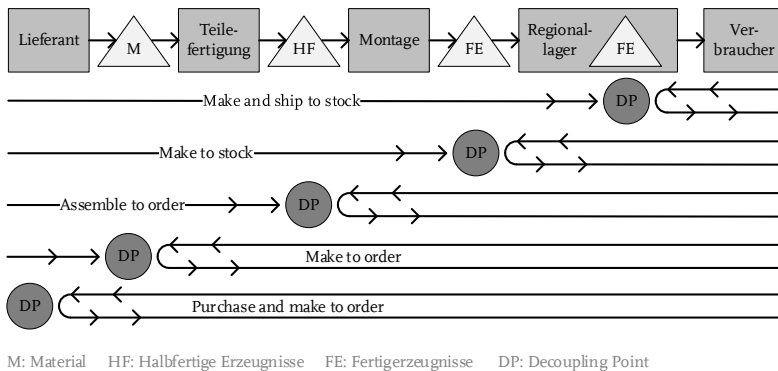


Abbildung 3.2: Fertigungsstrategien in Abhängigkeit des Decoupling Points³⁷⁹

Flexibilitätpotenzial besteht somit aus redundanten Kapazitäten und Beständen. Abbildung 3.3 stellt dies dar. Zur Bewältigung der Auswir-

³⁷⁸ Vgl. für die Ausführungen zum Decoupling Point Möslein-Tröppner (2010), S. 26; Stevenson/Spring (2007), S. 702–703; Mason-Jones et al. (2000b), S. 55–57; Hoekstra/Romme (1992), S. 8.

³⁷⁹ Quelle: Eigene Darstellung nach Hoekstra/Romme (1992), S. 7.

kungen von Unsicherheiten lassen sich diese auch gemeinsam einsetzen. Dabei dient das eher kurzfristig orientierte Bestandspotenzial dazu, einen Zeitraum zu überbrücken, der benötigt wird, um entsprechende Kapazitätspotenziale nutzbar zu machen. Diese sind in der Lage, den Wirkungen des eingetretenen Ereignisses langfristig zu begegnen. Als Beispiel kann hier ein Maschinenausfall einer kritischen Anlage genannt werden. Bis ein Ersatzgerät beschafft ist, dienen Bestände dazu, den Güterfluss in der Supply Chain aufrecht zu erhalten.³⁸⁰ Dies ist auch dann der Fall, wenn das Kapazitätspotenzial bereits vorhanden ist. Bestände überbrücken hier die zur Aktivierung der Kapazitäten notwendige Zeit, z. B. die Zeit zum Einstellen von Werkzeugen oder zum Ein- und Ausbau defekter Komponenten.

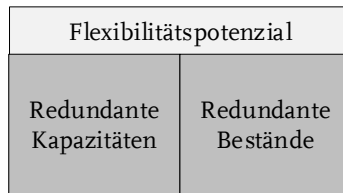


Abbildung 3.3: Zusammensetzung des Flexibilitätspotenzials³⁸¹

Sowohl beim Kapazitäts- wie auch beim Bestandspotenzial stellt sich die Frage, wie dieses zu dimensionieren ist. Dies ist wesentlich vom Flexibilitätsbedarf des betrachteten Systems abhängig.³⁸² So benötigt eine Supply Chain, deren Prozesse einfach und überschaubar sind und die über einen festen Kundenstamm verfügt, weniger Flexibilität als ein weltweites Leistungsnetzwerk, welches Güter auf volatilen Märkten anbietet. Abbildung 3.4 stellt den Zusammenhang zwischen Unsicherheiten sowie Flexibilitätsbedarf und -potenzial dar.³⁸³

³⁸⁰ Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 4.1.2.3.

³⁸¹ Quelle: Eigene Darstellung.

³⁸² Vgl. Mascarenhas (1981), S. 78–79.

³⁸³ Prater et al. (2001), S. 827 zeigen diesen Zusammenhang auch für die Agilität einer Supply Chain.

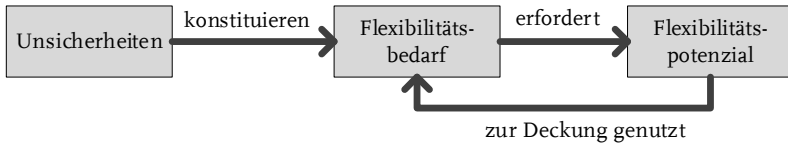


Abbildung 3.4: Zusammenhang von Unsicherheiten, Flexibilitätsbedarf und -potential³⁸⁴

Hier ist zu erkennen, dass der Bedarf an Flexibilität direkt von den zu bewältigenden Unsicherheiten abhängt und die Gestaltung des Flexibilitätspotenzials durch die vorhandenen Unsicherheiten beeinflusst wird. Gelingt es, den Flexibilitätsbedarf genau festzulegen, so lässt sich daraus das aufzubauende Potenzial ableiten. Ziel des Flexibilitätsmanagements ist es, eine angemessene Flexibilität aufzubauen, so dass es weder zu einer Überflexibilität noch zu einer Situation der Inflexibilität kommt.³⁸⁵ Diese Zone ist in Abbildung 3.5 dargestellt.

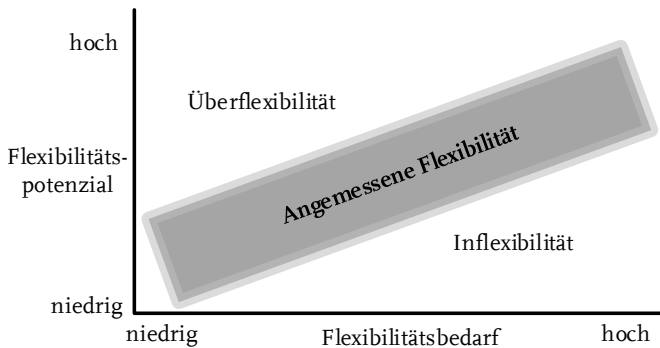


Abbildung 3.5: Zone der angemessenen Flexibilität³⁸⁶

Singer entwickelt in ihrer Arbeit eine Methode zur Erfassung des benötigten Flexibilitätsbedarfs.³⁸⁷ Das dort beschriebene Vorgehen zeigt, dass dessen Bestimmung nicht trivial und mit erheblichem Aufwand verbunden ist. Dies liegt u. a. an der in Abschnitt 3.1.2 beschriebenen Schwierigkeit, Flexibilität zu messen. Ist jedoch der konkrete Flexibili-

³⁸⁴ Quelle: Eigene Darstellung von Brehm (2003), S. 88.

³⁸⁵ Vgl. Merschmann/Thonemann (2011), S. 50–51.

³⁸⁶ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kaluza (1993), S. 1181.

³⁸⁷ Vgl. Singer (2012), S. 150–183.

tätsbedarf unklar, so verstärken sich die Unsicherheiten, unter denen Entscheidungen über das aufzubauende Flexibilitätspotenzial zu treffen sind. Der entsprechende Planungsprozess wird zum Teil als strategische Flexibilitätsplanung oder auch als Flexibilitätspolitik bezeichnet.³⁸⁸ Um begriffliche Verwechslungen mit der strategischen Planung im SCM zu vermeiden, wird im weiteren Verlauf der Arbeit von der Potenzialplanung gesprochen. Zudem suggeriert der Begriff „strategisch“ eine hierarchische Beziehung zwischen den Komponenten der Flexibilität, die nicht zwingend ist. So kann Flexibilitätspotenzial auch im Zuge der rollierenden Planung entstehen. Dies ist dann der Fall, wenn vorangegangene Entscheidungen auf der gleichen Planungsebene Handlungsalternativen zu einem späteren Zeitpunkt zulassen. Die Potenzialplanung ist der Planung über den Einsatz von Flexibilität somit zeitlich vorgelagert. Eine hierarchische Struktur ist hingegen nicht immer gegeben. Ergebnis der Potenzialplanung sind Vorgaben über das aufzubauende Flexibilitätspotenzial.

3.1.1.2 Flexibilitätseinsatz und dessen Planung

Neben der Potenzialplanung stellt die operative Flexibilitätsplanung die zweite, in Abbildung 3.1 visualisierte, untergeordnete bzw. nachgelagerte Planungsstufe im Flexibilitätsmanagement dar.³⁸⁹ Hier soll zur Vermeidung von Begriffsüberschneidungen im Weiteren nicht von der operativen Flexibilitätsplanung, sondern von der Einsatzplanung gesprochen werden. Das Ergebnis dieser Planungsstufe ist der Flexibilitätseinsatz. Im Gegensatz zur Potenzialplanung, welche Handlungsspielräume immer im Voraus kriert, beinhaltet die zielgerichtete Einsatzplanung sowohl pro- wie auch reaktive Komponenten.

Ergebnis einer proaktiven Planung des Flexibilitätseinsatzes sind Eventual- und Notfallpläne, die nur bei bestimmten Veränderungen im System oder dessen Umwelt zum Einsatz kommen. Sie sind Bestandteil von Event Management-Systemen und werden zum Teil automatisch ausgeführt, wenn bestimmte Unsicherheiten eintreten.³⁹⁰ Auch die

³⁸⁸ Vgl. Hocke (2004), S. 26.

³⁸⁹ Vgl. Singer (2012), S. 78–79; Pibernik (2001), S. 51.

³⁹⁰ Vgl. Liu et al. (2007); Otto (2003) oder Nissen (2002).

rollierende Planung generiert proaktiv Eventualpläne. Abbildung 3.6 zeigt, dass diese erstellt werden, bevor Unsicherheiten auftreten. Eine reaktive Einsatzplanung findet hingegen erst statt, wenn Umweltausprägungen bekannt sind und diese von der ursprünglichen Planung abweichen. Dabei wird das vorhandene Flexibilitätspotenzial zur Bewältigung von Unsicherheiten genutzt und bei einer kurzfristigen Anpassung bestehender Pläne bzw. bei einer Neuplanung berücksichtigt. Dies ist dann möglich, wenn das zu lösende Planungsproblem überschaubar ist und eine entsprechende deterministische Planung wenig Zeit benötigt.

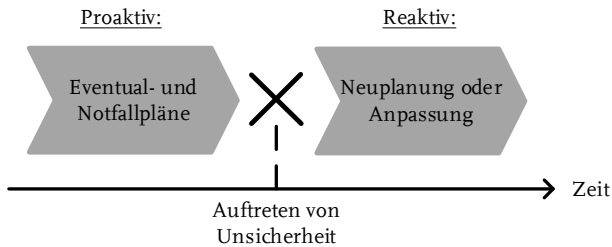


Abbildung 3.6: Pro- und reaktive Planung der Einsatzflexibilität³⁹¹

Sowohl bei der pro- wie auch der reaktiven Einsatzplanung werden die vorhandenen Handlungsspielräume, welche die Potenzialplanung aufbaut, genutzt, um Unsicherheiten zu bewältigen. Durch den Einsatz redundanter Systeme lassen sich z. B. Auftragsspitzen abfangen oder Maschinenausfälle ausgleichen. Auch die vorübergehende Abschaltung von Anlagen kann eine Entscheidung im Rahmen der Einsatzplanung darstellen. Dadurch lassen sich bei geringer Nachfrage variable Kosten sowie unnötige Bestände oder gar die Entsorgung von zu viel produzierten Gütern vermeiden. Bei der Planung der Einsatzflexibilität ist zu beachten, dass bei Aktivierung bzw. Stilllegung von Flexibilitätspotenzial ebenfalls Kosten entstehen können. Die Einsatzplanung wird zur vollständigen Darstellung der Flexibilität und ihrer Planung in diesem Kapitel weiterhin betrachtet. Allerdings stellt sie nicht den Schwerpunkt der Arbeit dar. Dieser liegt auf der Dimensionierung von Handlungs-

³⁹¹ Quelle: Eigene Darstellung.

spielräumen, welche zur Bewältigung von Unsicherheiten genutzt werden. Zunächst legt jedoch Abschnitt 3.1.2 die Möglichkeiten und Probleme bei der Operationalisierung von Flexibilität dar.

3.1.2 Möglichkeiten und Probleme bei der Messung von Flexibilität

Flexibilitätsmanagement bedeutet, festzulegen, in welcher Höhe Potenziale aufzubauen sind und wie diese genutzt werden sollen. Dafür müssen die Handlungsspielräume quantifiziert und somit Flexibilitätspotenzial operationalisiert werden. Pibernik erläutert ausführlich verschiedene quantitative Ansätze zur Messung von Flexibilität.³⁹² Diese sind in Tabelle 3.2 beschrieben. Er differenziert in die Erfassung mithilfe von Indikatoren, zulässigen Strategien, realisierten Zielwerten sowie optionsbasierten Ansätzen. Singer greift diese Struktur auf und ordnet den jeweiligen Bereichen weitere Konzepte unterschiedlicher Autoren zu.³⁹³ Sie geht zudem auf die Möglichkeit ein, Flexibilität mit traditionellen oder qualitativen Ansätzen zu messen. Auch diese Ansätze finden sich in Tabelle 3.2. Im Folgenden werden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Konzepte erläutert.

Flexibilität mithilfe von **indikatorenbasierten** Kennzahlen zu quantifizieren stellt einen praxisnahen und anwendungsorientierten Ansatz dar. Mit ihrer Hilfe lassen sich Abweichungen zwischen gewünschter und existierender Flexibilität erfassen. Die realisierbare Anwendung ist ein großer Vorteil dieser Konzepte. Allerdings bedarf es je nach Betrachtungsgegenstand u. U. sehr vieler Indikatoren, um Aussagen über die Flexibilität eines Systems treffen zu können.³⁹⁴ Zudem berücksichtigen diese Kennzahlen nicht das Ziel, welches durch die Flexibilität unterstützt werden soll.

³⁹² Vgl. Pibernik (2001), S. 92–138. Gupta/Goyal (1989) geben ebenfalls einen Überblick über Methoden zur Messung von Flexibilität.

³⁹³ Vgl. Singer (2012), S. 88–93.

³⁹⁴ Das System von Ost benötigt zur Beurteilung der Flexibilität eines Produktionssystems 33 Kennzahlen [vgl. Ost (1995), S. 155]. Pauli betrachtet ein ganzes Unternehmen und kommt hier mit 37 Größen zur Bestimmung der Flexibilität aus [vgl. Pauli (1987), S. 88–135].

Ansatz	Beschreibung
Indikatorenbasierte Ansätze:	Erfassung von Flexibilität durch Kennzahlen bzw. Kennzahlensysteme.
Messung anhand zulässiger Strategien:	Flexibilitätsbewertung aufgrund der Anzahl an Strategien, die nach einer Aktion zur Verfügung stehen.
Messung anhand der realisierten Zielwerte:	Flexibilität wird als Verhältnis der realisierten Zielwerte zu den optimalen Zielwerten dargestellt.
Optionsbasierte Ansätze:	Bewertung der Flexibilität als Realoption gemäß der Optionspreistheorie.
Traditionelle Bewertungsverfahren:	Einsatz der Investitions- und Kostenrechnung oder des Risikomanagements zur Flexibilitätsbewertung.
Qualitative Verfahren:	Bewertung aufgrund von Experteneinschätzungen und empirischen Untersuchungen.

Tabelle 3.2: Ansätze zur Messung von Flexibilität³⁹⁵

Dies ist laut Pibernik ebenfalls an den Ansätzen zu kritisieren, die Flexibilität anhand der **zulässigen Strategien** messen. Er argumentiert, dass diese Messgrößen auch Strategien, die nicht zur Zielerreichung des Systems beitragen, als zusätzliche Flexibilität bewerten. Laut Singer ist nicht der mangelnde Zielbezug, sondern die nicht gegebene Anwendbarkeit das primäre Problem dieser Gruppe von Messinstrumenten. Gleiches gilt für Methoden, die auf **realisierten Zielwerten** aufbauen. Die mangelnde Anwendbarkeit liegt insbesondere in der Abstraktheit dieser Konzepte begründet. Reale Entscheidungsprozesse über den Einsatz von Flexibilität auf dieses Niveau zu abstrahieren und in der institutionellen Praxis umzusetzen ist nicht vorstellbar.

³⁹⁵ Die Inhalte der Tabelle stellen eine Zusammenfassung der Ausführungen von Singer (2012), S. 88–93, sowie Pibernik (2001), S. 92–138, dar. Die weiteren Erläuterungen dieses Abschnittes beziehen sich ebenfalls auf diese Quellen.

Ähnliches gilt für **optionsbasierte Verfahren**. Auch hier ist eine entsprechende Abstraktion notwendig. Zudem muss die Möglichkeit bestehen, Sachgüter zu teilen, um sie als Realloption an Finanzmärkten zu handeln. Dies ist im erforderlichen Ausmaß nur theoretisch möglich. Bei der Betrachtung von **traditionellen Bewertungsverfahren** muss festgestellt werden, dass diese keine Aussage über Flexibilität zulassen. **Qualitative Verfahren** ermöglichen es hingegen, Aussagen über das Flexibilitätspotenzial sowie über den -bedarf zu treffen. Gegen ihre Anwendung spricht die allgemein beim Einsatz von qualitativen Methoden vorhandene Subjektivität. Tabelle 3.3 fasst die Probleme, die gegen die Verwendung des jeweiligen Ansatzes sprechen, zusammen.

Bewertungsansatz	Anwendungsproblem
Indikatorenbasierte Ansätze:	Große Anzahl an Kennzahlen
	Fehlender Zielbezug
Messung anhand zulässiger Strategien:	Fehlender Zielbezug
Messung anhand der realisierten Zielwerte	Hoher Abstraktionsgrad
Optionsbasierte Ansätze	Hoher Abstraktionsgrad
	Fehlende Teilbarkeit von Gütern
Traditionelle Bewertungsverfahren	Fehlende Aussagekraft
Qualitative Verfahren	Subjektivität

Tabelle 3.3: Probleme bei der Anwendung von Bewertungsverfahren zur Messung von Flexibilität

Insgesamt muss festgestellt werden, dass trotz der Forschungsanstrengungen der vergangenen Jahre die Aussage von Kaluza/Blecker weiter Bestand hat, wonach „[...] kein dezidiertes und allgemeingültiges Modell

zur Messung der Flexibilität existiert [...].³⁹⁶ Dies gilt auch für den Kontext des SCM.³⁹⁷ Die vielen Teilsysteme einer Supply Chain bezüglich ihrer Flexibilität zu bewerten und dies abschließend zu einer Aussage über die Gesamtflexibilität des Leistungsnetzwerkes zu verdichten, erscheint äußerst komplex. Aus anwendungsorientierter Sicht sind indikatorbasierte Kennzahlen sowie qualitative Verfahren am besten zur Operationalisierung von Flexibilitätsbedarf und –potenzial geeignet.³⁹⁸ Ob und welche Messgröße im Rahmen des Flexibilitätsmanagements genutzt wird, ist eine Entscheidung, die stark vom jeweils betrachteten System und dessen Zielsetzung abhängt. Zum jetzigen Zeitpunkt kann die betriebswirtschaftliche Forschung keine klare Empfehlung aussprechen. Zudem ist die Auswahl vom Anwendungsfall abhängig. Dies ist auch bei der Nutzenbewertung von Flexibilität zu berücksichtigen. Sie wird zusammen mit deren Kosten im folgenden Abschnitt 3.1.3 betrachtet.

3.1.3 Kosten und Nutzen von Flexibilität

Die in Abschnitt 3.1.2 aufgezeigten Probleme bei der Messung von Flexibilität haben Einfluss auf deren Kosten- und Nutzenbewertung. Die Kosten der Flexibilität setzen sich zum einen aus den Investitionskosten für den Aufbau und die Aufrechterhaltung des entsprechenden Potenzials, sowie den Kosten für dessen Nutzung zusammen.³⁹⁹ Eine entsprechende Darstellung der zu beachtenden Faktoren ist in Abbildung 3.7 zu finden.

³⁹⁶ Kaluza/Blecker (2005), S. 10. Vgl. auch Singer (2012), S. 93; Möslein-Tröppner (2010) S. 47; Upton (1994), S. 76. Grundsätzliche Herausforderungen bei der Erfassung von Flexibilität entstehen auch aus der Uneinigkeit über das Konzept der Flexibilität [vgl. Sethi/Sethi (1990), S. 289]. Laut Slack ist ein Potenzial zudem nicht immer zu erkennen und daher auch nicht zu messen [vgl. Slack (1983), S. 12]. Die Multidimensionalität der Flexibilität stellt wohl das grundlegendste Problem bei deren Messung dar [vgl. Singer (2012), S. 87].

³⁹⁷ Vgl. Fantazy et al. (2009), S. 186; Swafford et al. (2006), S. 179.

³⁹⁸ Vgl. Singer (2012), S. 92–93.

³⁹⁹ Vgl. Singer (2012), S. 80–81; Hocke (2004), S. 42–43; Pibernik (2001), S. 55; Kaluza (1993), S. 1179; Gupta/Goyal (1989), S. 126; Horváth/Mayer (1986), S. 75.

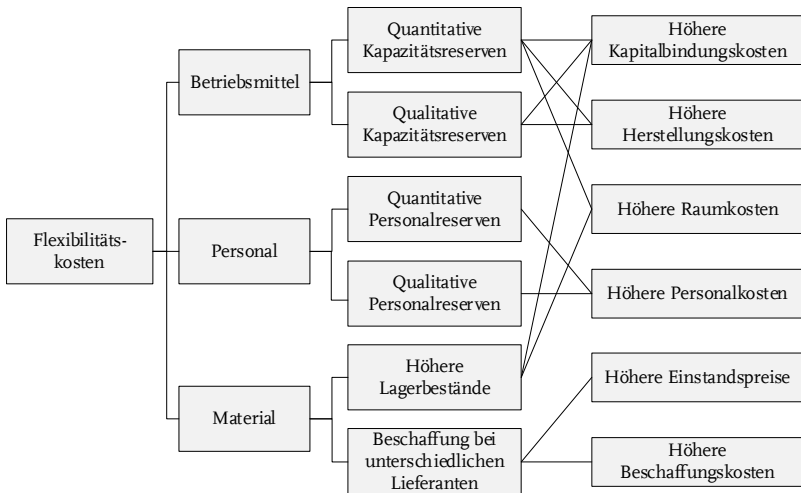


Abbildung 3.7: Kosten von Flexibilitätspotenzial⁴⁰⁰

Den Kosten steht der Flexibilitätsnutzen gegenüber. Dieser ergibt sich zum einen aus Risiken, die mithilfe der vorhandenen Flexibilität bewältigt werden können, zum anderen aus den Chancen, deren Realisation durch die vorhandene Flexibilität möglich ist.⁴⁰¹ Der Nutzen lässt sich jedoch nur ex post feststellen.⁴⁰² Aufgrund der Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen ist zum Zeitpunkt der Planung nicht bestimmbar, welcher Nutzen sich aus einem bestimmten Flexibilitätsniveau ergibt. Der Vorschlag, den Nutzen durch Opportunitätskosten zu quantifizieren, stößt an die gleichen Hindernisse. Werden etwa Konventionalstrafen oder entgangene Deckungsbeiträge zur Messung des Nutzens herangezogen, so ist auch deren Auftreten im Vorfeld nicht zu bestimmen. Zudem werden qualitative Leistungsmerkmale, wie eine hohe Lieferbereit-

⁴⁰⁰ Quelle: Eigene Darstellung von Corsten/Gössinger (2016), S. 22; Schauerhuber (1998), S. 67.

⁴⁰¹ Vgl. Kaluza (1993), S. 1179; Jacob (1990), S. 53–55.

⁴⁰² Vgl. Pibernik (2001), S. 55.

schaft, nicht berücksichtigt.⁴⁰³ Der Nutzen von Flexibilität lässt sich somit nicht ohne Weiteres quantifizieren.⁴⁰⁴

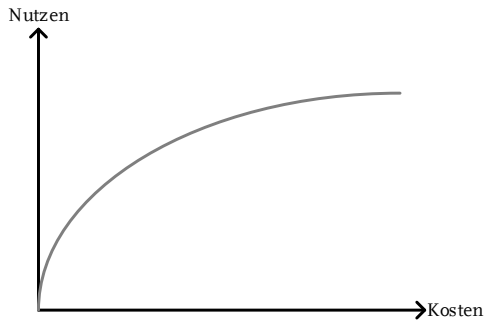


Abbildung 3.8: Beispielhafter Verlauf der Nutzenkurve von Flexibilität⁴⁰⁵

Zusammen mit den grundsätzlichen, in Abschnitt 3.1.2 erläuterten Schwierigkeiten bei der Operationalisierung von Flexibilität, führt dies dazu, dass ein klassisches Optimierungsverfahren zwar theoretisch denkbar, in der Managementpraxis jedoch nicht umsetzbar ist.⁴⁰⁶ Es ist bis jetzt nicht gelungen, eine Methode zu entwickeln, die das Flexibilitätspotenzial so dimensioniert, dass es Handlungsspielräume schafft, um alle Unsicherheiten zu bewältigen und gleichzeitig die Kosten den Nutzen der Flexibilität nicht übersteigen. Der Grund hierfür liegt im sogenannten „Dilemma der Flexibilitätsplanung“: Ab einem gewissen Niveau übersteigen die Kosten des Flexibilitätspotenzials dessen Nutzen und führen somit zu steigenden Gesamtkosten.⁴⁰⁷ Dies liegt im Verlauf der Nutzenkurve der Flexibilität begründet, welche einen abnehmenden Grenznutzen aufweist, wie er beispielhaft in Abbildung 3.8 dargestellt

⁴⁰³ Vgl. Pibernik (2001), S. 56.

⁴⁰⁴ Vgl. Corsten/Gössinger (2016), S. 22; Damisch (2002), S. 118–119; Adam (1993), S. 6–7.

⁴⁰⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

⁴⁰⁶ Vgl. Tang/Tomlin (2008), S. 24; Kaluza (1993), S. 1179. Pibernik führt aus, dass es durchaus möglich ist, Flexibilität zu bewerten. Allerdings kann aufgrund der Schwierigkeiten bei der Messung von Kosten und Nutzen ein Optimum nicht ermittelt werden [vgl. Pibernik (2001), S. 57; Adam (1993), S. 6–7].

⁴⁰⁷ Vgl. Burmann (2007), S. 513; Pibernik (2001), S. 56.

ist.⁴⁰⁸ Mehr Flexibilität ist daher nicht immer besser, allerdings auch nicht nötig. So wurde gezeigt, dass bereits ein gewisses Maß an Flexibilität ausreicht, um einen Großteil der auftretenden Unsicherheiten zu bewältigen.⁴⁰⁹ Das Ausmaß der aufzubauenden Potenziale hat sich, wie in Abschnitt 3.1.1.1 erläutert, am entsprechenden Bedarf zu orientieren. Verfahren, mit welchen sich Flexibilitätspotenzial ex ante planen lässt, ohne dass der Bedarf bekannt ist, betrachtet Abschnitt 3.2.

3.2 Planung von Flexibilitätspotenzial durch die Integration von Unsicherheiten in Planungsmodelle

Die Ausführungen zur Flexibilität in Abschnitt 3.1 führen zu folgenden Rahmenbedingungen bei deren Planung:

- Flexibilität wird durch das Schaffen von Handlungsspielräumen im Zuge der Potenzialplanung erzeugt. Die Einsatzplanung nutzt das Potenzial, um Unsicherheiten zu bewältigen.
- Die Flexibilität eines Systems zu messen stellt eine große Herausforderung dar, welche nicht allgemein und nur mit Einschränkungen bewältigt werden kann.
- Eine möglichst große Flexibilität ist nicht zielführend, vielmehr ist ihr Ausmaß am Bedarf auszurichten.
- Die Schwierigkeiten bei der Quantifizierung von Flexibilitätsnutzen verhindern das Bestimmen eines optimalen Flexibilitätsniveaus.

Die Flexibilitätsplanung hat unter diesen Voraussetzungen die Aufgabe, festzulegen, in welchem Umfang Potenzial aufgebaut und genutzt wird. Da sich das optimale Niveau des Flexibilitätspotenzials nicht ermitteln lässt, gilt es, alternative Ansätze zu nutzen, um Entscheidungen über

⁴⁰⁸ Vgl. Tang/Tomlin (2009), S. 165; Tang/Tomlin (2008), S. 18–23. Bei der dargestellten Nutzenkurve handelt es sich um ein Beispiel. Die entsprechenden Funktionen sind für jedes System unterschiedlich und deshalb sowie aufgrund der geschilderten Sachverhalte nur ex post zu ermitteln.

⁴⁰⁹ Vgl. Bassamboo et al. (2012); Tang/Tomlin (2008), S. 24; Garavelli (2003), S. 151; Jordan/Graves (1995), S. 578.

benötigte und aufzubauende Handlungsspielräume zu treffen. Zudem ist diese Aufgabe nicht unabhängig vom Planungsprozess des SCM. Sie ist in diesen zu integrieren. Dies gelingt bei analytischer Betrachtung durch die Nutzung von Verfahren, welche die zu bewältigenden Unsicherheiten in die entsprechenden Planungsmodelle integrieren. Diese werden im weiteren Verlauf der Arbeit betrachtet. Durch ihren Einsatz soll untersucht werden, wie Entscheidungen über die Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial zu treffen sind. Planungsverfahren der künstlichen Intelligenz, Simulation oder hybride Ansätze, die ebenfalls in der Supply Chain-Planung anzutreffen sind, werden nicht analysiert.⁴¹⁰ Einen Überblick über diese geben Peidro et al.⁴¹¹ Die betrachteten, analytische Methoden, die im Zuge des Flexibilitätsmanagements in Supply Chains eingesetzt werden, lassen sich zwei Kategorien zuordnen:

- Stochastische Optimierungsmodelle
- Robuste Optimierungsmodelle

Die folgenden Abschnitte 3.2.1 und 3.2.2 erläutern die Grundlagen der jeweiligen Vorgehensweise. Pibernik setzt für die Flexibilitätsplanung in Supply Chains ebenfalls die stochastische Optimierung ein, wobei er zeitliche Interdependenzen mithilfe eines dynamischen Modells betrachtet.⁴¹² Daher stellt Abschnitt 3.2.3 dieses auch als flexible Planung bezeichnete Vorgehen vor.

3.2.1 Prinzip der stochastischen Optimierung

Die stochastische Optimierung betrachtet, wie der Name sagt, Optimierungsmodelle.⁴¹³ Dies bedeutet, dass im Zuge der Entscheidung keine explizite Bewertung aller möglichen Alternativen stattfindet. Diese werden vielmehr implizit durch ein Restriktionssystem abgebildet. Mithilfe

⁴¹⁰ Bei der in Kapitel 4 durchgeführten Simulationsstudie handelt es sich um eine quantitative Forschungsmethode, nicht um ein Planungsverfahren zur Bewältigung von Unsicherheiten.

⁴¹¹ Vgl. Peidro et al. (2009).

⁴¹² Vgl. Pibernik (2001).

⁴¹³ Vgl. für den Zusammenhang zwischen Planungs-, Entscheidungs- und Optimierungsmodellen Klein/Scholl (2011), S. 40–41.

einer Zielfunktion lässt sich die Alternative ermitteln, die unter den gegebenen Umständen das optimale Ergebnis erzielt. Dabei ist ein Teil der verwendeten Parameter v des Planungsmodells unsicher.⁴¹⁴ Dies betrifft insbesondere Elemente, die Umweltbedingungen abbilden. Daher ist ein Ergebnis e des Modells neben der gewählten Alternative a vom Umweltzustand s abhängig: $e(a; s)$. Auch die Nebenbedingungen sind nicht immer deterministisch. Unsichere Parameter \tilde{v} können auf verschiedene Arten abgebildet werden. Das Prinzip der stochastischen Optimierung basiert auf der Nutzung von Verteilungsfunktionen.⁴¹⁵ Allerdings setzt dieses Vorgehen voraus, dass entsprechende Funktionen existieren. Dies ist i. d. R. nicht der Fall.⁴¹⁶ Daher werden alternativ verschiedene Szenarien $S = \{s^1, \dots, s^m, \dots, s^M\}$ für die unsicheren Parameter entwickelt.⁴¹⁷ Diese beinhalten meist Best- und Worst Case-Modelle sowie ein Durchschnittsszenario. Zum Abbilden der vermuteten Verteilungsfunktion wird jedes Szenario s^m mithilfe einer Wahrscheinlichkeit p_{s^m} gewichtet. Dieses Vorgehen führt dazu, dass die geschätzten Parameterausprägungen stärker gebündelt sind als bei einer Verteilungsfunktion. Für die unsicheren Parameter \tilde{v} lässt sich somit folgender Zusammenhang formulieren:

$$\tilde{v} = \sum_{m=1}^M p_{s^m} \cdot s^m \quad (3-1)$$

Dieser wird genutzt, um die unsicheren Werte durch deterministische zu ersetzen. Aufbauend auf der linearen Optimierung, bei der sowohl die Zielfunktion mit dem Zielwert z wie auch das Restriktionssystem $C \leq d$ linear sind, kann ein entsprechendes Modell formuliert werden.⁴¹⁸

⁴¹⁴ Vgl. für die weiteren Ausführungen zur stochastischen Optimierung Klein/Scholl (2011), S. 47 und S. 52; Freiwald (2005), S. 117–122; Thorn (2002), S. 160–166; Scholl (2001), S. 186–204.

⁴¹⁵ Es wird daher auch von Ersatzmodellen gesprochen [vgl. Thorn (2002), S. 117; Scholl (2001), S. 186–187].

⁴¹⁶ Vgl. Bamberg et al. (2012), S. 70–71.

⁴¹⁷ Vgl. für die Besonderheiten bei szenariobasierten Ansätzen Freiwald (2005), S. 121–123.

⁴¹⁸ Vgl. für dieses Modell Freiwald (2005), S. 117.

$$\max \bar{z}(x) \quad (3-2)$$

$$\bar{C}(x) \leq \bar{d} \quad (3-3)$$

$$x \geq 0 \quad (3-4)$$

In der Zielfunktion (3-2), die einen Zielwert maximiert, wie auch auf der rechten wie der linken Seite des Restriktionssystems (3-3) können Parameter unsicher sein: \bar{z} , \bar{C} , \bar{d} . Dies sind z. B. die Nachfrage, Kapazitäten, Produktionskoeffizienten, Transportrelationen oder Kostensätze.

x stellt dabei den Vektor der Entscheidungsvariablen dar. Dessen Ausprägungen nach der Optimierung entsprechen der umzusetzenden Handlungsalternative a aus der Alternativenmenge $A = \{a^1, \dots, a^l, \dots, a^L\}$. Auch bei \bar{d} handelt es sich um einen Vektor. \bar{C} stellt eine Matrix dar. Diese Ausdrücke bilden alle Nebenbedingungen ab, wobei manche Parameter unsicher sind.

Modellvarianten	Modellbeschreibung
Erwartungswertmodelle:	Ersetzt unsicheren Parameter durch Erwartungswerte. Modelle lassen sich mit Verfahren der deterministischen Optimierung lösen. Ergebnisse der Optimierung können u. U. unzulässig sein.
Chance Constrained-Modelle:	Ziel ist eine Erwartungswert optimierende Lösung. Verletzungen der Nebenbedingungen sind bei Einhalten vorgegebener Wahrscheinlichkeiten zulässig.
Fat Solution-Modelle:	Die Zielfunktion optimiert den Erwartungswert, wobei alle Nebenbedingungen einzuhalten sind.
Kompensationsmodelle:	Modelle, die Verletzungen der Nebenbedingungen durch Kompensationsmaßnahmen ausgleichen. Gesucht ist ein Optimum des Erwartungswertes.

Tabelle 3.4: Modellvarianten der stochastischen Optimierung⁴¹⁹

⁴¹⁹ Vgl. für die Ausführungen in Tabelle 3.4 Freiwald (2005), S. 118–121; Thorn (2002), S. 160–166; Scholl (2001), S. 196–205.

Das hier formulierte Modell wird als Erwartungswertmodell bezeichnet. Häufig ist es bei diesem Modelltyp nicht möglich, eine Lösung zu finden, die für alle Ausprägungen optimal ist und dabei alle Nebenbedingungen erfüllt. Abhängig vom Umgang mit Restriktionen haben sich alternativ zum Erwartungswertmodell weitere Ansätze entwickelt. Sie sind in Tabelle 3.4 aufgeführt und erläutert.

Den Erwartungswert der Zielfunktion zu maxi- oder minimieren gilt allgemein als Ziel der stochastischen Optimierung. Alternativ ist auch vorstellbar, die in Kapitel 2 erläuterten Entscheidungskriterien zu verwenden. Eine entsprechende Auswahl ist abhängig vom Risikoverhalten des Handelnden. Bei risikoaversen Verhalten ist zu überlegen, ob robuste Optimierungsmodelle eingesetzt werden. Auf diese geht Abschnitt 3.2.2 ein.

3.2.2 Prinzip der robusten Optimierung

Wie bei der stochastischen Optimierung, aus der sich die robuste Optimierung entwickelt hat, integriert diese Unsicherheiten über Parameter in die jeweiligen Modelle.⁴²⁰ Ziel ist es, Lösungen zu ermitteln, die für alle möglichen Umweltentwicklungen gute oder zumindest akzeptable Ergebnisse erzielen.⁴²¹ Ein solches Ergebnis wird als robust bezeichnet. Dabei lässt sich in Ergebnis-, Zulässigkeits-, Optimalitäts-, Planungs-, Informations- oder Bewertungsrobustheit unterscheiden.⁴²² Flexibilitätspotenzial ist demnach so festzulegen, dass es trotz auftretender Unsicherheiten möglich ist, die Supply Chain-Ziele zu erfüllen. Diese In-

⁴²⁰ Zum Teil findet sich auch die Meinung, dass es sich bei robusten Modellen ebenfalls um die stochastische Optimierung handelt und diese ähnlich der Tabelle 3.4 eingeteilt werden können [vgl. Herrmann/Engelberger (2015), S. 28–42]. Die Ausführungen in Abschnitt 3.2.4 zeigen ebenfalls, wie nahe sich die Ansätze zum Teil sind. Aufgrund der häufig vorgenommenen Differenzierung sowie den unterschiedlichen Intentionen beim Einsatz des jeweiligen Ansatzes wird hier eine separate Betrachtung vorgenommen.

⁴²¹ Vgl. Freiwald (2005), S. 123.

⁴²² Die englischsprachige Literatur kennt nur die Zulässigkeits- sowie die Optimalitätsrobustheit. Insbesondere Scholl beschreibt die weiteren Arten der Robustheit von Optimierungsmodellen und deren Ergebnissen [vgl. für eine ausführliche Darstellung sowie Diskussion Scholl (2001), S. 98–115]. Ein kompakter Überblick findet sich bei Freiwald (2005), S. 123–128.

tention lässt sich mit der Ergebnisrobustheit beschreiben.⁴²³ Daher dient diese für die weitere Betrachtung als Grundlage.

Die robuste Optimierung baut auf der Szenariotechnik auf.⁴²⁴ Ein Szenario stellt hier eine mögliche Kombination von Ausprägungen der Umweltparameter dar. Scholl differenziert die robuste Optimierung in die zwei, in Tabelle 3.5 aufgeführten, Strömungen.⁴²⁵

Ansätze	Modellbeschreibung
Ansatz von Mulvey et al. ⁴²⁶	Suche nach Lösung, die nahe dem Optimum aller Szenarien liegt und möglichst immer zulässig ist. Die multikriterielle Zielfunktion kann durch den Erwartungswert, das Maximin-Kriterium oder Streumaße gestaltet werden. Verletzungen der Nebenbedingungen sind möglich und werden mithilfe von Kontrollvariablen modelliert, die durch eine Straffunktion in die Zielfunktion integriert sind. Sie mindern dadurch den Zielfunktionswert.
Ansatz von Kouvelis et al. ⁴²⁷	Die Risikoeinstellung der Entscheider wird durch das Maximin-Kriterium, den absoluten oder den relativen Maximin-Regret in der Zielfunktion abgebildet. Diese bereits risikoaverse Modellgestaltung wird dadurch verstärkt, dass Verletzungen der Nebenbedingungen nicht zulässig sind.

Tabelle 3.5: Handhabung der Verletzung von Nebenbedingungen

Dies ist zum einen der zweistufige Ansatz von Mulvey et al. sowie das durch die Arbeiten von Kouvelis et al. geprägte, einstufige Vorgehen.⁴²⁸

⁴²³ Vgl. Scholl (2001), S. 99–102.

⁴²⁴ Vgl. Herrmann/Englberger (2015), S. 28.

⁴²⁵ Vgl. für die weiteren Ausführungen zur Differenzierung Freiwald (2005), S. 124–126 und Scholl (2001), S. 174–186.

⁴²⁶ Vgl. Freiwald (2005), S. 124–125 und Scholl (2001), S. 176. Hier finden sich auch weitere Erläuterungen zur robusten Optimierung nach Mulvey et al.

⁴²⁷ Für eine Zusammenfassung zur robusten Optimierung nach Kouvelis et al. vgl. Freiwald (2005), S. 125–126; Scholl (2001), S. 182.

⁴²⁸ Vgl. Mulvey et al. (1995) sowie Kouvelis et al. (1992).

In Abhängigkeit des betrachteten Modellierungsansatzes werden die Szenarien mit Wahrscheinlichkeiten gewichtet oder – alternativ – gleichverteilt behandelt. Auch bei der Ausgestaltung der Zielfunktion lassen sich verschiedene Varianten finden. Um die Robustheit der Lösung zu erhöhen, sind risikoaverse Kriterien wie der Regret oder das Maximin-Kriterium einzusetzen. Die Ausführungen in Tabelle 3.5 zeigen, dass sich zudem Unterschiede beim Umgang mit Verletzungen der Restriktionen ergeben.

Auf ihren grundsätzlichen Gedanken reduziert, kann das Vorgehen der robusten Optimierung wie folgt beschrieben werden: Zunächst wird für jedes Szenario eine optimale Lösung ermittelt. Anschließend kombiniert die Zielfunktion die Ergebnisse der Optimierung und ermittelt eine Lösung, die für alle Szenarien ein möglichst gutes bzw. akzeptables Ergebnis bedeutet. Ob dies durch Gewichtung, Addition oder eine andere Form erfolgt, ist vom Risikoverhalten des Entscheiders sowie der konkreten Problemstellung abhängig. Nachfolgend findet sich beispielhaft die Darstellung eines linearen Grundmodells der robusten Optimierung:⁴²⁹

$$\text{maximin } \tilde{z}(x) \tag{3-5}$$

$$\tilde{C}(x) \leq \tilde{d} \tag{3-6}$$

$$x \geq 0 \tag{3-7}$$

Wie bei der stochastischen Optimierung wird die Alternativenmenge durch ein Restriktionssystem (3-6) dargestellt. Hier wie auch in der Zielfunktion (3-5) können Parameter unsicher \tilde{v} sein. Diese werden in der robusten Optimierung durch Szenarien $S = \{s^1, \dots, s^m, \dots, s^M\}$ abgebildet. Die hier angegebene Zielfunktion (3-5) ermittelt für jedes Szenario zunächst das Minimum. Anschließend wird aus diesen Ergebnissen der Vektor x ausgewählt, der das Zielkriterium maximiert. Dieses Vorgehen

⁴²⁹ Grundsätzlich lassen sich robuste Optimierungsmodelle auf unterschiedlichste Arten formulieren [vgl. Herrmann/Englberger (2015), S. 29–42 oder Scholl (2001), S. 205–212]. Die hier gewählte Form zeigt die Ähnlichkeit zur stochastischen Optimierung. Unterschiede treten bei konkreten Problemstellungen insbesondere in der Zielfunktion auf.

sorgt für eine robuste Lösung, deren Umsetzung dazu führt, dass das betrachtete System auch im Worst Case sein Sachziel erreicht.

3.2.3 Prinzip der flexiblen Planung mithilfe der stochastischen dynamischen Optimierung

Pibernik setzt zur Flexibilitätsplanung die flexible Planung ein, um eine Entscheidung zwischen alternativen Investitionsmöglichkeiten zu treffen.⁴³⁰ Bei diesem Vorgehen findet im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Methoden eine explizite Bewertung jeder Handlungsalternative statt. Dabei wird berücksichtigt, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt getroffene Entscheidungen Einfluss auf die zukünftigen Entscheidungsmöglichkeiten haben.⁴³¹ Zeitliche Interdependenzen spielen bei diesem Planungsansatz somit eine wichtige Rolle. Um entsprechende Wechselwirkungen abzubilden, ist der Planungszeitraum T durch verschiedene Betrachtungszeitpunkte $t = 1, \dots, T$ in mehrere Teilperioden einzuteilen. In jeder Periode $[t, t + 1]$ ist eine Entscheidung über eine auszuführende Alternative a_t aus der Menge der zu diesem Zeitpunkt möglichen Alternativen $A_t = \{a_t^1, \dots, a_t^l, \dots, a_t^L\}$ zu treffen. Neben der gewählten Alternative ist der Zielwert am Ende einer Periode vom jeweiligen Szenario s_t aus der Menge der möglichen Umweltzustände $S_t = \{s_t^1, \dots, s_t^m, \dots, s_t^M\}$ sowie des Zustandes r_t des Systems abhängig. Welche Ausprägung s_t annimmt, ist nicht sicher. Es handelt sich dabei um die vektorwertige Beschreibung der relevanten Umweltfaktoren. Diese können entweder durch Verteilungsfunktionen oder durch entsprechende Szenarien abgebildet werden. Letzteres Vorgehen erlaubt es, auch für stochastische dynamische Entscheidungssituationen deterministische Ersatzmodelle zu erstellen. Die Unsicherheit über die eintretenden Umweltzustände lässt sich dabei mithilfe von Wahrscheinlichkeitsbewertungen $p_{s_t^m}$ abbilden. r_t^u beschreibt in einem solchen Modell die Situation, in der sich das System aufgrund vorangegangener Ent-

⁴³⁰ Vgl. Pibernik (2001). Vgl. für die folgende formale Darstellung stochastischer dynamischer Planungsmodelle sowie deren Eignung zur flexiblen Planung Pibernik (2001), S. 84–91. Vgl. allgemein zur flexiblen Planung Scholl (2001), S. 155–163.

⁴³¹ Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 447.

scheidungen sowie aufgrund der Umweltzustände zum Zeitpunkt t befindet. Dieser entspricht dem Ende der Periode $[t - 1, t]$ bzw. dem Anfang der Periode $[t, t + 1]$. r_t^u ist Teil der Menge der Systemzustände $R_t = \{r_t^1, \dots, r_t^u, \dots, r_t^U\}$ zum Zeitpunkt t . Den Übergang von Zustand r_t zu r_{t+1} beschreibt die Zustandstransformationsfunktion g_t . Mithilfe dieser Funktion sowie der drei Mengen lässt sich das Entscheidungsfeld eines dynamischen Planungsmodells beschreiben. Seine Struktur kann zudem durch einen Entscheidungsbaum, wie er in Abbildung 3.9 dargestellt ist, visualisiert werden.⁴³²

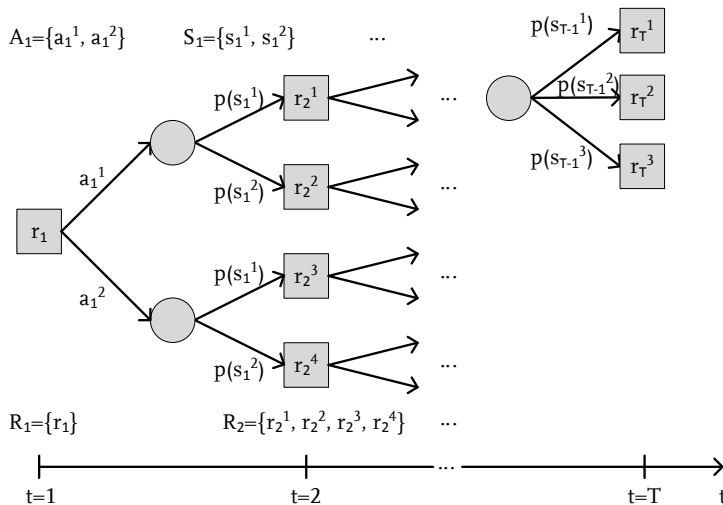


Abbildung 3.9: Entscheidungsbaum eines stochastischen dynamischen Planungsmodells⁴³³

Ein Entscheidungsbaum besteht aus zwei Arten von Knoten sowie deren Verbindungen. Rechteckige Knoten stellen dabei Entscheidungspunkte dar. Sie beschreiben einen Systemzustand. An diesem stehen einem Entscheider verschiedene Handlungsalternativen zur Wahl. Ausgangspunkt der Überlegungen in Abbildung 3.9 ist der Systemzustand r_1 zum

⁴³² Vgl. zu Entscheidungsbäumen neben Pibernik (2001), S. 84–86 auch Klein/Scholl (2011), S. 447–449.

⁴³³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Pibernik (2001), S. 85.

Zeitpunkt $t = 1$. Es ist möglich, eine Alternative aus der Menge A_1 zu wählen. Da nicht sicher ist, wie sich die Umwelt entwickelt, folgen anschließend Umwelt- bzw. stochastische Zufallsknoten. Diese sind als Kreise in Abbildung 3.9 dargestellt. In Abhängigkeit der eintretenden Szenarien aus der Menge der möglichen Umweltausprägungen S_1 zum Zeitpunkt $t = 1$ ergeben sich die Systemzustände R_2 . Diese Struktur lässt sich bis zum Zeitpunkt $t = T$ weiterführen, wobei die hier aufgeführte Anzahl von zwei bzw. drei alternativen Handlungen nur ein Beispiel darstellt. Den einzelnen Szenarien s wird jeweils eine Eintrittswahrscheinlichkeit p zugeordnet.

Mithilfe des sogenannte „Roll Back-Verfahrens“ lässt sich für einen vollständig dargestellten Entscheidungsbaum die optimale Lösung festlegen.⁴³⁴ Dabei werden, beginnend zum Zeitpunkt $t = T$, die Zielwerte der jeweiligen Systemzustände r_t in Richtung der Wurzel des Baumes an den Umweltknoten mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten p_s^m der Szenarien gewichtet. An den Entscheidungsknoten ist jeweils die Alternative zu wählen, die den für das verfolgte Ziel besseren Erwartungswert aufweist. So ergibt sich die zum Zeitpunkt $t = 1$ zu wählende Entscheidung sowie die Eventualpläne für die folgenden Perioden. Ein Eventualplan ist dann umzusetzen, wenn die eintretenden Umweltzustände einem Szenario entsprechen. Sollte dies nicht der Fall sein, sind die Pläne zu überarbeiten. Neben dem Entscheidungsbaum kann die Entscheidungssituation auch durch ein stochastisches dynamisches Optimierungsmodell dargestellt werden:⁴³⁵

$$\max \tilde{z} = EW[\tilde{z}_2((\tilde{r}_1, a_1, \tilde{s}_1), \dots, \tilde{z}_T(r_{T-1}, a_{T-1}, \tilde{s}_{T-1}))] \quad (3-8)$$

$$\tilde{r}_t \in R_t(t = 1, \dots, T) \quad (3-9)$$

$$a_t \in A_t(r_t) = (t = 1, \dots, T - 1) \quad (3-10)$$

$$\tilde{r}_{t+1} = g_t(r_t, a_t, \tilde{s}_t)(t = 1, \dots, T - 1) \quad (3-11)$$

Die Zielfunktion des Modells findet sich in (3-8). Dabei wird die Maximierung des Zielwertes \tilde{z} angestrebt. Aufgrund der vorliegenden Unsicherheit handelt es sich dabei um einen Erwartungswert EW . Dieser

⁴³⁴ Vgl. für dieses Vorgehen Klein/Scholl (2011), S. 449–451.

⁴³⁵ Vgl. zur formalen Darstellung Pibernik (2001), S. 87.

setzt sich aus den unsicheren Zielwerten $\tilde{z}_2, \dots, \tilde{z}_t, \dots, \tilde{z}_T$ zusammen. Die einzelnen Zielwerte ergeben sich in Abhängigkeit der zum jeweiligen Zeitpunkt t gewählten Alternative a_t , den unsicheren Umweltentwicklungen \tilde{s}_t und den sich daraus ergebenden Zuständen r_t . Den Zustandsübergang zwischen den Zeitpunkten beschreibt die in (3-11) angegebene Zustandstransformationsfunktion. Alternativ zur Maximierung ist es auch bei dynamischen Planungsmodellen möglich, andere Zielkriterien festzulegen.⁴³⁶

3.2.4 Zusammenfassung der Möglichkeiten der Integration von Unsicherheiten in Planungsmodelle

In den bisherigen Ausführungen des Abschnittes 3.2 wurden verschiedene Methoden vorgestellt, mit denen sich Unsicherheiten in Planungsmodelle integrieren lassen. Dieser Abschnitt 3.2.4 fasst die Vorgehensweisen zusammen und stellt Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Methoden vor. Als Differenzierungskriterien dienen dabei zum einen die Art, wie Unsicherheiten in die Modelle integriert werden, sowie zum anderen, welche Zielfunktion Verwendung findet und welche Interdependenzen im Vordergrund der Betrachtung stehen.

Die stochastische Optimierung verfolgt den Ansatz, unsichere Parameter mithilfe von Verteilungsfunktionen abzubilden.⁴³⁷ Alternativ lassen sich mit Wahrscheinlichkeiten gewichtete Szenarien einsetzen. Dies ermöglicht die Anwendung der Methode auch dann, wenn keine Verteilungsfunktionen bekannt sind. Die Zielfunktion der stochastischen Optimierung beinhaltet i. d. R. die Maxi- oder Minimierung des Erwartungswertes. Im Laufe der Jahre haben sich verschiedene Unterklassen entwickelt, die in Tabelle 3.4 aufgeführt wurden. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch, ob Verletzungen der Nebenbedingung zulässig sind, und wenn ja, wie mit diesen umzugehen ist.

Die robuste Optimierung setzt grundsätzlich Szenarien ein, um Unsicherheiten abzubilden. Diese sind oft gleichgewichtet. Das wesentliche

⁴³⁶ Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 2.3.2.

⁴³⁷ Vgl. Scholl (2001), S. 70–73.

Unterscheidungskriterium zur stochastischen Optimierung ist die Wahl der Zielfunktion.⁴³⁸ Diese kann ebenfalls einen Extremwert anstreben. Dem Gedanken der Robustheit folgend finden sich meistens risikoaverse Entscheidungskriterien, wie der Regret oder die Maximin-Regel. Verletzungen der Nebenbedingungen sind je nach Ansatz ebenfalls möglich. Bei einer genaueren Betrachtung lässt sich feststellen, dass sich die Modelle der robusten und stochastischen Optimierung hier nicht unterscheiden.⁴³⁹ So entspricht der Ansatz von Kouvelis et al. den Fat Solution-Modellen. Das von Mulvey et al. vorgeschlagene Vorgehen kann zudem mit den Kompensationsmodellen gleichgesetzt werden. Unterschiede ergeben sich daher nur bei der Wahl der Zielfunktion sowie der Abbildung von Unsicherheiten in Verteilungsfunktionen oder Szenarien bzw. deren Gewichtung. Sowohl bei der robusten wie auch der stochastischen Optimierung werden Interdependenzen betrachtet. Diese betreffen in den meisten Fällen Entscheidungen zwischen hierarchisch über- und untergeordneten Planungsebenen. Hier findet somit die hierarchische Planung Anwendung. Werden Kompensationsmodelle eingesetzt, so ergeben sich neben den Entscheidungen auf der übergeordneten Stufe auch Eventualpläne für die untergeordnete Ebene.⁴⁴⁰ Die Betrachtung zeitlicher Interdependenzen durch diese Methoden ist ebenfalls möglich. Entsprechende Beispiele sind jedoch selten.

Zeitliche Interdependenzen sind der Fokus der flexiblen Planung bzw. der stochastischen dynamischen Optimierung. Unsicherheiten werden hier zunächst wie bei der stochastischen statischen Optimierung mithilfe von Verteilungsfunktionen oder Szenarien abgebildet. Des Weiteren werden explizit Auswirkungen auf zeitlich nachgelagerte Entscheidungen berücksichtigt und in die Modelle integriert.⁴⁴¹ Die Erläuterungen des Abschnitts 3.2.3 zeigen, dass dies die Komplexität der entsprechenden Modelle stark erhöht. Zwar werden auch bei der flexiblen Planung unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten diskutiert, eine Differenzie-

⁴³⁸ Vgl. zu einem ausführlichen Vergleich zwischen robusten und stochastischen Optimierungsmodellen Scholl (2001), S. 205–213.

⁴³⁹ Vgl. speziell zu den Ähnlichkeiten der robusten Optimierung zu stochastischen Modellen Scholl (2001), S. 207–208.

⁴⁴⁰ Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 186.

⁴⁴¹ Vgl. Klein/Scholl (2011), S. 447; Pibernik (2001), S. 91–92.

rung in verschiedenen Subtypen hat sich jedoch nicht etabliert. Vielmehr kann ihre formale Darstellung der stochastischen Optimierung, unter Berücksichtigung einer Dynamik im Zeitverlauf, zugeordnet werden. Entsprechend findet sich als Entscheidungskriterium der Zielfunktion meist eine Maxi- oder Minimierung. Neben zeitlichen Interdependenzen lassen sich auch Wechselwirkungen zwischen Planungsebenen in stochastische dynamische Modelle integrieren. Sie stehen aber i. d. R. nicht im Fokus des Entscheidungsproblems.

Planungs- methode	Integration der Unsicherheit	Kriterium der Zielfunktion	Schwerpunkt der Interde- pendenzen
Stochastische Optimierung:	– Verteilungs- funktion – gewichtete Szenarien	– Maximierung oder Mini- mierung des Erwartungs- wertes	– hierarchische Inter- dependenzen
Robuste Optimierung:	– gewichtete oder ungewichtete Szenarien	– Risikoaverse Kriterien, z. B. Regret oder Maximin-Regel	– hierarchische Inter- dependenzen
Flexible Planung:	– Verteilungs- funktion – gewichtete Szenarien	– Maximierung oder Mini- mierung des Erwartungs- wertes	– zeitliche Inter- dependenzen

Tabelle 3.6: Unterschiede der Planungsmethoden zur Integration von Unsicherheiten

Tabelle 3.6 fasst die Kriterien zur Abgrenzung sowie deren Ausprägungen bei den betrachteten Methoden zusammen. Diese stellen die grundsätzlichen Möglichkeiten dar, wie Unsicherheiten in Planungsmodelle integriert werden können. Eine Betrachtung des Supply Chain-Kontextes hat dabei noch nicht stattgefunden. Diese erfolgt in Abschnitt 3.3.

3.3 Flexibilitätsplanung im Supply Chain Management

Durch die in Abschnitt 3.2 erläuterten Methoden lassen sich Unsicherheiten in Planungsmodelle integrieren. Diese dienen im Planungsprozess des Managements dazu, Entscheidungsträger bei der Alternativenauswahl zu unterstützen. Ob und in welchen Teilbereichen der Supply Chain-Planung der Einsatz der vorgestellten Methoden möglich ist, untersucht der vorliegende Abschnitt 3.3. Grundlage der Analyse ist ein von Peidro et al. vorgenommener Literaturüberblick zum Einsatz quantitativer Modelle in der Supply Chain-Planung unter Unsicherheit.⁴⁴²

Neben der Vorstellung, auf welcher Planungsebene des SCM entsprechende Modelle existieren, ist es Ziel der Analyse, festzustellen, ob die eingesetzten Methoden zur Flexibilitätsplanung beitragen. Der Fokus der Erläuterungen liegt dabei auf der Möglichkeit, Flexibilität zu gestalten. Dafür wird zunächst untersucht, ob die jeweilige Planungsaufgabe des SCM Einfluss auf die Flexibilität des Leistungssystems hat. Ist dies der Fall, so erfolgt eine Einschätzung, ob in der betrachteten Situation Entscheidungen über Potenzial- oder Einsatzflexibilität zu treffen sind und ob diese Aufgabe durch bestehende Planungsmodelle aus den vorgestellten Kategorien unterstützt wird. Zudem erfolgt die Betrachtung, welche Unsicherheiten in den Modellen berücksichtigt werden und ob sie aus hierarchischen oder zeitlichen Wechselwirkungen hervorgehen. Abbildung 3.10 führt die Differenzierungskriterien noch einmal auf.

Neben den von Peidro et al. identifizierten Beiträgen werden auch die analytischen Ansätze aus dem Literaturüberblick von Singer zur Untersuchung herangezogen.⁴⁴³ Diese Ausführungen beschäftigen sich explizit mit dem Flexibilitätsmanagement in Supply Chains. Die Analyse von Peidro et al. fokussiert sich hingegen auf quantitative Modelle zur Planung bei Unsicherheit in Supply Chains, ohne explizit auf Flexibilität

⁴⁴² Vgl. Peidro et al. (2009). Die Beiträge von Ryu et al. (2004) und Blanchini et al. (1997), die im Literaturüberblick aufgeführt sind, wurden nicht weiter betrachtet. Die hier verwendeten Methoden der Spieltheorie sowie eine nicht-stochastische Optimierung sind im Kontext der Flexibilitätsplanung nicht einsetzbar.

⁴⁴³ Vgl. Anhang V bei Singer (2012), S. 228.

einzu gehen. Die Erläuterungen gliedern sich gemäß der hierarchischen Planungsebenen der Supply Chain-Planung.

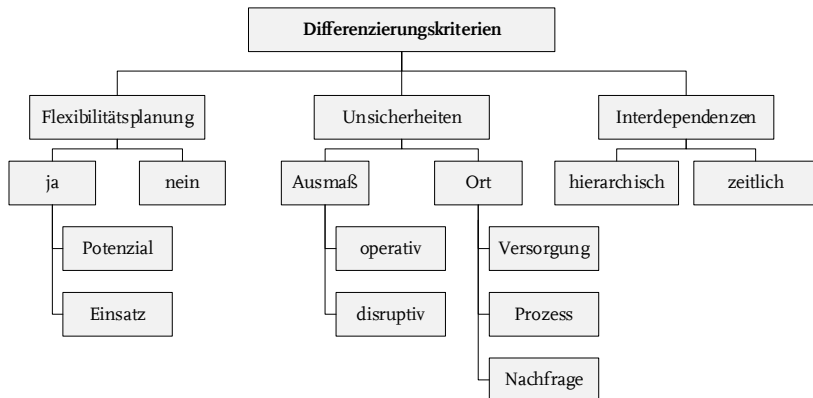


Abbildung 3.10: Differenzierungsmerkmale der Literaturbetrachtung⁴⁴⁴

3.3.1 Flexibilitätsplanung in der Supply Chain Configuration

Aufgabe der Supply Chain Configuration ist es, die Struktur der Supply Chain festzulegen.⁴⁴⁵ Dabei wird die Anzahl und Dimension der Knoten eines Leistungsnetzwerkes bestimmt, sowie deren Verbindungen untereinander festgelegt. Aus der Sicht einer einzelnen Institution besteht die Aufgabe des Designs der Supply Chain aus der Konfiguration des institutionsinternen Netzwerkes und dessen Beziehungen zu den Kooperationspartnern. Die Langfristigkeit der strategischen Entscheidungen in der Supply Chain Configuration beinhaltet zwangsläufig Unsicherheiten. Um diesen zu begegnen, ist es erforderlich, sie beim Design der Supply Chain-Struktur zu berücksichtigen. Es gilt dabei Handlungsspielräume zu schaffen, um zukünftige Chancen zu realisieren und Risiken zu bewältigen. Daher ist der Aufbau von Flexibilitätspotenzial ein wesentlicher Bestandteil der Supply Chain Configuration. Da Supply Chains i. d. R. nicht neu designt werden, sondern aus Institutionen wachsen, nutzen strategische Planungsaufgaben die zu einem vorheri-

⁴⁴⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

⁴⁴⁵ Vgl. Freiwald (2005), S. 17, und die hier in Tabelle 2.3 angegebenen Definitionen.

gen Zeitpunkt aufgebauten Potenziale selbst. Wurden beispielsweise Produktionshallen errichtet, deren Raumangebot die benötigte Kapazität übersteigen, so kann auf dieses Flexibilitätspotenzial im Rahmen des zyklischen Managementprozesses und einer eventuellen Produktions-erweiterung zurückgegriffen werden. Entscheidungen zu einem Zeit-punkt sollten daher zukünftige Entwicklungen und somit zeitliche In-terdependenzen berücksichtigen.

Pibernik stellt ein stochastisches dynamisches Optimierungsmodell vor, mit welchem diese Planung möglich ist.⁴⁴⁶ Die Nutzung der Handlungsspielräume zu späteren Zeitpunkten wird dabei auf Grundlage von Szenarien geplant. Somit enthält das Modell neben der Potenzialplanung auch Elemente der Einsatzplanung. Die entsprechenden Eventualpläne können allerdings nur dann umgesetzt werden, wenn ein Szenario exakt eintritt. Ansonsten bedarf es entsprechender Anpassungen. Neben den zeitlichen bilden die Szenarien auch hierarchische Interdependenzen, in Form von operativen Kosten und Erlösen, ab. Somit werden auch diese im Planungsmodell berücksichtigt. Gleiches lässt sich über das Modell aus dem Beitrag von Guillén et al. sagen.⁴⁴⁷ Die Autoren untersuchen hier ebenfalls Entscheidungen in der Supply Chain Configuration unter Beachtung operativer Nachfrageunsicherheiten. Zum Einsatz kommt hier ein zweistufiges Optimierungsmodell, dessen untergeordnete Ebene ein stochastisches dynamisches Modell enthält. Allerdings wird die Designentscheidung nicht im Zeitverlauf betrachtet. Zeitliche Interdependenzen spielen hier nur auf der operativen Ebene eine Rolle. Zudem zielt der Ansatz nicht auf den Aufbau von Handlungsspielräumen ab, sondern sucht die optimale Lösung für die Menge der angenommenen Szenarien.

Der Gedanke, Unsicherheiten aufgrund hierarchischer Interdependenzen im Rahmen der Supply Chain Configuration zu berücksichtigen, findet sich in zahlreichen weiteren Modellen. Die sich daraus ergeben-

⁴⁴⁶ Vgl. Pibernik (2001), S. 188–221. Neben den bei Peidro et al. und Singer aufgeführten Autoren setzt auch Sucky die stochastische dynamische Optimierung in der Supply Chain Configuration ein. Ihm dient die Lieferantenauswahl als Anwendungsbeispiel [vgl. Sucky (2007) sowie Sucky (2006)].

⁴⁴⁷ Vgl. Guillén et al. (2006).

den Lösungen sollen es dem Supply Chain Planning und der Supply Chain Execution erlauben, auf mittel- und kurzfristige Veränderungen zu reagieren. Wie sich ein entsprechendes Supply Chain Design auf die operative Leistung auswirkt, untersuchen beispielsweise Aprile et al.⁴⁴⁸ Sie vergleichen mithilfe der stochastischen Optimierung alternative Netzwerkkonfigurationen bei Nachfrage- und Lieferunsicherheit. Lee/Billington und Lee et al. nutzen ebenfalls die stochastische Optimierung.⁴⁴⁹ Ihr Untersuchungsgegenstand ist die Entscheidungsstruktur in internen Supply Chains. Diese wird anhand alternativer Konfigurationen und deren Auswirkungen auf die operative Leistung untersucht. Dabei werden Unsicherheiten in der Liefer- und Produktionszeit sowie in der Nachfrage abgebildet. Dadurch erfolgt ein implizierter Aufbau von Flexibilität. Auf diese wird im entsprechenden Beitrag jedoch nicht weiter eingegangen. Gleiches gilt für die Veröffentlichungen von Snyder et al., Santoso et al., Miranda/Garrido, Tsiakis et al. und Applequist et al.⁴⁵⁰ Hier wird jeweils mithilfe der stochastischen Optimierung ein Designproblem untersucht und gelöst. Dieses umfasst eine Standort- oder Kapazitätsentscheidung und berücksichtigt Unsicherheiten in mindestens einem der drei in Kapitel 2 identifizierten Bereiche. Einer der wenigen Beiträge, der alle drei Arten von Unsicherheiten berücksichtigt, stammt von Gag.⁴⁵¹ Dabei werden die Auswirkungen von Designentscheidungen auf das Bestandsmanagement untersucht. All diese Modellierungsansätze zeigen, dass Entscheidungen über die Netzwerkstruktur i. d. R. nicht die gesamte Supply Chain, sondern nur einen Ausschnitt betrachten. Weitere Beispiele für solche Entscheidungen, bei denen Unsicherheiten berücksichtigt werden, Flexibilität jedoch nicht explizit betrachtet wird, stellen Levis/Papageorgiou sowie Alonso-Ayuso et al. vor.⁴⁵² Sie integrieren Unsicherheiten auf der taktischen bzw. operativen Ebene in das Design der Supply Chain, betrachten also ebenfalls hierarchische Interdependenzen. Zur Modellierung der Ent-

⁴⁴⁸ Vgl. Aprile et al. (2005).

⁴⁴⁹ Vgl. Lee/Billington (1993) sowie Lee et al. (1993).

⁴⁵⁰ Vgl. Snyder et al. (2007); Santoso et al. (2005); Miranda/Garrido (2004); Tsiakis et al. (2001); Applequist et al. (2000).

⁴⁵¹ Vgl. Gag (1999).

⁴⁵² Vgl. Levis/Papageorgiou (2004); Alonso-Ayuso et al. (2003).

scheidung wird hier die zweistufige, stochastische Optimierung genutzt. Die Anwendung eines solchen Planungsmodells durch den Einsatz von Software beschreiben Koutsoukis et al.⁴⁵³

Aghezzaf nutzt zur Lösung einer Standortentscheidung bei unsicherer Nachfrage die robuste Optimierung von Mulvey.⁴⁵⁴ Guillén et al. untersuchen das Supply Chain Design bei dreifacher Zielsetzung.⁴⁵⁵ Neben der Maximierung des Barwertes und der Nachfrageerfüllung soll gleichzeitig die Minimierung des finanziellen Risikos bei unsicheren Produktionsszenarien erfolgen. Dazu setzen die Autoren ebenfalls ein Modell der zweistufigen stochastischen Optimierung, welches ein Pareto-Optimum für die unterschiedlichen Zielsetzungen sucht, ein. Auch hier wird Flexibilität nicht explizit betrachtet. Außer bei Pibernik geschieht dies nur bei Sabri/Beamon.⁴⁵⁶ Dort steht die Flexibilitätsplanung zwar nicht im Vordergrund, jedoch wird sie über eine entsprechende Kennzahl in das Planungsmodell integriert. Zum Finden einer Lösung kommt erneut eine mehrstufige stochastische Optimierung zum Einsatz, die sowohl Versorgungs-, Prozess- wie auch Nachfrageunsicherheiten berücksichtigt. Es ist festzustellen, dass es der stochastischen, robusten und stochastischen dynamischen Optimierung gelingt, operative Unsicherheiten in die Planungsmodelle der Supply Chain Configuration zu integrieren. Unsicherheiten die einen disruptiven Charakter besitzen, werden in keinem der aufgeführten Modelle berücksichtigt. Abbildung 3.11 zeigt, welche Punkte durch die jeweiligen Modelltypen in der Supply Chain Configuration abgebildet werden.

⁴⁵³ Vgl. Koutsoukis et al. (2000).

⁴⁵⁴ Vgl. Aghezzaf (2005). Zur robusten Optimierung nach Mulvey vgl. Scholl (2001), S. 174–181.

⁴⁵⁵ Vgl. Guillén et al. (2005).

⁴⁵⁶ Vgl. Sabri/Beamon (2000).

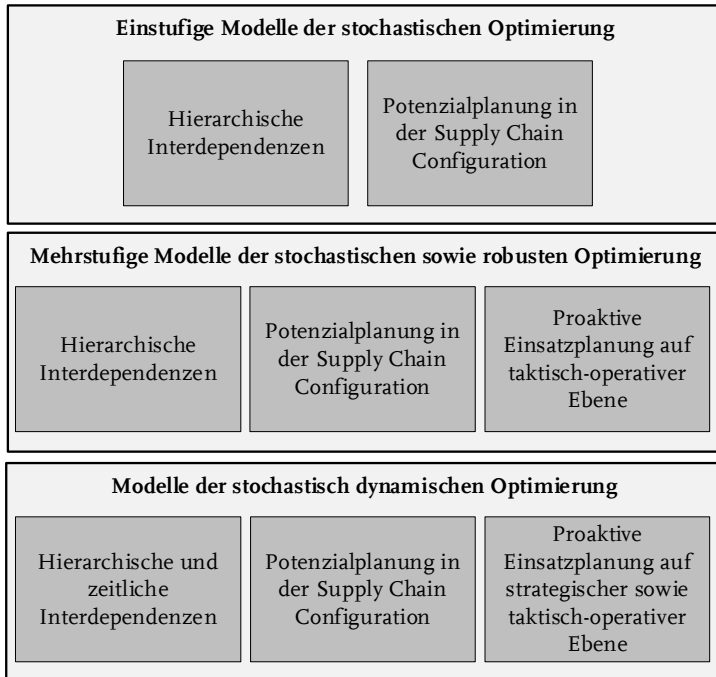


Abbildung 3.11: Integrierte Aspekte der verschiedenen Modelltypen⁴⁵⁷

Besonders für hierarchische Interdependenzen finden sich entsprechende Anwendungsbeispiele. Diese können als Grundlage für Designentscheidungen in den Supply Chain-Institutionen dienen. Sie erlauben allerdings keine pauschale Aussage zum Aufbau von Flexibilitätspotenzial. Vielmehr sind sie für jede Entscheidungssituation neu zu formulieren bzw. anzupassen. Sie schaffen je nach Zielfunktion ein gewisses Maß an Handlungsspielräumen zur Bewältigung von Unsicherheiten, deren Ursache in hierarchischen Interdependenzen liegt. Aufgrund der Modellstruktur werden sowohl bei der robusten wie auch bei der zweistufigen, stochastischen Optimierung Eventualpläne für bestimmte Szenarien auf der taktischen und operativen Ebene erstellt. Eine Einsatzplanung des Potenzials bei strategischen Entscheidungen erfolgt aber nicht. Die zeitlichen Interdependenzen beim Design der Supply

⁴⁵⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

Chain spielen bei diesen Modellen keine Rolle. Sie werden lediglich bei Pibernik und Sucky berücksichtigt. Auch deren Modelle sind an den jeweiligen Problemkontext anzupassen. Durch die Nutzung zuvor aufgebauter Potenziale erfolgt hier eine Planung des Flexibilitätseinsatzes auf der strategischen Ebene. Bei allen anderen hier aufgeführten Modellen werden für die Nutzung von Potenzialen lediglich auf der taktischen oder operativen Ebene Eventualpläne erstellt. Ob diese realisiert werden, hängt von zukünftigen Entwicklungen ab.

3.3.2 Flexibilitätsplanung im Supply Chain Planning

Das Supply Chain Planning lässt sich gemäß der Supply Chain Planning Matrix in das Demand Planning und das Master Planning gliedern. Erwartete Bedarfsquantitäten für die kommenden Monate sind das Ergebnis des Demand Planning. Dies umfasst neben der reinen Nachfrageprognose die Berücksichtigung zukünftiger Aktivitäten wie Werbeaktionen oder Sonderrabatte.⁴⁵⁸ Entsprechende Maßnahmen ermöglichen eine Beeinflussung der Nachfrage sowie eine Glättung von unerwünschten Schwankungen. Das durch die Maßnahmen veränderte Verbraucherverhalten ist beim Erstellen der Bedarfsprognose zu berücksichtigen. Allerdings sind den Instrumenten zur Beeinflussung der Nachfrage Grenzen gesetzt. Das unsichere Marktumfeld erlaubt zwar deren Einsatz und lässt die Verbraucherreaktion vermuten, jedoch nicht mit Sicherheit voraussagen.⁴⁵⁹ Zudem können weitere Unsicherheiten oder irrationales Verhalten auftreten. Zukünftige Nachfragen sind daher trotz Marktbeeinflussung immer unsicher. Ob mit oder ohne Maßnahmen zur Steuerung der Nachfrage steht am Ende des Demand Planning der erwartete Bedarf, welcher durch die Supply Chain erfüllt werden soll. Zwar kann durch die Marktbeeinflussung eine Reduktion von Unsi-

⁴⁵⁸ Vgl. zum Demand Planning Abschnitt 2.2.4.2 dieser Arbeit. Vgl. allgemein zum Demand Management Kilger/Wagner (2015), S. 125–152 sowie Croxton et al. (2002). Bei Letzteren wird das Demand Management allerdings abweichend von der Supply Chain Planning Matrix in das SCM eingeordnet. Bei Croxton et al. (2002), S. 63, finden sich Maßnahmen zur Beeinflussung der Kundennachfrage. Vgl. hierzu auch Harris/Pinder (1995), S. 302–305. Vgl. zu den Prognoseverfahren Kilger/Wagner (2015), S. 136–140.

⁴⁵⁹ Vgl. Fahrioglu/Alvarado (2001).

cherheiten gelingen, die Maßnahmen stellen jedoch keine Flexibilität des Leistungssystems dar. Im Rahmen des Prozesses des Demand Planning wird bei Betrachtung des Güterflusses weder Flexibilitätspotenzial aufgebaut noch wird über Flexibilität verfügt.⁴⁶⁰ Somit spielt die Flexibilitätsplanung, wie sie in Abschnitt 3.1.1 erläutert wurde, im Demand Planning keine Rolle und ist in diese auch nicht zu integrieren. Dies zeigen auch die beiden betrachteten Literaturanalysen von Peidro et al. und Singer. Die dort identifizierten Planungsmodelle der taktischen Ebene beschäftigen sich ausschließlich mit dem Master Planning bzw. dessen Teilbereichen. Stochastische oder robuste Modelle für das Demand Planning können nicht identifiziert werden. Daher findet hier auch kein Aufbau von Potenzialen zur Bewältigung von Unsicherheiten im Güterfluss statt.

Zentrales Element des Master Planning ist die Leistungsprogrammplanung.⁴⁶¹ Dabei werden für das betrachtete Netzwerk aufeinander abgestimmte Bestell-, Transport- und Produktionsmengen festgelegt.⁴⁶² In Abhängigkeit der Planungskompetenzen sowie der verfügbaren Informationen kann diese Aufgabe durch eine zentrale Planungsinstanz durchgeführt werden oder ist dezentral zu organisieren.⁴⁶³ Ziel ist es, Nachfrage und Angebot zum Ausgleich zu bringen. Dabei sind sowohl die Nachfrage aufgrund von Schwankungen, wie auch das Angebot, welches Prozess- und Lieferunsicherheiten ausgesetzt ist, nicht deterministisch. Modelle, die Unsicherheiten in allen drei Bereichen auf der

⁴⁶⁰ Wird nicht nur der Güterfluss betrachtet, sondern einzelne Aufgaben des Demand Planning untersucht, so existieren hier durchaus Möglichkeiten, Flexibilität zu gestalten und zu nutzen. Wird beispielsweise bei der Durchführung von Werbeaktionen auf Leistungen externer Partner zurückgegriffen, so lässt sich hier eine Dual oder Multiple Sourcing-Strategie verfolgen. Entsprechende Aufgaben sind allerdings nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Diese untersucht die Möglichkeit durch Flexibilitätsmanagement den Güterfluss trotz auftretender Unsicherheiten aufrecht zu erhalten.

⁴⁶¹ Vgl. Pibernik/Sucky (2007), S. 201.

⁴⁶² Vgl. von Lanzener/Pilz-Glombik (2002), S. 60–61.

⁴⁶³ Pibernik/Sucky (2007) stellen einen hybriden Planungsansatz vor. Institutionsübergreifende Planung kann i. d. R. nicht zentral durchgeführt werden [vgl. Meyr (2004), S. 447–470]. Dobhan (2012) zeigt, dass dies auch innerhalb einer Institution schwierig ist. Bei dezentraler Abstimmung kommen daher häufig bilaterale Verhandlungen zum Einsatz [vgl. zu den Grundlagen von Verhandlungen in Supply Chains Sucky (2004), S. 176–182].

taktischen Ebene abbilden, finden sich bei Peidro et al. nicht.⁴⁶⁴ Der Fokus liegt auf der unsicheren Nachfrage.⁴⁶⁵ Einige Modelle integrieren zudem stochastische Parameter im Herstellungsprozess oder bei der Materialversorgung. Dies ist etwa bei Lababidi et al. und Escudero et al. der Fall.⁴⁶⁶ Sie betrachten die Leistungsprogrammplanung mithilfe der stochastischen Optimierung. Weder diese noch andere Autoren bilden disruptive Unsicherheiten ab. Betrachtet werden ausschließlich Schwankungen von Parametern, die sich durch Verteilungsfunktionen bzw. Szenarien abbilden lassen und deren Ausmaß begrenzt ist.⁴⁶⁷ Gemäß der Einteilung in Abschnitt 2.3.3.2 handelt es sich somit um operative Unsicherheiten. Abbildung 3.12 veranschaulicht diese Eingrenzung. Hier sind die Aspekte blau hervorgehoben, die in den existierenden Modellen zur Berücksichtigung von Unsicherheiten im taktischen SCM betrachtet werden. Dabei ist auch zu erkennen, dass die abgebildeten Unsicherheiten lediglich aus hierarchischen Interdependenzen hervorgehen. Dies gilt auch beim Einsatz der robusten Optimierung zur Leistungsprogrammplanung. Sie ist bei Leung et al. sowie bei Yu/Li zu finden.⁴⁶⁸ Erstere analysieren ihr Modell bezogen auf die Lösungs- und Modellrobustheit.⁴⁶⁹ Yu/Li zeigen die Anwendung dieses Verfahrens zur Integration von Unsicherheiten an der Leistungsprogrammplanung eines Weinproduzenten.

⁴⁶⁴ Vgl. Peidro et al. (2009), S. 406.

⁴⁶⁵ Vgl. Leung et al. (2006); Gupta/Maranas (2000); Gupta et al. (2000). Hier kommen zweistufige stochastische Optimierungsmodelle zum Einsatz, die zunächst alternative Mengenstrategien ermittelt. Anschließend erfolgt eine Bewertung der Strategien aufgrund verschiedener Szenarien. Die Mengenentscheidung für die einzelnen Supply Chain-Stufen ergibt sich dann aus der Betrachtung des Erwartungswertes.

⁴⁶⁶ Vgl. Lababidi et al. (2004); Escudero et al. (1999). Auch diese Autoren setzen zweistufige Modelle ein.

⁴⁶⁷ Agrawal et al. (2002) und von Lanzener/Pilz-Glombik (2002) nutzen für die entsprechende Integration von Unsicherheiten einstufige Modelle.

⁴⁶⁸ Vgl. Leung et al. (2007); Yu/Li (2000).

⁴⁶⁹ Vgl. zu den Eigenschaften der Robustheit Freiwald (2005), S. 126–127 oder Scholl (2001), S. 98–105.

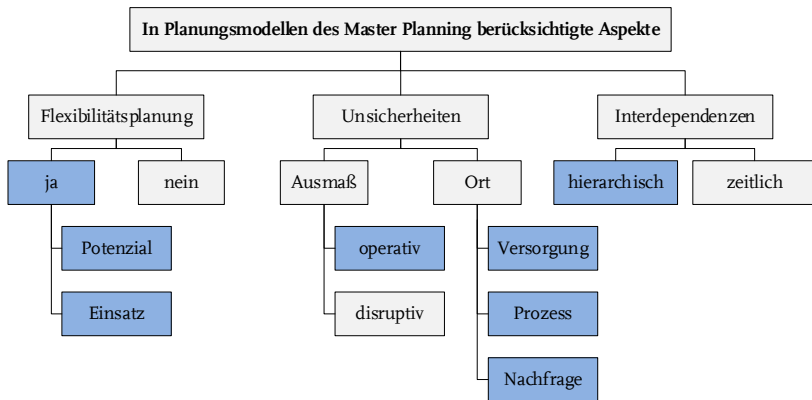


Abbildung 3.12: Berücksichtigte Aspekte in den Modellen des Master Planning⁴⁷⁰

Allen hier aufgeführten Planungsmodellen zur Leistungsprogrammplanung ist gemeinsam, dass sie von einer bestehenden Supply Chain-Struktur ausgehen. Diese ist durch die strategische Planung vorgegeben. Abhängig von der Formulierung beinhaltet das jeweilige Modell neben der aggregierten Mengenplanung auch Entscheidungen über den Ressourceneinsatz. Diese betreffen zur Verfügung stehende Kapazitäten, welche im Zuge der Supply Chain Configuration festgelegt wurden. Besteht die Möglichkeit, zusätzliche Kapazitäten zu aktivieren bzw. nicht benötigte Ressourcen stillzulegen, so sind die entsprechenden Optionen in der Leistungsprogrammplanung zu berücksichtigen.⁴⁷¹ Dadurch findet eine Einsatzplanung der verfügbaren Flexibilität statt. Das Ergebnis sind taktische Mengenpläne für Beschaffung, Produktion und Distribution, welche operativ auftretende Unsicherheiten berücksichtigen. Es findet die Beachtung hierarchischer Interdependenzen und somit eine Potenzialplanung statt. Diese schafft Handlungsspielräume für die Supply Chain Execution durch aktivierte Kapazitäten. Auch die taktische Mengenplanung stellt eine Potenzialplanung dar, wenn sie so konzipiert wurde, dass sie Sicherheitsbestände festlegt.

⁴⁷⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

⁴⁷¹ Vgl. Albrecht et al. (2015), S. 155.

Die Integration der Ressourceneinsatzplanung sowie die Berücksichtigung von Unsicherheiten erhöhen die bereits vorhandene Komplexität bei der Leistungsprogrammplanung. Um diese zu bewältigen, können die beiden Teilaufgaben sukzessive oder auch iterativ durchgeführt werden. So erfolgt zunächst eine Mengenplanung, deren Ergebnis als Grundlage einer Ressourceneinsatzplanung dient. Eventuell ist anschließend das Leistungsprogramm anzupassen. In Abhängigkeit des betrachteten Leistungsnetzwerkes können auch diese Teilaufgaben eine nicht zu bewältigende Komplexität aufweisen. Um dieser zu begegnen finden sich daher Modelle, die eine weitere Differenzierung in verschiedene Teilaufgaben vornehmen. So betrachten etwa McDonald/Karimi die Produktionsprogrammplanung isoliert und Spitter et al. den Zeitpunkt der Produktion und dessen Auswirkungen auf das Bestandsmanagement.⁴⁷² In beiden Beiträgen wird die stochastische Optimierung zur Abbildung von Unsicherheiten genutzt. Dies tun auch Cohen/Lee sowie Pyke/Cohen, welche die Mengenplanung auf taktischer Ebene betrachten.⁴⁷³ Diese Beispiele zeigen, dass der Übergang zwischen taktischen und operativen Planungsaufgaben fließend ist.

Abschließend lässt sich zum Supply Chain Planning sagen, dass das Demand Planning keine Elemente der Flexibilitätsplanung im Sinne des Abschnitts 3.1.1 enthält. Im Gegensatz dazu ist im Master Planning sowohl die Potenzial- wie auch die Einsatzplanung zu beachten. Existierende Planungsmodelle tun dies indirekt durch die Integration von Unsicherheiten im Rahmen stochastischer und robuster Optimierungsmodelle. Ansätze der stochastischen dynamischen Optimierung finden sich hier nicht. Zudem werden keine zeitlichen Interdependenzen auf der taktischen Ebene betrachtet. Unsicherheiten aufgrund hierarchischer Interdependenzen sind jedoch in den sich ergebenden Plänen enthalten. Sie legen fest, wie das Potenzial der strategischen Ebene zu nutzen ist und planen dadurch den Flexibilitätseinsatz. Die Potenzialplanung findet jedoch nur eingeschränkt statt. Lediglich beim Vorgehen der robusten Optimierung ist zu erkennen, dass entsprechende Handlungsspielräume für die operative Ebene geschaffen werden sollen. Der

⁴⁷² Vgl. Spitter et al. (2005); McDonald/Karimi (1997).

⁴⁷³ Vgl. Pyke/Cohen (1994); Pyke/Cohen (1993); Cohen/Lee (1988).

Fokus der stochastischen Optimierung liegt hingegen auf der Kostenminimierung. Bei beiden Optimierungsansätzen sind die Ergebnisse der Potenzialplanung stark von der gewählten Abbildung der Unsicherheiten abhängig.

3.3.3 Flexibilitätsplanung in der Supply Chain Execution

Die Supply Chain Execution hat die Aufgabe, die operative Umsetzung der geplanten Leistungsprogramme mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen zu planen. Diese, sich im Rahmen der strategischen und taktischen Vorgaben bewegende Planung stellt somit eine Einsatzplanung dar. Ihr Ergebnis sind entweder Eventual- und Notfallpläne für zukünftig auftretende Unsicherheiten oder die reaktive Anpassung der taktischen Pläne nachdem Unsicherheiten eingetreten sind. Dabei sind aktuelle Nachfrageentwicklungen sowie Lieferverzögerungen oder Maschinenausfälle zu berücksichtigen.⁴⁷⁴ Als Handlungsspielräume stehen zeitliche und mengenmäßige Puffer zur Verfügung. Redundante Kapazitäten können nur dann zur Bedarfsdeckung genutzt werden, wenn die Herstellungszeit kürzer ist, als der bis zur Bedarfsdeckung verbleibende Zeitraum.

Die Supply Chain Execution wird institutionsintern, und hier in den einzelnen Funktionsbereichen, durchgeführt. Grund für die isolierte Betrachtung ist der hohe Detailgrad und die damit verbundene Komplexität der Planung. Ergebnis sind stunden- und tagesgenaue Mengen- und Zeitpläne für die durchzuführenden Prozesse.⁴⁷⁵ Zum Teil ist auch eine Planung in Minuten oder gar Sekunden erforderlich. Um solch kurzfristige Pläne zu ermitteln, werden deterministische Optimierungsmodelle zur Entscheidungsfindung eingesetzt. Der geringe Rechenaufwand sowie die ansonsten bekannten Rahmenbedingungen erlauben eine schnelle Neuplanung, wenn sich einzelne Parameter verändern. Zudem sind keine hierarchischen Interdependenzen aus nachgelagerten Planungsebenen zu beachten, da diese nicht existieren. Allerdings sind auch bei der operativen Planung nicht alle Parameter mit

⁴⁷⁴ Vgl. Sucky (2004), S. 27.

⁴⁷⁵ Vgl. Domschke et al. (1997), S. 2–3.

Sicherheit bekannt. Daher nutzen beispielsweise Chan et al. die stochastische Optimierung, um Routen zur Patientenevakuierung bei der United States Air Force zu planen.⁴⁷⁶ Diese Aufgabe lässt sich dem Distribution und Transportation Planning der Supply Chain Planning Matrix zuordnen. Hier bzw. im Material Requirement Planning sind auch die Beiträge von Lee et al. und Svoronos/Zipkin einzuordnen.⁴⁷⁷ Sie untersuchen die Gründe des Bullwhip Effects bzw. Auswirkungen von Sicherheitsbeständen auf Fehlmengen.⁴⁷⁸ Letztere Analyse zeigt, dass auch auf operativer Ebene Flexibilitätspotenzial aufgebaut werden kann. Es dient zur Bewältigung von Unsicherheiten aus zeitlichen Interdependenzen. Neben den drei aufgeführten Beiträgen wurden in den betrachteten Literaturüberblicken keine weiteren Modelle der operativen Ebene identifiziert.

3.3.4 Fazit aus der Analyse des Einsatzes quantitativer Modelle für die Flexibilitätplanung in der Supply Chain Planning Matrix

Die Analyse in den Abschnitten 3.3.1 bis 3.3.3 zeigt, dass beim Einsatz quantitativer Planungsmethoden eine Unterscheidung aufgrund der betrachteten Wechselwirkungen vorzunehmen ist. Bei **hierarchischen Interdependenzen** ist eine Planung von Flexibilitätspotenzial lediglich in der Supply Chain Configuration sowie dem Supply Chain Planning notwendig. Da der Supply Chain Execution keine Planungsebene nachfolgt, ist hier keine Potenzialplanung aufgrund hierarchischer Interdependenzen erforderlich. Es findet allerdings eine Einsatzplanung statt. Diese kann mithilfe deterministischer Modelle gelöst werden und erfolgt in den einzelnen Funktionsbereichen einer Institution. Die Planung der Nutzung von Handlungsspielräumen ist auch Gegenstand der taktischen Ebene. Lediglich in der Supply Chain Configuration findet keine Einsatzplanung statt, wenn Unsicherheiten, die aus hierarchischen Abhängigkeiten entstehen, betrachtet werden. Abbildung 3.13 visualisiert die hier vorgenommenen Erläuterungen. Alle Teilbereiche

⁴⁷⁶ Vgl. Chan et al. (2001).

⁴⁷⁷ Vgl. Lee et al. (1997); Svoronos/Zipkin (1991).

⁴⁷⁸ Vgl. zum Bullwhip Effect auch Metters (1997).

der Supply Chain Planning Matrix, in denen eine hierarchische Flexibilitätsplanung mit entsprechenden Planungsmodellen stattfindet, sind blau hervorgehoben.

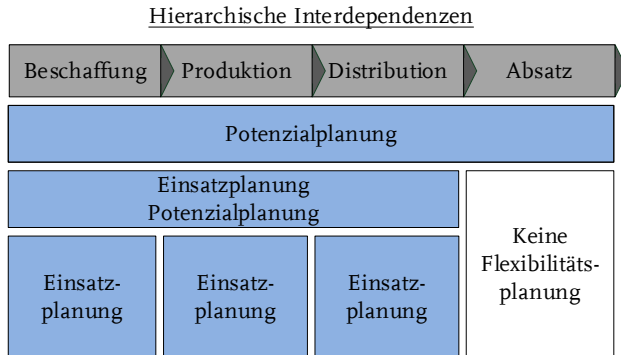


Abbildung 3.13: Integration hierarchischer Interdependenzen in Modelle der Supply Chain-Planung⁴⁷⁹

Werden allein **zeitliche Interdependenzen** betrachtet, so lässt sich feststellen, dass auf allen drei Planungsebenen des SCM eine Potenzial- sowie Einsatzplanung erforderlich ist. Flexibilitätspotenzial ist hier in einer vorangegangenen Periode aufzubauen, um es zu einem späteren Zeitpunkt zu nutzen. Abbildung 3.14 fasst diese Erkenntnisse zusammen. Dabei sind die Bereiche blau hervorgehoben, denen aus der vorangegangenen Analyse Modelle zugeordnet werden können.

Unabhängig davon, welche Wechselwirkungen im Vordergrund der Betrachtung stehen, zeigen die Untersuchungen zum Einsatz der Optimierungsmethoden, dass diese zur Potenzialplanung genutzt werden können. Sie generieren Pläne, die durch die proaktive Berücksichtigung von Unsicherheiten Handlungsspielräume schaffen. Die Erläuterungen zeigten zudem, dass beim Einsatz von Kompensationsmodellen der stochastischen oder robusten Optimierung, aber auch bei dynamischen Ansätzen Eventualpläne für einzelne Szenarien entstehen. Diese betreffen die untergeordnete Planungsebene bzw. Entscheidungen zu späteren Zeitpunkten. Somit handelt es sich um eine proaktive Einsatzpla-

⁴⁷⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

nung. Da den Plänen jeweils ein konkretes Szenario zugrunde liegt, findet diese Teilplanung in einem deterministischen Umfeld statt. Entsprechen die real auftretenden Ausprägungen der unsicheren Parameter einem der zuvor angenommenen Szenarien, so kann der jeweilige Plan aktiviert und umgesetzt werden. Treten Abweichungen von den Szenarien auf bzw. hat keine proaktive Einsatzplanung stattgefunden, so ist diese nach der Manifestierung der tatsächlichen Ausprägung der unsicheren Parameter durchzuführen. Da diese nun bekannt sind, kann auch hier eine deterministische Planung eingesetzt werden. Die Abwesenheit von Unsicherheit betrifft allerdings nur die Planungsdaten. Auch nach der Erstellung entsprechender Einsatzpläne können, bis die Pläne ausgeführt sind, weiterhin Unsicherheiten auftreten. Ist dies der Fall, so ist eine Neuplanung des Flexibilitätseinsatzes durchzuführen bzw. ein anderer Eventualplan zu aktivieren. Diese Tatsache führt dazu, dass für die Einsatzplanung bestehende, deterministische Planungsverfahren der jeweiligen Aufgabenbereiche aus der Supply Chain Planning Matrix eingesetzt werden können. Unsicherheiten müssen hier nicht in die Planungsmodelle integriert werden. Daher stellt die Einsatzplanung in den weiteren Ausführungen dieser Arbeit keinen Schwerpunkt dar.

Zeitliche Interdependenzen

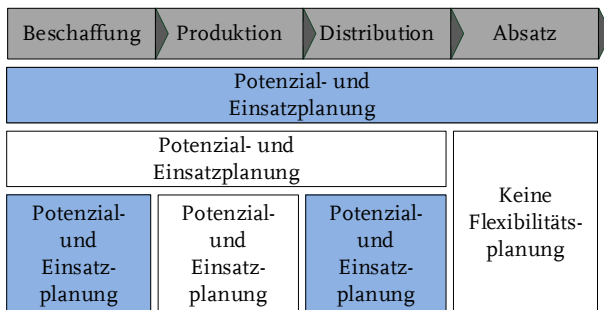


Abbildung 3.14: Integration zeitlicher Interdependenzen in Modelle der Supply Chain-Planung⁴⁸⁰

⁴⁸⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

Wird die **Art der Unsicherheit** betrachtet, die das jeweilige Modell abbildet, so lässt sich feststellen, dass die Nachfrageunsicherheit bei der Mehrheit der aufgeführten Ansätze im Vordergrund steht.⁴⁸¹ Lediglich fünf Beiträge betrachten Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten.⁴⁸² Dabei werden anhand der stochastischen Optimierung strategische Entscheidungssituationen bei hierarchischen Interdependenzen analysiert. Auf der taktischen und operativen Planungsebene finden sich keine Beispiele, die alle drei Unsicherheiten integrieren. Neben dem Ort des Auftretens der Unsicherheit kann auch eine Aussage über die Berücksichtigung ihrer Intensität getroffen werden. Die vorgenommene Integration über Verteilungsfunktionen und Szenarien bildet primär operative Unsicherheiten ab. Disruptive Ereignisse werden in keinem Modell der betrachteten Beiträge erwähnt oder dargestellt.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die vorgestellten Modelle der stochastischen Optimierung, ob dynamisch oder nicht, die Aufgabe der Schaffung von Handlungsspielräumen nur eingeschränkt erfüllen. Zwar werden über die stochastischen Parameter bzw. Szenarien Unsicherheiten in die Planung integriert, dennoch findet eine Optimierung des Erwartungswertes auf Grundlage der getroffenen Annahmen statt. Somit entsteht Flexibilitätspotenzial nur für einen Teil der Szenarien. Abhängig von der gewählten Zielfunktion kann dies bei der robusten Optimierung anders sein. Ihre Planungsergebnisse sind insgesamt risikoaverser. Wird der Fokus auf die Ergebnisrobustheit gelegt, so werden größere Handlungsspielräume geschaffen als bei der stochastischen Optimierung.

⁴⁸¹ Vgl. Peidro et al. (2009), S. 406.

⁴⁸² Dies sind die Beiträge von Santoso et al. (2005); Alonso-Ayuso et al. (2003); Lee/Billington (1993); Sabri/Beamon (2000); Garg (1999).

3.4 Erkenntnisse aus der Analyse der Flexibilitätsplanung in einer Supply Chain

Ziel des Kapitels 3 war es, festzustellen, mit welchen Methoden und auf welchen Planungsebenen sich Flexibilität im Rahmen des SCM gestalten lässt und damit die Forschungsfrage 2 und 3 zu beantworten. Die Analyse zeigt, dass die Flexibilitätsplanung aus zwei Stufen besteht. Die erste betrifft das Schaffen von Handlungsspielräumen und wird als Potenzialplanung bezeichnet. Die zweite Stufe ist die Einsatzplanung. Diese legt fest, wie vorhandene Handlungsspielräume zur Bewältigung auftretender Unsicherheiten zu nutzen sind. Diese Aufgabe findet pro oder reaktiv statt und lässt sich durch deterministische Planungsmodelle unterstützen. Die Bewältigung der Einsatzplanung stellt daher keine unüberwindbare Herausforderung dar. Die zentrale Schwierigkeit bei der Flexibilitätsplanung ist die proaktive Dimensionierung der aufzubauenen Flexibilitätspotenziale. Bei diesen kann es sich sowohl um Kapazitäts- wie auch um Bestandspotenzial handeln. Herausforderung bei deren Festlegung ist die Tatsache, dass der Nutzen von Flexibilität nicht allgemein messbar ist. Zudem ist ein Mehr an Flexibilität, besonders aus Kostengesichtspunkten, nicht immer vorteilhaft. Es existiert daher weder allgemein noch im SCM ein Vorgehen, mit welchem sich ein optimales Niveau der Handlungsspielräume bestimmen lässt.

Um dennoch Systeme zu gestalten, die über Flexibilitätspotenzial zur Bewältigung unerwarteter Ereignisse verfügen, wird der Ansatz verfolgt, Unsicherheiten in Planungsmodelle zu integrieren. Flexibilitätspotenziale sollen durch dieses Vorgehen implizit erzeugt werden. Entsprechende Modelle lassen sich der stochastischen und robusten Optimierung zuordnen. Die vorgenommene Literaturanalyse zeigt, dass dieses Vorgehen auch im SCM anwendbar ist. Es ist zwar nicht klar, welcher Ansatz in einer konkreten Entscheidungssituation einzusetzen ist, grundsätzlich ist es jedoch möglich, Unsicherheiten durch diese Vorgehensweise in der Planung zu berücksichtigen. Diese Feststellung beantwortet Forschungsfrage 2.

Bei der Analyse der Planungsaufgaben des SCM wurde festgestellt, dass zur Bewältigung von Unsicherheiten, die den Güterfluss gefährden, mit Ausnahme des Demand Planning in allen Teilbereichen eine Flexibilitätsplanung notwendig ist. Diese Antwort auf Forschungsfrage 3 kann weiter spezifiziert werden. So hat die Potenzial- und Einsatzplanung in allen identifizierten Aufgaben eine Relevanz, wenn Unsicherheiten betrachtet werden, die aus zeitlichen Interdependenzen entstehen. Werden nur hierarchische Interdependenzen betrachtet, ist auf der strategischen Ebene die Potenzialplanung ausreichend. Die operative Planung muss sich in diesem Fall nur mit dem Einsatz verfügbarer Potenziale befassen. Sie kann dabei durch deterministische Planungsverfahren unterstützt werden. Planungsmodelle, die Unsicherheiten aus hierarchischen Interdependenzen auf strategischer und taktischer Ebene berücksichtigen und somit zur Potenzialplanung beitragen existieren ebenfalls. Auch für die Berücksichtigung von Unsicherheiten aus zeitlichen Interdependenzen finden sich auf strategischer Ebene entsprechende Anwendungsbeispiele. Zur Unterstützung der Potenzialplanung auf der taktischen und operativen Ebene existieren solchen Modelle nicht.

Planungsebene:	Taktische Ebene		Operative Ebene
Ort des Auftretens der Unsicherheiten:	Versorgungsunsicherheit	Prozessunsicherheit	Nachfrageunsicherheit
Ausmaß der Unsicherheiten:	Operative Unsicherheiten		Disruptive Unsicherheiten
Interdependenz:	Zeitliche Interdependenzen		

Tabelle 3.7: Schwerpunkte der Betrachtung in Kapitel 4

Diese Feststellung ist Ausgangspunkt der weiteren Untersuchungen in Kapitel 4. Hier stehen die in der bisherigen Forschung vernachlässigten Interdependenzen und Planungsebenen im Mittelpunkt.⁴⁸³ Fokus ist

⁴⁸³ Scholl analysiert in seinen Untersuchungen den Einsatz sowohl der stochastischen wie auch der robusten Optimierung [vgl. Scholl (2001), S. 285–366]. Dabei wird neben der Projekt- auch die rollierende Produktionsprogrammplanung betrachtet, welche der tak-

somit die Gestaltung von Flexibilitätspotenzial im taktischen bzw. operativen SCM, welches dazu dient, Unsicherheiten aus zeitlichen Wechselwirkungen zu begegnen. Dabei sollen mit operativen und disruptiven Unsicherheiten, die bei der Versorgung, im Prozess sowie bei der Nachfrage auftreten, alle in Abschnitt 2.3.3.2 identifizierten Auswirkungen von Unsicherheiten auf den Güterfluss in Supply Chains berücksichtigt werden. Tabelle 3.7 fasst diese Schwerpunktsetzung zusammen.

tisch-operativen Planungsebene zugordnet werden kann. Die Untersuchungen geben jedoch keine Antwort auf die in dieser Arbeit untersuchten Fragen nach der Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial in Supply Chains.

4 Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial in der taktisch-operativen Supply Chain-Planung

Kapitel 4 untersucht die Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial auf der taktischen und operativen Ebene des SCM. Ziel der Analyse ist es, Empfehlungen über den Umfang der aufzubauenden Handlungsspielräume abzugeben bzw. Methoden zu deren Planung zu evaluieren. Der Fokus liegt dabei auf den in Kapitel 3 erarbeiteten Aspekten. Diese umfassen zeitliche Interdependenzen in einem kurz- bis mittelfristigen Zeitraum sowie die Planungsmethoden der stochastischen und robusten Optimierung. Durch sie können die zu bewältigenden Unsicherheiten in den Planungsprozess integriert werden. Um Handlungsempfehlungen zur Potenzialgestaltung zu geben, setzt Kapitel 4 zwei Untersuchungsmethoden ein. Mit deren Hilfe sollen sowohl theoretische als auch in der unternehmerischen Praxis eingesetzte Ansätze zur Potenzialplanung bewertet werden. Daher befasst sich das vorliegende vierte Kapitel mit folgenden Aspekten:

- Durchführung des Prozesses der taktisch-operativen Supply Chain-Planung in der unternehmerischen Praxis unter Berücksichtigung relevanter Unsicherheiten
- Instrumentenwahl zum Aufbau von Flexibilitätspotenzial auf der taktisch-operativen Planungsebene
- Einsatz geeigneter Planungsverfahren zur Bestimmung des Umfangs aufzubauender Handlungsspielräume
- Dimensionierung des Flexibilitätspotenzials

Die Betrachtung dieser Punkte dient dazu, eine Brücke von den in der Literatur aufgefundenen Konzepten zu den Planungsprozessen in real existierenden Supply Chains zu schlagen. Zudem lassen sich so die Forschungsfragen 4, 5 und 6 dieser Arbeit beantworten.

Bei den in Kapitel 4 verwendeten Untersuchungsmethoden handelt es sich zum einen um eine Fallstudienbetrachtung mithilfe leitfadengestützter Experteninterviews und zum anderen um eine darauf aufbauende Simulationsstudie. Die Erhebung durch Gespräche mit Unternehmensvertretern dient zum Abgleich der theoretischen Erkenntnisse

zum SCM aus Kapitel 2 und Kapitel 3 mit real existierenden Leistungssystemen und erfolgt in Abschnitt 4.1. Der Fokus liegt dabei auf der Leistungsprogrammplanung, da hier – gemäß der Analyse der Supply Chain Planning Matrix – Entscheidungen über aufzubauende Potenziale zu treffen sind.⁴⁸⁴ Gegenstand dieser Planungsaufgabe ist die Bestimmung aufeinander abgestimmter Bestell-, Transport- und Produktionsmengen.⁴⁸⁵ Diese Planungsaufgabe umfasst auch Entscheidungen über den Einsatz vorhandener Potenziale aus übergeordneten oder vorgelagerten Planungsphasen. Diese Einsatzplanung ist jedoch nicht primärer Gegenstand der Untersuchung.

Die Aufgabe der Mengenplanung steht auch im Zentrum der Simulationsstudie. Diese nutzt die Ergebnisse aus der Fallstudienbetrachtung um zusätzlich zu den theoretischen Konzepten aus Kapitel 3 weitere Ansätze zur Planung von Flexibilitätspotenzial zu analysieren. Neben der Beurteilung der verschiedenen Konzepte dient das Vorgehen bei der Simulation als generelle Methode zur Auswahl eines Planungskonzeptes für die Potenzialplanung unter Unsicherheit. So zeigten bereits die Ausführungen in Abschnitt 3.3, dass der Einsatz der stochastischen oder robusten Optimierung eine Erweiterung bestehender Planungsmethoden darstellt. Die in Abschnitt 4.2 durchgeführte Simulationsstudie überprüft daher nicht nur die Eignung der verschiedenen Planungsansätze zum Aufbau von Handlungsspielräumen auf taktischer bzw. operativer Ebene, sondern stellt gleichzeitig ein Vorgehen dar, wie bestehende Planungsansätze erweitert werden können, um Unsicherheiten in diese zu integrieren.

Der Einsatz der beiden Untersuchungsmethoden erzeugt Erkenntnisse sowohl aus der qualitativen als auch der quantitativen Forschung. Ab

⁴⁸⁴ Vgl. hierzu Abschnitt 2.2.4.2.

⁴⁸⁵ Vgl. Pibernik/Sucky (2005), S. 200; Sucky (2004), S. 36. Abschnitt 3.3.2 führt aus, dass die Leistungsprogrammplanung simultan mit oder sukzessive nach der Ressourceneinsatzplanung durchgeführt werden kann. Da es sich bei Letzterer um eine Einsatzplanung handelt, steht sie nicht im Vordergrund der weiteren Untersuchungen. Diese betrachten vielmehr die Möglichkeit der Schaffung von Handlungsspielräumen auf der taktischen Ebene durch die Leistungsprogrammplanung. Ihr Gegenstand ist die Bestimmung aufeinander abgestimmter Bestell-, Transport und Produktionsmengen. Grundlage dieser Planung sind prognostizierte bzw. vorliegende Kundenbedarfe aus dem Demand Planning. Vgl. Abschnitt 2.2.4.2 sowie Abschnitt 3.3.2.

schnitt 4.3 fasst diese zusammen. In Kapitel 5 werden sie anschließend genutzt, um den Beitrag der taktisch-operativen Flexibilitätsplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains in den konzeptionellen Bezugsrahmen aus Kapitel 2 einzuordnen und diesen weiterzuentwickeln.

4.1 Qualitative Untersuchung zur Leistungsprogrammplanung bei Unsicherheiten

Die in Abschnitt 4.2 durchgeführte theoretisch-quantitative Analyse der Mengenplanung soll neben dem Erkenntnisstand der betrachteten Literatur auch Vorgehensweisen aus realen Supply Chains evaluieren. Dafür sind diese zunächst zu erfassen.⁴⁸⁶ Abschnitt 4.1.1 erläutert die für diesen Schritt gewählte Erhebungsmethode der Experteninterviews. Anschließend stellt Abschnitt 4.1.2 die gewonnenen Erkenntnisse vor.

4.1.1 Auswahl und methodisches Vorgehen bei der leitfadengestützten Expertenbefragung

Ziel der Untersuchung ist es, die in Kapitel 2 und 3 aus theoretischer Sicht dargelegten Sachverhalte durch Erfahrungen von Personen zu erweitern, die im Rahmen ihrer täglichen Arbeit mit der Leistungsprogrammplanung in Unternehmen betraut sind. Im Zuge der Analyse erfolgt auch eine Überprüfung der aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse. Dies betrifft den Prozess der Leistungsprogrammplanung sowie die Unsicherheiten, denen sich Supply Chains und deren Institutionen ausgesetzt sehen. Des Weiteren sollen Maßnahmen und Instrumente betrachtet werden, mit denen sich die identifizierten Unsicherheiten bewältigen lassen.

⁴⁸⁶ Flick bezeichnet das in Abschnitt 4.1 beschriebene und durchgeführte Experteninterview als geeignete Methode, mit dessen Hilfe Informationen im Vorfeld einer Untersuchung vervollständigt werden können [vgl. Flick (2016), S. 218 sowie Froschauer/Lueger (2003), S. 35].

Der sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Forschung steht eine Vielzahl an Methoden zum Erkenntnisgewinn zur Verfügung. Für die hier vorgenommene Analyse wird eine Fallstudienbetrachtung eingesetzt. Diese verfügt über die Eigenschaft, komplexe Sachverhalte zu untersuchen und detaillierte Erkenntnisse zu gewinnen.⁴⁸⁷ Dies betrifft insbesondere Managementprozesse sowie Abläufe in Organisationen. Durch die ausgewählte Methode ist es möglich, das „wie“ des Handelns zu untersuchen.⁴⁸⁸ Wie Unsicherheiten mithilfe der Leistungsprogrammplanung aus Sicht des betrieblichen Managements bewältigt werden können, ist dabei Gegenstand der vorgenommenen Untersuchung. Die Fallstudienbetrachtung wird den qualitativen Instrumenten der Sozialforschung zugeordnet und lässt sich aufgrund der Anzahl der betrachteten Fälle sowie der Anzahl der Untersuchungsobjekte in verschiedene Arten unterteilen.⁴⁸⁹ Eine Analyse sollte nur in sehr speziellen Situationen auf einem einzelnen Fall aufbauen.⁴⁹⁰ I. d. R. sind in einer Fallstudienbetrachtung vier bis zehn Fälle zu betrachten.⁴⁹¹ Dies gilt auch für die vorliegende Erhebung, weshalb eine multiple Fallstudienuntersuchung durchgeführt wird. Zudem lässt sich diese dem holistischen Ansatz zuordnen.⁴⁹² Dabei wird jeweils die Leistungsprogrammplanung in unterschiedlichen Unternehmen betrachtet. Mehrere Analyseeinheiten in einem Fall, wie sie bei einem eingebetteten Design zu finden sind, liegen hier nicht vor.

Zur Analyse eines betrachteten Falls sind zunächst relevanten Daten zu sammeln. Wissensträger sind hier Mitarbeiter aus Institutionen, die mit der Aufgabe der Leistungsprogrammplanung betraut sind.⁴⁹³ Als Experten sind sie in der Lage, sowohl die Planungssituation als auch den Prozess zur Bestimmung der Bestell-, Transport- und Produktionsmengen

⁴⁸⁷ Vgl. Patton (2015), S. 59; Yin (2014), S. 4; Marshall/Rossmann (1995), S. 41.

⁴⁸⁸ Vgl. Yin, (2014), S. 9.

⁴⁸⁹ Vgl. Patton (2015), S. 260; Yin (2014), S. 50.

⁴⁹⁰ Vgl. Yin, (2014), S. 51–53.

⁴⁹¹ Vgl. Eisenhardt (1989), S. 545. Patton (2015), S. 311–315 führt aus, dass die Anzahl der betrachteten Fälle vom Untersuchungsgegenstand abhängt.

⁴⁹² Vgl. für die Erläuterungen zum holistischen bzw. eingebetteten Ansatz Yin (2014), S. 62–63.

⁴⁹³ Vgl. Flick (2016), S. 215.

zu beschreiben.⁴⁹⁴ Da sowohl die Rahmenbedingungen als auch die Planungsabläufe ein großes Spektrum an Ausprägungen einnehmen können, bedarf es zur Datenerhebung einer mündlichen Kommunikation.⁴⁹⁵ Nur so ist es möglich, detaillierte Informationen zu erhalten und komplexe Sachverhalte zu erfassen. Die Datenerhebung wird daher mit leitfadengestützten Experteninterviews durchgeführt.⁴⁹⁶ Mit diesen ist es möglich, die in der Untersuchung verfolgten Forschungsziele zu operationalisieren und subjektives Wissen zu erfassen.⁴⁹⁷ Der in einem solchen Interview verwendete Leitfaden hat die Funktion, die Zielsetzung des Gesprächs im Auge zu behalten.⁴⁹⁸ Dadurch wird ein Ausschweifen und Verharren bei nicht relevanten Aspekten verhindert. Zudem beschleunigt dieser das Interview, was aufgrund des häufig existierenden Zeitdrucks der interviewten Experten vorteilhaft ist. Der für die vorliegende Untersuchung eingesetzte Interviewleitfaden ist in Tabelle 4.1 angegeben.⁴⁹⁹ Mit diesem wurden von März bis Mai 2016 fünf Interviews durchgeführt, deren Länge zwischen 40 und 65 Minuten betrug. Vier der Gespräche fanden im Rahmen von persönlichen Treffen statt. Aus terminlichen Gründen war in einem Fall ein Telefoninterview durchzuführen. Zu Beginn der Gespräche wurde der Begriff der „Leistungsprogrammplanung“ mit folgender Erklärung vorgestellt: *Die Leistungsprogrammplanung ist die Planung mittelfristiger, aufeinander abgestimmter Bestell-, Transport- und Produktionsmengen. Grundlage dieser Planung sind prognostizierte bzw. vorliegende Kundenbedarfe.*⁵⁰⁰

Ein wesentliches Merkmal von leitfadengestützten Interviews ist, dass der Leitfaden nicht strikt abzuarbeiten ist. Er dient vielmehr dazu, das Gespräch zu führen und zu organisieren.⁵⁰¹ Ziel ist es, eine Unterhal-

⁴⁹⁴ Vgl. zu Experten als Wissensträger Gläser/Laudel (2010), S. 11–13 oder Froschauer/Lueger (2003), S. 36–37.

⁴⁹⁵ Vgl. Froschauer/Lueger (2003), S. 214–215.

⁴⁹⁶ Vgl. Gläser/Laudel (2010), S. 12–13.

⁴⁹⁷ Vgl. Gläser/Laudel (2010), S. 111–115; Meuser/Nagel (2009), S. 35–36.

⁴⁹⁸ Vgl. zu den Zielen des Leitfadeneinsatzes Flick (2016), S. 221–225.

⁴⁹⁹ Vgl. zur Entwicklung eines Interviewleitfadens Flick (2016), S. 195–200; Gläser/Laudel (2010), S. 142–153.

⁵⁰⁰ Vgl. Pibernik/Sucky (2005), S. 70; Sucky (2004), S. 27.

⁵⁰¹ Vgl. Patton (2015), S. 438–439.

tung entstehen zu lassen, in deren Verlauf die Fragen aus dem Leitfaden beantwortet werden, ohne dass sie explizit zu stellen sind.⁵⁰²

<p>Vorstellung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Können Sie einen kurzen Überblick über Ihren Tätigkeitsbereich und die damit verbundenen Aufgaben in Bezug auf die Leistungsprogrammplanung geben?
<p>Planung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Wie ist der Prozess der Bestell-, Transport- bzw. Produktionsmengenplanung in Ihrem Unternehmen strukturiert? 3. Welche Aufgaben umfasst der Planungsprozess und von wem werden diese ausgeführt? 4. Welche Hilfsmittel (Software, Ablaufschemata) werden im Planungsprozess eingesetzt? 5. Welche Methoden (Algorithmen, Heuristiken) kommen in der Planung zum Einsatz? 6. An welchen Zielen (Kosten, Nachfrageerfüllung) orientiert sich die Planung und wie werden diese gemessen? 7. Welche Informationen nutzen Sie zur Planung? 8. Haben Unsicherheiten Einfluss auf die Planung?
<p>Unsicherheit:</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. In welchen Punkten unterliegen die geplanten Prozesse Unsicherheiten? 10. Welche Informationen haben Sie über die Unsicherheiten? 11. Können Unsicherheiten durch Verteilungsfunktionen, Min/Max-Werte, Durchschnitts- oder ähnliche Parameter abgeschätzt werden? 12. Wie groß ist die Abweichung der tatsächlichen Werte von den Planungsdaten? 13. Wie versuchen Sie diese Unsicherheiten zu bewältigen?
<p>Lösungsansätze:</p> <ol style="list-style-type: none"> 14. Welche Anforderungen müssen Planungsansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten Ihrer Meinung nach erfüllen? 15. Wie sieht Ihre Wunschvorstellung bezüglich der Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Planung aus?
<p>Abschluss:</p> <ol style="list-style-type: none"> 16. Gibt es aus Ihrer Sicht weitere Punkte, die bei der Betrachtung von Unsicherheiten in der Leistungsprogrammplanung zu berücksichtigen sind bzw. die Ihnen wichtig sind?

Tabelle 4.1: Leitfaden der Experteninterviews

⁵⁰² Vgl. Froschauer/Lueger (2003), S. 216.

Die befragten Experten sind alle in produzierenden Unternehmen tätig und besitzen aufgrund ihrer Aufgaben Einblick in die kurz- bis mittelfristige Leistungsprogramm- bzw. Mengenplanung. In Tabelle 4.2 sind die jeweiligen Positionen in den Unternehmen aufgeführt. Klatt ist als Disponent direkt für die Planung von Produktions- und Beschaffungsmengen verantwortlich. Auch die Sicherstellung der Kundenversorgung fällt bei Alpha in den Aufgabenbereich des Disponenten. Wieban führt die Leistungsprogrammplanung nicht selbst durch, ist aber im Rahmen seiner Tätigkeit für die Supply Chain eines Erzeugnisses und somit auch dessen Mengenplanung verantwortlich. Sein Wissen umfasst dadurch eine funktionsgrenzen überschreitende Leistungsprogrammplanung. Dies ist auch bei Dicker der Fall. Seine Aufgaben beinhalten u. a. die softwaretechnische Unterstützung der Mengenplanung. Daher verfügt auch er über Wissen bezüglich der entsprechenden Planungsprozesse. Die Aussagen von Schwarz beziehen sich auf die Planung von Absatz- und Produktionsmengen, welche er festlegt. Das Tätigkeitsfeld von Fleischmann beschränkt seine Aussagen auf die Materialversorgung und Bestimmung von Beschaffungsquantitäten.

Name	Position	Firma	Firmen- größe	Branche
Klatt	Disponent	Alpha	groß	Automotive
Wieban	Supply Chain Spezialist	Beta	groß	Automotive
Schwarz	Absatz- und Pro- duktionsplaner	Gamma	groß	Lebens- mittel
Dicker	IT-Spezialist	Delta	groß	Medizin- technik
Fleischmann	Projektleiter Be- schaffung	Epsilon	groß	Automotive

Tabelle 4.2: Angaben zu den Gesprächspartnern

Die in Tabelle 4.2 angegebenen Namen der Gesprächspartner sowie die der Unternehmen sind anonymisiert.⁵⁰³ Die befragten Personen haben Kontakt zum Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Logistik der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Dies unterstützt das für die Untersuchung notwendige Vertrauensverhältnis. Um die Vertraulichkeit der Informationen zu gewährleisten, werden Daten, die Rückschlüsse auf Unternehmen zulassen, in der Ergebnisdarstellung des Abschnitts 4.1.2 nicht genannt bzw. anonymisiert.

Die nachfolgenden Ausführungen zu den Interviews beziehen sich auf Unternehmen des produzierenden Gewerbes. Reine Dienstleistungsangebote werden nicht betrachtet.⁵⁰⁴ Die Branchenwahl verfolgt das Ziel, auf Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zwischen den Fachbereichen hinzuweisen. Durch drei Gesprächspartner aus der Automobilindustrie soll wiederum überprüft werden, ob gewisse Sachverhalte und Prozesse unternehmensspezifisch sind oder ob es sich dabei um Branchenstandards handelt. Die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse der Untersuchung stellt Abschnitt 4.1.2 vor.

4.1.2 Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Expertenbefragung

Durch die offenen Fragen des Leitfadens sowie den Gesprächscharakter der Interviews enthalten diese zwangsläufig Informationen, die über den Untersuchungsgegenstand hinausgehen. Zudem verlaufen die Unterhaltungen nicht in der Reihenfolge des Leitfadens. Die nachfolgende Ergebnisdarstellung nimmt daher eine Gliederung der Inhalte vor. Dabei liegt der Fokus auf dem Prozess der Leistungsprogrammplanung sowie der Möglichkeit, durch diesen Unsicherheiten zu bewältigen bzw. Flexibilitätspotenzial zur Bewältigung von Unsicherheiten aufzubauen. Abschnitt 4.1.2.1 stellt daher zunächst den Planungsprozess zur Be-

⁵⁰³ Bei den Gesprächspartnern handelt es sich sowohl um Frauen wie Männer. Um Rückschlüsse auf die Experten zu verhindern, wurden deren Namen durch Pseudonyme ersetzt. Zudem wird lediglich von der männlichen Form gesprochen. Auch dies dient zur Anonymisierung der Daten. Die Unternehmensnamen entsprechen ebenfalls nicht denjenigen, bei denen die Gesprächspartner beschäftigt sind.

⁵⁰⁴ Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit Güterflüsse sind.

stimmung der Bestell-, Transport- und Produktionsquantitäten vor. Er geht dabei auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Vergleich zu den in Kapitel 2 und 3 dargestellten Vorgehensweisen ein. Anschließend erläutert Abschnitt 4.1.2.2 die Unsicherheiten, die für die Leistungsprogrammplanung aus Sicht der Interviewpartner von Bedeutung sind. Die in den Unternehmen eingesetzten Instrumente zur Bewältigung von Unsicherheiten analysiert Abschnitt 4.1.2.3. Dabei werden diese auch den Ebenen des SCM und der Flexibilitätsplanung zugeordnet. Aspekte, die nicht diese drei Bereiche betreffen, die jedoch für das Verständnis der Leistungsprogrammplanung in den betrachteten Unternehmen von Bedeutung sind, zählt Abschnitt 4.1.2.4 auf. Er fasst auch die für die weiteren Ausführungen wichtigen Erkenntnisse zusammen.

4.1.2.1 Prozess der Leistungsprogrammplanung und verwendete Hilfsmittel

Die von den Gesprächspartnern beschriebenen Planungsaufgaben betreffen jeweils einen Supply Chain-Ausschnitt, der sich in drei Stufen gliedern lässt. Diese sind der Kunde, der Lieferant sowie der selbst zu verantwortende Produktionsprozess. Letzterer lässt sich in mehrere Teilprozesse gliedern. In den Gesprächen werden diese jedoch gemeinschaftlich als Produktion betrachtet.

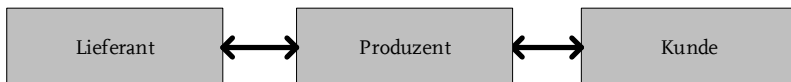


Abbildung 4.1: Betrachteter Supply Chain-Ausschnitt der Experteninterviews⁵⁰⁵

Die Dreigliederung ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Sie bestimmt auch den Planungsprozess. Dessen Ausgangspunkt sind Bedarfsdaten zur Befriedigung der Kundennachfrage, welche elektronisch zur Verfügung stehen. Sie betreffen einen Zeitraum von 13 Wochen bei Alpha und Gamma sowie Nachfragemengen der kommenden 6 bis 12 Monate bei Beta. Delta stehen Informationen über den Jahresbedarf zur Verfügung. Zusätzlich zu den mittelfristigen Bedarfsdaten erhalten die Planungsverantwortlichen kurzfristige Kundenabrufe. Diese betreffen Tages- oder

⁵⁰⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

Wochenbedarfe und stellen die konkret zu befriedigende Nachfrage dar. In einzelnen Fällen verändern sich diese Abrufe innerhalb einiger Stunden. Die genannten Zeiträume verdeutlichen, dass die Leistungsprogrammplanung nicht nur auf der taktischen Ebene stattfindet. Vielmehr ist der Übergang von dieser zur kurzfristigen, operativen Planung fließend.

Die Informationen über die Nachfrage stammen aus der jeweiligen Organisationseinheit, die für die Bedarfsplanung verantwortlich ist. Dies ist etwa die Absatzplanung oder eine Vertriebsgesellschaft. Der Detailgrad der Daten ist dabei unterschiedlich. Dicker spricht etwa davon, dass lediglich geplante Absatzzahlen übermittelt werden. Diese geben keine Auskunft über den Nachfrageverlauf innerhalb des Planungszeitraumes. Bei Alpha und Beta stehen hingegen Informationen zu geplanten Kundenabrufen zur Verfügung. Alle den Mitarbeitern zur Leistungsprogrammplanung bereitgestellten Informationen sind bereits intern erfasst und eventuell überarbeitet worden. Die Kommunikation zwischen Planungsverantwortlichem und Kunden findet somit nur indirekt über das Demand Planning statt.

Die Bedarfsvorhersagen werden im Zuge einer rollierenden Leistungsprogrammplanung genutzt, um zunächst die Produktionsmengen festzulegen. Bei Alpha und Beta findet die Planung täglich statt. Gamma und Delta haben eine wöchentlich rollierende Planung. Oberstes Ziel der Produktionsmengenplanung ist es, die Versorgung des Kunden mit den benötigten Quantitäten sicher zu stellen. Stellvertretend lassen sich folgende Aussagen zitieren:

„Warenverfügbarkeit ist immer an oberster Stelle.“ (Quelle: Schwarz)

„Der Kunde ist immer König.“ (Quelle: Klatt)

„Erstes Kriterium ist, Kundenbedarfe zu befriedigen. An nächster Stelle stehen Kostenthemen. [...] Die wichtigsten Kennzahlen sind Liefertreue, Bestand, Sonderfahrten. Liefertreue ist die Messung der Kundenbefriedigung. Bestand und Sonderfahren sind Kostenthemen.“ (Quelle: Wieban)

Das letzte Statement von Wieban zeigt, dass neben der Kundenversorgung weitere Zielsetzungen in der Planung zu berücksichtigen sind. Bei

Beta sind dies möglichst wenig Bestand und Sonderfahrten. Zudem ist die Maschinenauslastung zu beachten. Diese soll auf der einen Seite möglichst hoch sein, um kosteneffizient zu produzieren. Auf der anderen Seite strebt Beta keine volle Auslastung an, um Flexibilität durch Kapazitätsreserven zu gewährleisten. Ziel ist eine Fertigung mit 18 Arbeitsschichten bei maximal 21 möglichen Schichten. Als angestrebte Auslastung bei Alpha nennt Klatt exakt das gleiche Ziel.

Bei der individuellen Leistungsbewertung der Disponenten ist ein niedriges Bestandsniveau bei Alpha höher gewichtet als die Befriedigung der Kundennachfrage. Trotz dieser Zielsetzung handeln die Mitarbeiter nach der Devise, dass Bestände zur Sicherstellung der Kundenversorgung dem niedrigen Bestandsniveau vorgezogen werden. Grund hierfür ist, dass Bestände, die die Vorgaben überschreiten, intern leichter gerechtfertigt und moderiert werden können, als Fehlmengen beim Kunden. Keiner der anderen Gesprächspartner berichtete von einem ähnlichen Paradoxon zwischen persönlichen Leistungszielen und der Unternehmensstrategie. Sie nennen als Zielkriterien der Planung nach der Bedarfsbefriedigung ebenfalls Bestandsziele, die Auslastung der Fertigung, sowie günstige Rüstvorgänge:

„Losgrößenplanung, [...] die sich an Rüst- und Bestandskosten orientiert. [...] Vor vier oder fünf Jahren gab es ein Projekt, hier hat eine wirtschaftliche Betrachtung stattgefunden. [...] Diese wurde, soviel ich weiß, noch nicht wiederholt.“ (Quelle: Dicker)

„Wir versuchen immer ein Stock Cover zu erreichen, das von jedem Artikel da sein soll. Gleichzeitig sind noch weitere Restriktionen zu beachten, z. B. die Linienauslastung, die mit dem Schichtmodell beeinflusst werden kann. [...] Auch vorgegebene Produktionsblöcke sind zu beachten. Aber die Warenverfügbarkeit ist immer an oberster Stelle.“ (Quelle: Schwarz)

Bei den von Schwarz genannten Produktionsblöcken handelt es sich um Vorgaben, die festlegen, in welcher Reihenfolge Variantenwechsel in der Produktion stattfinden sollen. Ziel ist es dabei, den Aufwand für die Rüstvorgänge und somit die dadurch entstehenden Kosten zu minimieren. Dies hat wiederum Einfluss auf die Auslastung der Produktion.

Auch Klatt und Wieban nennen diesen Aspekt als einen Punkt, der bei der Planung zu berücksichtigen ist.

Die verantwortlichen Disponenten bestimmen die Produktionsmengen. Diese werden als Produktionslosgrößen bezeichnet und auf Grundlage der genannten Zielkriterien mit Unterstützung von Softwaretools sowie anhand der persönlichen Erfahrung festgelegt.⁵⁰⁶ Vier der fünf Unternehmen nutzen die Software „SAP APO“ als grundlegendes Planungsinstrument.⁵⁰⁷ Delta setzt ein von seinen Fähigkeiten her ähnliches System ein. Zum Teil kommen weitere Programme für einzelne Teilaufgaben zum Einsatz. Die durch die Software durchgeführte Planung beinhaltet Vorgaben zur Mengenplanung. So sind die bei Alpha im Computersystem hinterlegten Losgrößen fix. Auf unterschiedliche Bedarfe wird daher mit einem Vielfachen dieser Größe reagiert. Im Unterschied dazu entsprechen Losgrößen bei Beta und Delta nicht fixen Mengen, sondern Bedarfen für fixe Zeiträume, z. B. einem Halbjahresbedarf. Somit ist zwar die Losreichweite fix, die Menge variiert jedoch:

„In dem Moment in dem ich sage, ich produziere Jahresmengen, habe ich schon variable Mengen. Aber nein, es wird nicht jedes Mal neu berechnet.“ (Quelle: Dicker)

„In den Stammdaten steht die Losgröße, [...] bei Bedarf legt das ERP-System dann den Zeitpunkt fest, wann diese produziert wird.“ (Quelle: Wieban)

„Die Losgröße an sich wird nicht geändert, [...] wenn ich von einer Variante die Losgröße 600 habe, dann werden auch immer diese 600 geplant, auch

⁵⁰⁶ Bei einer Losgröße handelt es sich um die Menge eines Gutes, welche in einem Arbeitsschritt ohne Unterbrechung bestellt, transportiert oder produziert wird [vgl. Corsten/Gössinger (2016), S. 492; Bogaschewsky (1996), S. 1142]. Vgl. hierzu auch die Ausführungen in Abschnitt 4.2.2.1. Ein Leistungsprogramm kann somit durch mehrere aufeinander abgestimmte oder sukzessiv getroffene Losgrößenentscheidungen entstehen. Ziel der Losgrößenplanung ist es, die von der Mengenentscheidung abhängigen Kosten zu minimieren. Dies setzt voraus, dass für die prognostizierten Bedarfe keine Kapazitätsengpässe vorliegen und die Erträge von der Bestellpolitik unabhängig sind [vgl. hierzu beispielsweise Sucky (2004), S. 50 und S. 53–54].

⁵⁰⁷ Die eingesetzte Software wurde von den Unternehmensvertretern als „SAP APO“ bezeichnet. Es handelt sich dabei um den Anwendungsbereich „Advanced Planning and Optimization“ aus der Software SAP SCM des Softwareherstellers SAP [vgl. Witt (2014), S. 12–15].

wenn nur zwei abgerufen werden. [...] Je nach Losgröße wird aber auch manchmal der gleiche Produktionsauftrag hintereinandergelegt.“ (Quelle: Klatt)

Allerdings betonen alle Gesprächspartner zwei Punkte. Zum einen wird angesprochen, dass die Losgrößen von den Disponenten verändert werden können. Die Software schlägt somit Produktionsmengen vor, der Mitarbeiter entscheidet jedoch final, ob diese umgesetzt oder angepasst werden. Wieban weist z. B. darauf hin, dass eventuell Anpassungen notwendig sind, falls nicht genügend Kapazitäten zur Verfügung stehen. Zum zweiten wird betont, wie wichtig die Erfahrung der Mitarbeiter ist. Sowohl in der Fertigung als auch der Beschaffung erfolgt die Festlegung der Mengen in vielen Fällen aufgrund des Erfahrungsschatzes der Mitarbeiter bzw. wird durch diese beeinflusst. Dies geschieht z. B. bei Entscheidungen über Sicherheitsbestände oder bei der Planung von Variantenreihenfolgen.

Die festgelegten Produktionsquantitäten bilden die Grundlage für die Materialbedarfsmengen. Sie lassen sich durch Stücklistenauflösung ermitteln. Bevor Beta die Mengen an seine Lieferanten übermittelt, kann eine erneute Anpassung durch den Disponenten stattfinden:

„Es gibt Restriktionen, die der Disponent beachten muss, aber im günstigsten Fall, kann er die Bedarfe einfach so weitergeben, wie er sie bekommt.“ (Quelle: Wieban)

Bei Alpha werden die Informationen hingegen direkt an den Lieferanten übermittelt. Das führt bei einer späteren Anpassung des Produktionsprogramms zu einer Veränderung der Bestellmengen. Dadurch kommt es u. U. zu einem Bullwhip-Effekt.⁵⁰⁸ Delta ist als relativ kleiner Abnehmer bei der Bestellmengenplanung an die mit den Lieferanten vereinbarten Lieferlosgrößen gebunden. Die durch die Produzenten an ihre Lieferanten übermittelten Mengen – Fleischmann bezeichnet diese als Lieferabrufe – sind von diesen zu den entsprechenden Zeitpunkten zur Verfügung zu stellen:

⁵⁰⁸ Vgl. zum Bullwhip-Effekt Chen et al. (2000); Lee et al. (1997); Metters (1997).

„Disponenten planen dann, welche Bedarfe geliefert werden müssen. Sagen wir am 26.05. 1.000 Stück. Und dann müssen diese natürlich am 26.05. [...] bereitgestellt werden.“ (Quelle: Fleischmann)

Somit sind durch die Lieferabrufe auch die Transportmengen determiniert. Die entsprechende Datenübermittlung an den Lieferanten erfolgt ebenfalls elektronisch.

Der beschriebene und in Abbildung 4.2 zusammengefasste Planungsprozess ist in seiner Grundstruktur in allen betrachteten Supply Chain-Ausschnitten zu finden. Es handelt sich somit um ein verbreitetes Vorgehen zur Bestimmung von Bestell-, Transport- und Produktionsmengen in produzierenden Institutionen. Er ist allerdings aus den durchgeführten Interviews abgeleitet und hat damit keinen allgemeingültigen Charakter.⁵⁰⁹

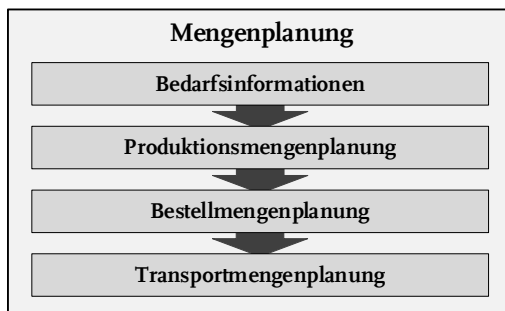


Abbildung 4.2: Sequenzieller Ablauf der von den Experten beschriebenen Mengenplanung⁵¹⁰

Die wesentlichen Erkenntnisse aus den Aussagen der Interviewpartner bezüglich des Planungsvorgehens fasst Tabelle 4.3 zusammen. Insgesamt zeigt sich, dass eine übergreifende Leistungsprogrammplanung, wie sie im Master Planning beschrieben wird, nicht stattfindet. Die einzelnen Supply Chain-Stufen legen die entsprechenden Quantitäten fest, ohne Auswirkungen auf die vor- oder nachgelagerten Partner zu kennen

⁵⁰⁹ Grund hierfür ist die gewählte Forschungsmethode sowie die Stichprobengröße und Wahl der Interviewpartner.

⁵¹⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

und zu berücksichtigen. Dies betrifft etwa Kosten, Planungsprozesse oder Mengenentscheidungen. Gleiches gilt auch für die Planung innerhalb einer Institution. Die herzustellenden oder zu transportierenden Mengen, werden für jede Produktionsstufe separat festgelegt. Aus Supply Chain-Perspektive handelt es sich somit um eine dezentrale Planung. Die Abstimmung der Mengen erfolgt durch die Weitergabe entsprechender Nachfrage- und Bedarfsdaten vom Kunden an den Produzenten und von diesem an seine Lieferanten. Die Daten umfassen jedoch nicht immer die tatsächlichen Bedarfe, sondern sind durch Sicherheitszuschläge oder aufgrund anderer Überlegungen der Disponenten beeinflusst. Diese sind als menschlicher Entscheidungsträger für die finale Festlegung der jeweiligen Quantität verantwortlich.

Prozess der Leistungsprogrammplanung:

- In den betrachteten Unternehmen findet keine Trennung zwischen einer taktischen Leistungsprogramm- und operativen Mengenplanung statt.
- Die Planung erfolgt rollierend.
- Oberstes Ziel des Planungsprozesses ist die Sicherstellung der Kundenversorgung.
- Das Leistungsprogramm entsteht durch sukzessive Planung von Losgrößen und der Weitergabe von Nachfrage- und Bedarfsmengen.
- Für die Losgrößen existieren fixe Mengenvorgaben bzw. festgelegte Bedarfszeiträume.
- Die finale Entscheidung über eine Bestell-, Transport- oder Produktionsmenge trifft der Disponent.

Tabelle 4.3: Wesentliche Erkenntnisse zum Prozess der Leistungsprogrammplanung

Bei der Planung der Produktionsmengen sind gemäß den Aussagen der Gesprächspartner neben Lager- auch Transportkosten zu beachten. Jedoch stellt die Nachfragebefriedigung das oberste Ziel der Überlegungen dar. Gleiches gilt für die Materialversorgung. Daher orientieren sich Bestellmengen am Produktionsprogramm und weniger an Kosten. Gleiches gilt für die Transportmengen. Wieban sagt hierzu:

„Oberstes Kriterium ist immer die Kundenbedarfe zu befriedigen [...] da sind Kosten egal, [...] auch wenn geflogen wird, um den halben Globus rum, kein Problem, der Kunde muss immer bedient werden.“ (Quelle: Wieban)

4.1.2.2 Relevante Unsicherheiten und deren Berücksichtigung im Planungsprozess

Bei der Frage nach den bei der Leistungsprogrammplanung relevanten Unsicherheiten werden sowohl Nachfrage- als auch Prozess- und Versorgungsunsicherheiten genannt. Die Aussagen von Fleischmann beziehen sich dabei lediglich auf die Beschaffung. Dies lässt sich anhand des Tätigkeitsfeldes erklären. Die vier Experten Klatt, Wieban, Schwarz und Dicker machen zu allen drei in Abschnitt 2.3.3.2 identifizierten Wirkungsbereichen von Unsicherheiten Angaben. Klatt, Wieban und Fleischmann nennen zudem explizit Transportunsicherheiten als Risikoquelle. Nach diesen vier Bereichen gliedern sich die Ausführungen dieses Abschnittes.

„Nachfrageunsicherheit [...] ist die größte Unsicherheit, die auch die meisten Probleme mit sich bringt.“ (Quelle: Klatt)

„Die größte Unsicherheit entsteht eigentlich in der Absatzplanung, was dann Einfluss auf alles hat, was danach stattfindet.“ (Quelle: Schwarz)

„Klar, auf der Nachfrageseite. Im Vergleich zu anderen Branchen sind unsere Bedarfe relativ sicher. Klar, ohne Zweifel eine Unsicherheit. Es brechen immer wieder Mengen weg und kommen Mengen dazu, aber im Vergleich zu anderen Branchen nicht ganz so dramatisch. [...] Was für uns eine relativ starke Unsicherheit wiederum auch auf Nachfrageseite ist, ist das rechtliche Rahmenumfeld. [...] Eine sehr große Unsicherheit ist der Variantenreichtum, was wieder Nachfrageunsicherheit ist, aber weniger aufgrund wahnsinnig schwankender Mengen.“ (Quelle: Dicker)

Die Aussagen von Klatt und Schwarz zeigen, dass für Alpha und Gamma die unsichere Kundennachfrage eine große Bedeutung hat. Nach relevanten Unsicherheiten gefragt geht auch Wieban als Erstes auf Nachfrageschwankungen ein. Dies hat mit der Tatsache zu tun, dass in der Automobilindustrie bereits kurze Lieferverzögerungen zu hohen Konventionalstrafen führen. Dass die Wichtigkeit von Nachfrageunsi-

cherheiten von der Branche abhängen kann, belegt die vorangegangene Aussage von Dicker. Unbedeutend sind Nachfrageschwankungen jedoch nie. Fleischmann kann über den Stellenwert der Unsicherheit auf der Kundenseite für den Gesamtprozess keine weitere Auskunft geben. Die tatsächlichen Kundennachfragen weichen zum Teil stark von den Mengen der mittelfristigen Bedarfsplanung ab. So berichten Klatt wie auch Wieban von Bedarfsschwankungen, die 100 % übersteigen:

„Nachfrageabweichungen hängen vom Kunden ab [...] waren letzte Woche bei einem 180 % nach oben, können aber auch 100 % nach unten sein, so dass sie gar nichts mehr abrufen.“ (Quelle: Wieban)

„Vom einen auf den anderen Monat wollen sie die doppelten Mengen. Dann wird wieder alles rausgenommen, ein halbes Jahr später.“ (Quelle: Klatt)

Solch extreme Schwankungen sind jedoch nicht die Regel. Wieban schätzt den regelmäßig auftretenden Mehr- oder Minderbedarf auf 15 %. Laut Dicker liegen die Mengenabweichungen bei Delta bei 5–10 %. Bei Gamma belaufen sich die Abweichungen bezogen auf die gesamte Nachfragemenge auf 7 %. Bei einzelnen Varianten liegt die Abweichung unterhalb von 25 %. Bei den beiden Werten handelt es sich um die Zielvorgaben für die Plangenaugigkeit. Diese können laut Schwarz meist eingehalten werden.

In der Produktion sind die Gründe für Unsicherheiten laut Wieban in einer schwankenden Produktivität der Anlagen zu finden. Auch Schwarz nennt dies als eine Ursache von Prozessunsicherheiten, wobei diese bei Gamma meist nur nach einer Wartung auftreten. Des Weiteren können Defekte an Maschinen sowie der Krankenstand der Mitarbeiter die verfügbare Produktionskapazität beeinträchtigen:

„Die größte Unsicherheit auf den Linien ist, wie diese nach einer Wartung anlaufen, schlechter oder besser.“ (Quelle: Schwarz)

„Maschinen fallen aus. [...] Sie haben eine schlechtere Leistung als geplant. [...] Es kommt auch vor, dass Mitarbeiter krank sind. Dadurch schwankt die Kapazität auch.“ (Quelle: Wieban)

„Ein Werkzeug geht kaputt oder eine Grippewelle, die zu 20 % Krankenstand führt.“ (Quelle: Klatt)

Bei der Materialversorgung steht dem Produzenten für eine zur Produktion notwendige Komponente in vielen Fällen nur ein Lieferant zur Verfügung. Dieses Single-Sourcing führt bei Alpha, Beta, Delta und Epsilon zu einer großen Abhängigkeit und dazu, dass Unsicherheiten auf der Versorgungsseite die Befriedigung der Kundennachfrage gefährden. Gründe für die Unsicherheiten beim Lieferanten können u. a. Klatt und Fleischmann nennen:

„Der Lieferant hatte ganz hohe Ausschussraten, das heißt theoretisch konnte er mit seinen Anlagen den Materialbedarf decken, aber aufgrund des Ausschusses hat er das nicht geschafft.“ (Quelle: Klatt)

„Hatten hier massive Probleme [...] hatte etwas damit zu tun, dass Lieferanten mit den stark steigenden Kundennachfragen und den damit verbundenen Materialbedarfen nicht nachgekommen sind.“ (Quelle: Klatt)

„In manchen Regionen kann es politisch Risiken geben, oder wenn es mal brennt. Umweltkatastrophen, politische Risiken, Streik. (Quelle: Fleischmann)

„Es kann auch passieren, dass sich der Lieferant verplant.“ (Quelle: Fleischmann)

„Die Supply Chain ist Risiken ausgesetzt wie jetzt das Erdbeben in Japan, [...] hier war jetzt auf einmal die Produktion unterbrochen.“ (Quelle: Fleischmann)

Somit treten sowohl operative als auch disruptive Effekte auf. Gleiches gilt für die zuvor betrachteten Nachfrage- und Prozessunsicherheiten sowie Unsicherheiten in Transportprozessen. Unter diesen verstehen die Befragten primär den Transport der für die Produktion benötigten Materialien von den Lieferanten zu den Produktionsstätten bzw. den Lagern, die die Produktion versorgen. Klatt nennt Transportunsicherheiten auch im Zusammenhang mit der Kundenbelieferung:

„Lange Transportwege, [...] hier bleibt manchmal etwas liegen oder im Zoll bleibt etwas hängen.“ (Quelle: Fleischmann)

„Transitzeiten, für Teile, die von weiter her kommen. [...] Hier hat man schon mal Schwankungen von drei Wochen. Man hat eine Transitzeit von 8 Wo-

chen aber die schwankt 3 Wochen hoch, aber auch mal 3 Wochen runter.“ (Quelle: Wieban)

„Ein Wetterphänomen, das dazu geführt hat, dass ein Kanal zugefroren war und die Schiffe nicht mehr durchgekommen sind.“ (Quelle: Klatt)

„Ein Kunde verlangt einen Sonderflug, obwohl die Teile schon unterwegs sind, aber der Transport hängt vor dem gesperrten Tunnel in Calais.“ (Quelle: Klatt)

Somit lassen sich die Auswirkungen von Transportunsicherheiten, je nachdem, ob diese bei der Material- oder Kundenversorgung auftreten, den Versorgungs- oder Prozessunsicherheiten zuordnen. Abgesehen von der Aussage von Wieban, der Schwankungen bei der Transportzeit von 3 Wochen nennt, können die Gesprächspartner keine Einschätzungen über die Höhe oder Wahrscheinlichkeit der Unsicherheiten beim Lieferanten, in der Produktion oder beim Transport geben. Szenarien oder Verteilungsfunktionen stehen für die mittelfristige Mengenplanung nicht zur Verfügung. Allerdings existieren Mittelwerte für Transitzeiten sowie Informationen über durchschnittliche, maximale und minimale Leistungen aus der Vergangenheit. Die Experten weisen darauf hin, dass die Schwankungen unterschiedlich sein können und von den Lieferanten, Entfernungen oder Produktvarianten abhängen.

Bezogen auf die Relevanz von Unsicherheiten im Planungsprozess sowie deren Berücksichtigung lassen sich die in Tabelle 4.4 aufgeführten Erkenntnisse festhalten.

Unsicherheiten im Planungsprozess:

- Die Differenzierung in operative und disruptive Unsicherheiten entspricht den in realen Leistungsprozessen auftretenden Ereignissen.
- Auswirkungen von Unsicherheiten können in Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten gegliedert werden.
- Über die Stärke der Auswirkungen von Unsicherheiten liegen nur wenige Informationen vor. Entsprechende Verteilungsfunktionen existieren auf taktischer Ebene nicht.

Tabelle 4.4: Wesentliche Erkenntnisse zu Unsicherheiten im Planungsprozess

4.1.2.3 Instrumente zur Bewältigung von Unsicherheiten

Instrument	Experte	Planungsebene
Nachfrageentkopplung	Dicker, Fleischmann	Strategisch
Gleichteileverwendung	Dicker	Strategisch
Flexibilitätsvereinbarungen mit Lieferanten	Wieban	Strategisch
Risikomanagement bei der Lieferantenwahl	Fleischmann	Strategisch
Kapazitätsanpassung	Klatt, Wieban, Dicker	Taktisch
Planung mit zeitlichen Puffern	Schwarz	Taktisch
Auftragsverschiebung	Dicker	Taktisch
Sicherheitsbestände	Klatt, Wieban, Schwarz, Dicker, Fleischmann	Taktisch, Operativ
Notfallpläne	Klatt	Taktisch, Operativ
Sondertransporte	Klatt, Wieban	Operativ

Tabelle 4.5: Von den Interviewpartnern genannte Instrumente zur Bewältigung von Unsicherheiten

Zur Bewältigung von Unsicherheiten nennen die Unternehmensvertreter die in Tabelle 4.5 aufgeführten Möglichkeiten. Dabei handelt es sich um Konzepte, die unterschiedlichen Planungsebenen zuzuordnen sind. Die für die Leistungsprogrammplanung verantwortlichen Mitarbeiter können diese nur zum Teil einsetzen. Die in der Tabelle 4.5 als strategische Maßnahmen eingeordneten Instrumente stehen den Disponenten nicht zur Potenzialplanung zur Verfügung. Diese stellen vielmehr Rahmenbedingungen aus der Supply Chain Configuration dar, welche bei der Leistungsprogrammplanung zu berücksichtigen sind und diese

im Idealfall erleichtern. So erlaubt ein von der Kundennachfrage entkoppelter Produktionsprozess eine Planung, die kurzfristige Bedarfschwankungen ignorieren kann. Mit einer entsprechenden Lagerhaltungspolitik ist es so auch möglich, operative Versorgungsunsicherheiten zu bewältigen:

„Es werden Min/Max-Grenzen festgelegt und der Lieferant darf liefern, wann und wie viel er will, solange er in den Grenzen bleibt. [...] Wenn man die Grenzen weise wählt, dann kann es auch einmal eine Schwankung geben und das bekommt man fast gar nicht mit.“ (Quelle: Fleischmann)

In einem solchen Fall sind im Zuge der taktischen Planung die entsprechenden Ober- und Untergrenzen für das Lager festzulegen. Die Entscheidung über die Prozessgestaltung ist auf der strategischen Ebene zu treffen. Insgesamt führt eine so vorgenommene Entkoppelung zu höheren Beständen. Unsicherheiten im Herstellungsprozess bestehen trotz dieser Prozessgestaltung. Dies ist auch bei der Verwendung von Gleichteilen der Fall. Durch diese lassen sich auch Versorgungs- und Nachfrageunsicherheiten nicht vollständig bewältigen. Korrelieren die Nachfragemengen der relevanten Produktvarianten jedoch negativ miteinander, so ist es möglich, Schwankungen bei den Bedarfen auszugleichen. Somit ist der Grad der Unsicherheit reduziert. Dies gelingt nicht, wenn die Nachfrage über alle Varianten hinweg steigt oder sinkt. Entscheidungen über den Einsatz von Gleichteilen sind im Rahmen der Produktentwicklung zu treffen. Auf diese, wie auch auf das Risikomanagement in der Lieferantenauswahl sowie Flexibilitätsvereinbarungen mit diesen, haben Mitarbeiter bei der Durchführung der Mengendisposition keinen Einfluss. Bei der Lieferantenauswahl und den Flexibilitätsvereinbarungen handelt es sich um proaktive Maßnahmen. Wird ersteres erfolgreich eingesetzt, so reduziert sich das Ausmaß an Versorgungsunsicherheiten, mit denen die Leistungsprogrammplanung zu kämpfen hat. Zu den Flexibilitätsvereinbarungen bei Beta sagt Wieban:

„Es gibt Logistikvereinbarungen, wo eine Flexibilität vorgegeben wird, die müssen die Lieferanten auch erfüllen. Wenn sie die nicht erfüllen, müssen sie Strafen zahlen oder die Kosten für Sonderfahrten tragen. Nicht immer ganz leicht, wenn es ein mächtiger Lieferant ist, haben wir Pech gehabt.“ (Quelle: Wieban)

Entsprechende Verträge erlauben es, die Bestellmengen beim Lieferanten kurz- und mittelfristig zu verändern. Wieban schränkt allerdings ein, dass dies aufgrund entsprechender Transportzeiten nicht immer möglich ist. Für die Leistungsprogrammplanung stellt Lieferantenflexibilität Potenzial dar, welches für eine zielorientierte Mengenplanung genutzt werden kann. Hier findet somit eine Einsatzplanung statt.

Neben der Tatsache, dass es sich bei den vier Instrumenten um strategische Maßnahmen handelt, zeigt auch die geringe Anzahl der Nennungen, dass diese in der Leistungsprogrammplanung, welche Gegenstand der Befragung war, nicht als primäres Instrument zur Bewältigung von Unsicherheiten eingesetzt werden können. Es handelt sich vielmehr um Rahmenbedingungen, die den Handlungsspielraum der taktischen und operativen Planung determinieren oder Unsicherheiten im Vorfeld reduzieren.

Kernelemente der Flexibilitätsplanung bei der Gestaltung auf taktischer Ebene sind Kapazitätsanpassungen sowie Sicherheitsbestände. Bei ersterem handelt es sich zunächst um ein Instrument der Einsatzplanung. Dabei legt der Disponent fest, welche der verfügbaren Kapazitäten genutzt werden. Alpha und Beta streben, wie bereits erwähnt, eine Auslastung von ca. 85 % an. Diese entspricht einem 18 Schicht Betrieb:

„Bei den Kapazitäten gibt es einen Richtwert, wir wollen nicht auf 21 Schichten arbeiten, sonst hat man keine Flexibilität mehr, wir versuchen auf 18 Schichten zu arbeiten.“ (Quelle: Wieban)

„Das ganze letzte halbe Jahr sind wir auf 21 Schichten gelaufen, [...] normal versucht man mit 18 Schichten hinzukommen.“ (Quelle: Klatt)

Allerdings berichten beide Gesprächspartner davon, dass dieses Ziel oft nicht eingehalten wird. Die Kapazitätsnutzung beträgt häufig 100 %. Dicker spricht ebenfalls von der Möglichkeit, Kapazitätsreserven zu aktivieren. Dabei spielt die Möglichkeit von Sonntagsarbeit und Überstunden eine wichtige Rolle. Kapazitätsanpassungen betreffen i. d. R. Maschinen und Mitarbeiter, daher sind beide Faktoren bei der Planung zu berücksichtigen. Die durch Kapazitätsreserven entstehenden Potenziale stehen für kurzfristige Anpassungen zur Verfügung. Auch für die Bewältigung von Unsicherheiten im Zeitverlauf können diese genutzt

werden. Dies gilt allerdings nur dann, wenn die Wiederbeschaffungszeit für das benötigte Material zusammen mit der Produktionszeit kürzer ist, als die vom Kunden eingeräumte Lieferzeit. Ist dies nicht der Fall, so wird auf auftretende Unsicherheiten mit der Nutzung von vorhandenen Beständen reagiert. Diese sind im Zuge der Leistungsprogrammplanung zu determinieren. Alle Gesprächspartner nennen Bestände als ein Instrument gegen Unsicherheiten und zum Aufbau von Flexibilitätspotenzial. Sie werden sowohl zur Nachfragebefriedigung als auch zur Produktionsversorgung sowie in der Produktion eingesetzt. Prägnante Aussagen der Gesprächspartner hierzu sind:

„Bestände sind zweitrangig, erst will ich Ruhe zum Kunden haben und das ist eigentlich auch meine Einstellung. [...] Es gibt Kunden, da will ich auf noch mal sicher gehen und will eine Palette Sicherheitsbestand on Top haben.“
(Quelle: Klatt)

„Bestände sind das einfachste Mittel, um Unsicherheiten abzufangen. [...] Wenn ich sofort flexibel sein muss, dann muss ich mir Bestand hinlegen. Wenn nicht, dann muss ich mir vielleicht auf einer vorgelagerten Dispostufe Sicherheitsbestand hinlegen. [...] Mit Bestand habe ich kein Risiko, Risiko ist höchstens, dass man Bestand hat, für den dann kein Bedarf mehr da ist und dann Sachen liegen bleiben und verschrottet werden müssen oder Teile anfangen zu rosten. Aber sonst ist Bestand kein Risiko. Aber sie binden Kapital.“
(Quelle: Wieban)

„Das Wichtigste ist, dass Mindestbestände eingehalten werden, [...] wir wollen bei keinem Artikel weniger Bestand haben, als dass es uns für die nächste Woche nicht reicht. [...] Es gibt auch ein Minimum-Stock-Cover für Roh- und Packmaterialien.“ (Quelle: Schwarz)

„Flexibilität hat man sich durch Bestände erkauft. [...] Bestände sind einfach und beruhigen den Disponenten, man will ja nicht derjenige sein, wegen dem die Produktion abbricht.“ (Quelle: Dicker)

„Wenn die Produktionslose feststehen, haben wir dann mehrere Möglichkeiten. Zum einen planen die Planer dann einen Sicherheitsbestand mit ein, einen Puffer, vor allem, wenn lange Lieferwege vorliegen. [...] Als zweiten Standard gibt es dann noch ein Vendor Managed Inventory [...] hier werden

zusammen mit dem Lieferanten, abhängig von der Transportzeit Min/Max-Grenzen festgelegt.“ (Quelle: Fleischmann)

Bestände, ob als Sicherheitsbestand geplant oder als Minimalbestand vorgegeben, schaffen somit eine kurzfristige Flexibilität. Diese wird zur Bewältigung von Unsicherheiten genutzt. Über die Höhe der Sicherheitsbestände lässt sich keine pauschale Aussage treffen. Laut Klatt hängen diese von der Risikoeinstellung des Disponenten ab. Hier wird auch die Wichtigkeit der Erfahrung der Mitarbeiter betont. Auch bei Delta entscheidet der Disponent über die Mindestbestände:

„Bei manchen Kunden weiß man, dass die manchmal spontan noch eine Palette brauchen.“ (Quelle: Klatt)

„Mindestbestände sind von Disponenteneinschätzungen abhängig, also auch von Disponent zu Disponent unterschiedlich.“ (Quelle: Dicker)

Zudem ist der jeweilige Prozess zu betrachten. Wieban berichtet von Sicherheitsbeständen, die in der Lage sind, Worst Case-Szenarien zu überbrücken, wenn es sich um kritische Komponenten handelt. Fleischmann und Klatt bestätigen dies. Bei Gamma entsprechen die Sicherheitsbestände sowohl bei der Rohstoff- als auch der Kundenversorgung den Wiederbeschaffungszeiten. Bestände stellen somit das zentrale Mittel zur Bewältigung von Unsicherheiten in der kurz- bis mittelfristigen Planung dar. Dies gilt branchenübergreifend in allen befragten Unternehmen.

Abgesehen von den Sonderfahrten, die Alpha und Beta zur Bewältigung kurzfristiger Probleme einsetzen, werden die weiteren Instrumente nur von jeweils einem Gesprächspartner genannt. Schwarz berichtet, dass die Produktionsplanung konservativ erfolgt. Demnach integrieren die Disponenten zeitliche Puffer in die Planung, um auf eventuelle Veränderungen reagieren zu können. Dadurch werden, wie bei der Ressourceneinsatzplanung, Potenziale für eine spätere Anpassung aufgebaut. Existieren solche Handlungsspielräume nicht, so werden bei Delta u. U. Aufträge verschoben, also zu einem späteren als ursprünglich geplanten Zeitpunkt ausgeführt. Dicker weist aber darauf hin, dass es sich dabei um eine branchenspezifische Möglichkeit handeln kann:

„Wir haben nicht das Problem, [...] dass wenn wir einen Tag Lieferverzögerung haben, sofort Konventionalstrafen zahlen müssen.“ (Quelle: Dicker)

Notfallpläne nennt nur Klatt als explizites Mittel zur Bewältigung von Unsicherheiten. Im konkreten Fall gibt dieser Handlungsanweisungen vor, wie beim Ausfall einer bestimmten Anlage zu reagieren ist. Der Plan stellt somit eine proaktive Einsatzplanung dar. Zur Überbrückung der Ausfallzeit werden Bestände eingesetzt:

„Wir wissen bei einer Anlage, wenn hier etwas kaputtgeht, dann brauchen wir für die Wiederbeschaffung zwei Wochen. [...] Deshalb gibt es hier zwei Wochen Sicherheitsbestand.“ (Quelle: Klatt)

Sonderfahrten, die Alpha und Beta häufig einsetzen, stellen ein operatives Instrument dar, um auf eintretende Ereignisse zu reagieren. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn es zu Verzögerungen im Transport kommt oder Kunden kurzfristig zusätzliche Bedarfe melden. Ihr Einsatz wird nicht in der Leistungsprogrammplanung, sondern im operativen Transportation Planning festgelegt. Kosten werden hierbei selten berücksichtigt, es steht die rechtzeitige Kundenbelieferung im Vordergrund. Allerdings sind Sondertransporte nur dann möglich, wenn die entsprechende Menge des benötigten Gutes zur Verfügung steht. Um dies sicherzustellen, werden Bestände benötigt, die in der Leistungsprogrammplanung festzulegen sind. Tabelle 4.6 fasst die Schlussfolgerungen aus den Ausführungen zu den Instrumenten zusammen.

Einsatz möglicher Instrumente:

- Instrumente der strategischen Planungsebene stellen Rahmenbedingungen für die Leistungsprogrammplanung dar.
- Alle Experten nennen Bestände als Instrument, um Potenziale in der taktisch-operativen Planungsebene aufzubauen.
- Es gibt keine pauschale Empfehlung über die Höhe des aufzubauenden Bestandspotenzials.

Tabelle 4.6: Wesentliche Erkenntnisse zum Einsatz von Instrumenten zur Bewältigung von Unsicherheiten

4.1.2.4 Weitere Anregungen und relevante Erkenntnisse aus den Gesprächen mit Unternehmensvertretern

Die Ergebnisdarstellung der Experteninterviews betrachtete den Prozess der Leistungsprogrammplanung, die für diese Aufgabe relevanten Unsicherheiten sowie Möglichkeiten, diese zu bewältigen. Dieser Abschnitt 4.1.2.4 stellt weitere Punkte vor, die die Gesprächspartner in den Interviews nennen. Anschließend erfolgt eine Aufzählung der wichtigsten Erkenntnisse für die vorliegende Arbeit.

Zunächst ist festzuhalten, dass alle Gesprächspartner die Wichtigkeit der Erfahrung und persönlichen Einschätzung der Disponenten betonen. Trotz des Einsatzes von Software zur Planungsunterstützung können die dort verwendeten Algorithmen die Fähigkeiten der menschlichen Entscheider nicht ersetzen:

„Das eigentliche Planungstool ist der Planer mit seinem Know-how. [...] Das merken wir auch immer bei neuen Werken, die Erfahrung wächst hier nicht so schnell nach, es nützt nichts, wenn es ein Tool gibt, aber die Erfahrung im Umgang nicht da ist.“ (Quelle: Fleischmann)

„Es sind dann halt Gefühlswerte. [...] Aktuell ist es schon mehr nach Bauchgefühl geplant.“ (Quelle: Klatt)

„Für unser Werk weiß es der Planer, also ganz viel ist bei uns erfahrungsbasiert. Es gibt zwar auch niedergeschriebene Sachen, aber eigentlich ist es alles Erfahrung des jeweiligen Planers. Die meisten Sachen lernt man über Erfahrung. Im System ist das nicht drin.“ (Quelle: Schwarz)

Neben dem Erfahrungswissen wird eine hohe Transparenz als Schlüssel für eine erfolgreiche Planung gesehen. Dies bezieht sich auf die verfügbaren Informationen zur Planung. Damit wird das grundlegende Problem des Informationsdefizits angesprochen. Auch die Literatur zum SCM identifiziert eine hohe Netzwerktransparenz als einen Schlüssel zur Bewältigung von Unsicherheiten.⁵¹¹

⁵¹¹ Vgl. Jüttner (2005), S. 134.

„Früher hat man sich so mit der Planung beschäftigt, den ganzen Tag lang, dass man gar nicht die Zeit hatte, sich mit dem Lieferanten über so strategische Sachen auszutauschen.“ (Quelle: Fleischmann)

„Im Tagesgeschäft schafft man es nicht, da ist dann vieles doch improvisiert.“ (Quelle: Klatt)

Diese beiden Aussagen von Fleischmann und Klatt sind wohl der Grund dafür, dass auf die Frage nach Wünschen bezüglich der Planungsunterstützung lediglich ein Gesprächspartner konkrete Angaben machen konnte. Dicker äußert das Bedürfnis nach einem einfachen und leicht anwendbaren Instrument. Dies betrifft bereits die Erfassung und Beschreibung der Unsicherheiten:

„Sehr wichtig wäre eine sehr händelbare und vernünftige Herangehensweise für die Beschreibung der Unsicherheiten. Man weiß zwar, dass Unsicherheiten da sind, aber im Planungsprozess sind sie einem nicht bewusst. Man ist froh, wenn man den Plan hat. Wenn dann die Unsicherheit kommt, dann muss man aber reagieren.“ (Quelle: Dicker)

Dicker weist darauf hin, dass es die Mitarbeiter auf der operativen Ebene sind, die Unsicherheiten gut einschätzen können. Demnach müssen Planungsinstrumente so gestaltet sein, dass deren Wissen genutzt werden kann. Daher ist die Einfachheit und Verständlichkeit des Planungsvorgehens wichtig. Dieser Einschätzung lassen sich auch Aussagen von Klatt zuordnen. Ihm zufolge misstrauen Mitarbeiter den Ergebnissen einer Planungssoftware, deren Vorgehen sie nicht in allen Punkten verstehen. Zum Teil ist aber auch eine generelle Ablehnung neuer Planungssysteme und Programme festzustellen. Neben der notwendigen Akzeptanz ist eine Unterstützung bei der Planung laut Dicker dann erfolgreich, wenn ein entsprechendes IT-Werkzeug kurze Kalkulationszeiten aufweist. Dann ist es möglich, kurzfristige Veränderungen in die Planung zu integrieren. Auch eine proaktive Szenarienbetrachtung ist dann durchführbar. Ohne dies bleibt das Flexibilitätsmanagement reaktiv.

Neben diesen Punkten lassen sich aus zuvor vorgestellten Ergebnissen für die betrachteten Unternehmen folgende Erkenntnisse ziehen und hervorheben:

- Bedarfsdaten aus dem Demand Planning werden in der Leistungsprogrammplanung als deterministisch betrachtet.
- Eine funktions- oder stufenübergreifende Planung der Beschaffungs-, Produktions- und Transportmengen findet in den untersuchten Supply Chain-Ausschnitten nicht statt. Die Koordination der Quantitäten erfolgt über deren Weitergabe in Richtung der Supply Chain-Quelle. Es ist daher eher von einer Mengen- denn einer Leistungsprogrammplanung zu sprechen.⁵¹²
- Eine Differenzierung nach operativer und taktischer bzw. kurz- und mittelfristiger Planung lässt sich bei der Mengenplanung nicht erkennen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird daher von der taktisch-operativen Planungsebene gesprochen.⁵¹³
- Zeitliche Interdependenzen werden durch eine täglich oder wöchentlich rollierende Planung berücksichtigt.
- Die in der Theorie zu findende Gliederung in Versorgungs-, Prozess- und Nachfrage- sowie in operative und disruptive Unsicherheiten wird von den Interviewpartnern bestätigt und kann in der unternehmerischen Praxis angewendet werden.
- Verteilungsfunktionen, die Unsicherheiten oder Leistungsausprägungen abbilden, stehen den Disponenten nicht zur Verfügung. Zum Teil liegen Durchschnitts- sowie Minimal- und Maximalwerte über einzelne Merkmale aus der Vergangenheit vor.
- Die Leistungsprogrammplanung nutzt Kapazitätsanpassungen als Element der Einsatzplanung. Entscheidungen über Sicherheitsbestände dienen zum Potenzialaufbau. Zu einem späteren Zeitpunkt können diese wiederum genutzt werden, um Unsicherheiten zu meistern.
- Je kurzfristiger Unsicherheiten auftreten, desto wichtiger ist Bestandspotenzial zu deren Bewältigung.

Die aufgeführten Aussagen beziehen sich auf die durchgeführten Interviews. Die Zusammenfassung dient neben der Darstellung der Ma-

⁵¹² Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 4.2.2.1.

⁵¹³ Auch auf diese Anpassung der theoretischen Einteilung der Supply Chain Planning Matrix an die Mengenplanung in realen Unternehmen geht Abschnitt 4.2.2.1 ein.

nagementperspektive auf die Leistungsprogrammplanung bei Unsicherheiten als Grundlage der Ausführungen in Abschnitt 4.2 sowie Abschnitt 4.3.

4.2 Quantitative Untersuchung zur Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial in der taktisch-operativen Mengenplanung

Die im Zuge der Fallstudienbetrachtung durchgeführten Interviews zeigen, dass durch eine entsprechende Mengenplanung Flexibilitätspotenziale auf taktisch-operativer Ebene aufgebaut werden können, um Unsicherheiten zu bewältigen. Die benötigten Handlungsspielräume in Form von Bestandspotenzial werden dabei durch entsprechende Losgrößenentscheidungen geschaffen. Sie versetzen die Institutionen in einer Supply Chain in die Lage, auf unerwartete Ereignisse zu reagieren. Die Erfahrung der verantwortlichen Mitarbeiter ist in den untersuchten Unternehmen die Grundlage, um die Höhe der Bestell- und Produktionsquantitäten und damit der Bestände festzulegen. Ein systematisches und analytisches Vorgehen zur Berücksichtigung von Unsicherheiten ist bei den betrachteten Unternehmen jedoch nicht zu erkennen. Ob und mit welcher Methode dies auf der taktisch-operativen Ebene möglich ist, soll mithilfe einer Simulationsstudie untersucht werden.

Die Studie verfolgt drei Teilziele. Zunächst sollen die in Kapitel 3 aufgezeigten Methoden zur Integration von Unsicherheiten auf die taktisch-operative Mengenplanung übertragen werden. Dies dient zur Überprüfung, ob die stochastische und robuste Optimierung zur Bewältigung von zeitlichen Interdependenzen auf der kurz- und mittelfristigen Planungsebene einsetzbar sind. Neben diesen theoretischen Ansätzen zur taktisch-operativen Mengenplanung werden auch die von den interviewten Experten beschriebenen Vorgehensweisen in der Simulationsstudie abgebildet. Dadurch wird das zweite Teilziel der Untersuchung verfolgt. Es besteht darin, alle Planungsverfahren zu bewerten und diejenigen zu identifizieren, die am besten geeignet sind, Flexibilitätspotenziale durch Bestände aufzubauen. Dies beinhaltet auch Erkenntnisse über die gene-

relle Dimensionierung von Bestandspotenzialen. Drittes Ziel der Studie ist es, ein Vorgehensmodell zur Auswahl von geeigneten Planungsverfahren zur Potenzialplanung auf taktisch-operativer Ebene vorzustellen. Dies ist dann anzuwenden, wenn die Voraussetzungen der Mengenplanung in realen Supply Chains von den in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen Ausprägungen abweichen.

Die für das Vorgehen ausgewählte Untersuchungsmethode der Simulationsstudie erläutert Abschnitt 4.2.1. In den darauf folgenden Abschnitten 4.2.2 bis 4.2.8 erfolgt die Darstellung der Vorbereitung und Durchführung der Simulation sowie eine Ergebnispräsentation und -interpretation.

4.2.1 Simulationsstudie als Untersuchungsmethode

Eine Simulation bzw. eine Simulationsstudie zählt zur Untersuchungsform des Experiments und lässt sich somit den quantitativen Methoden der Sozialforschung zuordnen.⁵¹⁴ Shannon definiert Simulation als *„process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model for the purpose either of understanding the behavior of the system or of evaluating various strategies (within the limits imposed by a criterion or set of criteria) for the operation of the system“*⁵¹⁵. Gegenstand einer Simulationsstudie ist somit ein System, über welches Einsichten gewonnen werden sollen. Im vorliegenden Fall betrifft der Erkenntnisgewinn das sozio-technische System einer Supply Chain im Allgemeinen und den Prozess der Mengenplanung zur Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial im Speziellen.⁵¹⁶ Kuhn/Rabe stellen fünf Grundregeln auf, mit welchen sich überprüfen lässt, ob der Einsatz einer Simulation geboten ist.⁵¹⁷ Von diesen sind im vorliegenden Fall vier Krite-

⁵¹⁴ Vgl. zur Zuordnung von Simulationen zu Experimenten Wissenschaftsrat (2014), S. 9. Döring/Bortz (2016), S. 14 ordnen Experimente den quantitativen Methoden der Sozialforschung zu.

⁵¹⁵ Shannon (1975), S. 2.

⁵¹⁶ Zur Simulation in sozio-technischen Systemen vgl. Davidsson/Verhagen (2013), S. 27.

⁵¹⁷ Vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 7.

rien zutreffend.⁵¹⁸ Erstens soll ein System dann mithilfe einer Simulation untersucht werden, wenn dessen Verhalten Schwankungen unterliegt. Dies ist aufgrund der Unsicherheiten, denen eine Supply Chain und deren Planungssystem ausgesetzt sind, der Fall. Zweitens ermöglicht eine rein analytische Betrachtung der Fragestellung keine zufriedenstellende Antwort. Drittens ist es nicht möglich, die Untersuchung am realen System durchzuführen bzw. der Aufwand dafür ist zu groß. Zwar lassen sich alternative Planungsverfahren in der Praxis implementieren, für eine Aussage über die Eignung der jeweiligen Verfahren müssten diese jedoch parallel in der gleichen Supply Chain realisiert werden. Der entsprechende Aufwand und die damit verbundenen Kosten lassen sich nicht rechtfertigen. Viertens stellen Supply Chains komplexe Systeme dar, deren Verhalten sich nicht durch einfache Gleichungen abbilden lassen. Demnach eignet sich eine Simulationsstudie in der vorliegenden Untersuchungssituation. Bevor diese vorgestellt wird, sollen zunächst die bei dieser Forschungsmethode zu beachtenden Punkte erläutert werden.

Schwierigkeiten beim Einsatz von Simulationen entstehen durch eine eventuelle Subjektivität bei der Modellerstellung. Dies geht mit der Herausforderung einher, einen angemessenen Komplexitätsgrad abzubilden. Beide Aspekte liegen in der Tatsache begründet, dass es für die Untersuchung notwendig ist, das reale System in einem Modell abzubilden. Dadurch kann es passieren, dass subjektive Ansichten und Wahrnehmungen in das Simulationsmodell einfließen, die zu falschen Ergebnissen führen. Diesen Schwachpunkten kann mit einer kontinuierlichen Verifikation und Validierung entgegengewirkt werden.⁵¹⁹ Gudehus nennt als weiteres Problem von Simulationsstudien Fehler, welche die Algorithmen der eingesetzten Software aufweisen.⁵²⁰ Norling

⁵¹⁸ Als fünftes Kriterium nennen Kuhn/Rabe die Neuheit des untersuchten Systems [vgl. Kuhn/Rabe (1998), S. 7]. Diese ist bei bestehenden Supply Chains nicht gegeben. Bei einer Umstrukturierung oder Neugestaltung eines Leistungsnetzwerkes trifft auch dieser Aspekt zu.

⁵¹⁹ Vgl. Law (2015), S. 246–248. Hier finden sich auch weiterführende Literaturhinweise zur Verifikation und Validierung. Abschnitt 4.2.4 beschreibt die für die vorliegende Studie durchgeführten Maßnahmen zur Verifikation und Validierung. Diese orientieren sich an der Auswahl von Rabe et al. (2008), S. 98–107.

⁵²⁰ Vgl. Gudehus (2010), S. 87–88.

et al. entkräften dieses Argument mit dem Hinweis auf die Sorgfalt und Genauigkeit, die bei der Entwicklung von Standardprogrammen geboten ist.⁵²¹ Allerdings lässt sich eine hundertprozentige Fehlerfreiheit nicht garantieren.

Der Nutzen einer Simulation liegt in der gegebenen Untersuchungssituation darin, dass sich mit ihrer Hilfe die Eignung alternativer Methoden zur Flexibilitätsplanung beurteilen lässt.⁵²² Der Vorteil besteht insbesondere in der Möglichkeit, Unsicherheiten und deren Auswirkungen über einen längeren Zeitraum zu simulieren. So ist es möglich, die für die Supply Chain am besten geeigneten Verfahren zu identifizieren. Zudem ist es in einer Simulation möglich, die Rahmenbedingungen zu kontrollieren. Würde das Experiment an einem realen System durchgeführt, so ließe sich bei komplexen Systemen, wie sie Supply Chains darstellen, der Einfluss der Planungsmethoden auf die Leistung des Systems nicht isoliert betrachten. Simulationen erlauben es zudem, langfristiges Verhalten in komprimierter Zeit zu betrachten. So können Entwicklungen über mehrere Jahre innerhalb von Minuten nachgebildet oder prognostiziert werden. Law kommt zu der Erkenntnis, dass es allein aufgrund der Komplexität der meisten Untersuchungsgegenstände notwendig ist, Simulationen durchzuführen.⁵²³ Dies gilt auch bei der Beurteilung alternativer Planungsansätze für die Mengenplanung und ihrer Fähigkeiten, Unsicherheiten zu bewältigen.

Simulationen lassen sich anhand dreier Kriterien klassifizieren.⁵²⁴ Demnach wird im weiteren Verlauf der Untersuchung eine diskrete Simulation eingesetzt.⁵²⁵ Im Gegensatz zu kontinuierlichen Modellen, bei welchen Systemveränderungen fließend erfolgen, verändert sich der Systemzustand im eingesetzten Modell abhängig vom Eintreten von Ereignissen. Unsicherheiten, welchen Supply Chains ausgesetzt sind, werden in der Simulation durch Variablen abgebildet, deren Ausprägungen stochastisch sind. Aufgrund dieser Zufallsvariablen wird von

⁵²¹ Vgl. für diese Argumentation Norling et al. (2013), S. 40.

⁵²² Vgl. für die hier aufgeführten Vorteile z. B. Law (2015), S. 2–3.

⁵²³ Vgl. Law (2015), S. 5; Eley (2012), S. 3; Wenzel et al. (2008), S. 15.

⁵²⁴ Vgl. für die Klassifikation Wiese (2017), S. 165 und Law (2015), S. 5–6.

⁵²⁵ Vgl. Kleijnen (2005), S. 84.

einem stochastischen Modell gesprochen. Des Weiteren handelt es sich um ein dynamisches System. Diese Einordnung ist in Tabelle 4.7 zusammengefasst. Die blau hervorgehobenen Kategorien entsprechen der im Weiteren betrachteten Simulation.

Merkmal	Ausprägung	
Art der Systemveränderung:	Diskret	Kontinuierlich
Berücksichtigung von Zufallseinflüssen:	Stochastisch	Deterministisch
Berücksichtigung der Zeit:	Dynamisch	Statisch

Tabelle 4.7: Klassifikation von Simulationen⁵²⁶

Für die Durchführung einer Simulationsstudie stehen zahlreiche Vorgehensmodelle zur Verfügung.⁵²⁷ Zwar bestehen Unterschiede in einzelnen Teilschritten, jedoch lassen sich immer drei Bestandteile identifizieren.⁵²⁸ Dies sind die Experimentvorbereitung, die Durchführung sowie die Datenauswertung.⁵²⁹ Im Zuge der Vorbereitung ist zunächst zu klären, welche Fragestellung mithilfe der Simulationsstudie zu untersuchen ist.⁵³⁰ Anschließend gilt es, die erforderlichen Daten zur Abbildung des realen Systems zu sammeln und diese in ein simulationsfähiges Modell zu überführen und zu implementieren.⁵³¹ Die Durchführung der Studie besteht aus der Ausführung der Simulationsexperimente.⁵³² Dafür wird in dieser Arbeit die Software Anylogic 7.3.6 eingesetzt.⁵³³ Der Datenauswertung werden die Teilschritte Verdichtung, Präsentation, Interpretation sowie Reflektion zugeordnet.⁵³⁴ Dem be-

⁵²⁶ In Anlehnung an Wiese (2017), S. 156.

⁵²⁷ Vgl. Eley (2012), S. 15; Rabe et al. (2008), S. 27.

⁵²⁸ Beispiele für Vorgehensmodelle finden sich u. a. bei Law (2015), S. 67; Wissenschaftsrat (2014), S. 9 und Rabe et al. (2008), S. 5.

⁵²⁹ Vgl. Eley (2012), S. 18.

⁵³⁰ Vgl. Wissenschaftsrat (2014), S. 9.

⁵³¹ Vgl. Rabe et al. (2008), S. 32 und Wenzel et al. (2008), S. 7.

⁵³² Vgl. Eley (2012), S. 17.

⁵³³ Vgl. für die Eigenschaften der Software Anylogic (2017). Vgl. zur Eignung sowie zum Einsatz von Anylogic in Unternehmen Wiese (2017), S. 198. Wird im Folgenden von der verwendeten Software gesprochen, so wird diese als „Anylogic“ bezeichnet.

⁵³⁴ Vgl. Wissenschaftsrat (2014), S. 9.

schriebenen dreistufigen Vorgehen folgt auch die hier durchgeführte Simulationsstudie. Dabei werden die Aufgaben der Vorbereitung in Abschnitt 4.2.2 und Abschnitt 4.2.3 beschrieben. Die eigentlichen Experimente, die Simulationsläufe, erläutert Abschnitt 4.2.4. Die Abschnitte 4.2.5 bis 4.2.8 widmen sich dann der Datenauswertung und Interpretation. In Abbildung 4.3 ist dieses Vorgehen dargestellt.⁵³⁵ Die abgebildete Rückkopplung visualisiert die Tatsache, dass nach der Auswertung der ersten zwei von drei Simulationsphasen die gewonnenen Erkenntnisse als Input für die dritte Phase der Experimente dienen. Hier werden erneut Modelle erstellt und weitere Simulationsläufe durchgeführt, bevor die in Abschnitt 4.2.8 dargelegten Ergebnisse vorliegen.

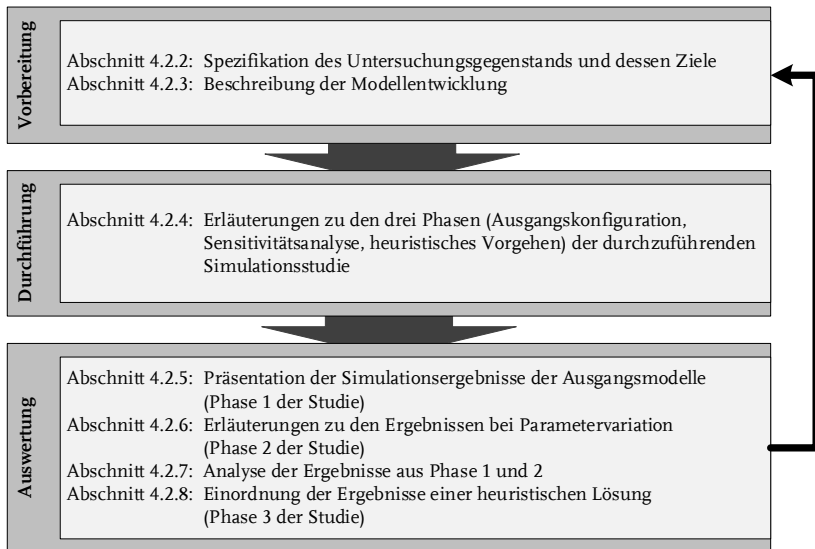


Abbildung 4.3: Vorgehen der Simulationsstudie der vorliegenden Arbeit⁵³⁶

⁵³⁵ Die ausführliche Dokumentation trägt der Einschätzung von Rabe et al. Rechnung, welche diese als ein wesentliches Kriterium zur Verifikation und Validierung in Simulationsstudien identifizieren [vgl. Rabe (2008), S. 7].

⁵³⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.2 Untersuchungsgegenstand der Simulationsstudie

Die Aufgaben der Experimentvorbereitung lassen sich für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand in zwei Bereiche gliedern. So sind zunächst die untersuchte Supply Chain sowie deren Zielsetzung und das konkrete Vorgehen bei der taktisch-operativen Mengenplanung zu erläutern. Anschließend gilt es, das eingesetzte Verfahren zur Mengenplanung um die alternativen Planungsansätze, welche Unsicherheiten berücksichtigen, zu erweitern. Diese Schritte sind auch in Abbildung 4.3 zu erkennen. Dabei weist Abschnitt 4.2.2 in der vorliegenden Arbeit eine Dreigliederung auf. So erläutert Abschnitt 4.2.2.1 die taktisch-operative Mengenplanung als Untersuchungsgegenstand und deren Struktur in einer Supply Chain. Anschließend stellt Abschnitt 4.2.2.2 eine zweistufige Supply Chain vor, welche als Grundlage der weiteren Analyse dient. In Abschnitt 4.2.2.3 werden die für die Bewertung der Ergebnisse notwendigen Kriterien erläutert. Die alternativen Möglichkeiten, die Potenzialplanung in die Losgrößenplanung zu integrieren und somit den zweiten Schritt der Vorbereitung der Simulationsstudie, betrachtet dann Abschnitt 4.2.3.

4.2.2.1 Taktisch-operative Mengenplanung in einer Supply Chain

Abschnitt 4.1 stellt die Leistungsprogrammplanung als Planung mittelfristiger, aufeinander abgestimmter Bestell-, Transport- und Produktionsmengen vor. Die durchgeführten Interviews legen jedoch den Schluss nahe, dass eine Disposition in dieser Form nicht stattfindet. So konnte in den Gesprächen keine klare Trennung zwischen der mittel- und kurzfristigen Planungsebene erkannt werden.⁵³⁷ Zudem entstehen die Leistungsprogramme nicht durch eine zentrale Planung oder gezielte Koordination interner Mengenfestlegungen, sondern durch sukzessi-

⁵³⁷ Auch in der Literatur zum Management, SCM sowie zur Produktionsplanung finden sich Beiträge, die lediglich zwischen einer strategischen und operativen Planung differenzieren [vgl. beispielsweise Hungenberg (2014), S. 23–24; Schwaninger/Ambroz (2009), S. 25–26; Voigt (1992), S. 192]. Die in Abschnitt 2.2.4.1 alternativ genannte Gliederung des SCM folgt ebenfalls dieser Logik. Hier umfasst das Supply Chain-Design strategische Aspekte. Das Supply Chain Planning beinhaltet sowohl taktische wie operative Aufgaben [vgl. Abschnitt 2.2.4.1 sowie Meyr et al. (2015), S. 105].

ve Weitergabe von Bedarfsquantitäten.⁵³⁸ Diese entstehen wiederum durch isolierte Losgrößenentscheidungen auf vorgelagerten Supply Chain-Stufen.⁵³⁹ Durch die Weitergabe der Planungsergebnisse an den güterflussaufwärts gelegenen Partner findet dann die Abstimmung der Mengen statt.⁵⁴⁰ Ein solcher Planungsprozess ist Untersuchungsgegenstand der Simulationsstudie.⁵⁴¹ Daher ist im Folgenden nicht mehr von der Leistungsprogrammplanung zu sprechen. Vielmehr wird die isolierte Losgrößenplanung in einzelnen Supply Chain-Stufen betrachtet. Die aus ihr hervorgehenden Quantitäten sind zwar Teil des Leistungsprogrammes, ihre dezentrale Festlegung jedoch keine Leistungsprogrammplanung im Sinne der Supply Chain Planning Matrix. Es wird daher von der taktisch-operativen Mengenplanung gesprochen. Diese hat durch die isolierte in den einzelnen Supply Chain-Stufen stattfindende Mengenplanung Auswirkung auf das Bestandsniveau in einem Leistungsnetzwerk und somit auf das vorhandene Bestandspotenzial, das zur Bewältigung von Unsicherheiten zur Verfügung steht. Dieser Aspekt steht im Fokus der Simulationsstudie. Die Untersuchung, be-

⁵³⁸ Für eine netzwerkweite Planung bedarf es einer zentralen Instanz, die über alle benötigten Informationen für eine globale Optimierung verfügt. Diese existiert in einer Supply Chain nicht [vgl. Bretzke (2015), S. 82–89 sowie Pibernik/Sucky (2007), S. 201 und die dort angegebene Literatur]. Neben technischen Herausforderungen liegt dies in den zum Teil konkurrierenden Interessen der Supply Chain-Akteure begründet. Insbesondere Kostendaten werden als vertrauliche Informationen betrachtet und daher nicht weitergegeben. Zudem versuchen die Supply Chain-Partner i. d. R. ihren eigenen Nutzen zu maximieren. Ein Verzicht auf einen Teil des Nutzens zu Gunsten der Supply Chain-Leistung ist nur selten anzutreffen. Dies liegt auch im noch nicht gelösten Allokationsproblem der entstehenden Effizienzgewinne begründet [vgl. Bretzke (2015), S. 70].

⁵³⁹ Dabei werden auf einer aggregierten Ebene, die eher dem taktischen Bereich zugeordnet ist, Losgrößen auf Produktebene festgelegt. Aus dieser abgeleitet können dann für die Komponentenebene bzw. für einzelne Maschinen detailliertere Losgrößen bestimmt werden. Diese Aufgabe ist eher von operativer Bedeutung [vgl. hierzu Pibernik/Sucky (2005), S. 70–71; Schneeweiß (2002), S. 143–144].

⁵⁴⁰ Vgl. zu diesem sukzessiven Vorgehen und der Alternative einer simultanen Mengenplanung Sucky (2004), S. 41–42.

⁵⁴¹ Die Expertenbefragung zeigt, dass ein solcher Prozess sowohl intern zwischen Abteilungen, Funktionsbereichen und einzelnen Fertigungsstufen, aber auch zwischen Supply Chain-Partnern stattfindet.

trachtet die Möglichkeit, Bestandspotenzial durch die Integration von Unsicherheiten in die Losgrößenplanung aufzubauen.⁵⁴²

Aufgabe der taktisch-operativen Mengendisposition ist es, festzulegen, welche Bedarfsmengen zu einem Bestell-, Transport- oder Produktionslos zusammengefasst werden. In der im Rahmen der Experteninterviews betrachteten Planung wurden lediglich Entscheidungen über Bestell- und Produktionslose beschrieben. Wie Transportquantitäten festzulegen sind wurde hier nicht erläutert. In Abhängigkeit des Machtgefüges in einem Leistungsnetzwerk werden diese von der versorgenden oder abnehmenden Institution vorgegeben.⁵⁴³ Alternativ ist auch eine Koordination möglich.⁵⁴⁴ Die Transportlose müssen dabei so disponiert werden, dass entsprechende Mengen zur Deckung der Nachfrage zum Bedarfszeitpunkt zur Verfügung stehen. Dabei besteht grundsätzlich die Möglichkeit, mehrere Bestelllose zu einem Transportlos zu bündeln bzw. die Bestellmenge auf mehrere Transportlose aufzuteilen. Diese Entscheidung wird in der weiteren Untersuchung nicht betrachtet. Vielmehr entsprechen die Transportmengen zwischen den Supply Chain-Stufen den Bestelllosgrößen der abnehmenden Institution.⁵⁴⁵ Grund für diese Vereinfachung ist die für die Simulationsstudie gewählte Supply Chain-Struktur. Diese baut auf einem von Banerjee vorgestellten Zahlenbeispiel auf und besteht aus zwei Institutionen.⁵⁴⁶ Abschnitt 4.2.2.2 erläutert die entsprechenden Daten.

Trotz des unterschiedlichen Kontexts zwischen Beschaffung und Produktion ist festzustellen, dass sich die Entscheidungssituationen über

⁵⁴² Die Ressourceneinsatzplanung, welche zum Teil simultan mit der Entscheidung über die Quantitäten stattfindet, wird dabei nicht weiter betrachtet. Der Fokus liegt auf dem Aufbau von Flexibilitätspotenzial durch entsprechende Mengendisposition [vgl. Abschnitt 3.3.2].

⁵⁴³ Vgl. zu Machtsituationen in Supply Chains und deren Auswirkung auf die Losgrößenabstimmung Dobhan (2012), S. 122–224; Sucky (2004), S. 196–201.

⁵⁴⁴ Vgl. Sucky (2004), S. 201–272.

⁵⁴⁵ Dies entspricht dem Vorgehen bei Sucky (2004), S. 46. In realen Supply Chains ist eine solche Situation beispielsweise bei einer Materialversorgung nach dem Just in time-Prinzip zu finden. Vgl. hierzu die Aussage von Fleischmann in Abschnitt 4.1.2.1.

⁵⁴⁶ Vgl. Banerjee (1986).

festzulegende Losgrößen in den beiden Bereichen gleichen.⁵⁴⁷ So gilt es, jeweils ein Formalziel zu verfolgen, wobei die Bedarfsdeckung sicherzustellen ist.⁵⁴⁸ In der Beschaffung ist der Materialbedarf der Produktion zu decken. Die Produktion muss wiederum die erwarteten Verbraucherbedarfe bzw. die von den nachgelagerten Supply Chain-Stufen benötigten Mengen zur Verfügung stellen. Auf der taktisch-operativen Ebene wird dabei i. d. R. das Ziel der Kostenminimierung verfolgt.⁵⁴⁹ Für die Entscheidung über Bestell- bzw. Produktionslosgrößen sind dabei folgende Kosten als entscheidungsrelevant anzusehen:⁵⁵⁰

- **Bestellfixe Kosten B:** Kosten, die bei der Durchführung eines Bestellvorgangs anfallen. Dies sind beispielsweise Kosten für die Arbeitszeit von Mitarbeitern, die den Bestellprozess durchführen, Kosten für die Warenannahme oder die Einlagerung. Sie enthalten auch fixe Kosten, die bei der Durchführung des Transportprozesses entstehen, wenn keine separate Transportmengenplanung stattfindet. Hier sind die Kosten für das Transportmittel sowie für den Lkw-Fahrer zu nennen.
- **Produktionsfixe Kosten R:** Diese Kosten werden als Rüstkosten bezeichnet und setzen sich aus Aufwendungen für Material, Werkzeuge und qualifizierte Mitarbeiter zusammen, die für die technische Einstellung einer Produktionsanlage auf ein neues Produkt anfallen.⁵⁵¹ Opportunitätskosten für die Zeit der Umrüstung sind hier ebenfalls enthalten.⁵⁵²

⁵⁴⁷ Vgl. Adam (1998), S. 475; Stefanič-Allmayser (1927), S. 504–508 und Wilson (1934), S. 116–128.

⁵⁴⁸ Vgl. Sucky (2004), S. 23.

⁵⁴⁹ Vgl. Bloech et al. (2014), S. 100; Sucky (2004), S. 50 und Thorn (2002), S. 31. Diese Zielsetzung lässt sich aus den Formalzielen des SCM ableiten [vgl. Chopra/Meindl (2016), S. 15–17]. Vgl. zu weiteren Zielgrößen der taktischen Supply Chain-Planung Friedrich (2007), S. 39–42; Thorn (2002), S. 31–40.

⁵⁵⁰ Vgl. Dobhan (2012), S. 112–113. Hier findet sich auch eine übersichtliche Aufführung der Annahmen, die den Modellen der Losgrößenplanung zugrunde liegen. Die hier aufgeführten Kosten stehen auf den jeweiligen Supply Chain-Stufen nicht direkt zur Verfügung. Sie sind vielmehr im Zuge einer entsprechenden Prozesskostenrechnung zu ermitteln [vgl. Plinke et al. (2015), S. 229–247].

⁵⁵¹ Vgl. Bloech et al. (2014), S. 218–219; Allahverdi et al. (1999), S. 219; Adam (1998), S. 475.

⁵⁵² Vgl. Tempelmeier (2016), S. 149. Hier wird auch darauf hingewiesen, dass die Quantifizierung von Rüstkosten eine Herausforderung für das betriebliche Rechnungswesen

- **Variable, mengenabhängige Kosten h :** Dabei handelt es sich um einen Kalkulationssatz, der insbesondere durch die Kosten für gebundenes Kapital beeinflusst wird.⁵⁵³ Diese als Lagerhaltungskostensatz bezeichnete Größe beinhaltet auch Kosten für Schwund, Versicherung oder Qualitätsminderung, die ebenfalls mengenabhängig und somit für die Losgrößenplanung entscheidungsrelevant sind.⁵⁵⁴

	Bekanntheitsgrad relevanter Planungsparameter	
Dynamik relevanter Planungsparameter	Statisch-deterministisch	Stochastisch
	Dynamisch-deterministisch	

Abbildung 4.4: Differenzierung der Entscheidungssituation der Mengenplanung anhand der Eigenschaften der relevanten Planungsparameter⁵⁵⁵

Des Weiteren lässt sich die Planungssituation nach den in Abbildung 4.4 dargestellten Kriterien differenzieren. Bei Mengenentscheidungen unter Unsicherheit liegen demnach stochastische Rahmenbedingungen vor. Hier existieren keine konkreten Bedarfsinformationen.

ist. Der Kostensatz übernimmt bei Festlegung von Losgrößen eine Lenkungsfunktion und ermöglicht die Ausrichtung am Ziel der Kostenminimierung. Alternativ ist es möglich, mit Rüstzeiten zu arbeiten [vgl. Tempelmeier (2016), S. 304]. In der vorliegenden Arbeit wird der Ansatz aufgegriffen, der Losgrößen auf Grundlage von Rüst- und Lagerhaltungskostensätzen festlegt [vgl. Bloech et al. (2014), S. 163–168]. Handelt es sich um die Determinierung von Bestelllosgrößen, so wird der Kostensatz pro durchgeführte Bestellung an Stelle der Rüstkosten eingesetzt.

⁵⁵³ Vgl. für diesen und den folgenden Satz Bloech et al. (2014), S. 219; Langton (2013), S. 22–23 und Hartmann (2017), S. 18–20.

⁵⁵⁴ Für eine ausführliche Erläuterung zu Lagerkosten vgl. Adam (1998), S. 479–483; Tempelmeier (2016), S. 18–181.

⁵⁵⁵ Quelle: Eigene Darstellung. Vgl. für die Differenzierung Tempelmeier (2016), S. 5–6 und S. 25.

Allerdings zeigen die Ergebnisse der Managementbefragung, dass die mittel- und kurzfristige Planung mit quasi-deterministischen Daten arbeitet. Die gesamte Planung richtet sich an den vom Demand Planning bzw. der vorgelagerten Planungsstufe zur Verfügung gestellten Bedarfswerten aus. Dadurch sind in den einzelnen Supply Chain-Stufen mehrperiodische Losgrößenentscheidungen in einem dynamisch-deterministischen Umfeld zu treffen. Die dabei als bekannt angenommenen Bedarfe stellen somit bei der zu treffenden Mengenentscheidung eine einzuhaltende Bedingung dar. Unter diesen deterministischen Voraussetzungen reduziert sich die Losgrößenplanung der einzelnen Supply Chain-Stufen auf eine Trade-off-Betrachtung.⁵⁵⁶ Diese betrifft sowohl bei der Beschaffung wie auch in der Produktion die zuvor erläuterten mengenunabhängigen Fix- und mengenabhängigen variablen Kosten.⁵⁵⁷

Zur dynamisch-deterministischen Losgrößenplanung existieren verschiedene heuristische Algorithmen sowie Optimierungsverfahren.⁵⁵⁸ Letztere können bei mehrperiodischen Mengenentscheidungen allerdings nur dann eine optimale Lösung ermitteln, wenn das Planungsfeld geschlossen ist. Dies ist im SCM nicht der Fall.⁵⁵⁹ Bei zeitlich offenen Planungsfeldern zeigen Blackburn/Millan, dass heuristische Verfahren den Optimierungsstrategien überlegen sein können.⁵⁶⁰ Heuristiken ergeben zudem ruhigere Planungsergebnisse im Zuge der rollierenden

⁵⁵⁶ Vgl. Dobhan (2012), S. 112; Schneeweiß, (2002), S. 114–115.

⁵⁵⁷ Die entsprechenden Wirkungen von fixen und variablen Kosten in Abhängigkeit der Mengenentscheidung bei statischem Nachfrageverlauf beschreibt das sogenannte „Ander-Modell“ [vgl. hierzu Harris (1913), S. 135–136; Stefanič-Allmayer (1927), S. 504–508; Andler (1929), S. 48–61 und die Ausführungen in Abschnitt 4.2.3.5].

⁵⁵⁸ Vgl. Robinson et al. (2009). Insgesamt zeigt die große Anzahl an Veröffentlichungen und Modellen, die sich mit der Losgrößenplanung beschäftigen, deren Relevanz. Allerdings führt dies auch zu einer entsprechenden Unübersichtlichkeit. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Betrachtung der einstufigen Losgrößenplanung. Damit wird der Annahme Rechnung getragen, dass Supply Chain-Stufen eine isolierte Planung durchführen.

⁵⁵⁹ Vgl. Abschnitt 2.2.4.3.

⁵⁶⁰ Vgl. für diesen und die beiden folgenden Sätze Blackburn/Millan (1982).

Planung.⁵⁶¹ Daher dient die Heuristik nach Silver-Meal als Grundlage zur stufeninternen Losgrößenplanung in dieser Arbeit.⁵⁶²

Beim Vorgehen der Silver-Meal-Heuristik werden Entscheidungen über Losgrößen auf Grundlage von periodenbezogenen Durchschnittskosten getroffen. Dabei findet ein Vergleich der durchschnittlichen Kosten eines Loses, dass die Bedarfsmenge $b_{[i,i+1]}$ der Periode $[i, i + 1]$ umfasst, mit den durchschnittlichen Kosten statt, die entstehen, wenn die Losgröße um den Bedarf $b_{[i+1,i+2]}$ der Folgeperiode $[i + 1, i + 2]$ erweitert wird. Die durchschnittlichen Kosten ergeben sich mithilfe einer Division der entscheidungsrelevanten Gesamtkosten einer Losgröße durch die Anzahl der betrachteten Perioden. Die entscheidungsrelevanten Gesamtkosten setzen sich dabei aus den zuvor aufgeführten fixen und variablen Kosten eines Loses zusammen. Formel (4-1) stellt einen entsprechenden Vergleich der periodenbezogenen Durchschnittskosten für die Perioden $[i, i + 1]$ und $[i + 1, i + 2]$ eines Produzenten dar:⁵⁶³

$$\text{Loserweiterung, wenn: } \frac{R}{1} \geq \frac{(R + h_1 \cdot b_{[i+1,i+2]})}{2} \quad (4-1)$$

Für den Produzenten sind dessen fixe Rüstkosten R sowie die vom Bedarf der Folgeperiode $b_{[i+1,i+2]}$ abhängigen Lagerkosten, welche durch den Lagerhaltungskostensatz h_1 repräsentiert werden, entscheidungsrelevant. Zeigt der Vergleich der periodenbezogenen Durchschnittskosten, dass diese bei einer Loserweiterung steigen, so wird diese nicht durchgeführt. Sinken die Kosten oder bleiben sie gleich, so findet eine Erweiterung der Produktionsmenge um den Bedarf der Folgeperiode statt. Das Los wird so lange um die Bedarfe der Folgeperioden erweitert, bis die durchschnittlichen Periodenkosten steigen. Wird die Entscheidung über eine Bestelllosgröße betrachtet, so ist R durch den fixen Bestellkostensatz B und h_1 durch den entsprechenden Lagerhaltungskostensatz h_2

⁵⁶¹ Vgl. Vahrenkamp (2008), S. 174.

⁵⁶² Vgl. Silver/Meal (1973). Das verwendete Modell dient im Weiteren als Beispiel dafür, wie sich deterministische Planungsansätze durch Verfahren der stochastischen oder robusten Optimierung erweitern lassen, um Unsicherheiten bei der Planung zu berücksichtigen. Werden in Supply Chains andere Planungsmodelle verwendet, so können diese analog zum in dieser Arbeit beschriebenen Vorgehen angepasst werden.

⁵⁶³ Vgl. Tempelmeier (2016), S. 53; Thonemann (2015), S. 313–318.

des Händlers zu ersetzen. Bei den Losgrößenentscheidungen werden lediglich die genannten Kosteninformationen sowie Bedarfsprognosen verwendet. Die Produktivität von Fertigungsanlagen oder Transportzeiten spielen dabei keine Rolle.⁵⁶⁴ Die entsprechenden Kapazitäten stellen Rahmenbedingungen dar, auf die Entscheidungsträger bei der Mengenplanung keinen Einfluss haben. Sie werden daher als nicht entscheidungsrelevante Größen betrachtet. Unsicherheiten, die in diesen Bereichen auftreten können, beachtet eine so durchgeführte Losgrößenplanung ebenfalls nicht.

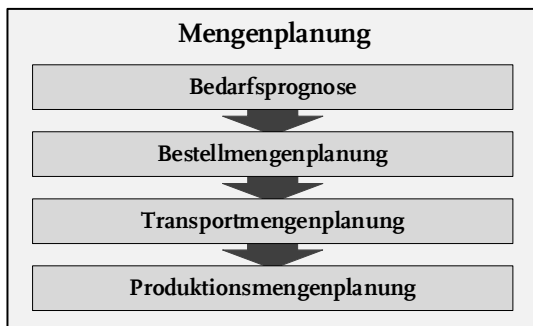


Abbildung 4.5: Taktisch-operative Mengenplanung in einer zweistufigen Supply Chain, bestehend aus Händler und Produzent⁵⁶⁵

Der folgende Abschnitt 4.2.2.2 beschreibt einen zweistufigen Supply Chain-Ausschnitt bestehend aus einem Händler sowie einem ihn beliefernden Produzenten. Dieser Ausschnitt dient als Grundlage der durchzuführenden Simulationsstudie. Wird hier das beschriebene Vorgehen zur Losgrößenplanung genutzt, so erfolgt die Mengendisposition für die zweistufige Supply Chain in mehreren Schritten, wie in Abbildung 4.5 dargestellt. Zunächst legt der Händler aufgrund seiner Bedarfsprognosen die Bestelllosgrößen für einen Planungszeitraum fest. Wird davon ausgegangen, dass keine separate Planung der Transportlosgrößen stattfindet, so stellen diese Quantitäten auch die Transportmengen dar. Diese werden an den Produzenten übermittelt, welchem die Informationen als Grundlage seiner Produktionslosgrößenplanung dienen.

⁵⁶⁴ Vgl. zu den Annahmen des Modells Silver/Meal (1973).

⁵⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.2.2 Modell einer zweistufigen Supply Chain und ihre Abbildung in der Simulationssoftware

Im Zuge der Experimentvorbereitung sind Daten über das abzubildende System zu sammeln.⁵⁶⁶ Aus diesen lässt sich anschließend ein Modell erstellen und in die genutzte Simulationssoftware implementieren. Die hier zur Untersuchung von Planungsmethoden bei Unsicherheit auf taktisch-operativer Ebene durchgeführte Simulationsstudie betrachtet einen zweistufigen Supply Chain-Ausschnitt. Dabei handelt es sich nicht um ein real existierendes System, sondern um ein in der Literatur zur Losgrößenplanung eingesetztes Referenzbeispiel.⁵⁶⁷ Für die Untersuchung sind daher die notwendigen Daten dieses Beispiels in ein Simulationsmodell zu überführen. Alle hierfür notwendigen Informationen werden im Folgenden dargelegt. Dies beinhaltet auch die Abbildung der Unsicherheiten in der Simulation. Zudem fließen Erkenntnisse aus den durchgeführten Experteninterviews in die Modellbildung ein.

Das verwendete Referenzbeispiel geht auf Banerjee zurück.⁵⁶⁸ Dieser betrachtet eine aus einem Produzenten und einem Händler bestehende Supply Chain und deren gemeinsame Mengenplanung eines Gutes. Das ursprüngliche Modell umfasst weder Unsicherheiten noch einen Transportprozess. Da Letzterer im Rahmen der qualitativen Erhebung als Quelle von Versorgungsunsicherheiten genannt wurde, wird das Beispiel entsprechend erweitert. Dies gilt auch für Unsicherheiten im Pro-

⁵⁶⁶ Vgl. für diesen und den nachfolgenden Satz Wenzel et al. (2008), S. 119–122.

⁵⁶⁷ Ausführungen, die sich auf das in Abschnitt 4.2.1 vorgestellte Modell beziehen, finden sich z. B. bei Sucky (2004) und Dobhan (2012).

⁵⁶⁸ Vgl. Banerjee (1986). Dieses Modell wurde aufgrund der konkreten Planungssituation eines zweistufigen Supply Chain-Ausschnittes, welche auch Kostensätze für Händler und Produzent beinhaltet, ausgewählt. Zudem handelt es sich um ein Modell, welches mehrfach als Grundlage für analytische Arbeiten dient. Es sei darauf hingewiesen, dass die aus der Simulationsstudie abgeleiteten Aussagen zunächst nur für das untersuchte Referenzbeispiel Gültigkeit besitzen. Mithilfe der in der zweiten Phase der Simulationsstudie durchgeführten Experimente lässt sich die Aussagekraft zum Teil auf andere Situationen übertragen. Die Allgemeingültigkeit bleibt dennoch eingeschränkt. Das Beispiel dient insbesondere dazu, das Vorgehen bei der Bewertung von taktisch-operativen Planungsverfahren zur Mengenplanung bei Unsicherheiten zu zeigen. Zudem lassen sich durch die Untersuchung Erkenntnisse über die Möglichkeit der Potenzialplanung auf dieser Ebene des SCM gewinnen.

duktionsprozess sowie bei der Nachfrage. Somit wird folgender, in Abbildung 4.6 dargestellter Supply Chain-Ausschnitt betrachtet: Die Herstellung eines Gutes durch einen Produzenten, dessen Transport zum Händler sowie die dort stattfindende Nachfragebefriedigung. Dabei existiert sowohl nach der Produktion wie auch beim Händler ein Lager. Operative sowie disruptive Unsicherheiten treten bei der Produktion, im Transport wie auch bei der Nachfrage auf. Dadurch werden Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten, wie sie in Kapitel 2 identifiziert wurden, abgebildet.

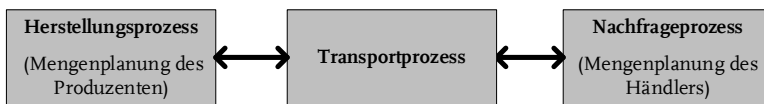


Abbildung 4.6: Betrachteter Supply Chain-Ausschnitt der Simulationsstudie⁵⁶⁹

Dem Modell liegt die Annahme zugrunde, dass ein Jahr aus 12 Monaten besteht, welche jeweils 20 Arbeitstage umfassen. An diesen stehen 6 Stunden Nettoarbeitszeit im Ein-Schicht-Betrieb zur Verfügung. Das entsprechende Simulationsmodell wird daher auf Stundenbasis gestaltet, wobei Monate die Planungsperioden darstellen, für welche die Losgrößen festzulegen sind. Analysiert wird ein Zeitraum von sechs Monaten. Aufgrund von Produktions- und Transportzeiten geht diesem ein zweimonatiger Vorlauf voraus. Somit beinhaltet ein Simulationslauf 960 Stunden und Nachfragen treten erstmals zu Beginn der Stunde 241 auf.⁵⁷⁰ Dies entspricht der ersten Arbeitsstunde in Monat 1. Tabelle 4.8 stellt die entsprechenden Planungs- bzw. Simulationszeiträume dar. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Prozessschritten sowie zur Abbildung der Unsicherheiten finden sich in den folgenden Ausführungen.

⁵⁶⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁵⁷⁰ Der Modellierung disruptiver Ereignisse liegt ebenfalls der Nachfragezeitraum von sechs Monaten zugrunde. Eine zusätzlich auftretende bzw. wegfallende Nachfrage kann nur von Stunde 241–960 auftreten. Aufgrund der Vorlaufverschiebung sind disruptive Ereignisse im Transport auf die Simulationsstunden 121–840 und in der Produktion im Zeitraum 0–720 beschränkt.

Monat:	-1	0	1	2	3	4	5	6
Planungs- periode:	[- 1,0]	[0,1]	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]	[6,7]
Simulations- stunden:	1– 120	121– 240	241– 360	361– 480	481– 600	601– 720	721– 840	841– 960

Tabelle 4.8: Zeitraum der Simulationsstudie sowie der Planungsperioden⁵⁷¹

Produktion

Bei der Herstellung des betrachteten Gutes wird von einer offenen Produktion ausgegangen. Das bedeutet, dass nach deren Bearbeitung einzelne Produkte direkt an den nächsten Produktionsschritt weitergegeben werden. Da hier lediglich ein einstufiger Herstellungsprozess beschrieben wird, befinden sich fertigestellte Güter nach der Produktion im Lager des Produzenten. Die Produktionskapazität wird in dem herangezogenen numerischen Beispiel von Banerjee mit 3.200 Stück p. a. festgelegt. Dies entspricht einer Leistung von 2,22 Stück pro Stunde. In der für die Simulationsstudie genutzten Software Anylogic wird der Produktionsprozess durch eine Bearbeitungszeit abgebildet. Diese beträgt, abgeleitet aus der Leistung, pro Gut 27,027 Minuten. Sowohl die durchgeführten Experteninterviews wie auch die Erläuterungen in Kapitel 2 identifizieren Schwankungen und Störungen innerhalb der Produktion als einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor in Supply Chains. So kann eine Übererfüllung auftreten, wenn Prozesse schneller durchgeführt werden als geplant. Dies ist jedoch selten der Fall. Häufiger tritt eine Situation ein, in der die Ausführung von Tätigkeiten länger dauert als geplant. Um dieser Tatsache in der Simulation Rechnung zu tragen, stellt die Bearbeitungszeit von 27,027 Minuten den Modus einer Dreiecksverteilung dar.⁵⁷² Die geringste mögliche Bearbeitungszeit wird auf

⁵⁷¹ Anylogic unterteilt auch Stunden in mehrere Zeitabschnitte. Bei der Angabe der Simulationsstunden beziehen sich diese immer auf den Beginn einer Stunde, am Anfang der Periode sowie auf das Ende einer Stunde, wenn das Ende der Periode betrachtet wird. So umfasst beispielsweise der erste Monat 120 Simulationsstunden, im Zeitraum von Beginn der Stunde 241 bis zum Ende der Stunde 360.

⁵⁷² Vgl. zur Dreiecksverteilung Law (2015), S. 304–305. Hier finden sich auf den S. 286–316 weitere Ausführungen zum Einsatz verschiedener Verteilungsfunktionen.

24,324 Minuten festgelegt und entspricht damit 90 % des Modus. Die maximale Bearbeitungszeit soll 40,541 Minuten betragen. In solch einem Fall dauert die Ausführung 50 % länger als geplant. Die Dreiecksverteilung bildet damit die operative Unsicherheit im Produktionsprozess ab. Disruptive Unsicherheiten werden durch die Unterbrechung des Produktionsprozesses dargestellt. Weder in der betrachteten Literatur noch in den Gesprächen mit Unternehmensvertretern werden allgemeine Aussagen über die Wahrscheinlichkeit einer solchen Störung gemacht. Sie wird in der Simulationsstudie auf 0,1 % festgelegt. Demnach kommt es im Durchschnitt in einer von 1.000 Arbeitsstunden zu einem Ausfall der Produktionsanlage. Dessen Dauer beträgt gleichverteilt zwischen 6 und 60 Stunden.⁵⁷³ Somit können die Auswirkungen eines disruptiven Ereignisses frühestens nach einem und spätestens nach zehn Arbeitstagen behoben sein.

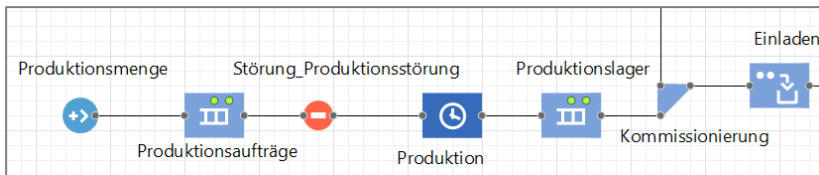


Abbildung 4.7: Modellierung der Produktion⁵⁷⁴

In der Simulation wird ein disruptives Ereignis durch die Unterbrechung des Objektflusses, von der Auftragsgenerierung zum Produktionsprozess, abgebildet. Abbildung 4.7 stellt die Modellierung der Produktion in Anylogic dar. Objekte, die sich durch das System bewegen, werden durch die Quelle *Produktionsmenge* erzeugt. Deren Umfang legt die monatliche Mengenplanung des Produzenten fest. Die so erzeugten Aufträge werden in der Warteschlange *Produktionsaufträge* gesammelt und anschließend einzeln von der *Produktion* abgearbeitet. Diesem Ver-

⁵⁷³ Beim Einsatz von Planungsverfahren, die mit Sicherheitsbeständen arbeiten, ist die maximale mengenmäßige Auswirkung eines disruptiven Ereignisses zu beachten. Bei einer durchschnittlichen Nachfrage von 83 Stück pro Monat entspricht dies bei einer Produktionsstörung von 60 Stunden 42 Stück. Die entsprechende Menge ist bei der Planung mit den in Abschnitt 4.2.3.5 und Abschnitt 4.2.3.6 vorgestellten Verfahren zu berücksichtigen.

⁵⁷⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

zögerungselement liegt die beschriebene Dreiecksverteilung zugrunde. Ist die Produktion abgeschlossen, so wandern die Objekte erneut in eine Warteschlange, die das *Produktionslager* darstellt. Hier warten sie bis zum Ende des Monats, um zu Beginn des Folgemonats transportiert zu werden, wenn entsprechende Transportlose vorliegen. Das Stop-Element *Störung_Produktionsstörung* blockiert den Objektfluss, sollte ein disruptives Ereignis auftreten.

Transport

Der Transportprozess ist im zugrundeliegenden Beispiel nicht vorhanden. Banerjee geht von einer unendlich schnellen Lieferzeit aus. Das verwendete Simulationsmodell plant mit einer durchschnittlichen Transportzeit von einer Planungsperiode. Wird ein Transport durchgeführt, so beginnt dieser immer zum Monatsanfang. Dies ist auch dann der Fall, wenn der vorangegangene Produktionsprozess früher abgeschlossen wurde. Entsprechende Produkte verbleiben bis zum Beginn des Transportprozesses im Lager des Produzenten. Dies bildet die Tatsache ab, dass Güter dem Händler zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Verfügung stehen sollen. Eine zu frühe Bereitstellung verursacht für ihn zusätzliche Bestände und damit Kosten, die nicht gewollt sind. Daher beginnt der Transport zum spätmöglichen Zeitpunkt, der dennoch eine termingerechte Versorgung verspricht. Er umfasst jeweils die vom Händler festgelegte Transportmenge des entsprechenden Monats. Die Transportzeit von einer Periode entspricht einem Monat mit 120 Arbeitsstunden. Diese stellen den Modus einer weiteren Dreiecksverteilung dar, welche erneut zur Abbildung operativer Unsicherheiten dient. Die minimalen und maximalen Abweichungen bei der Transportzeit liegen, wie im Produktionsprozess, 10 % unter bzw. 50 % über dem Modus und betragen 108 bzw. 180 Stunden. Disruptive Unsicherheiten, wie etwa die Sperrung eines Hafens oder schwere Unwetter, werden ebenfalls analog zum Produktionsprozess abgebildet. So verzögert sich der Transport in 0,1 % aller Fälle um ein bis zehn Tage.⁵⁷⁵ Nach Ablauf der Transportzeit stehen dem Händler die gelieferten Güter zur Befrie-

⁵⁷⁵ Auch dies entspricht einer maximalen mengenmäßigen Störung von 42 Stück.

digung der Nachfrage zur Verfügung. Der in Anylogic modellierte Transport ist in Abbildung 4.8 zu sehen.

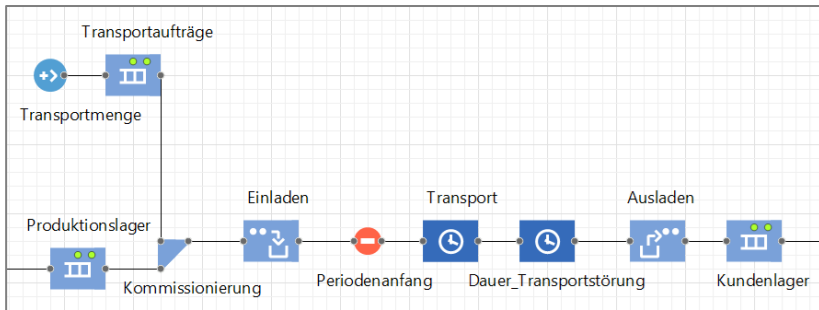


Abbildung 4.8: Modellierung des Transports⁵⁷⁶

Güter und somit Objekte im Simulationsmodell werden nur dann vom Produzenten zum Händler transportiert, wenn entsprechende Transportaufträge vorliegen. Diese generiert wiederum die Mengenplanung des Händlers. Die Höhe des Transportloses legt die Menge der Objekte fest, die durch die Quelle *Transportmenge* zu Periodenbeginn erzeugt werden. Sie stellen analog zur Produktion Transportaufträge dar. Das Kombinations-Element *Kommissionierung* ordnet nun jedem Transportauftrags-Objekt ein Produkt zu. Sollten nicht genügend Produkte im *Produktionslager* verfügbar sein, so werden übrige Transportauftrags-Objekte in der Warteschlange *Transportaufträge* gesammelt. Nach der Zuordnung von Produkt und Transportauftrags-Objekt werden diese im Bündel-Element *Einladen* gesammelt und zu einem Transportobjekt zusammengesetzt. Dessen Größe entspricht jeweils der durch die Mengenplanung für eine bestimmte Periode festgelegten Transportquantität. Der eigentliche Transport ist durch die Verzögerung *Transport* mit der Dreiecksverteilung für die Transportdauer abgebildet. Dieser Vorgang startet zu Beginn einer Periode. Dass dies nicht vorher geschieht, verhindert das Stopp-Element *Periodenanfang*. Neben der stochastischen Dauer des Transports, die operative Unsicherheiten abbildet, sind auch disruptive Ereignisse darzustellen. Dies gelingt durch eine weitere Verzögerung *Dauer_Transportstörung*. Diese tritt bei 0,1 % der Transport-

⁵⁷⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

vorgänge auf und entspricht der zuvor genannten Dauer der disruptiven Störung. Ist der Transport durchgeführt, so findet beim Element *Ausladen* die Auflösung des Transportloses statt. Dadurch stehen die Produkte als einzelne Objekte zur Befriedigung der Kundennachfrage in der Warteschlange *Kundenlager* zur Verfügung.

Nachfrage

Die durchschnittliche Nachfrage beträgt im Referenzbeispiel von Banerjee 1.000 Stück pro Jahr. Diese sind für die Simulation auf Monatebene umzurechnen. Zudem bedarf es der Abbildung eines dynamischen Nachfrageverlaufs.⁵⁷⁷ Zunächst ergeben sich für ein Quartal eine Nachfrage von 250 Stück sowie eine monatliche Nachfrage von 83 Stück.⁵⁷⁸ Diese Bedarfe treten nicht zu Beginn oder Ende des Monats, sondern kontinuierlich auf. In der Simulation werden entsprechend Stunden betrachtet. Bei der Überführung der statischen in eine dynamische Nachfrage wird davon ausgegangen, dass zyklische Schwankungen vorliegen, die sich alle drei Monate wiederholen. So beträgt der prognostizierte Kundenbedarf im ersten Monat eines Quartals 70 Stück, im zweiten Monat 100 Stück und im dritten 80 Stück. Die angegebenen Mengen entsprechen Erwartungswerten.

Da die Nachfrage jedoch operativen Unsicherheiten unterliegt, stellen die erwarteten Werte den Mittelwert der normalverteilten Nachfrage innerhalb eines Monats dar. Die Standardabweichung beträgt 20 % vom Mittelwert und damit 14, 20 bzw. 16 Stück.⁵⁷⁹ Zudem können unerwartete Ereignisse auftreten, die die Nachfrage in einem Monat stark ansteigen oder einbrechen lassen. Dies bildet disruptive Unsicherheiten ab. Für den Eintritt solcher Fälle wird erneut eine Wahrscheinlichkeit von 0,1 % angenommen. Tritt ein disruptives Ereignis auf, so kann es die nachgefragte Menge positiv oder negativ beeinflussen. Da keine Informationen über die Richtung der Nachfrageveränderung vorliegen,

⁵⁷⁷ Gemäß der Einordnung in Abschnitt 4.2.2.1 betrachtet die Untersuchung dynamische Nachfrageverläufe. Im Rahmen von Parameterveränderungen werden in Abschnitt 4.2.6 auch die Ergebnisse bei einer konstanten Nachfrageprognose betrachtet.

⁵⁷⁸ Es wird davon ausgegangen, dass die Güter unteilbar sind. Entstehen durch die Planung nicht ganzzahlige Mengen, so werden diese kaufmännisch gerundet.

⁵⁷⁹ Durchschnittlich beträgt die Standardabweichung 17 Stück.

wird davon ausgegangen, dass es in der Hälfte der disruptiven Fälle zu einer positiven, in den anderen Situationen zu einer negativen Abweichung kommt. Die Höhe der Abweichung wird mithilfe einer gleichverteilten Verteilungsfunktion ermittelt. Deren Grenzen sind von der jeweiligen Monatsnachfrage abhängig. Tritt ein disruptives Nachfrageereignis ein, so entspricht dessen Umfang mindestens 20 % und maximal 100 % der Nachfrage des aktuellen Monats. Disruptive Ereignisse sind in ihrer Ausprägung somit immer größer als die operative Unsicherheit, welche durch die Standardabweichung abgebildet ist. Der Wert der disruptiven Mengenschwankung wird zur normalverteilten Nachfrage addiert bzw. subtrahiert. Das Ergebnis ist im Extremfall eine Nachfrage von Null, bzw. eine, die doppelt so hoch ist wie prognostiziert.

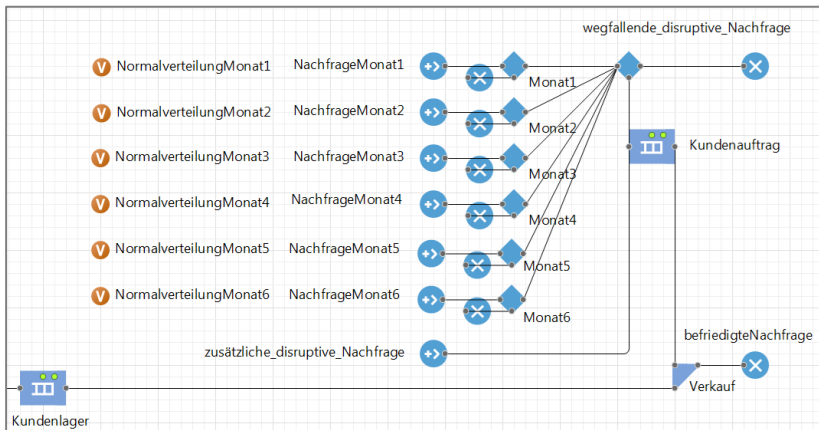


Abbildung 4.9: Modellierung der Nachfrage⁵⁸⁰

Aus der Implementierung der Nachfrage in Anylogic ergibt sich der in Abbildung 4.9 dargestellte Teilprozess. Die Höhe der Nachfrage in Monat 1 ist mithilfe des Parameters *NormalverteilungMonat1* abgebildet. Dessen Wert ergibt sich aus der Normalverteilung der Nachfrage für den ersten Monat eines Quartals. Auf diesen Wert greift die Quelle *NachfrageMonat1* zurück und generiert daraus kontinuierlich Nachfrage-Objekte. Die Zeit zwischen dem Auftreten der einzelnen Objekte ergibt

⁵⁸⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

sich aus dem Kehrwert der durch *Normalverteilung* *Monat1* festgelegten Nachfrage pro Stunde. Bei einer Nachfrage von 70 Stück in Monat 1 bedeutet dies beispielsweise eine kontinuierliche Ankunftsrate der Nachfrage von 1,714 Stück pro Stunde. Damit diese Nachfrage nicht in jeder, sondern nur in der vorgesehenen Periode auftritt, lässt das Auswahllement *Monat1* die generierten Nachfrage-Objekte nur vom Beginn der Stunde 240 bis zum Ende der Stunde 359 passieren. In den anderen Fällen gelangt es in eine Senke und wird dadurch aus dem System gelöscht. Die Abbildung der Nachfrage in den anderen Monaten erfolgt analog. Bevor Nachfrage-Objekte in der Warteschlange *Kundenaufrag* auf Befriedigung warten, durchlaufen sie ein weiteres Auswahllement *wegfallende_disruptive_Nachfrage*. Dieses bildet das Auftreten eines disruptiven Ereignisses ab, welches zu einer einbrechenden Nachfrage führt. Abhängig von dem sich aus der Verteilungsfunktion ergebenden Wert wird die entsprechende Menge an Nachfrage-Objekten über eine weitere Senke aus dem System entfernt. Alternativ ist es denkbar, dass durch disruptive Unsicherheiten zusätzliche Nachfrage generiert wird. Ist dies der Fall, so entstehen entsprechende Objekte durch die Quelle *zusätzliche_disruptive_Nachfrage*. Das Kombinations-Element *Verkauf* ordnet alle in der Warteschlange *Kundenaufrag* befindlichen Nachfrage-Objekte einem Produkt aus dem *Kundenlager* zu, wenn diese vorhanden sind. Dadurch ist die Befriedigung der Nachfrage abgebildet und das Objekt wird über die Senke *befriedigteNachfrage* aus dem Simulationsmodell gelöscht. Sind keine Produkte im Lager verfügbar, so kumulieren sich die Nachfragen in der Warteschlange, bis neue Güter beim Händler ankommen.

Planung

Ausgangspunkt der Planung sind die Erwartungswerte der Nachfrage. Abhängig vom Planungsverfahren werden zusätzlich Szenarien über mögliche Bedarfsverläufe erstellt. Abschnitt 4.2.3 geht auf die entsprechenden Alternativen ein. Den für die Mengenplanung verantwortlichen Entscheidern liegen jedoch keine Informationen über Verteilungsfunktionen vor. Dies hat die Expertenbefragung ergeben. Die zuvor aufgeführten Informationen dienen somit zur Modellierung des Ausführungsprozesses. Zur Planung stehen hingegen nur wenige Informatio-

nen über durchschnittliche Produktions- und Transportzeiten sowie Nachfragemengen und Informationen über fixe und variable Kosten zur Verfügung.

Auf dieser Grundlage bestimmt der Händler seine Bestellmengen. Seine fixen Bestellkosten B legt Banerjee mit 100 € pro Bestellvorgang fest.⁵⁸¹ Sie enthalten neben den Prozesskosten des Bestellvorgangs auch die fixen Transportkosten. Zusätzlich sind Lagerhaltungskosten des Händlers h_2 zu beachten. Sie belaufen sich auf 5 € pro Stück und Monat.⁵⁸² Sie sind dann zu berücksichtigen, wenn sich am Ende einer Planungsperiode Güter im Lager des Händlers befinden.

Im Rahmen des Produktionsprozesses geht Banerjee von fixen Rüstkosten R pro Rüstvorgang in Höhe von 400 € aus. Diese entstehen, wenn innerhalb eines Monats eine beliebige Menge des Gutes hergestellt wird. Für Mengen, die sich am Ende einer Periode im Lager des Produzenten befinden, entstehen für die Lagerung in die nächste Periode Lagerhaltungskosten des Produzenten.⁵⁸³ Diese sind von der gelagerten Menge abhängig und belaufen sich pro Stück und Monat auf 4 €. Dies ist der Lagerhaltungskostensatz h_1 .

Güter innerhalb des Transportprozesses werden ebenfalls mit dem Lagerhaltungskostensatz h_1 bewertet. Dieser ist aufgrund des unveränderlichen Güterwertes identisch mit den Lagerhaltungskosten des Produzenten und beläuft sich auf 4 €. Fixe Kosten, die für jeden Transportvorgang anfallen, sind in den fixen Bestellkosten B des Händlers enthalten. Eine separate Transportplanung findet nicht statt. Die Bestellmengen des Händlers stellen die Transportlose dar.

Die Mengenplanung im dargestellten Supply Chain-Ausschnitt besteht somit aus zwei aufeinanderfolgenden Losgrößenentscheidungen. Zwar stellt das Referenzbeispiel von Banerjee eine Beziehung zwischen Produzent und Händler dar, jedoch gestaltet sich die Planung ähnlich wie

⁵⁸¹ Im Modell von Banerjee wird mit Geldeinheiten gearbeitet. Die vorliegende Untersuchung verwendet hier €.

⁵⁸² Bei Banerjee gilt dieser Kostensatz für den Planungszeitraum eines Jahres. Da eine mittel- bis kurzfristige Planung nicht mehrere Jahre umfasst, wurde der Planungszeitraum verkürzt. Der absolute Lagerhaltungskostensatz wird nicht angepasst.

⁵⁸³ Hier gelten die gleichen Anpassungen wie bei den Lagerhaltungskosten des Händlers.

innerhalb des Prozesses, den die Interviewpartner in Abschnitt 4.1.2.1 beschrieben haben. Bei diesem sind ebenfalls zwei Mengenentscheidungen zu treffen. Lediglich die Reihenfolge unterscheidet sich. So legen die Disponenten in den untersuchten Unternehmen zunächst die Produktions- und anschließend die Bestell- und damit Transportlose fest. In den Planungsansätzen, welche die Simulationsstudie bewertet, ist dies umgekehrt. Bei der Planung ist zu beachten, dass es zu einer zeitlichen Verschiebung der Bedarfsmengen kommt. Grund hierfür ist die Tatsache, dass erstellte Produktionslose erst am Ende eines Monats zum Transport zur Verfügung stehen und dieser im Mittel wiederum einen weiteren Monat dauert. Der Händler muss somit die Menge, die er zur Befriedigung des Bedarfs in Periode [1,2] benötigt, bereits zum Zeitpunkt $t = -1$ festlegen. Für den Produzenten ergibt sich keine Vorlaufverschiebung. Da der Händler in seiner Planung sowohl die Produktions- wie auch die Transportzeit berücksichtigt, spielen diese für die Disposition des Produzenten keine Rolle mehr. Er bestimmt zum Zeitpunkt $t = -1$ die Produktionslosgröße aufgrund der für ihn entscheidungsrelevanten Kosten. Wie dies mithilfe der untersuchten Planungsverfahren in einer monatlich rollierenden Planung gelingt, betrachtet Abschnitt 4.2.3. Zunächst stellt jedoch Abschnitt 4.2.2.3 die Zielkriterien vor, an denen sich die Mengenentscheidungen orientieren. Diese dienen auch zur Bewertung der Planungsmethoden.

4.2.2.3 Operationalisierung der Supply Chain-Ziele in der durchgeführten Simulationsstudie

Planungsaufgaben im SCM sind an dessen Zielen auszurichten. Diese wurden in Abschnitt 2.2.3 erläutert. Demnach verfolgt ein Leistungszentrum das Ziel, Bedürfnisse unter Beachtung verschiedener Formalziele zu befriedigen. Voraussetzung für die Bedürfnisbefriedigung ist die Verfügbarkeit der von der Supply Chain angebotenen Leistung zum Bedarfszeitpunkt.⁵⁸⁴ Diese ist in dem in der Simulationsstudie untersuchten Supply Chain-Ausschnitt dann sichergestellt, wenn jedem Nachfrageobjekt, welches sich in der Warteschlange *Kundenauftrag* be-

⁵⁸⁴ Vgl. Stölzle et al. (2004), S. 31.

findet, unverzüglich ein Objekt aus dem *Kundenlager* zugeordnet werden kann. Gelingt dies nicht, so tritt ein Fehlmengenereignis ein, welches sich im Zeitverlauf kumuliert.⁵⁸⁵ Existiert beispielsweise zum Zeitpunkt $t = 5$ eine unbefriedigte Nachfrage über ein Stück und gelingt es nicht, die entsprechende Leistung bis zum Zeitpunkt $t = 6$ zu erbringen, so tritt für die gleiche Nachfrage ein weiteres Fehlmengenereignis auf. Zum Zeitpunkt $t = 7$ beläuft sich die Anzahl der Fehlmengenereignisse bereits auf drei, obwohl lediglich die Nachfrage über ein Stück nicht bedient wurde. Einer solchen ereignisorientierten Messgröße liegt die Annahme zugrunde, dass Kunden Wartezeiten für die Bedarfsbefriedigung in Kauf nehmen bzw. keine alternative Bezugsquelle für das benötigte Gut verfügbar ist.⁵⁸⁶ Die Kumulation der Ereignisse trägt der Tatsache Rechnung, dass die Unzufriedenheit von Kunden steigt, je länger sie auf ein gewünschtes Gut warten müssen. Gleiches gilt auch für Konventionalstrafen, die für die gesamte Zeit anfallen, in welcher Fehlmengen zur Unterbrechung des Güterflusses in der Supply Chain führen. Da die Simulation stündliche Systemveränderungen betrachtet und Nachfrageereignisse kontinuierlich auftreten, werden auch die Fehlmengenereignisse auf Stundenbasis erfasst. Die Summe dieser Ereignisse zum Ende des Betrachtungszeitraums bzw. die Anzahl der Stunden, in denen diese auftreten, dient zur Beurteilung, in welchem Maße es der Supply Chain gelungen ist, den Bedarf zu decken.⁵⁸⁷

⁵⁸⁵ Vgl. zur Definition von Fehlmengen und Fehlmengenereignissen Langton (2013), S. 58; Klaus et al. (2012), S. 181 und Stölzle et al. (2004), S. 23.

⁵⁸⁶ Dies ist beispielsweise in der Automobilindustrie der Fall [vgl. hierzu das Beispiel von VW in Abschnitt 1.1]. In der Konsumgüterindustrie ist hingegen davon auszugehen, dass Verbraucher auf andere Bezugsquellen oder Güter ausweichen, wenn nachgefragte Mengen nicht verfügbar sind [vgl. Zinn/Liu (2001); Campo et al. (2000)]. Um eine solche Situation abzubilden ist eine entsprechende Gewichtung von langen Wartezeiten vorzunehmen. Dies geschieht im vorliegenden Beispiel nicht.

⁵⁸⁷ Im engeren Sinne stellt die Bedarfs- noch keine Bedürfnisbefriedigung dar. Bedürfnisse sind vielseitig und individuell. Sie lassen sich schwer operationalisieren. Im Vordergrund der Betrachtungen dieser Arbeit steht die Fragestellung, wie es Supply Chains trotz Unsicherheiten gelingen kann, die Güterversorgung sicherzustellen. Diese Zielsetzung wird mit der Betrachtung von Fehlmengenereignissen adäquat abgebildet.

Neben der Bedarfsbefriedigung verfolgt die taktisch-operative Mengenplanung das Ziel der Kostenminimierung.⁵⁸⁸ Diese bezieht sich auf die Summe der entscheidungsrelevanten Kosten, welche sich aus Lagerbestands- sowie Rüst- und Bestellkosten zusammensetzen. Dies bildet die Aussagen der Experten in den Interviews ab. Demnach sollen Bestände gering und die Maschinenauslastung hoch sein. Eine geringe Anzahl an Rüstvorgängen und damit minimale Rüstkosten bildet die zweite Vorgabe ab. Die Bestandskostenminimierung führt zwangsläufig zu geringen Beständen. Während der Simulation findet eine Erfassung der Summe der Kosten jeweils zum Ende einer Planungsperiode, zum Monatsende, statt.

Die beiden vorgestellten Ansätze zur Operationalisierung der Zielerreichung beinhalten den Nachteil, dass mit der Anzahl der Fehlmengenergebnisse sowie der Summe der Kosten zwei unterschiedliche Zieldimensionen existieren. Dies erschwert die Beurteilung der Verfahren, da mehrere Kriterien zu beachten sind. Einige Beiträge und Modelle entscheiden sich daher für einen Ansatz, der auch Fehlmengen bzw. Fehlmengenergebnisse monetär bewertet.⁵⁸⁹ Die dadurch entstehenden Fehlmengenkosten lassen sich zu den übrigen entscheidungsrelevanten Kosten addieren und schaffen so ein eindimensionales Zielkriterium, welches zu optimieren ist.⁵⁹⁰ Ein solches Vorgehen findet hier aus den folgenden Gründen keine Anwendung:

- Das grundlegende Problem dieses Ansatzes liegt in der Schwierigkeit, den Kostenwert für Fehlmengen bzw. Fehlmengenergebnisse festzulegen.⁵⁹¹ Diese Entscheidung ist nicht trivial und kann erheblichen Einfluss auf die Mengenplanung haben.⁵⁹²

⁵⁸⁸ Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 4.2.2.1.

⁵⁸⁹ Vgl. beispielsweise Petruzzi/Dada (1999). Einen Überblick über Modelle zur Quantifizierung von Fehlmengenkosten gibt Kämmerer (2017), S. 91–114.

⁵⁹⁰ Vgl. zu Fehlmengenkosten Klaus et al. (2012), S. 181.

⁵⁹¹ Vgl. zu möglichen Bestandteilen von Fehlmengenkosten Weber (2012), S. 172; Stölzle et al. (2004), S. 24.

⁵⁹² Vgl. Anderson (2006), S. 1760–1762; Francois (2000).

Ein überzeugendes Konzept zur Ermittlung entsprechender Kosten existiert nicht.⁵⁹³

- Die Gespräche mit Unternehmensvertretern haben ergeben, dass die Bedarfsbefriedigung immer Vorrang hat. Wird diese monetär bewertet, so kann es aus Gründen der Kostenminimierung zielführend sein, Fehlmengen in Kauf zu nehmen. Dadurch steht das Kosten- über dem Bedarfsdeckungsziel. Dies entspricht jedoch nicht den Zielen der interviewten Gesprächspartner.⁵⁹⁴

Ziel der Simulationsstudie ist es, die Möglichkeit der Potenzialplanung auf der taktisch-operativen Ebene zu evaluieren. Die entsprechenden Handlungsspielräume können hier durch Bestände erzeugt werden. Deren Höhe ist im Rahmen der Experimente zu erfassen. Indirekt geschieht dies bereits durch die Ermittlung der Bestandskosten. Da dieser Berechnung jedoch unterschiedliche Kostensätze zugrunde liegen, lässt sich der Zusammenhang zwischen Beständen und Reaktionsmöglichkeiten auf Unsicherheiten nicht direkt beurteilen. Die verfügbaren Mengen werden daher, wie die Kosten, zum Ende eines jeweiligen Monats erfasst. Der Gesamtbestand der Supply Chain setzt sich dabei aus

⁵⁹³ Das sogenannte „Newsvendor-Modell“ bewertet Fehlmengen beispielsweise mit den entgangenen Gewinnen, die durch Fehlmengen entstehen [vgl. für einen Überblick über das Newsvendor-Modell Petruzzi/Dada (1999) und die dort angegebene Literatur]. Dies berücksichtigt allerdings nicht, dass Fehlmengen und damit unzufriedene Kunden neben entgangenen Gewinnen weitere negative Konsequenzen haben. So kann die Unzufriedenheit zum einen dazu führen, dass zukünftige Käufe des Kunden bei konkurrierenden Supply Chains getätigt werden [vgl. Campo et al. (2000), S. 227–228]. Des Weiteren kann das Erlebnis, dass der Bedarf nicht gedeckt werden konnte, zu einer negativen Reputation der Supply Chain führen [vgl. zu langfristigen Effekten von Fehlmengenergebnissen Anderson (2006), S. 1757–1760]. Dies verhindert Aufträge weiterer potenzieller Kunden. Angesichts dieser Aspekte scheint eine Bewertung der Fehlmengen nach dem Prinzip des Newsvendor-Modells zu positiv. Wie hoch der Verlust an zukünftigen Aufträgen sowie die Rufschädigung sind, lässt sich schwer ermitteln. Eine ausführliche Darstellung und Diskussion zu Fehlmengenergebnissen und ihrer Bewertung in Supply Chains findet sich bei Langton (2013), S. 80–89.

⁵⁹⁴ Bei der Betrachtung der flexiblen Planung in Abschnitt 4.2.3.4 sind bei einer risikoneutralen Mengenentscheidung Fehlmengen möglich. Diese werden durch einen entsprechenden Servicegrad vorgegeben. Durch ein solches Vorgehen ist garantiert, dass die Bedarfsdeckung weiterhin Vorrang vor der Kostenminimierung hat [vgl. hierzu auch die Ausführungen von Langton (2013), S. 42–55].

den Mengen zusammen, die sich im Produktions- und Kundenlager sowie im Transport befinden.

Somit wird die Erreichung der Supply Chain-Ziele mithilfe der kumulierten Fehlmengenergebnisse bzw. Stunden in denen diese auftreten sowie der Summe der Kosten, die aufgrund der Lagerhaltung sowie der Rüst- und Bestellvorgänge entstehen, operationalisiert. Dieses Vorgehen entspricht den Ergebnissen der Fallstudienbetrachtung in Abschnitt 4.1. Zur Bewertung der Potenzialgestaltung auf der taktisch-operativen Planungsebene des SCM erfolgt zudem eine Dokumentation der Supply Chain-Bestände.

4.2.3 Logik der untersuchten Vorgehensweisen und deren Abbildung in der Simulationsstudie

Abschnitt 4.2.1 erläuterte zunächst allgemein das Vorgehen bei der taktisch-operativen Mengenplanung in einer zweistufigen Supply Chain mit dezentraler Entscheidungsstruktur und der damit verbundenen sukzessiven Planung. Anschließend wurde der als Grundlage der Simulation dienende Supply Chain-Ausschnitt vorgestellt sowie dessen Abbildung in Anylogic dargestellt. Es erfolgte zudem die Erläuterung der für die Bewertung notwendigen Zielkriterien. Vor der Durchführung der Simulationsstudie sind die zu untersuchenden Planungsmethoden in die Software zu implementieren. Die Darstellung deren Entscheidungslogik erfolgt nun. Die jeweiligen Ausführungen konkretisieren das Vorgehen der verschiedenen Ansätze am Beispiel der zweistufigen Supply Chain und erläutern die Planungsmethodik. Folgende Ansätze werden betrachtet:

- Deterministische Planung (DP)
- Stochastische Optimierung (SO)
- Robuste Optimierung (RO)
- Flexible Planung (FP)
- Losfixe Planung (LP)
- Periodenfixe Planung (PP)

Die Methoden unterscheiden sich in der Art, wie Losgrößen festzulegen sind. Das sukzessive Vorgehen bei der mehrstufigen Mengenplanung, wie es in Abschnitt 4.2.2.1 vorgestellt wurde, ist jedoch in allen Ansätzen gleich. Es wird beim ersten Verfahren, der DP, detailliert erläutert. Die anschließenden Ausführungen bauen auf diesem auf, fokussieren in den Erläuterungen aber auf die Losgrößenentscheidung bei Unsicherheit.

Die Mengenplanung bei deterministischen Rahmenbedingungen mithilfe der Silver-Meal-Heuristik dient als Referenzwert zum Vergleich der Methoden. Die Heuristik wurde aus den in Abschnitt 4.2.2.1 genannten Gründen ausgewählt und repräsentiert das gemäß der Literatur zur Losgrößenplanung anzuwendende Vorgehen. Es wird als DP bezeichnet, da es keine Unsicherheiten in die Planung integriert. Bei der SO und RO sowie der FP handelt es sich um die Anwendung der in Abschnitt 3.2 identifizierten Verfahren zur Potenzialplanung bei Unsicherheit. Diese werden überwiegend auf strategischer Ebene zur Schaffung von Handlungsspielräumen eingesetzt. Im Zuge der Simulationsstudie ist zu überprüfen, ob ihre Anwendung auch auf der taktisch-operativen Ebene empfehlenswert ist und ob es durch sie gelingt, Flexibilitätspotenzial in Form von Beständen aufzubauen. Die Methoden integrieren Nachfrageunsicherheiten in den Planungsprozess. Aspekte der Materialverfügbarkeit oder des Produktionsprozesses betrachten klassische Losgrößenmodelle nicht. Daher ist es nicht möglich, Unsicherheiten aus diesen Bereichen in der Planung zu berücksichtigen. Werden andere Verfahren zur Bestimmung der Beschaffungs- und Produktionsquantitäten eingesetzt, die solche Faktoren integrieren, können diese analog zu dem vorgestellten Vorgehen angepasst werden. Die Simulationsstudie gibt darüber Aufschluss, ob es möglich ist, die Verfahren zur Potenzialplanung von der strategischen auf die taktisch-operative Ebene zu übertragen. Bezogen auf die Losgrößenbestimmung wird dabei untersucht, ob die entsprechende Erweiterung der Silver-Meal-Planung ausreicht um Unsicherheiten durch Bestandspotenzial zu bewältigen. Das Vorgehen bei der LP bzw. PP stellt die von den Interviewpartnern in Abschnitt 4.1.2.2 beschriebenen Ansätze zur Mengenplanung dar. Diese werden auf das Referenzbeispiel der zweistufigen Supply Chain übertragen, um ihre Eignung für die Potenzialplanung

auf der taktisch-operativen Ebene des SCM zu überprüfen. Zudem lässt sich durch die Ergebnisanalyse ein Vergleich zwischen den literaturbasierten und den in Unternehmen eingesetzten Vorgehensweisen ziehen.

Alle Planungsansätze finden im Rahmen einer rollierenden Planung Anwendung. Nur dadurch lassen sich eingetretene Umweltzustände in die Planung integrieren. Es handelt sich dabei um das gängige Vorgehen, um zeitliche Interdependenzen zu berücksichtigen.⁵⁹⁵ Der Planungshorizont beträgt in der Untersuchung sechs Monate. Dabei findet eine Planfixierung von einem Monat statt. Somit wird nach Ablauf eines Monats erneut geplant und wenn nötig, die zuvor festgelegten Losgrößen angepasst. Ziel der Planung ist die Kostenminimierung bei gleichzeitiger Bedarfsbefriedigung, wobei die Vorlaufverschiebung von zwei Perioden zu beachten ist. Bei den in den folgenden Abschnitten 4.2.3.1 bis 4.2.3.6 erläuterten Methoden besteht zum Teil die Möglichkeit, alternative Parameter zu wählen. Ist dies der Fall, so erfolgt eine entsprechende Differenzierung und die Erläuterung des unterschiedlichen Planungsvorgehens.

4.2.3.1 Vorgehen und Modellierung der deterministischen Planung

Bei der DP, wie auch den anderen im Zuge der Simulationsstudie betrachteten Methoden, legt zunächst der Händler aufgrund seiner Bedarfsprognose die Bestelllosgröße fest.⁵⁹⁶ Für einen Planungshorizont von sechs Perioden werden die in Tabelle 4.9 aufgeführten Bedarfsmen-

⁵⁹⁵ Vgl. Scholl (2001), S. 139. Vgl. hierzu auch die Aussagen der Interviewpartner in Abschnitt 4.1.2.1. Zudem wird die rollierende Planung in den meisten theoretischen Untersuchungen als gegeben angenommen, wenn die taktisch-operative Ebene Untersuchungsgegenstand ist [vgl. beispielsweise Thorn (2002), S. 62–64; Scholl (2001), S. 314]. Dass sich die entsprechenden Analysen dennoch meist mit der Lösung von einperiodischen Problemstellungen beschäftigen, ist der zu untersuchenden Fragestellung bzw. der Komplexität dynamischer Planungsprozesse geschuldet. Hier besteht ein grundsätzlicher Bedarf weitergehender Analysen. So deutet sich insbesondere bei Optimierungsansätzen an, dass diese nur in zeitlich abgeschlossenen Planungshorizonten kostenminimale Lösungen generieren. Solche Planungssituationen sind in der unternehmerischen Praxis jedoch nur in Ausnahmefällen gegeben [vgl. Schlüchtermann (1996), S. 1–4]. Vgl. zum Vorgehen bei der rollierenden Planung die Ausführungen in Abschnitt 2.2.4.3.

⁵⁹⁶ Vgl. Abbildung 4.5 in Abschnitt 4.2.2.1.

gen erwartet.⁵⁹⁷ Sie leiten sich aus der in Abschnitt 4.2.2.2 beschriebenen Nachfrage ab. Der zyklische Bedarfsverlauf lässt sich über die Periode [6,7] hinweg fortschreiben.

Periode:	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 7]
Bedarfsprognose in Stück:	70	100	80	70	100	80

Tabelle 4.9: Prognostizierte Nachfrage im Zeitraum $t = 1, \dots, 7$

Periode:	[0, 1]	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]
Bestellmenge in Stück:	70	100	80	70	100	80

Tabelle 4.10: Bestellmengen für den Zeitraum $t = 1, \dots, 7$ bei DP

Mithilfe der Silver-Meal-Heuristik ergeben sich die in Tabelle 4.10 angegebenen Bestellmengen.⁵⁹⁸ Beispielhaft soll hier die Berechnung der ersten Losgröße erläutert werden.

Der Erwartungswert der Nachfrage für $t = [1,2]$ beträgt 70 Stück. Für die Bestellung und den Transport entstehen einmalig fixe Kosten in Höhe von 100 €. Bestellt der Händler lediglich 70 Stück, so fallen keine Lagerhaltungskosten an, da bei deterministischen Bedarfen die gesamte Menge in $t = [1,2]$ verbraucht wird. Die durchschnittlichen Kosten pro Periode ergeben sich aus der Rechnung (4-2) und belaufen sich auf 100 €:

⁵⁹⁷ Vgl. hierzu die Ausführungen zur Nachfrage in Abschnitt 4.2.2.2 und die dort getroffenen Annahmen.

⁵⁹⁸ Vgl. zur Silver-Meal-Heuristik Abschnitt 4.2.2.1 und die dort angegebene Literatur. Das die in den einzelnen Perioden erwarteten Bedarfsmengen den Bestellmengen in der vorgelagerten Periode entsprechen hat seinen Grund in den für das Beispiel verwendeten Kostensätzen für die Lagerhaltung sowie den Bestellvorgang. Stehen diese in einem anderen Verhältnis, so können sich Bestellmengen ergeben, die die Bedarfsmengen mehrerer Perioden zusammenfassen [vgl. Abschnitt 4.2.6]. Bei der Anwendung der Silver-Meal-Heuristik für die Produktionsmengenplanung findet eine solche Zusammenfassung statt [vgl. Tabelle 4.11]. Hier stehen die variablen und fixen Kosten in einem anderen Verhältnis zueinander. Die Bestellmenge entspricht somit nicht automatisch den Bedarfsprognosen.

$$\frac{100 \text{ €}}{1 \text{ Periode}} = 100 \text{ €/Periode} \quad (4-2)$$

Alternativ kann das Bestelllos um den Bedarf der Periode [2,3] erweitert werden. Die fixen Bestellkosten verändern sich dadurch nicht. Jedoch entstehen für die Lagerung von $t = [1,2]$ nach $t = [2,3]$ Lagerhaltungskosten. Sie sind hier abhängig von der Bedarfsmenge, welche in $t = [2,3]$ 100 Stück beträgt. Bei einem Lagerhaltungskostensatz h_2 von 5 € entstehen somit die mit der Gleichung (4-3) ermittelten durchschnittlichen Periodenkosten von 300 €:

$$\frac{(100 \text{ €} + 100 \text{ Stück} \cdot 5 \text{ €})}{2 \text{ Perioden}} = 300 \text{ €/Periode} \quad (4-3)$$

Da die durchschnittlichen Periodenkosten bei Loserweiterung die durchschnittlichen Periodenkosten ohne Erweiterung übersteigen, wird das erste Bestelllos auf 70 Stück festgelegt.⁵⁹⁹ Dadurch lässt sich der prognostizierte Bedarf von Periode [1,2] befriedigen. Sollen für eine mittelfristige Planung auch die Lose für die Perioden [2,3]; ...; [6,7] ermittelt werden, so ist das beschriebene Vorgehen zu wiederholen. Dabei beginnt die Berechnungen mit der ersten Periode, deren Bedarf mit dem vorherigen Bestelllos nicht mehr gedeckt werden kann. In der eingesetzten Simulationssoftware Anylogic lassen sich die erläuterten Entscheidungen mit Java programmieren oder mithilfe von Aktionsdiagrammen abbilden.⁶⁰⁰ Aufgrund der zuvor festgelegten Planfixierung ist lediglich die Bestellmenge der ersten Periode fix. Alle weiteren Mengen können sich im Rahmen der rollierenden Planung verändern. Zur Befriedigung der Nachfrage in Periode [1,2] muss die entsprechende Menge zu Beginn dieses Monats zur Verfügung stehen. Transport- sowie Produktionszeit von jeweils einer Periode führen dazu, dass die entsprechende Planung bereits zum Zeitpunkt $t = -1$ erfolgen muss. Dies entspricht der Simulationsstunde 0. Hat der Händler auf diese Weise seine Mengenplanung abgeschlossen, werden die entsprechenden Bedarfe an den Produzenten kommuniziert. Zum Planungszeitpunkt $t = -1$ entsprechen die Bestell- und damit Transportmengen für

⁵⁹⁹ Vgl. hierzu Gleichung (4-1) in Abschnitt 4.2.2.1.

⁶⁰⁰ Vgl. Anhang A1 und A2. Auch die Aktionsdiagramme beinhalten Elemente eines Java-Codes.

die kommenden sechs Perioden den in Tabelle 4.10 angegebenen Quantitäten. Die Monatsangaben beziehen sich dabei auf den Zeitraum, in dem der Transport zu erfolgen hat. Dass die Werte exakt den vorlaufverschobenen Bedarfen entsprechen, liegt im Verhältnis der Bestell- zu den Lagerkosten sowie den Bedarfsmengen und dem verwendeten Planungsverfahren begründet.⁶⁰¹

Der Produzent nutzt bei der deterministischen Planung ebenfalls die Silver-Meal-Heuristik um seine Produktionslosgröße festzulegen. Die Planung findet auf Grundlage der vom Händler übermittelten Bestelllosse aus Tabelle 4.10, ebenfalls zum Zeitpunkt $t = -1$, statt. Das Vorgehen bei der Planung entspricht dem des Händlers. Grundlage der Berechnung sind neben den Bestellmengen die Rüstkosten $R = 400$ € sowie der Lagerhaltungskostensatz $h_1 = 4$ € des Produzenten. Die sich ergebenden Produktionsmengen sowie der Zeitraum ihrer geplanten Realisation sind in Tabelle 4.11 aufgeführt.

Periode:	[-1, 0]	[0, 1]	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]
Produktionsmenge in Stück:	70	180	0	70	180	0

Tabelle 4.11: Produktionsmengen für den Zeitraum $t = 1, \dots, 7$ bei DP

In der Simulationssoftware erfolgt die Planung des Produzenten unmittelbar nachdem die Planung des Händlers abgeschlossen ist. Die entsprechenden Losgrößen sind dann Grundlage zur Generierung der Objekte in den Quellen *Produktionsmenge* bzw. *Transportmenge*. Die Bestelllosgröße wird zudem vom Bündel-Element *Einladen* genutzt. Der Planungsprozess ist aufgrund der rollierenden Planung periodisch zu wiederholen. Dadurch können die Systemleistung sowie Umweltentwicklungen berücksichtigt werden. Den für die Planungsperiode relevanten Systemzustand stellt dabei der disponible Bestand dar.⁶⁰² Er lässt sich gemäß der Gleichungen (4-4) und (4-5) ermitteln:

⁶⁰¹ Dieses Verhältnis ist von der jeweils betrachteten Entscheidungssituation abhängig und lässt keine allgemeinen Schlüsse über das Ergebnis der Losgrößenplanung zu.

⁶⁰² Vgl. zum disponiblen Bestand Thonemann (2015), S. 228; Tempelmeier (2016), S. 19–20.

$$\begin{aligned}
 \text{disponibler Bestand}_t(\text{Händler}) & \\
 &= \text{Kundenlagerbestand}_t \\
 &- \text{Fehlmengen}_t \\
 &+ \text{Bestellosgröße}_{[t-1,t]} \\
 &- \text{Bedarfsprognose}_{[t-1,t]} \\
 &+ \text{Bestellosgröße}_{[t-2,t-1]} \\
 &- \text{Bedarfsprognose}_{[t-2,t-1]}
 \end{aligned} \tag{4-4}$$

$$\begin{aligned}
 \text{disponibler Bestand}_t(\text{Produzent}) & \\
 &= \text{Produktionslagerbestand}_t \\
 &- \text{Fehlmengen}_t
 \end{aligned} \tag{4-5}$$

Die entsprechende Berechnung ist aufgrund der vorlaufverschobenen Planung notwendig. Würden beim Händler lediglich aktuelle Bestände und Fehlmengen bei der Planung berücksichtigt, so führt dies dazu, dass die Planung zeitverzögert reagiert. Mithilfe des disponiblen Bestands lassen sich die Bedarfsprognose bzw. die Händlerbedarfe zu Beginn der Planung anpassen. Ermittelt beispielsweise der Händler zum Planungszeitpunkt $t = 2$ die Bestellosgrößen für $t = [4,5]; \dots; [9,10]$ so ist von der Bedarfsprognose für $t = [4,5]$ der disponible Bestand des Händlers zum Zeitpunkt $t = 4$ abzuziehen. Die sich daraus ergebende Menge stellt die Planungsgrundlage dar. Ist der Wert negativ, so ist die Bedarfsmenge für $t = [5,6]$ entsprechend zu reduzieren.

Neben der Planung zu Beginn der Periode $[-1,0]$ findet in der Simulation in dieser Periode lediglich die Produktion der festgelegten Menge statt. In Periode $[0,1]$ erfolgt der Transport dieser Quantität, sowie eine eventuelle Produktion für die Bedarfe, die in Periode $[2,3]$ zu befriedigen sind. Ab dem Zeitpunkt $t = 1$, dies ist Stunde 241 im jeweiligen Simulationslauf, findet die Nachfragebefriedigung statt. Erst ab diesem Zeitpunkt lässt das Auswahlelement *Monat1* entsprechende Nachfrage-Objekte in die Warteschlange *Kundenauftrag*. Die Perioden $[-1,0]$ und $[0,1]$ stellen somit den notwendigen Vorlauf des Prozesses dar. Die hier entstehenden Kosten sind daher bei den ermittelten Leistungskennzahlen nicht zu berücksichtigen. Diese beziehen sich auf den Zeitraum $t = 1, \dots, 7$. In diesen Perioden finden jeweils die Mengenplanung von Händler und Produzent, die Produktion, der Transport sowie die Nach-

fragebefriedigung statt. Die Erläuterungen der letzten beiden Abschnitte haben für die Abbildung aller weiteren Planungsansätze Gültigkeit.

4.2.3.2 Vorgehen und Modellierung der stochastischen Optimierung

Grundlage der in dieser Arbeit verwendeten Planung mithilfe der SO sind Erwartungswerte über die unsicheren Variablen.⁶⁰³ In der betrachteten Planungssituation sind dies die prognostizierten Nachfragemengen.⁶⁰⁴ Zum Bilden der Erwartungswerte lassen sich die in Tabelle 4.12 dargestellten Nachfragszenarien heranziehen, wobei Szenario 2 den Prognosewerten aus Abschnitt 4.2.3.1 sowie den Mittelwerten der Nachfrage aus Abschnitt 4.2.2.2 entspricht. Szenario 1 stellt eine Situation dar, in der die Nachfrage 20 % über dem Erwartungswert liegt. Szenario 3 bildet den gegensätzlichen Fall ab.

Periode:	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 7]
Stückzahl Szenario 1:	84	120	96	84	120	96
Stückzahl Szenario 2:	70	100	80	70	100	80
Stückzahl Szenario 3:	56	80	64	56	80	64

Tabelle 4.12: Szenarien der Nachfrageverläufe

Neben den Szenarien erfordert die SO Wahrscheinlichkeiten, anhand derer die Prognosen gewichtet werden. Da die Mengen von Szenario 1 bzw. Szenario 3 jeweils um 20 % von denen des Szenario 2 abweichen, würde eine gleich starke Gewichtung dieser beiden Prognosen zu Mittelwerten führen, die identisch zu den Nachfragemengen in Abschnitt 4.2.3.1 sind. Somit führt eine stochastische Planung, die unsichere Variablen durch Mittelwerte abbildet, zu gleichen Ergebnissen wie die im vorherigen Abschnitt betrachtete DP. Dies ist immer dann der Fall, wenn Abweichungen vom Mittelwert in beide Richtungen in gleichem Maße möglich sind und deren Gewichtung ebenfalls symmetrisch

⁶⁰³ Vgl. für die SO Abschnitt 3.2.1 sowie die Ausführungen zu Erwartungswertmodellen.

⁶⁰⁴ Zwar sind auch Produktions- und Transportzeiten unsicher, diese sind gemäß dem verwendeten Planungsmodell der Losgrößenplanung jedoch nicht entscheidungsrelevant [vgl. die allgemeinen Hinweise zu Beginn des Abschnittes 4.2.3].

ist. Alternativ ist es denkbar, dass die Entscheider die Eintrittswahrscheinlichkeit für Szenario 1 bzw. Szenario 3 nicht für gleich hoch halten. Da in der Simulationsstudie die Nachfragen normalverteilt sind, führt eine Abweichung von einer Gleichgewichtung zu einer systematischen Fehleinschätzung. Um die Planung mithilfe der SO durchzuführen, werden daher zwei alternative Gewichtungen, wie sie in Tabelle 4.13 aufgeführt sind, verwendet.

Gewichtung:	1	2
Szenario 1:	40 %	10 %
Szenario 2:	50 %	50 %
Szenario 3:	10 %	40 %

Tabelle 4.13: Gewichtung der Nachfrageszenarien

Periode:	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 7]
Erwartungswert der Gewichtung 1 in Stück:	74	106	85	74	106	85
Erwartungswert der Gewichtung 2 in Stück:	66	94	75	66	94	75

Tabelle 4.14: Erwartungswerte der Nachfrage bei Gewichtung 1 und 2

Die erste Gewichtung geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Nachfragen über dem Durchschnitt liegen, höher ist als die einer negativen Abweichung. Szenario 1 wird daher mit 40 % gewichtet, Szenario 3 mit 10 %. Dementsprechend beträgt die Wahrscheinlichkeit für das Szenario 2 50 %. Die zweite Gewichtung geht von einer pessimistischen Einschätzung aus und dreht diese Wahrscheinlichkeiten um. Die alternativen Gewichtungen gibt Tabelle 4.13 wieder. Durch sie ergeben sich die in Tabelle 4.14 aufgeführten Erwartungswerte der Nachfrage.⁶⁰⁵ Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass bei einer gleich hohen

⁶⁰⁵ Die Nachfragewerte wurden auf ganze Mengeneinheiten gerundet.

Wahrscheinlichkeit für die beiden Szenarien 1 und 3 die Ergebnisse der SO dem des Referenzbeispiels der DP entsprechen.

Gewichtung 1							
Periode:	[-1,0]	[0,1]	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]
Bestellmengen in Stück:	-	74	106	85	74	106	85
Produktionsmengen in Stück:	74	191	0	74	191	0	-

Tabelle 4.15: Ergebnisse der Planung zu Beginn von $t = -1$ bei Gewichtung 1

Nachdem die Erwartungswerte der Variablen ermittelt sind, gestaltet sich die weitere Mengenplanung analog zum Vorgehen, das bei der DP beschrieben wurde. Dies gilt auch für die Implementierung und Abbildung in der Software. Zunächst bestimmt der Händler mithilfe der Silver-Meal-Heuristik die Bestelllosgrößen. Dabei werden neben den Kostendaten die eben festgelegten Erwartungswerte verwendet. Anschließend bestimmt der Produzent aufgrund der Bestellmengen die entsprechenden Produktionsmengen.

Gewichtung 2							
Periode:	[-1,0]	[0,1]	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]
Bestellmengen in Stück:	-	66	94	75	66	94	75
Produktionsmengen in Stück:	160	0	141	0	169	0	-

Tabelle 4.16: Ergebnisse der Planung zu Beginn von $t = -1$ bei Gewichtung 2

Da zwei alternative Gewichtungen der Nachfrageszenarien vorliegen, sind für die SO in der Simulationsstudie zwei alternative Vorgehensweisen zu bewerten, eines mit der Szenariengewichtung 1 sowie eines mit der Gewichtung 2. Weitere Anpassungen sind nicht nötig. Tabelle 4.15 führt beispielhaft die Planungsergebnisse zum Zeitpunkt $t = -1$ bei

Gewichtung 1 auf. In Tabelle 4.16 finden sich die ermittelten Losgrößen zum Zeitpunkt $t = -1$ bei Gewichtung 2.

4.2.3.3 Vorgehen und Modellierung der robusten Optimierung

Im Gegensatz zur SO wird bei der RO nicht mit Erwartungswerten der Variablen gearbeitet, sondern direkt mit den verfügbaren Szenarien.⁶⁰⁶ In ihrer ursprünglichen Konzeption sowie zur Abgrenzung gegenüber der SO sind die Szenarien bei der RO gleichgewichtet.⁶⁰⁷ Dies gilt auch für das in die Simulationssoftware implementierte Vorgehen. Bei der RO findet zunächst eine Planung für jedes Szenario statt. Aus den jeweiligen Ergebnissen wird anschließend durch Einsatz einer Entscheidungsregel die Losgröße bestimmt. Die Simulationsstudie verwendet die folgenden beiden Varianten:

- **Mittelwertberechnung:** Die umzusetzende Bestell- bzw. Produktionslosgröße entspricht dem Mittelwert der Mengen, die die Berechnungen auf Grundlage der gleichgewichteten Szenarien ergeben.
- **Maximin-Regel:** Es wird die Losgröße aus den Szenarioberechnungen ausgewählt, die bei ungünstiger Umweltentwicklung die Bedarfsdeckung und Kostenminimierung am besten erfüllt.

Die Zielsetzung der taktisch-operativen Mengenplanung ist die Kostenminimierung bei gleichzeitiger Bedarfserfüllung. Da beide Kriterien bei der Mengenentscheidung unter Unsicherheit zu berücksichtigen sind, lassen sich die in Abschnitt 2.3.2 vorgestellten Entscheidungskriterien nur modifiziert anwenden. Das entsprechende Vorgehen für die ausgewählten Methoden soll auch hier an der Planung zum Zeitpunkt $t = -1$ veranschaulicht werden.

Zunächst ermittelt der Händler mithilfe der Silver-Meal-Heuristik die Bestellmengen für alle Szenarien. Diese sind in Tabelle 4.17 angegeben. In jeder Periode findet somit der Transport der Menge statt, die den Bedarf der Folgeperiode deckt. Eine periodenübergreifende Lagerung ist

⁶⁰⁶ Vgl. für die RO Abschnitt 3.2.2.

⁶⁰⁷ Vgl. zu den Unterschieden sowie der Annäherung zwischen SO und RO Abschnitt 3.2.2.

nicht geplant. Der Erwartungswert der Kosten entspricht daher für alle Szenarien 600 €. ⁶⁰⁸ Als Entscheidungskriterium für eine bestimmte Bestellpolitik eignet sich der Erwartungswert der Kosten daher nicht.

Periode:	[-1, 0]	[0, 1]	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]
Stückzahl bei Szenario 1:	-	84	120	96	84	120	96
Stückzahl bei Szenario 2:	-	70	100	80	70	100	80
Stückzahl bei Szenario 3:	-	56	80	64	56	80	64

Tabelle 4.17: Bestellmengen des Händlers für alle Szenarien

Dies wäre auch dann nicht der Fall, wenn seine Höhe zwischen den Szenarien variiert. Die Auswahl der Politik, deren Kostenerwartungswert am geringsten ist, ignoriert die Forderung der Bedarfsbefriedigung. Dies wäre nur dann möglich, wenn jeweils das Nachfrageszenario eintritt, das den einzelnen Berechnungen zugrunde liegt. Tritt eine abweichende Nachfrage ein, so kommt es zu Fehlmengen oder Überbeständen. Mithilfe der Maximin-Regel lässt sich dieses Entscheidungsproblem lösen. Dabei wird für alle Bestellpolitiken, die sich aus der Planung der einzelnen Szenarien ergeben, die Ausprägung der Zielkriterien betrachtet, bei der das ungünstigste Szenario eintritt. Dies ist im vorliegenden Fall Szenario 1. Hier ist die Nachfrage am höchsten und somit auch die Wahrscheinlichkeit, dass Fehlmengen auftreten. Die Summe der erwarteten Kosten bzw. Fehlmengen für die drei Szenarien bei der am höchsten prognostizierten Nachfrage sind in Tabelle 4.18 zu finden. Dementsprechend kann bei einem Planungshorizont von sechs Perioden nur bei einer Bestellpolitik, die auf Szenario 1 aufbaut, davon ausgegangen werden, dass keine Fehlmengen auftreten. Dient die Maximin-Regel als Auswahlkriterium, so entscheidet sich der Händler für

⁶⁰⁸ Tritt die Nachfrage wie prognostiziert ein, so entstehen keine Lagerkosten. Die Bestell- bzw. Transportkosten von 100 € entstehen in allen sechs Perioden. Vgl. hierzu die Annahmen des Planungsmodells.

eine Bestellmenge von 84 Stück in für Periode [0,1]. Die Maximin-Regel repräsentiert ein risikoaverses Verhalten, welches dem Grundgedanken der RO entspricht.

Ergebnisse bei Eintreten des Nachfrageszenarios 1:	Erwartete Kosten	Erwartete Fehlmengen
Ergebnis bei Planung mit Szenario 1:	600 €	0 Stück
Ergebnis bei Planung mit Szenario 2:	600 €	346 Stück
Ergebnis bei Planung mit Szenario 3:	600 €	962 Stück

Tabelle 4.18: Erwartungswerte der Kosten und Fehlmengen

Risikoneutrale Entscheidungsregeln, die in Abschnitt 2.3.2 vorgestellt wurden, lassen sich hier nicht anwenden, wenn die Bedarfsbefriedigung sichergestellt werden soll. Eine Orientierung an den Kostenzielen würde ebenfalls nicht zu einem risikoneutralen Verhalten führen. Wird die Mengenplanung beispielsweise auf Grundlage der Kosten sowie der μ -Regel vorgenommen, so erfolgt eine Auswahl der Bestellpolitik, deren Erwartungswert der Kosten am geringsten ist. Dies entspricht einem risikofreudigen Verhalten und ist nicht Ziel der RO. Daher soll alternativ der Mittelwert aus den Losgrößen aller Szenarien gebildet werden.

Bestellmengen in Stück pro Periode							
Periode:	[-1,0]	[0,1]	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]
Maximin-Regel:	-	84	120	96	84	120	96
Mittelwertberechnung:	-	70	100	80	70	100	80

Tabelle 4.19: Bestellmengen des Händlers in Abhängigkeit der Entscheidungsregel

Für die Bestellquantität der Periode [0,1] ergibt sich durch die Mittelwertbildung eine Menge von 70 Stück.⁶⁰⁹ Ein solches Vorgehen repräsentiert bei symmetrischen und gleichgewichteten Szenarien eine risi-

⁶⁰⁹ $\frac{84 \text{ Stück} + 70 \text{ Stück} + 56 \text{ Stück}}{3 \text{ Perioden}} = 70 \text{ Stück.}$

koneutrale Entscheidung. Dabei werden allerdings Fehlmengen in Kauf genommen. Die beiden alternativen Vorgehensweisen führen zu den in Tabelle 4.19 angegebenen Bestellmengen. Lediglich die erste Losgröße ist hier fix. Die weiteren Mengen sind auch bei der erläuterten RO vorläufig. Sie können sich im Rahmen der rollierenden Planung verändern.

Nachdem der Händler seine Bestellmengen ermittelt hat, erfolgt die Produktionslosgrößenplanung des Lieferanten. Sollen Unsicherheiten hier ebenfalls mit der Methode der RO integriert werden, so bedarf es erneut mehrerer Szenarien. Im Zuge der Simulationsstudie wird das gleiche Vorgehen wie beim Händler modelliert. Grundlage der Szenarien des Lieferanten sind die vom Händler übermittelten Bestellquantitäten. Sie stellen das mittlere Bedarfsszenario dar. Analog zur beschriebenen Planung des Händlers werden zwei weitere Szenarien gebildet, deren Bedarfe pro Periode 20 % über bzw. unter den Bestelllosgrößen liegen. In Abhängigkeit des modellierten Risikoverhaltens ergeben sich die in Tabelle 4.20 aufgeführten Produktionslose.

Produktionsmengen in Stück pro Periode							
Periode:	[-1,0]	[0,1]	[1,2]	[2,3]	[3,4]	[4,5]	[5,6]
Maximin-Regel:	101	144	115	101	144	115	-
Mittelwertberechnung:	96	132	40	70	180	0	-

Tabelle 4.20: Produktionsmengen in Abhängigkeit der Entscheidungsregel

Der beschriebene Planungsprozess lässt sich auf verschiedene Arten in Anylogic abbilden. Für die vorliegende Untersuchung wurde eine kombinierte Modellierung durch Aktionsdiagramme sowie Java-Programmierung verwendet. Die jeweiligen Planungsergebnisse werden wie bei allen modellierten Planungsverfahren in Variablen gespeichert. Diese dienen als Input für die Quellen *Produktionsmenge* und *Transportmenge* bzw. das Bündel-Element *Einladen*. Bei Neuplanung in der Folgeperiode findet dann eine Überschreibung der Werte statt.

Wie bei der deterministischen Planung und der SO wurde das Planungsvorgehen bei der RO anhand der Planung zum Zeitpunkt $t = -1$

beschrieben. Ihr liegen die Nachfrageprognosen bzw. Bestellmengen des Händlers als Bedarfe zugrunde. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den darauffolgenden Perioden die Bedarfe um den disponiblen Bestand angepasst werden. Dies gilt auch für die im Folgenden beschriebene FP.

4.2.3.4 Vorgehen und Modellierung der flexiblen Planung

Die Ausführungen zur FP in Abschnitt 3.2.3 zeigen, dass die Anwendung dieses Vorgehens zu komplexen Entscheidungsbäumen führen kann.⁶¹⁰ Grund hierfür ist, dass neben unterschiedlichen Umweltentwicklungen auch alternative Entscheidungen und deren zukünftige Auswirkungen in die Überlegungen miteinbezogen werden. Auch bei der FP sollen der Planungssituation der Simulationsstudie die drei bereits bei der SO und RO betrachteten Umweltszenarien zugrunde liegen. In der beschriebenen Situation der taktisch-operativen Mengenplanung beziehen sich die zu treffenden Entscheidungen auf Bestell- und Produktionsquantitäten. Hier existiert theoretisch eine unendliche Alternativenmenge. Durch den Einsatz der Silver-Meal-Heuristik auf Basis der drei Umweltszenarien lassen sich die Handlungsoptionen auf drei Alternativen pro Periode und Umweltzustand reduzieren. Aus der Alternativen- sowie Zustandsmenge ergeben sich somit für die erste Periode eines Entscheidungsbaumes neun Pfade. Diese sind in Periode 1 der Abbildung 4.10 visualisiert. Erfolgt die FP für den gesamten Planungshorizont der Simulationsstudie von sechs Perioden, so sind zur Abbildung der Entscheidungssituation 9^6 und damit 531.441 alternativer Pfade notwendig. Diese bei der Mengenplanung abzubilden, stellt einen im Vergleich zur zu treffenden Entscheidung nicht gerechtfertigten Aufwand dar.⁶¹¹

⁶¹⁰ Vgl. für die FP Abschnitt 3.2.3.

⁶¹¹ Grundsätzlich ist eine entsprechende Implementierung in einer Planungssoftware denkbar. Der Aufwand, die entsprechenden Entscheidungspfade abzubilden, ist jedoch nicht trivial. Dies zeigen die weiteren Ausführungen dieses Abschnittes. Ob der Aufwand angesichts einer Entscheidungssituation mit sich verändernden Rahmenbedingungen bei kurz- bis mittelfristigem Planungshorizont gerechtfertigt ist, ist zu bezweifeln. Eine entsprechende Modellierung kann zwar wiederholt zur Mengenplanung eingesetzt werden, ändert sich aber die Anzahl der verfügbaren Handlungsal-

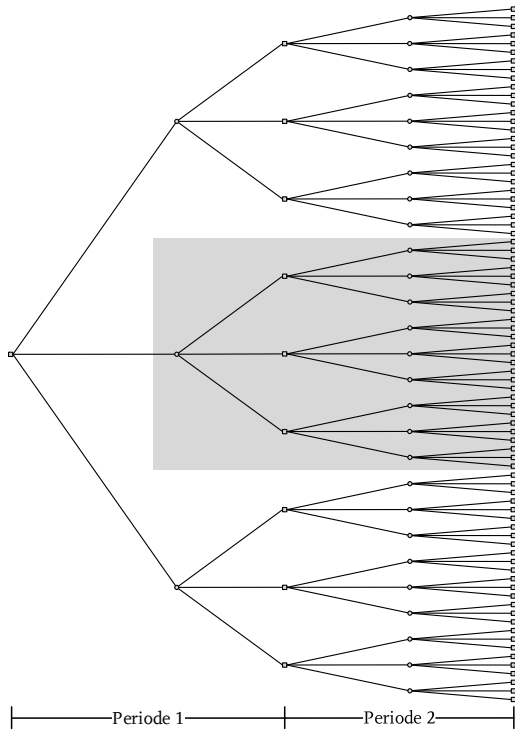


Abbildung 4.10: Entscheidungsbaumstruktur bei drei Handlungsalternativen und drei Umweltszenarien für zwei Perioden⁶¹²

Ein solches Vorgehen ist jedoch nicht notwendig. Ziel der Mengenplanung mithilfe der FP ist es, die entsprechenden Losgrößen unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen festzulegen. Da durch die rollierende Planung bereits in der Folgeperiode eine Anpassung vorgenommen werden kann, ist es ausreichend, neben der aktuellen Periode die darauffolgende zu berücksichtigen. Dieses Vorgehen führt zu einem

alternativen oder die Einschätzung über mögliche Umweltfaktoren, so ist eine Anpassung vorzunehmen. Dafür bedarf es entsprechender Ressourcen. Untersuchungen zeigen, dass dies nicht den Anforderungen von Supply Chain-Institutionen entspricht [vgl. beispielsweise Singer (2012), S. 144, oder auch die Aussage von Dicker in Abschnitt 4.1.2.4].

⁶¹² Quelle: Eigene Darstellung.

Entscheidungsbaum mit 81 Pfaden, wie er in Abbildung 4.10 skizziert ist. Er ist zur Bestimmung der Bestell- wie auch der Produktionslosgröße sowohl vom Händler wie vom Lieferanten zu Beginn jeder Planungsperiode zu lösen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf den in Abbildung 4.11 dargestellten Ausschnitt des Entscheidungsbaums für den Händler. Sie erläutern die Logik der Losgrößenplanung zum Planungszeitpunkt $t = -1$. Der Ausschnitt entspricht dem grau hinterlegten Bereich aus Abbildung 4.10.

Zum Zeitpunkt $t = -1$ legt der Händler die Bestellmenge für die Periode $[0,1]$ fest. Um diese zu bestimmen, werden im Zuge der FP die Auswirkungen der alternativen Mengenentscheidungen für den Zeitraum $t = 0, \dots, 2$ unter Beachtung der möglichen Umweltszenarien in diesen beiden Perioden betrachtet. Ausgangspunkt sind zunächst die drei möglichen Losgrößen aus der Alternativenmenge $A_0 = \{56, 70, 84\}$. Sie lassen sich mithilfe der Silver-Meal-Heuristik für die jeweiligen Szenarien berechnen.⁶¹³ In Abhängigkeit des eintretenden Umweltszenarios ergeben sich unterschiedliche Systemzustände R_t . Diese sind in Abbildung 4.11 für eine geplante Bestellmenge von $a_0^2 = 70$ Stück angegeben. Die Systemzustände werden durch Fehlmengen und Lagerbestände beschrieben: $r_t^u = (\text{Fehlmenge}; \text{Lagerbestand})$.

Zum Ende der ersten Periode $[0,1]$ lassen sich aus der Wahl von $a_0^2 = 70$ Stück drei alternative Zustände $r_1^4 = (14; 0)$, $r_1^5 = (0; 0)$ und $r_1^6 = (0; 14)$ vorhersagen. Diese sind wiederum Ausgangspunkt der Mengenentscheidung für Periode $[1,2]$. Unter Berücksichtigung des disponiblen Bestands ergibt die Silver-Meal-Berechnung – ausgehende vom Systemzustand r_1^4 – die Handlungsalternativen $A_{1(r_1^4)} = \{134, 114, 94\}$. Bei den alternativen Zuständen r_1^5 und r_1^6 ist analog vorzugehen. In Abhängigkeit der Umweltentwicklung in Periode $[1,2]$ konstituieren sich die möglichen Systemzustände R_2 zum Zeitpunkt $t = 2$.

⁶¹³ Vgl. für die Berechnung Abschnitt 4.2.3.3 zur RO.

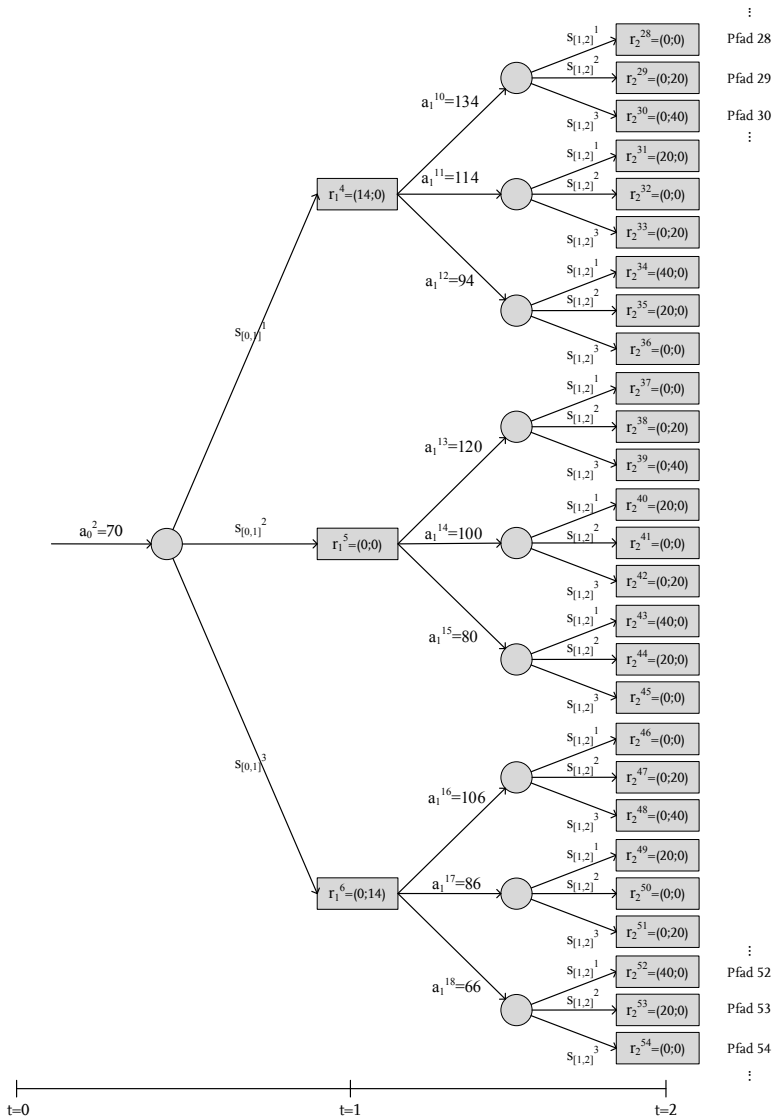


Abbildung 4.11: Ausschnitt des Entscheidungsbaums des Händlers bei $t = -1$ ⁶¹⁴

⁶¹⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

Nachdem mögliche Entwicklungspfade der Planung ermittelt wurden, sind diese zu bewerten und die Ergebnisse anschließend zur Losgrößenbestimmung zu aggregieren. Die Pfadbewertung beinhaltet dabei die Summe der entstehenden Rüst- und Lagerkosten sowie die Fehlmen gen im betrachteten Planungszeitraum. Lagerkosten werden immer dann kalkuliert, wenn zu den Zeitpunkten $t = 1$ bzw. $t = 2$ Lagerbestand vorliegt. In Tabelle 4.21 sind die Bewertungen für den in Abbildung 4.11 dargestellten Entscheidungsbaumausschnitt angegeben.

Pfad	Fehlmenge	Kosten	Pfad	Fehlmenge	Kosten
28	14 Stück	200 €	42	0 Stück	300 €
29	14 Stück	300 €	43	40 Stück	200 €
30	14 Stück	400 €	44	20 Stück	200 €
31	34 Stück	200 €	45	0 Stück	200 €
32	14 Stück	200 €	46	0 Stück	270 €
33	14 Stück	300 €	47	0 Stück	370 €
34	54 Stück	200 €	48	0 Stück	470 €
35	34 Stück	200 €	49	20 Stück	270 €
36	14 Stück	200 €	50	0 Stück	270 €
37	0 Stück	200 €	51	0 Stück	370 €
38	0 Stück	300 €	52	40 Stück	270 €
39	0 Stück	400 €	53	20 Stück	270 €
40	20 Stück	200 €	54	0 Stück	270 €
41	0 Stück	200 €	-	-	-

Tabelle 4.21: Bewertung der Pfade 28–54 des Entscheidungsbaums des Händlers zum Planungszeitpunkt $t = -1$

Für Pfad 30 entstehen beispielsweise Kosten in Höhe von 400 €. Sie setzen sich aus den für zwei Rüstvorgänge entstehenden Kosten sowie

den Lagerkosten für die Bestandsmenge von 40 Stück zum Zeitpunkt $t = 2$ zusammen. Zudem treten bei diesem Pfad insgesamt 14 Fehlmengenergebnisse auf. Diese entstehen in Periode $[0,1]$.

Zur Aggregation der Pfade erfolgt eine Gewichtung der jeweiligen Bewertungen mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Umweltzustände $p(s_{[1,2]}^m)$ in Periode $[1,2]$. Diese betragen für Szenario 1 und Szenario 3 25 %; für Szenario 2 50 %. Dadurch ist es möglich, für jede Handlungsalternative, die sich aus $a_0^2 = 70$ Stück zum Zeitpunkt $t = 1$ ergibt, Erwartungswerte für Fehlmengen und Kosten zu ermitteln. Bevor diese Werte weiter aggregiert werden können, ist jeweils eine Entscheidung zu treffen, welche der jeweils drei möglichen Alternativen, die sich aus den Zuständen r_1^4, \dots, r_1^6 ergeben, gewählt wird. Dabei zeigt sich, dass nur bei den Alternativen, bei denen sich der Händler in beiden Perioden für die größte der drei möglichen Mengen entscheidet, keine Fehlmengen auftreten. Wird die Forderung der vollständigen Bedarfsbefriedigung aufrechterhalten, so führt die FP zu risikoaverserem Verhalten. Die Bestelllosgröße für Periode $[0,1]$ lautet dann 84 Stück. Insgesamt ergeben sich die gleichen Bestell- und Produktionspolitiken wie bei Anwendung der Maximin-Regel in der RO.

Ein solches Vorgehen entspricht jedoch nicht der Idee der FP. Sie stellt vielmehr eine dynamische Erweiterung der SO dar. Hier werden Entscheidungen aufgrund von Erwartungswerten getroffen, um risikoneutrales Verhalten abzubilden. Dies beinhaltet eine bewusste Inkaufnahme von Fehlmengen. Bei dem in Abschnitt 4.2.3.2 erläuterten Vorgehen erfolgt dies impliziert durch die Betrachtung von gewichteten Szenarien als deterministische Werte. Bei der FP geschieht dies nicht. Werden Fehlmengenergebnisse nicht durch entsprechende Kostensätze bewertet, so ist festzulegen, welche Anzahl an solchen Ereignissen zulässig ist. Nur dann ist es möglich, anhand der FP andere als risikoaverse Handlungsempfehlungen zu geben. Der Servicegrad, der den Anteil der Nachfrage angibt, der mindestens befriedigt werden soll, wird für die Simulationsstudie mit 90 % bzw. 70 % festgelegt.⁶¹⁵ Dieses Vorgehen

⁶¹⁵ Dadurch ergeben sich auch für die FP zwei alternative Experimentdesigns. Die beispielhaften Erläuterungen dieses Abschnitts beziehen sich auf einen Servicegrad von 90 %. Vgl. zum Servicegrad Thonemann (2015), S. 220–223; Langton (2013), S. 45–47

ermöglicht eine Entscheidung für Handlungsalternativen, auch wenn deren Erwartungswert für Fehlmengenereignisse größer 0 ist. Die entsprechende Auswahl hat dennoch die beiden Ziele der Fehlmengenvermeidung sowie Kostenminimierung zu betrachten.

Handlungsalternative	Bestellmenge für [1, 2]	Erwartungswert der Fehlmengenereignisse	Erwartungswert der Kosten
a_1^{10}	134 Stück	14 Ereignisse	300 €
a_1^{11}	114 Stück	19 Ereignisse	225 €
a_1^{12}	94 Stück	34 Ereignisse	200 €
a_1^{13}	120 Stück	0 Ereignisse	300 €
a_1^{14}	100 Stück	5 Ereignisse	225 €
a_1^{15}	80 Stück	20 Ereignisse	200 €
a_1^{16}	106 Stück	0 Ereignisse	370 €
a_1^{17}	86 Stück	5 Ereignisse	295 €
a_1^{18}	66 Stück	20 Ereignisse	270 €

Tabelle 4.22: Erwartungswerte für die Handlungsalternativen $a_1^{10}, \dots, a_1^{18}$ bei der FP des Händlers für Periode [1,2] zum Zeitpunkt $t = -1$

Die in Abschnitt 4.1 durchgeführten Interviews haben gezeigt, dass die Bedarfsbefriedigung Vorrang vor der Kostenminimierung hat. Daher ist bei der Entscheidung über eine Handlungsalternative im Rahmen der FP zunächst der Erwartungswert der Fehlmengenereignisse zu betrachten. Nur die Alternativen, die den vorgegebenen Servicegrad einhalten, werden anschließend bei der Kostenbetrachtung berücksichtigt. Sollten mehrere Losgrößen die gleichen Kosten verursachen, so können die Fehlmengen erneut als Entscheidungskriterien dienen. Es ist dann die

und Klaus et al. (2012), S. 517. Der Einsatz eines Servicegrades dient als Ersatzkriterium, wenn sich Kosten für Fehlmengen nicht quantifizieren lassen, diese aus Kosten Gesichtspunkten jedoch zu einem gewissen Maß zulässig sind.

Alternative zu wählen, deren Anzahl an erwarteten Fehlmengenergebnissen bei gleichen Kosten geringer ist. Im betrachteten Ausschnitt des Entscheidungsbaums aus Abbildung 4.11 führt dieses Vorgehen zur Wahl der Alternativen a_1^{10} , a_1^{14} und a_1^{17} bei der Entscheidung zum Zeitpunkt $t = 1$. Die Erwartungswerte der Bewertung der Alternativen $a_1^{10}, \dots, a_1^{18}$ sind in Tabelle 4.22 angegeben.

Nach dieser Entscheidung ist es möglich, die Erwartungswerte der ausgewählten Handlungsalternativen weiter zu aggregieren. Dabei erfolgt eine erneute Gewichtung mit Wahrscheinlichkeiten der Umweltentwicklungen $p(s_{[0,1]}^m)$. Diese entsprechen in der Simulation denen aus Periode [1,2]. So lassen sich Erwartungswerte für die alternativen Bestelllose in Periode [0,1] ermitteln. Tabelle 4.23 gibt diese an.

Handlungsalternative	Bestellmenge für [0, 1]	Erwartungswert der Fehlmengenergebnisse	Erwartungswert der Kosten
a_0^1	84 Stück	5 Ereignisse	295 €
a_0^2	70 Stück	7,25 Ereignisse	261,25 €
a_0^3	56 Stück	-	-

Tabelle 4.23: Erwartungswerte für die Handlungsalternativen a_0^1, \dots, a_0^3 bei der FP des Händlers für Periode [0,1] zum Zeitpunkt $t = -1$

Aufgrund der geringeren Fehlmengen der Handlungsalternative a_0^1 ergibt sich bei einer Entscheidung auf Grundlage der FP eine Losgröße des Händlers für Periode [0,1] von 84 Stück. Hier beläuft sich der Erwartungswert der Fehlmengenergebnisse auf 5 Ereignisse. Die Alternative $a_0^2 = 70$ Stück weist zwar einen geringeren Erwartungswert der Kosten auf, jedoch wird mit 7,25 erwarteten Fehlmengenergebnissen der verlangte Servicegrad von 90 % nicht erfüllt. Dieser erlaubt eine maximale Anzahl an Fehlmengenergebnissen von 7.⁶¹⁶ Würde dieser nicht überschritten, so wäre aufgrund der geringeren Kosten diese Alternative

⁶¹⁶ Die maximale Anzahl an Fehlmengenergebnissen errechnet sich wie folgt: *Prognostizierte Nachfrage der Periode* · (1 – *Servicegrad*). Für die erste Periode ergibt sich für Szenario 2 somit: 70 Stück · (1 – 0,9) = 7 Stück.

a_0^2 auszuwählen. Die Handlungsalternative $a_0^3 = 56$ Stück wird nicht in Betracht gezogen, da bei der Aggregation der möglichen Systemzustände $r_2^{55}, \dots, r_2^{81}$ bereits zum Zeitpunkt $t = 1$ der Erwartungswert der Fehlmengen den durch den Servicegrad zulässigen Wert übersteigt.⁶¹⁷

Das hier beschriebene Vorgehen ist für die Simulationsstudie erneut mit Aktionsdiagrammen, Java-Programmierung sowie einer Visualisierung des Entscheidungsbaumes in Anylogic abgebildet.⁶¹⁸ Der Planungsprozess ist zu Beginn jeder Periode zu wiederholen. Dabei sind ab dem Zeitpunkt $t = 0$ entstehende Fehlmengen sowie Bestände beim Produzenten und ab $t = 1$ beim Händler in der Planung zu berücksichtigen. Dies geschieht über den disponiblen Bestand.⁶¹⁹ Neben dem Planungsprozess des Händlers ist auch der des Lieferanten modelliert. Er folgt der gleichen Logik und ist im Anschluss an die Bestelllosgrößenplanung durchzuführen. Ausgangspunkt der Produzentenplanung sind bei der zuvor beschriebenen DP, SO sowie RO die Bestelllosgrößen des Händlers für den Planungszeitraum von sechs Perioden. Diese liegen bei der FP nicht vor. Das in diesem Abschnitt 4.2.3.4 erläuterte Vorgehen legt lediglich die Bestellquantität für die erste Periode eines Planungszeitraums fest.⁶²⁰ Der Produzent muss daher für die FP auf andere Daten zurückgreifen.

Zunächst wird davon ausgegangen, dass die vom Händler übermittelte Losgröße das mittlere Nachfrageszenario für den Produzenten in der ersten Periode darstellt. Daraus kann dieser ein Szenario mit hoher sowie niedriger Nachfrage generieren. Wie bei der RO sowie den Planungsdaten des Händlers liegen diese Mengen 20 % über bzw. unter der Bestelllosgröße. Der Händler ist zudem in der Lage, mitzuteilen, welchen Bedarfszeitraum die aktuelle Bestellquantität decken kann. Für

⁶¹⁷ Sollte eine Situation eintreten, in der die Anzahl an Fehlmengenereignissen bei allen Handlungsalternativen über der zulässigen Anzahl liegt, wählt die in der Simulationsstudie implementierte Logik die höchste Losgröße aus, da hier die Höhe der erwarteten Fehlmengenereignisse am geringsten ist.

⁶¹⁸ Vgl. Anhang A3 und A4.

⁶¹⁹ Vgl. hierzu die Erläuterungen in Abschnitt 4.2.3.1.

⁶²⁰ Der Aufwand, um die Mengen der weiteren fünf Perioden zu ermitteln, ist nicht gerechtfertigt. Vgl. hierzu den sich ergebenden Entscheidungsbaum mit 531.441 Pfaden. Zudem können sich die Mengen aufgrund der rollierenden Planung in der Folgeperiode bereits verändern.

Nachfragen zu einem späteren Zeitpunkt muss der Produzent auf Prognosen zurückgreifen. Diese entsprechen wiederum den Szenarien in den zuvor betrachteten Planungsmethoden.⁶²¹

4.2.3.5 Vorgehen und Modellierung der losfixen Planung

Das als LP bezeichnete Vorgehen soll ein in den Experteninterviews beschriebenes Verhalten abbilden. Demnach wird die Losgröße zu einem der Bestell- bzw. Produktionsmengenplanung vorgelagerter Zeitpunkt auf eine bestimmte Quantität festgelegt.⁶²² Liegt eine Nachfrageprognose vor, die den für diesen Zeitpunkt verfügbaren disponiblen Bestand übersteigt, so findet eine Bestellung bzw. Produktion in Höhe der fixen Losgröße bzw. einem Vielfachen von dieser statt. Aufgabe der Mengenplanung ist somit die einmalige Definition der Losgröße sowie die Entscheidung, zu welchem Zeitpunkt diese umgesetzt werden soll. Wie die entsprechende Menge festzulegen ist, lässt sich aus den Interviews nicht erkennen. Für die in der Simulation implementierte Planung wird daher auf das klassische Model zur Bestimmung der optimalen Losgröße zurückgegriffen.⁶²³ In Gleichung (4-6) ist die für die Bestimmung der Bestellquantität verwendete Berechnung formal aufgeführt:

$$\text{Bestellosgröße} = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot \varnothing b_{[t,t+1]}}{h_1}} \quad (4-6)$$

Dabei stellt $\varnothing b_{[t,t+1]}$ den durchschnittlichen Bedarf in einer Periode $[t, t + 1]$ dar. Dieser beträgt in der Simulationsstudie 83 Stück. Um die Produktionslosgröße festzulegen ist der Parameter der Bestellkosten B durch die Rüstkosten R zu ersetzen. Die Anwendung der Berechnung auf die Planungssituation der Simulationsstudie ergibt gemäß Rech-

⁶²¹ Vgl. Abschnitt 4.2.3.2.

⁶²² Vgl. beispielsweise die Aussagen von Dicker oder Klatt in Abschnitt 4.1.2.1.

⁶²³ Es handelt sich dabei um das bereits in Abschnitt 4.2.2.1 genannte statische Modell, welches unter der Bezeichnung „Andler-Modell“ verbreitet ist [vgl. hierzu Harris (1913), S. 135–136; Stefanič-Allmayser (1927), S. 504–508 und Andler (1929), S. 48–61]. Vgl. für eine übersichtliche Darstellung der Annahmen sowie des Vorgehens bei diesem Optimierungsansatz Dobhan (2012), S. 113–117. Vgl. für einer Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen des Weiteren Sucky (2004), S. 50–53.

nung (4-7) eine Bestellmenge von 58 Stück beim Händler sowie nach Rechnung (4-8) 129 Stück als Produktionsmenge des Lieferanten:

$$\text{Bestelllosgröße} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{ €} \cdot 83 \text{ Stück}}{5 \text{ €}}} = 58 \text{ Stück} \quad (4-7)$$

$$\begin{aligned} \text{Produktionslosgröße} &= \sqrt{\frac{2 \cdot 400 \text{ €} \cdot 83 \text{ Stück}}{4 \text{ €}}} \\ &= 129 \text{ Stück} \end{aligned} \quad (4-8)$$

Periode:	$[-1, 0]$	$[0, 1]$	$[1, 2]$	$[2, 3]$	$[3, 4]$	$[4, 5]$	$[5, 6]$
Bestellmengen in Stück:	-	116	58	116	58	116	58
Produktionsmengen in Stück:	129	129	129	0	129	129	-

Tabelle 4.24: Bestell- und Produktionsmengen bei der Planung zum Zeitpunkt $t = -1$ mit der LP

Die ermittelte Bestellmenge reicht nicht aus, um die durchschnittlich prognostizierte Nachfrage pro Monat zu befriedigen. Daher bestellt der Händler jeweils ein Vielfaches der festgelegten Quantität, bis diese zur Deckung des erwarteten Periodenbedarfs ausreicht.⁶²⁴ Sollte der im Kundenlager verfügbare Bestand die Nachfrage übersteigen, so werden die überzähligen Güter zur Befriedigung des Bedarfs in der Folgeperiode genutzt. Dieser verringert sich entsprechend. Die Losgröße bleibt dadurch unverändert. Zum Planungszeitpunkt $t = -1$ ergibt sich somit die in Tabelle 4.24 aufgeführte Bestellpolitik des Händlers.

Diese ist Ausgangspunkt für die Planung des Produzenten. Dessen fixe Losgröße ist ausreichend, um die jeweilige Bedarfsmenge des Händlers zu erfüllen. Ob eine Produktion in jeder Periode nötig ist, hängt von den sich kumulierenden Lagerbeständen ab. Tritt die Nachfrage und die sich daraus ergebenden Bedarfe wie prognostiziert auf, entsprechen die Pro-

⁶²⁴ Vgl. die Aussage von Klatt in Abschnitt 4.1.2.1.

duktionsquantitäten zum Planungszeitpunkt $t = -1$ den in Tabelle 4.24 angegebenen Mengen.

Das beschriebene Vorgehen stellt eine nivellierte Produktion dar.⁶²⁵ Dieser im Rahmen des Lean Managements verbreitete Planungsansatz versucht, Prozesse von den vor- und nachgelagerten Supply Chain-Stufen abzukoppeln. Ziel ist es, dass die im betrachteten Prozess durchzuführende Aufgabe ohne Störung umgesetzt werden kann. Dadurch sollen Abläufe standardisiert und systematisch verbessert werden. Die Standardisierung beinhaltet auch eine gleiche hohe Losgröße. Auf Schwankungen in der Nachfrage wird durch eine Multiplikation der definierten Menge reagiert. Der Multiplikator orientiert sich an den prognostizierten Mengen. Zur Entkopplung des Prozesses von den kurzfristigen Schwankungen sind Pufferlager mit Mindestbeständen nötig, die die Mehr- oder Mindernachfrage ausgleichen.⁶²⁶ Dadurch sollen Fehlmengenereignisse verhindert werden. Um zu untersuchen, ob diese Strategie auch bei Unsicherheiten, die sowohl in der Versorgung, dem Prozess als auch der Nachfrage auftreten, funktioniert, sind auch in den Experimenten zur LP entsprechende Bestände vorzuhalten. Die Definition ihrer Höhe soll erneut aus den Experteninterviews abgeleitet werden. U. a. führen Klatt und Wieban Beispiele für Extremsituationen auf, in denen es zu großen Störungen kommen kann. Es soll daher davon ausgegangen werden, dass aufgrund von Erfahrungen aus der Vergangenheit Informationen über maximale Abweichungen vorliegen. Die Höhe der Sicherheitsbestände in der Simulationsstudie richtet sich daher nach der maximalen Dauer, die die Supply Chain durch ein einzelnes Ereignis unterbrochen werden kann. Beim Lieferanten ist dies eine Produktionsstörung von bis zu 10 Tagen. In der Summe tritt in diesem Zeitraum eine Nachfrage von 42 Stück auf.⁶²⁷ Diese Menge stellt daher den Sicherheitsbestand im Produzentenlager dar.⁶²⁸ Im Kundenlager beläuft der Sicherheitsbestand 59 Stück. Dies repräsentiert die

⁶²⁵ Vgl. für die Ausführungen sowie einen Überblick zur nivellierten Produktion Marksberry et al. (2011), S. 604–604; de Araujo/de Queiroz (2010), S. 81–83 und Deuse et al. (2007), S. 45–48.

⁶²⁶ Vgl. die Aussage von Fleischmann in Abschnitt 4.1.2.3.

⁶²⁷ Vgl. Abschnitt 4.2.2.2.

⁶²⁸ Vgl. die Aussage von Klatt in Abschnitt 4.1.2.3.

mengenmäßige Abbildung einer möglichen Transportverzögerung sowie der Standardabweichung der Nachfrage.⁶²⁹

Um die entsprechenden Bestände vorzuhalten, ist das Simulationsmodell, welches die LP abbildet, anzupassen. Dies beinhaltet zunächst die einmalige Generierung der Gütermengen. Durch entsprechende Quellen, *AB_Produktionslager* und *AB_Kundenlager*, welche zu Beginn der Simulation die in Variablen definierten Mengen für das Produzenten- und Kundenlager generieren werden diese direkt in die Warteschlangen *Produktionslager* und *Kundenlager* einspeist.⁶³⁰ Die Güterobjekte stehen unmittelbar zur Befriedigung der Nachfrage zur Verfügung, verursachen aber auch entsprechende Lagerkosten. Des Weiteren ist die Berechnung des disponiblen Bestands anzupassen. Dieser ist jeweils um den Mindestbestand von 42 bzw. 59 Stück zu reduzieren. Die Modellierung der Planungslogik erfolgt erneut mit Aktionsdiagrammen sowie einer entsprechenden Java-Programmierung, nachdem die fixen Losgrößen bestimmt wurden.⁶³¹ Neben diesem Vorgehen erfolgt auch eine Simulation ohne Mindestbestand.

4.2.3.6 Vorgehen und Modellierung der periodenfixen Planung

Ähnlich der LP lässt sich ein Vorgehen modellieren, das als PP bezeichnet werden soll. Hier orientieren sich die Losgrößen nicht an fixen Mengen, sondern am Bedarf für einen bestimmten Zeitraum. Es ist somit an das von Dicker in den Experteninterviews beschriebene Planungsverhalten angelehnt.⁶³² Tritt hier ein Periodenbedarf auf, der durch den entsprechenden disponiblen Bestand nicht gedeckt wird, so erfolgt eine Bestellung bzw. Produktion, die dem Bedarf eines bestimmten Zeitraums entspricht. Somit ist die Reichweite des Loses fix, die Menge variiert jedoch und ist von den prognostizierten Bedarfsquantitäten abhängig. Um dieses Vorgehen umzusetzen und in der Simulationsstudie abzubilden, muss die fixe Reichweite der Losgrößen festgelegt werden. Grundsätzlich sind hier verschiedene Ansätze möglich. Da die

⁶²⁹ Vgl. die Aussagen von Klatt und Wieban in Abschnitt 4.1.2.3.

⁶³⁰ Vgl. Anhang A5.

⁶³¹ Vgl. Anhang A6.

⁶³² Vgl. Abschnitt 4.1.2.1.

qualitative Untersuchung wie bei der LP keine genaueren Erkenntnisse über die Bestimmung der Reichweite ergeben hat, greift die Modellierung in Anylogic erneut auf die in Abschnitt 4.2.3.5 vorgestellte Losgrößenberechnung nach dem Andler-Modell zurück. Mit diesem sowie dem Bedarf des Planungszeitraumes lässt sich eine Reichweite festlegen, welche die entscheidungsrelevanten fixen und variablen Kosten minimiert.⁶³³ Gleichung (4-9) stellt diesen Zusammenhang dar:

$$\text{Reichweite Bestelllos} = \frac{\varnothing b_{[t,t+1]}}{\sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot \varnothing b_{[t,t+1]}}{h_1}}} \quad (4-9)$$

$$\begin{aligned} \text{Reichweite Bestelllos} &= \frac{83 \text{ Stück}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 400 \text{ €} \cdot 83 \text{ Stück}}{4 \text{ €}}}} \\ &= 0,6 \text{ Perioden} \end{aligned} \quad (4-10)$$

Periode:	[-1, 0]	[0, 1]	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]
Bestellmengen in Stück:	-	70	100	80	70	100	80
Produktionsmengen in Stück:	170	0	150	0	180	0	-

Tabelle 4.25: Bestell- und Produktionsmengen bei der Planung zum Zeitpunkt $t = -1$ mit der PP

Für den Händler ergibt sich aus der Berechnung (4-10) eine Losreichweite von einer Periode.⁶³⁴ Demnach erfolgt jeweils eine Bestellung in Höhe des vorlaufverschobenen Bedarfs, wenn der disponible Bestand

⁶³³ Die dargestellte Rechnung betrachtet den durchschnittlichen Monatsbedarf. Alternativ lässt sich beispielsweise mit dem Jahresbedarf arbeiten. In einem solchen Fall ist der Lagerhaltungskostensatz auf den untersuchten Zeitraum anzupassen. Dadurch ergeben sich die gleichen Ergebnisse. Die dargestellte Berechnung betrachtet die Reichweite des Bestellloses. Für das Produktionslos ist analog vorzugehen. Die Bestellkosten sind hier erneut durch die Rüstkosten zu ersetzen.

⁶³⁴ Das Ergebnis der Rechnung (4-10) ist sowohl kaufmännisch wie auch sachlogisch aufzurunden.

nicht ausreicht, um die erwartete Nachfrage zu decken. Die entsprechenden Quantitäten zum Planungszeitpunkt $t = -1$ sind zusammen mit den Produktionsmengen in Tabelle 4.25 angegeben.

Die Losgrößen des Produzenten ergeben sich auf Grundlage der Bestellmengen des Händlers sowie einer fixen Losreichweite von zwei Perioden. Die Reichweite ist durch die Rechnung (4-11) determiniert:⁶³⁵

$$\begin{aligned} \text{Produktionslosgröße} &= \frac{83 \text{ Stück}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{ €} \cdot 83 \text{ Stück}}{5 \text{ €}}}} & (4-11) \\ &= 1,4 \text{ Perioden} \end{aligned}$$

Wie in der LP soll auch bei der PP neben der beschriebenen Planungslogik eine zweite Variante mit Sicherheitsbestand in Anylogic modelliert werden.⁶³⁶ Sowohl die Definition der Mindestbestandsmengen wie auch die Abbildung in der Simulationssoftware erfolgen dabei analog zum Vorgehen in Abschnitt 4.2.3.6.

4.2.3.7 Modellierung der dritten Phase der Simulationsstudie nach der ersten Datenauswertung

Die in Abschnitt 4.2.4 erläuterte Durchführung der Simulationsstudie erfolgt nach der Implementierung der beschriebenen Vorgehensweisen in die Software Anylogic. Die anschließende Datenauswertung generiert entsprechende Einsichten über die Gestaltung von Flexibilitätspotenzial im Rahmen der taktisch-operativen Mengenplanung. Mithilfe dieser Erkenntnisse ist es möglich, einen heuristischen Ansatz zum Aufbau von Handlungsspielräumen durch Bestände zu entwickeln. Abschnitt 4.2.8 beschreibt das entsprechende Vorgehen. Auch die Leistung

⁶³⁵ Eine kaufmännische Rundung des Ergebnisses aus der Rechnung (4-11) führt zu einer fixen Losreichweite von einer Periode. Diese führt jedoch bereits ohne die Existenz von Unsicherheiten zu Fehlmengenergebnissen, da wenigstens der Bedarf von 1,4 Perioden vorrätig sein muss, um die durchschnittliche Nachfrage zu bedienen. Da die Bedarfsbefriedigung die zentrale Orientierungsgröße der Planungsprozesse in Unternehmen darstellt, soll dies bei der Modellierung des aus den Experteninterviews abgeleiteten Vorgehens berücksichtigt werden. Daher wird das Ergebnis aus (4-11) aufgerundet, um die Bedarfsversorgung sicherzustellen.

⁶³⁶ Vgl. zur Modellierung der PP Anhang A7.

dieses Planungsansatzes wird durch Experimente simuliert. Die Abbildung in der Software erfolgt analog zu den bereits beschriebenen Verfahren und beinhaltet eine rollierende Planung.

4.2.3.8 Implementierungsaufwand der Vorgehensweisen zur taktisch-operativen Mengenplanung

Durch die Ausführungen in Abschnitt 4.2.3 konnte bereits vor der Durchführung der Experimente gezeigt werden, dass es möglich ist, die Verfahren der SO, RO und FP auf die taktisch-operative Mengenplanung bei rollierendem Planungshorizont zu übertragen. Dabei wurde klar, dass sich der nötige Aufwand, der für eine entsprechende Planung bzw. Implementierung in eine Software notwendig ist, zwischen den Verfahren stark unterscheidet. Insbesondere die FP, als eine dynamische Erweiterung der SO, bringt einen erheblichen Aufwand mit sich. Dieser sinkt mit dem Einsatz der RO, wobei hier die Abbildung der Maximin-Regel nicht trivial ist. Das Vorgehen der SO ist im Vergleich zur DP nur mit geringem Mehraufwand verbunden. Diese Aussage bezieht sich allerdings auf das Planungsvorgehen und berücksichtigt nicht die Notwendigkeit des Aufstellens von Szenarien. Bei den aus den Experteninterviews abgeleiteten Methoden hält sich die Komplexität in Grenzen, was auch den Aufwand für deren Durchführung begrenzt. Ob sich der Mehraufwand bei der Planung in einer besseren Leistung des Supply Chain-Ausschnittes widerspiegelt, überprüft die Durchführung der Simulationsstudie bzw. die Ergebnisdarstellung in den folgenden Abschnitten.

4.2.4 Durchführung der Simulationsstudie

Die für die vorliegende Untersuchung durchgeführte Simulationsstudie ist in drei Phasen gegliedert.⁶³⁷ Die Erste besteht aus Experimenten, die die in Abschnitt 4.2.3.1 bis 4.2.3.6 vorgestellten Planungsverfahren unter den erläuterten Bedingungen anwenden. Eine nähere Beschreibung der ersten Phase findet sich in Abschnitt 4.2.4.1. Die zweite Phase der

⁶³⁷ Vgl. zum Aufbau der Simulationsstudie Abbildung 4.2 in Abschnitt 4.2.1.

Untersuchung besteht aus einer Sensitivitätsanalyse zur Validierung und Verifizierung der gewonnenen Informationen. Das hier angewendete Vorgehen sowie weitere Schritte zur Qualitätssicherung in der Simulationsstudie erläutert Abschnitt 4.2.4.2. Die Ergebnisdarstellung und deren Interpretation finden in den Abschnitten 4.2.5 bis 4.2.7 statt. Anschließend stellt Abschnitt 4.2.8 ein heuristisches Vorgehen zur taktisch-operativen Mengenplanung unter Unsicherheit vor. Experimente, die diesen Planungsansatz in Anylogic abbilden stellen die dritte Phase der Simulationsstudie dar.

4.2.4.1 Simulationsexperimente zur Beurteilung der implementierten Planungsverfahren

Die erste Phase der Simulationsstudie umfasst elf Experimente. Jede Versuchsanordnung besteht aus einem Simulationsmodell der Simulationssoftware Anylogic. Alle Modelle enthalten eine Planungs- sowie eine Ausführungsebene. Letztere umfasst den in Abschnitt 4.2.2.2 erläuterten Supply Chain-Ausschnitt. Der Unterschied zwischen den Simulationsmodellen liegt in der Planungsebene.⁶³⁸ Hier sind jeweils die in den Abschnitten 4.2.3.1 bis 4.2.3.6 beschriebenen Vorgehensweisen modelliert. Die Anzahl von elf Experimenten ergibt sich aus den beschriebenen Ansätzen und deren Variationsmöglichkeiten. Tabelle 4.26 führt die Verfahrensbezeichnungen auf, die bei der Ergebnisdarstellung Verwendung finden.

Ein Experiment besteht aus der wiederholten Ausführung des jeweiligen Simulationsmodells und der Aufzeichnung der erläuterten Bewertungskriterien. In der ersten Phase der Simulationsstudie besteht jedes Experiment aus 100.000 Simulationsläufen.⁶³⁹ Diese sind im Juni 2017 durchgeführt worden. Somit liegen Daten aus insgesamt 1.100.000 Si-

⁶³⁸ Die Ausführungsebene der LP und PP weicht geringfügig von denen der anderen Verfahren ab, da hier zu Beginn der jeweiligen Simulationsläufe die Mindestbestände in Produzenten- und Kundenlager zu generieren sind.

⁶³⁹ Der Unterschied zwischen den Simulationsläufen besteht aus den unterschiedlichen Ausprägungen der Variablen, denen Verteilungsfunktionen bzw. Wahrscheinlichkeiten zugrunde liegen [vgl. dazu Abschnitt 4.2.2.2]. Mithilfe eines Zufallsgenerators werden für jeden Simulationslauf neue Parameterkonstellationen generiert.

mulationsläufen vor. Die zur Bewertung der Planungsmethoden relevanten Informationen stellt Abschnitt 4.2.5 vor. Um verlässliche Schlussfolgerungen aus den gewonnenen Daten zu ziehen, sind verschiedene Schritte zu unternehmen, welche auch die Experimente der zweiten Phase der Simulationsstudie beinhalten. Abschnitt 4.2.4.2 erläutert diese. Die für die dritte Phase notwendigen Voraussetzungen sind erst nach der Ergebnisdarstellung erfüllt. Die entsprechenden Experimente werden daher erst in Abschnitt 4.2.8 erläutert.

Planungsvorgehen	Variante des Verfahrens	Verfahrensbezeichnung
Deterministische Planung (DP)	-	DP
Stochastische Optimierung (SO)	Gewichtung 1	SO1
	Gewichtung 2	SO2
Robuste Optimierung (RO)	Erwartungswert	ROEW
	Maximin-Regel	ROMM
Flexible Planung (FP)	Servicegrad 90 %	FP90
	Servicegrad 70 %	FP70
Losfixe Planung (LP)	Ohne Sicherheitsbestand	LPoB
	Mit Sicherheitsbestand	LPmB
Periodenfixe Planung (PP)	Ohne Sicherheitsbestand	PPoB
	Mit Sicherheitsbestand	PPmB

Tabelle 4.26: Bezeichnung der Varianten der Planungsverfahren

4.2.4.2 Schritte und Experimente zur Verifikation und Validierung der Ergebnisse

Zur Sicherung der Qualität und der Steigerung der Aussagekraft einer Simulationsstudie sind in allen Schritten der Untersuchung Maßnah-

men zur Verifikation und Validierung durchzuführen.⁶⁴⁰ Dafür steht eine Vielzahl an Techniken zur Verfügung.⁶⁴¹ Von den verfügbaren Maßnahmen finden in der durchgeführten Simulationsstudie acht Methoden Anwendung, welche im Folgenden erläutert werden.⁶⁴² Abbildung 4.12 zeigt auf, in welcher Phase der Studie welche Technik einzusetzen ist.

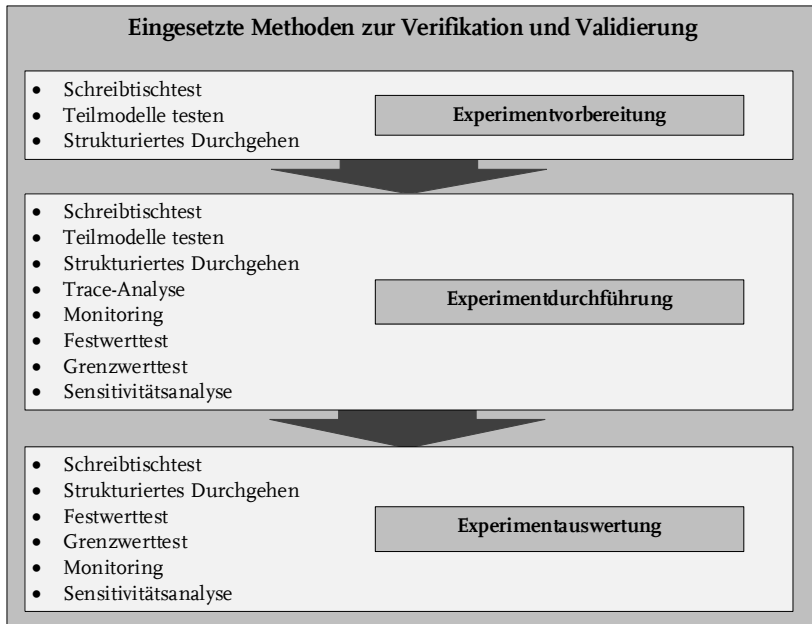


Abbildung 4.12: Eingesetzte Methoden zur Verifikation und Validierung der Simulationsstudie⁶⁴³

Sowohl der Schreibtischttest wie auch das Testen von Teilmodellen und das strukturierte Durchgehen sind bereits bei der Vorbereitung der Simulationsstudie, beim Erstellen der entsprechenden Modelle, angewend-

⁶⁴⁰ Vgl. Rabe et al. (2008), S. 112–113.

⁶⁴¹ Vgl. Rabe et al. (2008), S. 94; Balci (1998).

⁶⁴² Vgl. für die Ausführungen zu den hier eingesetzten Methoden und ihrer Eignung Rabe et al. (2008), S. 98–107.

⁶⁴³ Quelle: Eigene Darstellung. Vgl. für eine detailliertere Einordnung Rabe et al. (2008), S. 113.

bar. Festwert- und Grenzwerttests sowie eine Sensitivitätsanalyse und das Monitoring können hingegen erst eingesetzt werden, wenn ein ausführbares Modell vorliegt. Sechs der verwendeten Methoden können nach der Durchführung der Experimente genutzt werden, um die Ergebnisse weiter zu verifizieren und validieren.

Vor der Existenz eines ausführbaren Modells und im gesamten Verlauf der Simulationsstudie kann die als **Schreibtischtest** bezeichnete Methode zur Verifikation und Validierung eingesetzt werden. Dies erfolgt auch bei der vorliegenden Untersuchung. Dabei sind alle durchgeführten Teilaufgaben sorgfältig auf Vollständigkeit, Korrektheit, Konsistenz und Eindeutigkeit zu überprüfen.⁶⁴⁴ Die Qualität dieser Technik lässt sich durch die Rücksprache mit weiteren Simulations- und Planungsexperten steigern. Dies findet bei allen kritischen Punkten der vorgenommenen Modellierung statt.

Bereits während der Erstellung der Simulation lassen sich **Teilmodelle testen**. So wird zunächst die Ausführungsebene modelliert und überprüft, wobei hier als erstes der Produktions- und Transportprozess getestet und anschließend die Kundennachfrage modelliert wird. Bei den Vorgehensweisen zur Mengenplanung erfolgt jeweils eine stufenweise Implementierung der Logik. Händler- und Produzentenplanung sind daher ebenfalls als Teilmodelle zu erstellen und separat zu überprüfen.

Eine aus der Softwareentwicklung stammende Methode zur Verifikation und Validierung ist das **strukturierte Durchgehen**. Bei diesem Vorgehen werden alle Anweisungen, die der Simulation zugrunde liegen, auf ihre Richtigkeit geprüft. In der vorliegenden Simulationsstudie betrifft dies die Parameter in den Elementen der Ausführungsebene, die Verzweigungen der eingesetzten Aktionsdiagramme sowie alle Java-Anweisungen. Ziel des strukturierten Durchgehens ist es, Fehler, die bei der Modellerstellung entstanden sind, aufzudecken und zu korrigieren.

An die **Trace-Analyse** angelehnt kann die Logik der Simulation sowie der Teilmodelle zu gewissen Zeitpunkten überprüft werden. Dies be-

⁶⁴⁴ Vgl. Balci (1998), S. 356.

trifft besonders die Planungsebene. Dabei wird die Simulation zu den Zeitpunkten, an denen eine Neuplanung stattfindet, angehalten und die sich ergebenden Losgrößen überprüft. So lässt sich feststellen, ob die modellierten Planungsverfahren auf die durch die stochastischen Parameter entstehende Umweltsituation richtig reagieren. So beträgt beispielsweise bei einem Simulationslauf der DP der disponible Bestand des Händlers zu Beginn des dritten Monats -11 Stück. Zu diesem Zeitpunkt ist die Bestelllosgröße für Periode [5,6] festzulegen. Die prognostizierte Nachfrage für diesen Monat beträgt 100 Stück. Somit ergibt sich eine Bestellmenge von 111 Stück. Sie setzt sich aus der Nachfrageprognose und dem disponiblen Bestand zusammen. Da dieser negativ ist, ist die entsprechende Bedarfsmenge um diesen zu erhöhen. Eine Erweiterung des Bestelloses um die prognostizierte Nachfrage aus Periode [6,7] ist gemäß der angewendeten Planungslogik nicht durchzuführen. Die entsprechenden Periodenkosten einer Erweiterung betragen gemäß der Rechnung $(4-1) 250 \text{ €}$.⁶⁴⁵ Bei der gewählten Politik ergeben sich lediglich 100 € an Kosten. Um die Trace-Analyse einzusetzen, bedarf es eines ausführbaren Modells. Sie wird bei allen elf Experimentanordnungen durchgeführt.

Zur Verfolgung der Objekte der Ausführungsebene eignet sich das **Monitoring**. Auch bei dieser Technik ist ein ausführbares Modell erforderlich. Zur Kontrolle des Systemverhaltens kommen dabei graphische Darstellungen zum Einsatz. Mithilfe der eingesetzten Simulationssoftware Anylogic lassen sich die Objektflüsse der Ausführungsebene auf der graphischen Oberfläche beobachten. Zusätzlich ist es möglich, entsprechende Darstellungen zu generieren. Abbildung 4.13 zeigt beispielsweise den Verlauf der Bestände in Produktion (rot) und Transport (blau) sowie beim Händler (grün). Das Monitoring ermöglicht es, Werte im Zeitverlauf zu beobachten und ihre Ausprägungen auf Konsistenz zu prüfen. Auffällig sind hier Ausschläge, die auf fehlerhafte Verknüpfungen hindeuten. Würde es etwa beim Lagerbestandsverlauf des Produzenten zu einem plötzlichen Zugang kommen, so entspricht dies nicht der angenommenen kontinuierlichen Produktionsrate. Im Gegensatz

⁶⁴⁵ Vgl. Abschnitt 4.2.2.1.

dazu müssen sich die Bestände im Transport sprunghaft verändern, da jeweils das gesamte Transportlos ein- bzw. ausgeladen wird.

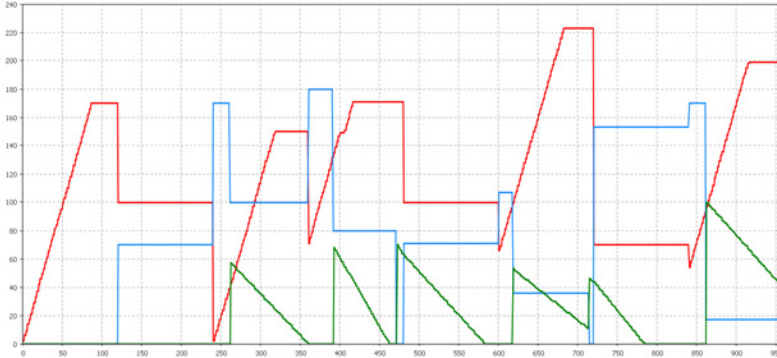


Abbildung 4.13: Beispielhafter Bestandsverlauf eines Simulationslaufes aus dem Experiment der DP⁶⁴⁶

Im Zuge eines **Festwerttests** wird das stochastische Modell in ein deterministisches überführt. Dadurch ist es möglich, die Ergebnisse unabhängig von der Simulation zu berechnen. Die mit den Festwerten durchgeführte Simulation muss Werte ergeben, die identisch zu denen der separat durchgeführten manuellen Berechnung sind. Treten hier Abweichungen auf, so ist von einem Fehler in der Modellierung auszugehen. Stochastische Parameter sind in dem in Abschnitt 4.2.2.2 beschriebenen Modell bei den Verteilungsfunktionen der Nachfrage, sowie der Bearbeitungs- und Transportzeit zu finden. Zur Durchführung des Festwerttestes werden diese mit den in Tabelle 4.27 angegebenen Werten ersetzt. Zudem sind für disruptive Ereignisse, deren Auftreten sowie die Ausprägung festzulegen. Auch diese Angaben finden sich in Tabelle 4.27. Anschließend erfolgt die Ausführung der Simulation. Der Festwerttest wird bei allen elf Vorgehensweisen angewendet. Die Ergebnisse entsprechen denen, die sich bei einer manuellen Kalkulation ergeben.⁶⁴⁷

⁶⁴⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁴⁷ Anhang A8 führt die entsprechenden Kennzahlen auf. Die auftretende Nachfrage entspricht in allen Modellen 538 Stück. Dies ist die Summe der aus den in Tabelle 4.27 festgelegten Nachfragemerten sowie der zusätzlichen Nachfrage zum Zeitpunkt 603.

Parameter	Festwert
Produktionszeit:	27 Minuten
Transportzeit:	120 Stunden
Nachfrage Monat 1:	71 Stück
Nachfrage Monat 2:	90 Stück
Nachfrage Monat 3:	75 Stück
Nachfrage Monat 4:	78 Stück
Nachfrage Monat 5:	98 Stück
Nachfrage Monat 6:	70 Stück
Produktionsstörung:	Zeitpunkt: Stunde 532 der Simulation; Dauer: 50 Stunden
Transportstörung:	Zeitpunkt: Stunde 290 der Simulation; Dauer: 20 Stunden
Zusätzliche Nachfrage:	Zeitpunkt: Stunde 603 der Simulation; Menge: 56 Stück

Tabelle 4.27: Parameterwerte des Festwerttests

Ziel eines **Grenzwerttestes** ist es, die Plausibilität der generierten Ergebnisse zu überprüfen. Dabei werden für verschiedene Parameter extreme Ausprägungen angenommen und das sich daraus ergebende Modellverhalten analysiert. Im Rahmen der Losgrößenplanung sind entsprechende Grenzwerte sehr hohe oder niedrige Rüst- und Bestell- bzw. Lagerhaltungskosten. Sind Letztere gleich Null, so müssen die Planungsverfahren Mengopolitiken festlegen, die den gesamten Bedarf eines Planungszeitraums im Los der ersten Periode zusammenfassen. In dem abgebildeten Supply Chain-Ausschnitt führt dies bei der DP zu Bestell- und Produktionslosen von 500 Stück in der ersten Planungsperiode. Bei der risikoaversen Planung mit der ROMM ist die Bestellmenge 600 Stück. Der Produzent legt sein Los in diesem Fall auf 720 Stück

fest. Werden für die Lagerhaltungskosten hingegen sehr hohe Werte angenommen, beispielsweise 100 € pro Mengeneinheit und Periode, so müssen sich Lose ergeben, die auf eine Lagerung verzichten. Dies bedeutet, dass in jeder Periode produziert bzw. bestellt wird. Dieses Verhalten legen die Modelle der Experimente an den Tag. Für diese Grenzwertbetrachtung wurden die Rüst- und Bestellkosten auf jeweils 10 € pro Vorgang und die Kostensätze für h_1 und h_2 , in einem separaten Simulationslauf, auf die genannten 100 € festgelegt.

Eine **Sensitivitätsanalyse** ist ähnlich dem Grenzwertest aufgebaut. Dabei werden in separaten Simulationsläufen jeweils einzelne Parameter variiert und die Auswirkung der Veränderung auf die Simulationsergebnisse betrachtet. Ziel ist es, festzustellen, ob einzelne Parameter starken Einfluss auf die Ergebnisse haben bzw. wie stark das Gesamtergebnis von einzelnen Parametern abhängt. Die Planungsebene nutzt neben den Kostendaten die vom Demand Planning zur Verfügung gestellten Bedarfsprognosen. Für die vorliegende Simulationsstudie wurde der im Modell von Banerjee aufgeführte Jahresbedarf in eine dynamische Nachfrage überführt. Ob eine veränderte Nachfrageprognose die Ergebnisse der Simulationsstudie stark beeinflusst, überprüft der erste Schritt der Sensitivitätsanalyse. An Stelle der in Abschnitt 4.2.2.2 erläuterten Werte werden die Experimente mit den in Tabelle 4.28 aufgeführten Bedarfswerten durchgeführt.

Periode:	[1, 2]	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 7]
Bedarfsprognose der Ausgangssituation in Stück:	70	100	80	70	100	80
Bedarfsprognose der Sensitivitätsanalyse in Stück:	83	83	83	83	83	83

Tabelle 4.28: Nachfrageverläufe in der Simulationsstudie

Veränderte Parameter	Ausgangssituation	Anpassung im Rahmen der Sensitivitätsanalyse
Produktionskapazität	3.200 Stück/Jahr	100 Stück/Monat ⁶⁴⁸
		1.000 Stück/Jahr ⁶⁴⁹
		5.000 Stück/Jahr ⁶⁵⁰
Transportdauer	120 Stunden	60 Stunden ⁶⁵¹
Rüstkosten	400 € je Vorgang	4.000 € pro Vorgang
Bestellkosten	100 € je Vorgang	5.000 € pro Vorgang
h_1	4 € je Stück/Periode	400 € pro Stück/Periode
h_2	5 € je Stück/Periode	500 € pro Stück/Periode
Unsicherheiten	Operative und disruptive Unsicherheiten	operative Unsicherheiten ⁶⁵²
		disruptive Unsicherheiten ⁶⁵³

Tabelle 4.29: Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse angepasste Parameter

Die Nachfrage entspricht hier einem statischen Jahresbedarf von 1.000 Stück. Handelt es sich um Planungsverfahren, die mit mehreren Szenarien arbeiten, so liegen die entsprechenden Werte wiederum 20 % über bzw. unter den in Tabelle 4.28 angegebenen Prognosen. Für Szenario 1 ergibt sich somit eine Bedarfsprognose von 100 Stück pro Periode. Sze-

⁶⁴⁸ Abbildung im Simulationsmodell durch eine dreiecksverteilte Bearbeitungszeit in Minuten: Minimale Zeit = 68,8; Modus = 72; Maximale Zeit = 108.

⁶⁴⁹ Abbildung im Simulationsmodell durch eine dreiecksverteilte Bearbeitungszeit in Minuten: Minimale Zeit = 77,76; Modus = 86,4; Maximale Zeit = 129.

⁶⁵⁰ Abbildung im Simulationsmodell durch eine dreiecksverteilte Bearbeitungszeit in Minuten: Minimale Zeit = 15,552; Modus = 17,28; Maximale Zeit = 25,92.

⁶⁵¹ Abbildung im Simulationsmodell durch eine dreiecksverteilte Transportzeit in Stunden: Minimale Zeit = 54; Modus = 60; Maximale Zeit = 90.

⁶⁵² Disruptive Unsicherheiten treten mit der Wahrscheinlichkeit von 0 % auf.

⁶⁵³ Für die operativen Unsicherheiten werden Festwerte bestimmt. Die Produktionszeit beträgt pro Stück 27 Minuten, die Transportzeit pro Los 120 Stunden. Die Nachfrage in Periode [1,2] beträgt 70 Stück, in Periode [2,3] 100 Stück und in Periode [3,4] 80 Stück. Diese Werte wiederholen sich anschließend zyklisch.

nario 2 rechnet mit 83 Stück und Szenario 3 mit einer Nachfrage von 66 Stück. Damit die Prognose einen Bezug zu der auftretenden Nachfrage hat, sind auch die Normalverteilungen, welche Nachfrageobjekte generieren, anzupassen. Die normalverteilte Monatsnachfrage hat in diesem Fall in jeder Periode einen Mittelwert von 83,333 und eine Standardabweichung von 16,667 Stück.

Neben der Nachfrageprognose werden sieben weitere Parameter auf der Planungs- und Ausführungsebene angepasst. In Tabelle 4.29 ist zu sehen, dass dabei zum Teil mehrere Ausprägungen untersucht werden.⁶⁵⁴ So ergeben sich in der Summe elf unterschiedliche Parameterkonstellationen, welche bei allen Vorgehensweisen zu überprüfen sind. Die zweite Phase der Simulationsstudie umfasst somit 121 Experimente. Die Wiederholung der Simulationsläufe beschränkt sich hier auf 10.000 Durchgänge.⁶⁵⁵ Die generierten Daten ergeben sich somit aus 1.210.000 Ausführungen. Neben der Verifikation und Validierung bieten die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse die Möglichkeit, weitere Erkenntnisse über die Eignung der Planungsverfahren bei Unsicherheiten zu gewinnen. Die Datenanalyse findet in den folgenden Abschnitten 4.2.5 bis 4.2.7 statt.

4.2.5 Ergebnisdarstellung und Interpretation der ersten Phase der Simulationsstudie

Die Datenerfassung bei der Durchführung der Simulationsstudie orientiert sich an den in Abschnitt 4.2.2.3 erläuterten Zielen der taktisch-operativen Mengenplanung. Demnach werden die Summe der entstehenden Kosten sowie die Anzahl der Fehlmengenergebnisse, wie auch die Stunden, in denen diese auftreten, zur Beurteilung der Planungsverfahren herangezogen. Für eine weitere Analyse und um Rückschlüsse auf die Möglichkeit der Potenzialplanung bei Mengenentscheidungen ziehen zu können, werden zudem die Bestandswerte in der Supply

⁶⁵⁴ Vgl. für die Erläuterung der einzelnen Parametervariationen Abschnitt 4.2.6.

⁶⁵⁵ Die erste Phase der Simulationsstudie hat gezeigt, dass sich die Ergebnisse ab 10.000 Wiederholungen nur geringfügig verändern. Daher ist diese Anzahl für die zweite Phase ausreichend.

Chain erfasst. Für diese, wie auch die entstehenden Kosten, ist es möglich, deren Bestandteile anzugeben. Die zur Beurteilung der Planungsverfahren erfassten Kennzahlen sind im Folgenden aufgeführt und erläutert:⁶⁵⁶

- **Fehlmengenergebnisse:** Erfasst in jeder Stunde des Modells, welcher Anzahl an Nachfrageobjekten kein Produkt zugeordnet werden kann. Kumuliert die entsprechenden Fehlmengenergebnisse.
- **Stunden mit Fehlmengenergebnissen:** Gibt die Anzahl der Stunden wieder, in denen mindestens ein Fehlmengenergebnis vorliegt.⁶⁵⁷
- **Summe der Kosten:** Summe der Rüst-, Bestell- und Bestandskosten.
- **Rüstkosten:** Summe der Rüstkosten des Produzenten für den Betrachtungszeitraum $t = 1 - 7$.
- **Bestellkosten:** Summe der Bestellkosten des Händlers für den Betrachtungszeitraum $t = 1 - 7$.
- **Bestandskosten Produzent:** Summe der bewerteten Produzentenbestände. Die Erfassung findet jeweils am Ende einer Periode aufgrund der vorliegenden Bestände statt.
- **Bestandskosten Transport:** Summe der bewerteten Transportbestände. Die Erfassung findet jeweils am Ende einer Periode aufgrund der vorliegenden Bestände statt.
- **Bestandskosten Händler:** Summe der bewerteten Händlerbestände. Die Erfassung findet jeweils am Ende einer Periode aufgrund der vorliegenden Bestände statt.
- **Bestand in der Supply Chain:** Summe der Bestandswerte von Produzent, Transport und Händler.

⁶⁵⁶ Neben den aufgeführten Kriterien werden weitere Durchschnittswerte bei der Durchführung der Simulation erfasst. Diese betreffen die Häufigkeit sowie die Auswirkungen disruptiver Ereignisse. Auch die durchschnittliche Nachfrage wird aufgezeichnet. Bei allen Experimenten der ersten Phase ergeben sich dabei Ausprägungen, die den Erwartungswerte der Vorgaben für das Referenzbeispiel aus Abschnitt 4.2.2.2 entsprechen. Die Modellierung ist somit korrekt. Die Erfassung trägt damit ebenfalls zur Verifikation und Validierung der Simulationsstudie bei. In Anhang A9 sind die entsprechenden Werte aufgeführt.

⁶⁵⁷ Synonym soll auch der Begriff „Fehlmenigenstunden“ verwendet werden.

- **Bestand beim Produzenten:** Durchschnittlicher Bestand im Ausgangslager des Produzenten. Erfassung auf stündlicher Basis.
- **Bestand im Transport:** Durchschnittlicher Bestand, der sich im Transportprozess befindet. Erfassung auf stündlicher Basis.
- **Bestand beim Händler:** Durchschnittlicher Bestand im Lager des Händlers. Erfassung auf stündlicher Basis.

Die Ergebnisdarstellung beinhaltet zunächst Informationen über Fehlmengenereignisse in Abschnitt 4.2.5.1 sowie über die Kosten in Abschnitt 4.2.5.2. Abschnitt 4.2.5.3 stellt die Bestandswerte vor, die sich in den Experimenten ergeben. In Abschnitt 4.2.5.4 erfolgt anschließend eine erste Analyse der aufgeführten Daten. Eine weitergehende Betrachtung nehmen die Abschnitte 4.2.6 und 4.2.7 unter Berücksichtigung der Ergebnisse der zweiten Phase der Simulationsstudie vor.

4.2.5.1 Daten der Fehlmengenbetrachtung

Die Anzahl der Fehlmengenereignisse sowie die Anzahl der Stunden, in denen Fehlmengenereignisse auftreten, sind in Tabelle 4.30 aufgeführt. Bei den Angaben handelt es sich jeweils um die Durchschnittswerte, die sich aus 100.000 Simulationsläufen ergeben. Da die Experimente die Nachfrage in sechs Perioden, welche 720 Arbeitsstunden umfassen, darstellt, ist es möglich, den Anteil an Stunden am gesamten Betrachtungszeitraum anzugeben, in dem Fehlmengen auftreten. Die entsprechenden Prozentsätze finden sich in der Spalte der Stunden mit Fehlmengenereignissen der Tabelle 4.30. Bei der Betrachtung der Daten lässt sich erkennen, dass die beiden Kennzahlen miteinander korrelieren. Werden die Planungsverfahren, wie in Tabelle 4.30 geschehen, aufsteigend gemäß den beiden Größen sortiert, so sind beide Werte bei einer Planung mit der SO2 am höchsten und bei der LPmB am niedrigsten. Die Reihenfolge der anderen Planungsverfahren zwischen den genannten Methoden ist bei beiden Kennzahlen ebenfalls gleich. Abbildung 4.14 visualisiert dies. Je höher die Anzahl der Stunden mit Fehlmengenereignissen ist, desto höher ist somit auch die kumulierte Zahl der Fehlmengenereignisse. Der Zusammenhang ist allerdings nicht linear. Er soll jedoch zur Vereinfachung der Ergebnisdarstellung genutzt

werden. So erfolgt bei weiteren Analysen die Darstellung von Fehlmengenergebnissen anhand der Stunden, in denen diese auftreten. Des Weiteren soll auch die in Tabelle 4.30 eingesetzte Rangmethode zur Beurteilung der Planungsverfahren genutzt werden. Sie gibt an, welches Vorgehen zur taktisch-operativen Mengenplanung bei Unsicherheit das jeweilige Zielkriterium am besten erfüllt.

Verfahren	Anzahl kumulierter Fehlmengenergebnisse	Fehlmengenstunden (Anteil am Betrachtungszeitraum)	Rang
LPmB	365 Ereignisse	12 Stunden (2 %)	1
PPmB	1.109 Ereignisse	33 Stunden (5 %)	2
FP90	2.041 Ereignisse	77 Stunden (11 %)	3
ROMM	2.041 Ereignisse	77 Stunden (11 %)	3
LPoB	2.825 Ereignisse	98 Stunden (14 %)	5
FP70	3.704 Ereignisse	120 Stunden (17 %)	6
SO1	4.659 Ereignisse	150 Stunden (21 %)	7
DP	6.269 Ereignisse	193 Stunden (27 %)	8
PPoB	6.647 Ereignisse	200 Stunden (28 %)	9
ROEW	6.868 Ereignisse	206 Stunden (29 %)	10
SO2	8.930 Ereignisse	254 Stunden (35 %)	11

Tabelle 4.30: Anzahl der Fehlmengenergebnisse und Fehlmengenstunden in Phase 1 der Simulationsstudie

Bei isolierter Betrachtung der Fehlmengenergebnisse bzw. -stunden sind dies die aus den Experteninterviews abgeleiteten Vorgehensweisen der LPmB und der PPmB, welche geplante Sicherheitsbestände einsetzen, um Kundennachfragen unverzüglich zu befriedigen. Bei den Verfahren, die ohne geplante Sicherheitsbestände arbeiten, erzielen die risikoaversen Ansätze der ROMM bzw. der FP90 die besten Werte. Lediglich in 11 % der betrachteten Stunden treten hier Fehlmengenergebnisse auf.

Auffällig ist, dass die Werte dieser beiden Verfahren bei den Kennzahlen identisch sind.⁶⁵⁸ Daher ist der Rang 3 doppelt vergeben. Die meisten Fehlmengenereignisse entstehen bei einer Planung mit der SO₂, weshalb diese Rang 11 erhält.

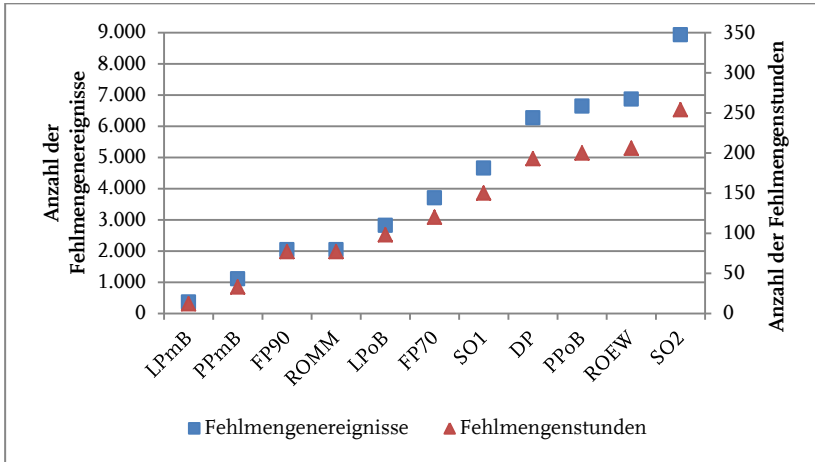


Abbildung 4.14: Aufsteigende Ordnung der Planungsmethoden gemäß der Kennzahlen zur Erfassung der Fehlmengenereignisse⁶⁵⁹

Neben den Mittelwerten für Fehlmengenereignisse und Fehlmengenstunden ist auch die Streuung der Ausprägungen zu beachten. In Tabelle 4.31 sind die Standardabweichung sowie der Varianzkoeffizient für die Fehlmengenstunden angegeben. Die aufsteigende Ordnung gemäß dem Varianzkoeffizienten zeigt eine umgekehrte Reihenfolge im Vergleich zu den Rangwerten in Tabelle 4.30. Lediglich die PPoB befindet sich an einer anderen Position. Wird die Standardabweichung betrachtet, so sind deutliche Unterschiede bei den absoluten Werten zu erkennen. Für einen Vergleich der Verfahren dient daher der Varianzkoeffizient. Hier entsteht der Eindruck, dass die Ergebnisse von Verfahren, die im Durchschnitt eine geringe Anzahl von Fehlmengenstunden aufweisen, einer größeren Varianz unterliegen als Ergebnisse von Verfah-

⁶⁵⁸ Vgl. zum Vergleich der ROMM mit der FP90 die Ausführungen in Abschnitt 4.2.6.2 und die hier aufgeführte Abbildung 4.24 sowie Abschnitt 4.2.7.

⁶⁵⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

ren mit einem hohen Mittelwert. Abbildung 4.15 lässt jedoch das Gegenteil annehmen.

Verfahren	Standardabweichung bei den Fehlmengenstunden	Varianzkoeffizient der Fehlmengenstunden	Rang aus Tabelle 4.30
SO2	135 Stunden	0,53	11
ROEW	126 Stunden	0,61	10
DP	125 Stunden	0,64	8
SO1	112 Stunden	0,75	7
FP70	97 Stunden	0,81	6
PPoB	165 Stunden	0,83	9
LPoB	93 Stunden	0,95	5
FP90	77 Stunden	0,99	3
ROMM	80 Stunden	1,04	3
PPmB	84 Stunden	2,63	2
LPmB	38 Stunden	3,17	1

Tabelle 4.31: Standardabweichung und Varianzkoeffizient der Fehlmengenstunden aus
Tabelle 4.30

Hier sind die 720 Stunden eines Simulationslaufes in zehn gleich große Abschnitte eingeteilt. Aufgrund der Darstellung lässt sich bei der SO2, welche den geringsten Varianzkoeffizienten aufweist, eine deutlich größere Streuung der Anzahl der Fehlmengenstunden vermuten als bei der LPmB. Letztere weist mit 3,17 jedoch den höchsten Wert des Varianzkoeffizienten auf. Der Unterschied zwischen der Kennzahl und dem aus der Darstellung vermuteten Zusammenhang lässt sich zum Teil aus der Lage des Mittelwertes erklären. Bei der LPmB liegt dieser mit 11 Stunden nahe am minimalen Wert von 0 Stunden. Daher liegt fast jede Abweichung des Ergebnisses oberhalb des Durchschnittes. Bei der Ermittlung der Varianz findet somit nahezu kein Ausgleich zwischen positiven

und negativen Abweichungen statt. Der hohe Varianzkoeffizient entsteht daher durch eine geringe Anzahl an Ausreißern, die oberhalb des Mittelwertes liegen. Diese haben einen hohen Einfluss auf die Kennzahl.

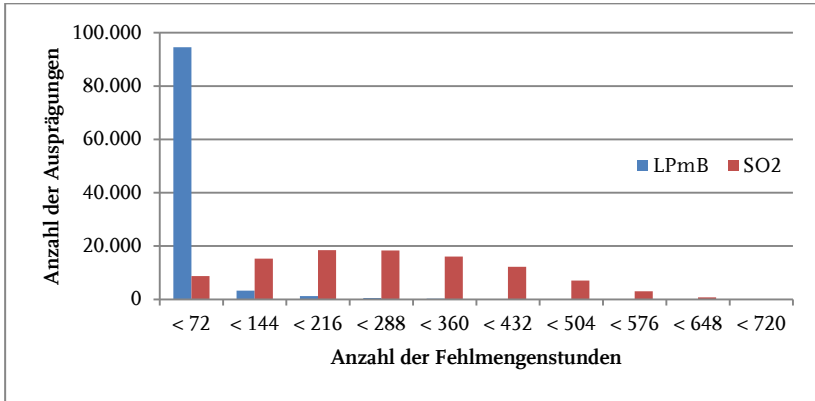


Abbildung 4.15: Streuung der Fehlmengenstunden der LPmB und der SO2 bei 100.000 Simulationsläufen⁶⁶⁰

Im Gegensatz dazu zeigt Abbildung 4.15, dass bei der SO2 häufig Situationen eintreten können, in denen die Anzahl der Fehlmengenstunden deutlich unter dem Mittelwert liegt. Dies führt zwangsläufig zu einem geringeren Varianzkoeffizienten. Dieser Zusammenhang ist auch bei den anderen Planungsverfahren zu erkennen. Er erklärt die umgekehrte Reihenfolge bei einer Ordnung nach der Anzahl der Fehlmengenstunden bzw. nach dem Varianzkoeffizienten der Fehlmengenstunden. Die Aussagekraft der Streumaße ist daher in der vorliegenden Simulationsstudie stark eingeschränkt. Es lässt sich lediglich festhalten, dass Unterschiede bei der Streuung der Ergebnisse der Fehlmengenereignisse existieren. Diese sind bei der Entscheidung über den Einsatz eines Verfahrens zu berücksichtigen. Sie lassen sich jedoch bei den vorliegenden Ergebnissen nicht vergleichen. Daher konzentrieren sich die weiteren Ausführungen auf die Betrachtung des Mittelwertes der Stunden mit Fehlmengenereignissen.

⁶⁶⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.5.2 Daten der Kostenbetrachtung

Verfahren	Summe der Kosten	Rüst-kosten	Bestell-kosten	Bestands-kosten Produzent	Bestands-kosten Transport	Bestands-kosten Händler	Rang
PPoB	7.043 €	1.200 €	557 €	2.819 €	1.739 €	727 €	1
SO1	7.460 €	1.479 €	551 €	2.585 €	1.847 €	998 €	2
SO2	7.570 €	1.630 €	553 €	3.081 €	1.744 €	563 €	3
DP	7.753 €	1.539 €	550 €	3.110 €	1.783 €	771 €	4
FP70	8.055 €	1.152 €	543 €	3.029 €	1.979 €	1.352 €	5
ROEW	8.191 €	2.027 €	591 €	3.208 €	1.699 €	667 €	6
LPoB	8.427 €	1.368 €	511 €	3.215 €	1.798 €	1.535 €	7
FP90	8.569 €	1.432 €	456 €	2.699 €	2.105 €	1.877 €	8
ROMM	8.652 €	2.136 €	549 €	2.205 €	2.001 €	1.761 €	9
PPmB	9.452 €	1.200 €	556 €	3.824 €	1.728 €	2.144 €	10
LPmB	11.051 €	1.367 €	509 €	4.224 €	1.768 €	3.184 €	11

Tabelle 4.32: Ausprägungen der Kennzahlen zur Erfassung der Kosten in Phase 1 der Simulationsstudie

Die taktisch-operative Mengenplanung verfolgt das Ziel, die Verfügbarkeit der benötigten Mengen zu minimalen Kosten sicherzustellen. Tabelle 4.32 führt aufsteigend die Summe der Kosten auf, die innerhalb des sechsmonatigen Betrachtungszeitraums entstehen. Diese sind zudem nach den mengenunabhängigen Rüst- und Bestell- sowie den mengenabhängigen Bestandskosten beim Produzenten, im Transport sowie beim Händler aufgeschlüsselt. Es handelt sich erneut um Durchschnittswerte aus allen Simulationsläufen eines Experimentes. Die Summe der Kosten ist bei der Planung mit der PPoB am geringsten. Sie beträgt im Durchschnitt 7.043 €. Die Kosten des Verfahrens mit Rang 2, der SO1, liegen mit 7.460 € bereits 6 % über dem Wert der PPoB. Die

höchsten Kosten entstehen beim Einsatz der LPmB. Abbildung 4.16 ordnet die Verfahren absteigend gemäß der Summe der Kosten. Zudem wurde eine Differenzierung in die mengenunabhängigen Rüst- und Bestell- sowie die mengenabhängigen Bestandskosten vorgenommen.

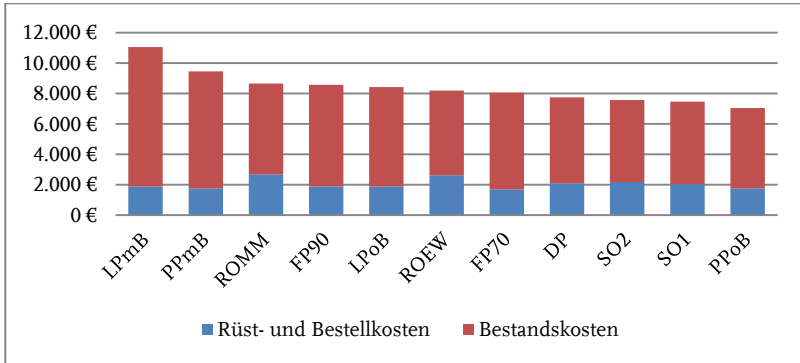


Abbildung 4.16: Absteigende Ordnung der Verfahren gemäß der Summe der Kosten⁶⁶¹

Daran ist zu erkennen, dass die Bestandskosten den Großteil aller Kosten ausmachen. Im geringsten Fall, bei der ROEW sind dies 68 %. Bei der LPmB sind es 83 %. Trotz dieser Tatsache sind die Ränge bei der Summe der Kosten nicht ausschließlich von den Bestandskosten abhängig. So entstehen etwa bei einer Planung mit der ROMM mengenabhängige Kosten in Höhe von 5.967 €. Die Gesamtkosten dieses Planungsverfahrens betragen 8.652 €. Die Summe der Kosten der FP70 liegt mit 8.055 € unter diesem Wert. Allerdings belaufen sich die durchschnittlichen Bestandskosten auf 6.360 €.

Grund für diesen nichtlinearen Zusammenhang ist die Tatsache, dass niedrige Bestände zu einer höheren Anzahl an Rüst- und Bestellvorgängen führen, um die auftretenden Bedarfe zu decken. Aufgrund der Kostenstruktur des Referenzbeispiels ist dies besonders beim Produzenten relevant. Die im Vergleich zum Bestellvorgang anfallenden Fixkosten sind im Herstellungsprozess deutlich höher. Niedrige Bestände gehen daher nicht zwangsläufig mit einer Reduktion der Summe der Kosten

⁶⁶¹ Quelle: Eigene Darstellung.

einher. Die Ersparnis in den Bestandskosten wird u. U. durch die zusätzlich anfallenden Rüstkosten überkompensiert.

Kosten	Verfahren mit den geringsten Kosten	Verfahren mit den höchsten Kosten	Prozentuale Abweichung des höchsten vom geringsten Kostenwert
Summe der Kosten	PPoB (7.043 €)	LPmB (11.051 €)	57 %
Rüstkosten	FP70 (1.152 €)	ROMM (2.136 €)	85 %
Bestellkosten	FP90 (456 €)	ROEW (591 €)	30 %
Bestandskosten Produzent	ROMM (2.205 €)	LPmB (4.224 €)	92 %
Bestandskosten Transport	ROEW (1.699 €)	FP90 (2.105 €)	24 %
Bestandskosten Lieferant	SO2 (563 €)	LPmB (3.184 €)	466 %

Tabelle 4.33: Prozentuale Abweichungen bei den Kennzahlen der Kostenerfassung zwischen den günstigsten und teuersten Planungsverfahren

Abgesehen von dieser Beobachtung lässt sich bei einer weiteren Aufschlüsselung der Kosten keine allgemeine Aussage treffen, welcher Kostenbestandteil entscheidend für die Summe der Kosten ist. So besitzt etwa die PPoB als günstigstes Planungsverfahren bei keinem der fünf Teilbereiche die niedrigsten Kosten. Große Unterschiede zwischen den Planungsverfahren sind bei den Rüst- sowie den Bestandskosten des Produzenten und des Händlers festzustellen. Die höchsten Kosten liegen hier mit 85 %, 92 % und 466 % deutlich über den geringsten Werten. Die letzte Angabe entsteht aus dem Vergleich der Bestandskosten des Lieferanten zwischen den 563 € bei der SO2 und den 3.184 € der LPmB. In Tabelle 4.33 sind diese prozentualen Abweichungen sowie die

Verfahren, die die geringsten bzw. höchsten Kosten in den einzelnen Bereichen aufweisen, aufgeführt.

Verfahren	Standardabweichung bei der Summe der Kosten	Varianzkoeffizient der Summe der Kosten
PPoB	771 €	0,11
SO1	721 €	0,10
SO2	834 €	0,11
DP	777 €	0,10
FP70	665 €	0,08
ROEW	606 €	0,07
LPoB	694 €	0,08
FP90	759 €	0,09
ROMM	957 €	0,11
PPmB	999 €	0,11
LPmB	724 €	0,07

Tabelle 4.34: Standardabweichung und Varianzkoeffizient der Summe der Kosten aus

Tabelle 4.32

Die Werte verdeutlichen, dass kein Muster existiert, welches Rückschlüsse auf entstehende Kosten zulässt. Die in Tabelle 4.34 aufgeführte Standardabweichung sowie der Varianzkoeffizient der Summe der Kosten zeigen ähnliche Werte bei allen Planungsverfahren. Für die Standardabweichung gilt das insbesondere im Verhältnis zu den absoluten Kostenwerten. Der Varianzkoeffizient schwankt lediglich zwischen den Werten 0,07 und 0,11.⁶⁶² Aufgrund dieser geringen Unterschiede, ist bei der weiteren Beurteilung der Kosten die Betrachtung der durchschnittlichen Werte ausreichend.

⁶⁶² Vgl. Kohn/Öztürk (2017), S. 69.

4.2.5.3 Daten zu den Supply Chain-Beständen

In Abbildung 4.17 sind die durchschnittlichen Bestandsmengen dargestellt, die durch die Planung mit den einzelnen Verfahren entstehen.⁶⁶³ Die Reihenfolge beginnt auf der linken Seite mit dem höchsten Bestand von 375 Stück, bei der LPmB. Absteigend folgt die PPmB mit 314 Stück und mit Abstand die FP90. Bei dieser beträgt der gesamte Supply Chain-Bestand durchschnittlich 280 Stück. Die geringsten Bestände entstehen bei einer Planung mit der PPOB. Sie betragen im Schnitt 221 Stück.

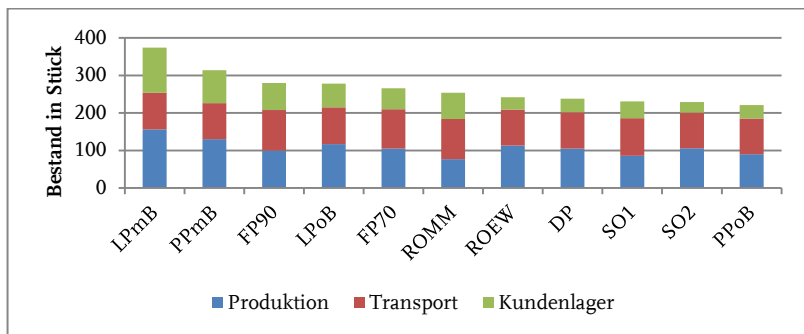


Abbildung 4.17: Absteigende Ordnung der durchschnittliche Bestandsmengen⁶⁶⁴

Tabelle 4.35 gibt die Daten an, die der Abbildung 4.17 zugrunde liegen. Bei einer getrennten Betrachtung von Produktions-, Transport- und Kundenlagerbestand fällt auf, dass Abweichungen zwischen den Planungsverfahren insbesondere in den Lagern des Produzenten und des Händlers entstehen. So beträgt die Differenz zwischen dem maximalen Bestandswert bei der LPmB und dem minimalen bei der ROMM im Produzentenlager 79 Stück. Dies ist eine Steigerung um 103 %. Beim Kundenlager erzeugt die LPmB mit 120 Stück den höchsten und die SO2 mit 28 Stück den niedrigsten Wert. Dies stellt eine Schwankung von 329 % dar. Beim Vergleich der Bestände, die transportiert werden, ergibt sich lediglich eine maximale Abweichung von 13 Stück bzw. 14 %

⁶⁶³ Bei der Betrachtung der Standardabweichung sowie des Varianzkoeffizienten ergeben sich keine auffälligen Unterschiede zwischen den Planungsverfahren [vgl. Anhang A10]. Diese Kennzahlen werden daher nicht weiter betrachtet.

⁶⁶⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

im Vergleich zum geringsten Wert. Dieser Unterschied ist somit nicht ausschlaggebend für Differenzen, die sich im Gesamtbestand der Supply Chain ergeben. Bei den Transportmengen handelt es sich vielmehr um Prozessbestände. Die Planungsverfahren definieren jedoch Mengen, die sich im Produzenten- und Händlerlager befinden. Nur diese sind ausschlaggebend dafür, ob auftretende Unsicherheiten bewältigt werden können oder nicht.

Verfahren	Bestand in der Supply Chain	Bestand beim Produzenten	Bestand im Transport	Bestand beim Händler
LPmB	375 Stück	156 Stück	98 Stück	120 Stück
PPmB	314 Stück	130 Stück	96 Stück	88 Stück
FP90	280 Stück	100 Stück	108 Stück	72 Stück
LPoB	278 Stück	117 Stück	98 Stück	63 Stück
FP70	265 Stück	105 Stück	105 Stück	56 Stück
ROMM	254 Stück	77 Stück	107 Stück	70 Stück
ROEW	242 Stück	113 Stück	96 Stück	33 Stück
DP	239 Stück	105 Stück	97 Stück	36 Stück
SO1	231 Stück	86 Stück	100 Stück	45 Stück
SO2	228 Stück	106 Stück	95 Stück	28 Stück
PPoB	221 Stück	89 Stück	95 Stück	36 Stück

Tabelle 4.35: Ausprägungen der Kennzahlen zur Erfassung der Bestände in Phase 1 der Simulationsstudie

4.2.5.4 Analyse der Daten über Fehlmengenergebnisse, Kosten und Bestände

Ziel der Simulationsstudie ist es, zu untersuchen, wie es im Zuge der taktisch-operativen Mengenplanung möglich ist, Flexibilitätspotenzial aufzubauen, um dieses zur Bewältigung von Unsicherheiten zu nutzen.

Die Potenziale bestehen dabei aus Beständen, die sich aus den Entscheidungen über Produktions- und Bestellmengen ergeben. Abschnitt 4.2.5.3 zeigt, dass die unterschiedlichen Politiken der verschiedenen Planungsverfahren Einfluss auf die Bestandshöhen haben. Dies betrifft besonders die Mengen, die sich durchschnittlich im Lager des Produzenten und Händlers befinden. In Abhängigkeit der hier verfügbaren Potenziale ist es der Supply Chain möglich, auf auftretende Unsicherheiten zu reagieren oder nicht. Abbildung 4.18 visualisiert dies.



Abbildung 4.18: Höhe der Fehlmengenstunden im Vergleich zu den Beständen bei Produzent, Transport und Händler⁶⁶⁵

Hier ist zu erkennen, dass die Anzahl der Stunden mit Fehlmengenergebnissen dann gering ist, wenn der durchschnittliche Bestand im Kundenlager des Händlers einen hohen Wert annimmt. Bei Beständen im Produzentenlager lässt sich dieser Effekt nicht unmittelbar erkennen. Lediglich bei den mit Sicherheitsbeständen arbeitenden Verfahren PPmB und LPmB ist mit dem hohen Bestand im Produzentenlager eine geringe Stundenanzahl mit Fehlmengen verbunden. Allerdings sind bei diesen Planungsansätzen auch hohe Mengen im Kundenlager verfügbar. Zur weiteren Analyse des Effektes dient der Vergleich zwischen der

⁶⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung. Die Linien in der Abbildung dienen zur deutlicheren Visualisierung der Zusammenhänge. Sie stellen jedoch lediglich Verbindungen zwischen den Ausprägungen bei den einzelnen Verfahren dar. Lineare Zusammenhänge zwischen den Verfahren existieren nicht.

Planung mithilfe der SO1 bzw. der SO2. Die Differenz des Supply Chain-Bestands beträgt hier lediglich 3 Stück. Allerdings befindet sich mit durchschnittlich 106 zu 86 Stück bei der SO2 eine deutlich größere Menge des betrachteten Gutes im Produzentenlager. Umgekehrt verhält sich die Situation im Lager des Händlers. Hier umfasst der durchschnittliche Bestand bei der SO1 45 Stück und bei der SO2 28 Stück. Die Unterschiede bei den Fehlmengenergebnissen sind jedoch erheblich. So treten bei der SO1 lediglich in 21 % der untersuchten Stunden Fehlmengenergebnisse auf. Bei der SO2 sind es hingegen 35 %. In beiden Fällen handelt es sich, im Vergleich zu den übrigen Planungsverfahren, um relativ niedrige Servicegrade.

Es lässt sich jedoch festhalten, dass hohe Bestände, insbesondere im Kundenlager der analysierten Supply Chain, genutzt werden können, um Unsicherheiten zu bewältigen. Die besondere Bedeutung dieses Lagers liegt in dessen Position im Leistungsnetzwerk sowie der modellierten Unsicherheiten begründet. Treten Abweichungen von geplanten Werten auf, so können diese – mit Ausnahme von Nachfrageveränderungen – nur von nachgelagerten Beständen ausgeglichen werden. Dies liegt im entsprechenden Prozessvorlauf begründet. Daher kann das Produzentenlager lediglich operative und disruptive Störungen in der Produktion bewältigen. Da diese in der modellierten Supply Chain lediglich ein Drittel der gesamten Unsicherheiten umfassen, fällt die Bedeutung von Beständen in diesem Lager grundsätzlich geringer aus. Zudem ist die Produktionskapazität mit 3.200 Stück pro Jahr ausreichend, um operative Unsicherheiten zu bewältigen. Lediglich bei langanhaltenden disruptiven Störungen ist es notwendig, auf Lagerbestände zurückzugreifen, um den Transportprozess zu bedienen. Ob sich die Bedeutung von Beständen im Produzentenlager bei einer geringeren Kapazität verändert, ist im Rahmen der Sensitivitätsanalyse zu prüfen.⁶⁶⁶

Der positive Effekt der Lagerbestände beim Händler lässt sich auf die unmittelbar auftretende Nachfrage sowie den langen Transportprozess zurückführen. Da Bedarfsveränderungen des Kunden ohne Vorlauf auftreten, sind entsprechende Bestände die einzige Möglichkeit, diese

⁶⁶⁶ Vgl. hierzu Abschnitt 4.2.6.2.

zu befriedigen. Diese Erkenntnis bestätigt die Aussage aus den Experteninterviews und zeigt die Eignung von Beständen als Flexibilitätspotenzial auf. Ohne diese ist es nicht möglich, Nachfragen zu bedienen, bei denen die vom Kunden erwartete Lieferzeit geringer ist als die Zeit der Prozessschritte, welche nach dem letzten Lager folgen. Zusätzlich zu Nachfrageschwankungen bewältigt das Kundenlager auch Auswirkungen von Unsicherheiten in vorherigen Prozessen, wenn diese nicht anderweitig behoben werden können. In den Experimenten betrifft dies insbesondere die Transportzeit. Da deren Modus mit 120 Stunden der geplanten Dauer entspricht, existieren hier keine Reserven. Kommt es zu einer Transportverzögerung, so entstehen ohne Lagerbestände unmittelbar Fehlmengenergebnisse. Entsprechend lassen sich diese durch verfügbare Bestände im Kundenlager verhindern. Neben der Prozess- sowie der Nachfrageunsicherheit sind Bestandsmengen im Lager des Händlers auch in der Lage, Auswirkungen von Produktionsstörungen zu bewältigen. Kommt es zu Unterbrechungen bei der Güterherstellung und ist der Bestand im Produzentenlager zu gering, um diese auszugleichen, so kann das bestellte Los nicht geliefert werden. Dies führt in den Experimenten zu einer Verzögerung der Produktbereitstellung von einer Periode. Existieren im Kundenlager entsprechende Mengen, so ist es möglich, auch diese Störung zu bewältigen. Dafür sind entsprechend hohe Bestände notwendig. Zudem tritt dieser Fall nur selten ein. Das Beispiel zeigt jedoch, dass Bestände am güterflussabwärts gelegenen Ende einer Supply Chain die Befriedigung der Kundennachfrage trotz auftretender Unsicherheiten ermöglichen können. Da das Vorhalten entsprechender Mengen Kosten verursacht, sind diese bei der Auswahl eines Planungsverfahrens zu beachten.

Abschnitt 4.2.5.2 zeigt, dass die Summe der betrachteten Kosten zu einem großen Teil aus Bestandskosten besteht. Da hohe Bestände somit zu hohen Kosten und tendenziell zu einer geringen Anzahl an Fehlmengenergebnissen führen, ist zu untersuchen, ob die Planungsverfahren mit hohen Kosten am besten zur Bedarfsdeckung geeignet sind. Ein solcher Zusammenhang lässt sich aus der Abbildung 4.19 vermuten.

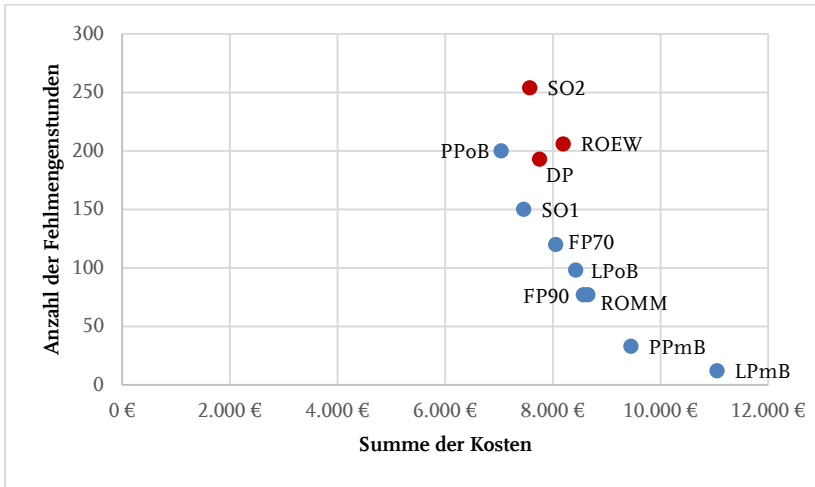


Abbildung 4.19: Gegenüberstellung der Planungsverfahren aufgrund ihrer Kosten sowie der Fehlmengenginstunden⁶⁶⁷

Hier sind die Fehlmengen aufgeführt, die beim Einsatz der jeweiligen Planungsverfahren entstehen. Auf der Horizontalen sind dabei die entstehenden Kosten angegeben. Die beiden Verfahren LPmB und PPMB verursachen zwar die höchsten Kosten, führen aber auch zu den wenigsten Stunden mit Fehlmengenergebnissen. Grund für die extremen Werte sind jeweils die hohen Bestände. Bei beiden Methoden wurde mit einem Sicherheitsbestand in Höhe von 42 Stück im Produzenten- und 59 Stück im Händlerlager gearbeitet. Dies entspricht Bestandsreichweiten von 0,5 bzw. 0,7 Monaten.⁶⁶⁸ Zudem handelt es sich um Verfahren, deren Losgrößen nicht direkt von den prognostizierten Bedarfen abhängen. Dies erhöht ebenfalls die Lagerbestände. Die durch eine solche Planung verfügbaren Mengen erlauben es, die meisten auftretenden Unsicherheiten zu bewältigen. Der für diese Sicherheit zu zahlende Preis ist jedoch in den hohen Kosten der Lagerhaltung zu finden.

⁶⁶⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁶⁸ Die Bestandsreichweite ist eine relative Kenngröße zur Höhe von Beständen. Sie lässt sich wie folgt berechnen: Absolute Bestandsmenge zu einem Zeitpunkt dividiert durch den durchschnittlichen Verbrauch eines Zeitraums [vgl. hierzu Klaus et al. (2012), S. 68; Stölzle (2004), S. 119].

Bei den Verfahren, die ohne konstanten Sicherheitsbestand arbeiten, ist der Zusammenhang zwischen hohen Kosten und wenigen Fehlmengenergebnissen nur zum Teil zu erkennen. Sowohl bei der ROMM wie auch der FP90 und der LPoB geht der Anstieg der Kosten, im Vergleich zu den übrigen sechs Verfahren, mit einer Reduktion der Stunden mit Fehlmengenergebnissen einher. Bei den anderen Planungsmethoden ist dies aus Abbildung 4.19 zunächst nicht zu erkennen. So ist etwa die Anzahl der Fehlmengenergebnisse bei der SO1 deutlich geringer als die bei der SO2, aber auch die Kosten liegen, wenn auch nur gering, bei der Gewichtung 1 unterhalb derer, die bei der SO mit der Szenariengewichtung 2 entstehen. Gleiches lässt sich beim Vergleich zwischen den Ergebnissen der FP70 und der Planung mit der ROEW sagen. Somit ist festzuhalten, dass Planungsverfahren mit höheren Kosten nicht immer zu weniger Fehlmengenergebnissen führen.

Die beiden zuletzt genannten Beispiele erlauben es, einige Planungsverfahren als ungeeignet zur taktisch-operativen Mengenplanung unter Unsicherheit einzustufen. Dies gilt im Vergleich zu den anderen untersuchten Methoden. Die Darstellung in Abbildung 4.19 zeigt, dass die rot hervorgehobenen Planungsverfahren SO2, ROEW und DP von mindestens einem anderen Ansatz dominiert werden und daher kein zielorientiertes Vorgehen zur Potenzialplanung in der taktisch-operativen Mengenplanung darstellen.⁶⁶⁹ Im Vergleich zu diesen drei Punkten lassen sich in der Abbildung 4.19 Verfahren identifizieren, die sowohl geringere Kosten wie auch weniger Fehlmengenergebnisse aufweisen. Bei den übrigen acht Verfahren ist der Zusammenhang, dass ein Anstieg der Kosten zu geringeren Fehlmengen führt, festzustellen. Aufgrund dieser negativen Korrelation der beiden Zielkriterien lässt sich aus dieser Gruppe der Planungsverfahren keine dominante Methode identifizie-

⁶⁶⁹ Vgl. zum Dominanzkriterium Dyckhoff/Spengler (2010), S. 115–116. Auch die ROMM wird von einem Verfahren, der FP90, dominiert. Die Anzahl der Fehlmengeneinheiten ist bei diesen beiden Verfahren mit 77 Stunden identisch. Lediglich die Kosten der FP90 sind geringer als die der ROMM. Die Untersuchungen der zweiten Phase der Simulationsstudie zeigen jedoch, dass die Ergebnisse der beiden Vorgehensweisen immer nahe zusammen liegen. Die Reihenfolge ist aber zum Teil umgekehrt. Daher soll die ROMM bei den weiteren Überlegungen berücksichtigt werden [vgl. auch Abschnitt 4.2.6.2 und Abschnitt 4.2.4].

ren. Eine entsprechende Entscheidung ist abhängig von der Gewichtung der Fehlmengenergebnisse im Vergleich zu den entstehenden Kosten.

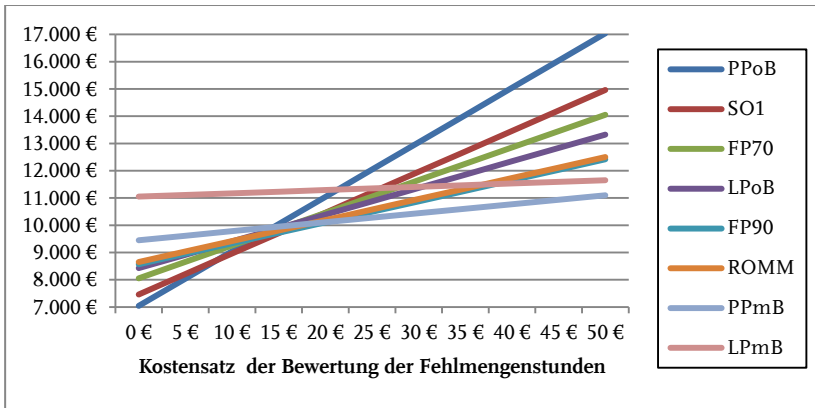


Abbildung 4.20: Kostenvergleich in Abhängigkeit der Bewertung der Fehlmengeneinheiten⁶⁷⁰

Abbildung 4.20 zeigt dies. Hier sind die Gesamtkosten abgebildet, die entstehen, wenn die Stunden, in denen Fehlmengenergebnisse auftreten, mit entsprechenden Beträgen bewertet werden. Ausgangspunkt ist eine Bewertung mit 0 €. Hier ist gemäß den Ergebnissen aus Abschnitt 4.2.5.2 das Verfahren mit den niedrigsten Kosten, aber den meisten Fehlmengenergebnissen, die Planung mit PPoB, am günstigsten. Wird eine Stunde, in der eine Fehlmenge auftritt mit 21,30 € oder einem höheren Kostensatz bewertet, so ist die PPoB bereits das teuerste Planungsverfahren. Insgesamt liegen im Bewertungskorridor zwischen 10–25 € die meisten Break-even-Punkte. Anschließend entwickelt sich lediglich die LPmB vom ursprünglich teuersten zum günstigsten Verfahren. Die hier getroffenen Aussagen und durchgeführten Untersuchungen beziehen sich auf das modellierte Referenzbeispiel von Banerjee aus Abschnitt 4.2.2.2. Bevor finale Handlungsempfehlungen und Aussagen über die Eignung zur Potenzialplanung im taktisch-operativen SCM gegeben werden, ist zunächst die zweite Phase der Simulationsstudie auszuwerten. Dies geschieht in Abschnitt 4.2.6.

⁶⁷⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.6 Ergebnisdarstellung und Interpretation der zweiten Phase der Simulationsstudie

Die zweite Phase der vorliegenden Simulationsstudie umfasst die Variation von Parametern der Planungs- und Ausführungsebene in den untersuchten Modellen. Die einzelnen Werte werden durch die in Abschnitt 4.2.4.2 erläuterten und in Tabelle 4.27 und Tabelle 4.28 aufgeführten Ausprägungen ersetzt. Die Parametervariation dient dazu, festzustellen, ob einzelne Faktoren die Ergebnisse und damit die Bewertung der Planungsverfahren stark beeinflussen. Neben der Ausprägung von Fehlmengenereignissen und Kosten werden auch die Rangwerte, die den Verfahren in der ersten Phase der Simulationsstudie gegeben wurden, untersucht. Kommt es trotz der Variationen einzelner Parameter und einer daraus folgenden Veränderung der Ergebniskennzahlen zu keiner Abweichung bei den Rangwerten, bleibt die Bewertung über geeignete und weniger geeignete Verfahren zur Potenzialplanung bestehen. Verändern sich die Reihenfolgen, so ist eine Anpassung notwendig. Die Analyse betrachtet zunächst die Planungsebene in Abschnitt 4.2.6.1 und anschließend Parameterveränderungen auf der Ausführungsebene in Abschnitt 4.2.6.2.

4.2.6.1 Parameterveränderung auf der Planungsebene

Die in der Simulationsstudie untersuchte Mengenplanung nutzt Informationen über Bestell- und Rüstkosten, die Lagerhaltungskostensätze von Produzent und Händler sowie die prognostizierte Nachfrage zum Festlegen von Bestell- und Produktionsmengen. Im Zuge der zweiten Phase der Untersuchung wird jeweils einer dieser fünf Faktoren verändert und überprüft, wie sich dessen Anpassung auf die Anzahl der Fehlmengengstunden sowie die Summe der Kosten auswirkt. Bei der Parametervariation der Kostensätze sind bewusst große Abweichungen von den ursprünglichen Werten gewählt worden um die Relation zwischen fixen und variablen Kosten zu verändern. Dieses Verhältnis ist ausschlaggebend für die Bestell- und Produktionsmengen, die sich aus den eingesetzten Losgrößenmodellen ergeben. Werden beispielsweise für die fixen Bestellkosten B 5.000 € an Stelle von 100 € angesetzt, so sind diese im Verhältnis zum Lagerhaltungskostensatz des Händlers h_2 ,

welcher weiterhin 5 € beträgt, deutlich gestiegen. Die Relation würde sinken, wenn für B ein Wert gewählt wird, der unterhalb der 100 € aus der ersten Phase der Simulationsstudie liegt. Alternativ kann ein solches Verhältnis zwischen B und h_2 durch die Erhöhung des Lagerhaltungskostensatzes des Händlers erreicht werden. Dieses Vorgehen wurde hier gewählt. So wird h_2 , bei ansonsten gleichen Parametern, auf 500 € erhöht. Analog dazu werden die fixen Rüstkosten des Produzenten R sowie dessen Lagerhaltungskostensatz h_1 variiert. Die gewählten Werte entsprechen jeweils dem 100-fachen bzw. 1.000-fachen der ursprünglichen Lagerhaltungskostensätze. Bei der Anpassung der prognostizierten Nachfrage wird ein statischer Nachfrageverlauf angenommen.⁶⁷¹

Tabelle 4.36 zeigt die Abweichungen, die sich bei der Summe der Kosten aus den einzelnen Parameterveränderungen im Vergleich zur ersten Phase der Simulationsstudie ergeben. Am stärksten fallen diese bei verändertem **Kostensatz für die Lagerung beim Produzenten h_1** aus. So liegt die Summe aller Kosten bei der PPoB um das 46-fache über denen der Ausgangsmodelle, wenn für h_1 ein Kostensatz von 400 € angesetzt wird. Die prozentuale Abweichung ist bei diesem Planungsverfahren am höchsten, da hier der Ausgangswert am geringsten ist. Bei diesem Verfahren sind die Kosten in der ersten Phase der Simulationsstudie am niedrigsten. Bei Betrachtung der absoluten Kostensteigerung ist die höchste Differenz bei der LPmB zu finden.⁶⁷² Grund für die gestiegene Summe der Kosten sind die hohen Kostensätze für die Bestände, die nicht nur die Mengen im Produzentenlager, sondern auch die im Transportprozess betreffen. Die geringsten Kosten bei dieser Parameterveränderung weist die SO2 auf.⁶⁷³ Im Vergleich zu ihr entstehen bei der DP lediglich 1 % höhere Kosten. Es handelt sich um das zweitgünstigste Verfahren bei Anpassung von h_1 . Beiden Planungsmethoden gelingt es, die Bestände im Produzentenlager von 105 bzw. 106 Stück auf 58 bzw. 57 Stück zu reduzieren. Der sich hier befindende Bestand

⁶⁷¹ Vgl. Tabelle 4.28 in Abschnitt 4.2.4.2 und die ausgeführten Erläuterungen zur Anpassung der Nachfrage.

⁶⁷² Die Kosten betragen hier 603.691 € im Vergleich zu 11.051 € in der ersten Phase der Simulationsstudie.

⁶⁷³ Die Kosten belaufen sich auf 343.556 €.

ist ausschlaggebend für die Summe der Kosten. Abbildung 4.21 veranschaulicht den Zusammenhang.

Verfahren	B: 5.000 € pro Vorgang	Statische Nachfrage	R: 4.000 € pro Vorgang	h_1 : 400 € pro Stück/ Periode	h_2 : 500 € pro Stück/ Periode
DP	386 %	1 %	72 %	4.387 %	975 %
FP70	135 %	-8 %	95 %	4.840 %	1.639 %
FP90	126 %	-9 %	105 %	4.364 %	2.173 %
LPmB	226 %	0 %	111 %	5.365 %	2.850 %
LPoB	297 %	0 %	146 %	5.885 %	1.816 %
PPmB	289 %	-2 %	114 %	5.814 %	2.248 %
PPoB	388 %	-2 %	154 %	6.410 %	1.028 %
ROEW	363 %	2 %	68 %	4.360 %	806 %
ROMM	372 %	0 %	74 %	4.776 %	2.026 %
SO1	405 %	7 %	82 %	4.643 %	1.323 %
SO2	367 %	1 %	72 %	4.438 %	739 %

Tabelle 4.36: Prozentuale Abweichungen der Kosten bei Parameterveränderungen auf der Planungsebene

Die Planungsverfahren mit den geringsten Beständen im Produzentenlager weisen in der Summe die geringsten Kosten auf. Für den Bestand im Kundenlager gilt dies nicht, da hier weiterhin mit dem Kostensatz von 5 € gearbeitet wird. Die entsprechenden Lagermengen beim Händler verändern sich in den Experimenten bei keinem der untersuchten Planungsansätze. Auch die Transportmengen sind im Vergleich zu den Ausgangsmodellen aus der ersten Phase der Simulationsstudie unverändert. Zwar werden diese mit h_1 bewertet, sie sind jedoch durch die Mengeneentscheidungen des Händlers definiert. Die Bestellquantitäten ändern sich im Vergleich zu den ursprünglichen Losgrößen nicht. Die

teuersten Verfahren passen die Bestände im Produzentenlager nicht der veränderten Kostenstruktur an. Dies sind die Ansätze, die mit festen Losgrößen bzw. festen Losreichweiten arbeiten. Auch der ROMM gelingt eine Anpassung an den veränderten Lagerhaltungskostensatz aufgrund des stark risikoaversen Entscheidungskriteriums nicht. Dies führt dazu, dass sich die Ränge bei einer Ordnung anhand der Summe der Kosten im Vergleich zur ersten Phase der Simulationsstudie verändern. Diese Aussage gilt auch für die Variation der anderen Kostenparameter.

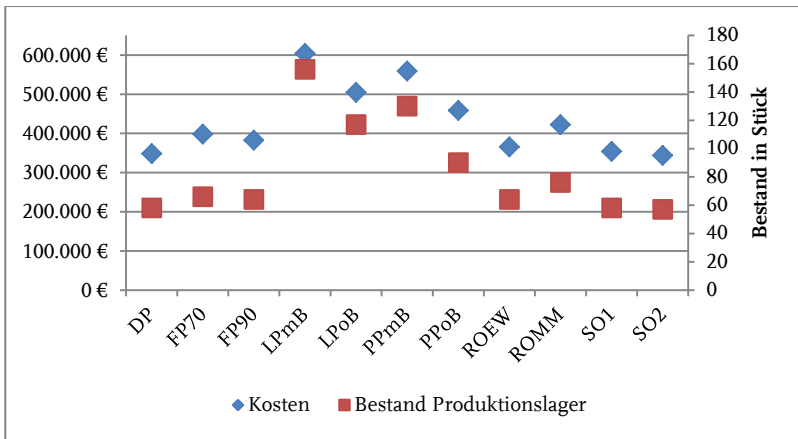


Abbildung 4.21: Bestände im Produzentenlager und Anzahl der Fehlmengenstunden bei Variation von h_1 .⁶⁷⁴

Bei einer starken Erhöhung von **Rüstkosten R** oder **Bestellkosten B** bzw. des **Kostensatzes für die Lagerung beim Händler h_2** sind diese Faktoren ausschlaggebend für die Ausprägung der Summe der Kosten. Der Vergleich der Kennzahlen gibt jeweils andere Vorgehensweisen als günstig an. Auch bei einem **statischen Nachfrageverlauf** verändert sich die Reihenfolge im Vergleich zu den Ausgangsmodellen. Lediglich die PPOB weist erneut die niedrigsten und die LPmB, PPmB und ROMM die höchsten Kosten auf. Grund für die Abweichungen bei den Rangwerten sind hier, dass in den Experimenten, welche die flexible Planung einsetzen, mit 7.409 € und 7.759 € um 8 % bzw. 9 % geringere Kosten entste-

⁶⁷⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

hen. Bei der SO1 steigt dieser Wert hingegen um 7 %. Die Schwankungen bei den übrigen Verfahren bewegen sich zwischen 0 % und 2 %. Neben der Summe der Kosten dienen auch die Anzahl der Stunden, in denen Fehlmengenereignisse auftreten, als Bewertungskriterium, ob sich die jeweiligen Planungsverfahren für die Mengenfestlegung bei Unsicherheiten eignen. Der Vergleich der Ergebnisse, die sich bei der Veränderung der Daten der Planungsebene ergeben, mit denen der ersten Phase weist hier geringere Abweichungen auf als der Kostenvergleich.

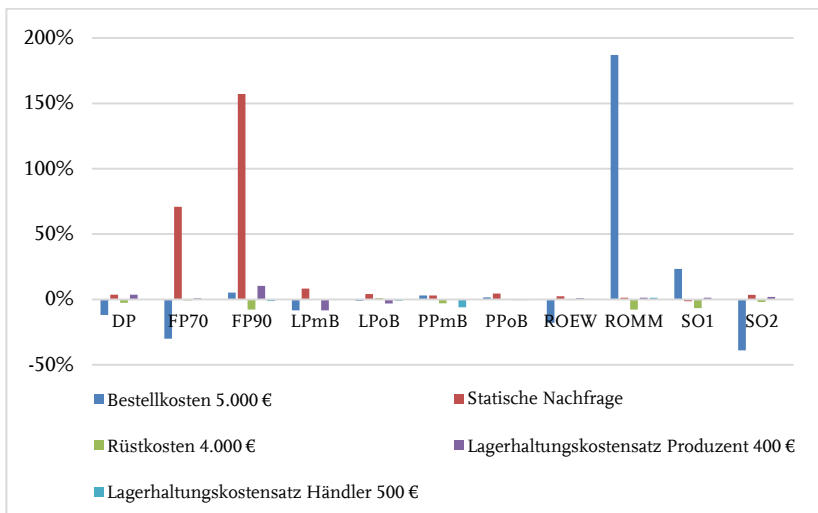


Abbildung 4.22: Prozentuale Abweichungen der Fehlmengenstunden bei Parametervariation auf der Planungsebene⁶⁷⁵

Abbildung 4.22 zeigt, dass es lediglich bei **Bestellkosten B von 5.000 €** pro Vorgang sowie einem **statischen Nachfrageverlauf** zu großen Differenzen kommt. In allen anderen Fällen entstehen trotz der großen Parametervariation maximal 10 % mehr oder weniger Stunden mit Fehlmengenereignissen.⁶⁷⁶ Zudem kann festgehalten werden, dass sich die Anzahl der Fehlmengenstunden bei den Planungsverfahren, die aus den

⁶⁷⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁷⁶ Dies ist bei der FP90 der Fall. Häufig liegt die Abweichung unter 3 %.

Experteninterviews abgeleitet sind, bei allen Variationen auf der Planungsebene kaum verändert. Grund hierfür ist, dass die fixen Losgrößen bzw. Losreichweiten nach ihrer Definition unverändert bleiben. Im Gegensatz dazu berücksichtigen die übrigen Planungsansätze die veränderten Parameter bei der Mengenfestlegung.

Verfahren	B: 5.000 € pro Vorgang	Statische Nachfrage	R: 4.000 € pro Vorgang	h_1 : 400 € pro Stück/ Periode	h_2 : 500 € pro Stück/ Periode
LPmB	1	1	1	1	1
PPmB	2	2	2	2	2
FP90	3	6	3	4	3
ROMM	11	3	4	3	4
LPoB	5	4	5	5	5
FP70	4	8	6	6	6
SO1	9	5	7	7	7
DP	8	7	8	9	8
PPoB	10	9	9	8	9
ROEW	7	10	10	10	10
SO2	6	11	11	11	11

Tabelle 4.37: Rangwerte der Verfahren gemäß Fehlmengeneinheiten bei Parameterveränderung der Planungsebene, geordnet nach der Rangfolge der ersten Simulationsphase

Werden neben den Abweichungen von den Ergebnissen der ersten Phase der Simulationsstudie die absoluten Mengen an Fehlmengeneinheiten betrachtet, so bestätigt sich das in Abbildung 4.22 dargestellte Bild. Bei der Veränderung der **Rüstkosten R** sowie der **beiden Lagerhaltungskostensätze h_1 und h_2** ergeben sich fast identische Rangwerte für die Verfahren. Lediglich die FP90 und ROMM sowie einmalig die DP und die

PPoB tauschen ihre Positionen. In Tabelle 4.37 ist dies aufgeführt. Grund für die veränderten Reihenfolgen sind Differenzen von maximal zwei Stunden. Bezogen auf die Gesamtzahl der Stunden mit Fehlmen- genereignissen sind die Ergebnisse bei diesen drei Parametervariationen auf der Planungsebene somit robust.

Dies lässt sich bei der Veränderung der **Bestellkosten B** sowie der **stati- schen Nachfrage** auch bei Betrachtung der absoluten Werte nicht fest- stellen. Im ersten Fall legen die Planungsverfahren, welche nicht mit fixen Losen bzw. Losreichweiten arbeiten, hohe Bestell- und Produkti- onslose fest. Allerdings übersteigen diese Mengen die Produktionskapa- zität, so dass es in der ersten Nachfrageperiode bei allen Verfahren zu Fehlmengen kommt. Anschließend treten diese nicht mehr auf. Die unterschiedlichen Richtungen der Abweichungen aus Abbildung 4.22 lassen sich dadurch erklären, dass die Anzahl der Fehlmengestunden in der ersten Planungsperiode bei der DP, FP70, ROEW und SO2 unter der Anzahl aus den ursprünglichen Experimenten liegt. Bei diesen wei- sen die Verfahren eine relativ hohe Anzahl an Stunden mit Fehlmenge- nereignissen auf. Die Planung mithilfe der ROMM und SO1 führt bei der ersten Phase der Simulationsstudie hingegen zu geringen Fehlmen- gestunden. Diese liegen unter jenen, die durch die Planung bei Be- stellkosten von 5.000 € entstehen. Wird mit einem statischen Nachfra- geverlauf geplant, so liegt die Anzahl der Fehlmengenerenisse nah an der Anzahl, die sich bei einer dynamischen Nachfrage ergibt. Lediglich bei der FP70 und der FP90 treten deutlich mehr Stunden mit Fehlmen- gereignissen auf. Dies verändert auch die in Tabelle 4.37 angegebene- nen Rangwerte. Allerdings entsprechen die drei höchsten sowie die drei niedrigsten Ränge erneut der Reihenfolge aus den Experimenten der ersten Phase.

4.2.6.2 Parameterveränderung auf der Ausführungsebene

Auf der Ausführungsebene werden Parameter in fünf Bereichen verän- dert.⁶⁷⁷ Dabei gibt es für die Produktionskapazität drei alternative Werte. In den Abbildung 4.23 und Abbildung 4.24 ist zu erkennen, dass die

⁶⁷⁷ Vgl. Tabelle 4.29 in Abschnitt 4.2.4.2.

Summe der Kosten sowie die Anzahl der Stunden, in denen Fehlmen- genereignisse auftreten, bei einer **gleichverteilten Nachfrage** sowie einer erhöhten **Produktionskapazität von 5.000 Stück im Jahr** nicht wesentlich von denen der ersten Phase der Simulationsstudie abweichen. Bei allen anderen Variationen sind zum Teil massive Abweichungen zu erken- nen.

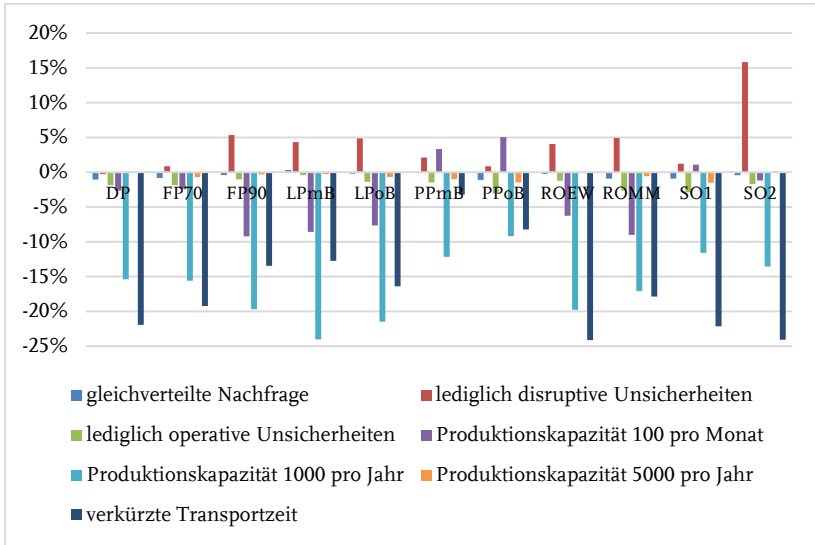


Abbildung 4.23: Prozentuale Abweichungen der Kosten bei Parametervariation auf der Ausführungsebene⁶⁷⁸

Wird die Nachfrage mithilfe einer Gleich- an Stelle einer Normalverteilung modelliert, so ergibt sich keine Veränderung bei der Reihenfolge der Planungsverfahren, wenn diese nach der Summe der Kosten oder nach den Fehlmen- genereignissen bzw. -stunden geordnet werden. Gleiches gilt bei der Erhöhung der Produktionskapazität auf 5.000 Stück.⁶⁷⁹ Die Auswertungen und Aussagen über die Eignung der Planungsme- thoden verändern sich somit nicht, wenn eine höhere Produktionskapa-

⁶⁷⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁷⁹ Die Abweichungen bei der Summe der Kosten bewegen sich zwischen 0–2 %. Bei den Stunden mit Fehlmen- genereignissen betragen die Unterschiede zwischen 0–28 %.

zität vorliegt, bzw. sind unabhängig davon, ob die Nachfrage gleich- oder normalverteilt ist. Diese Konstellationen sind daher nicht weiter zu betrachten. Zudem ist es möglich, auf eine detaillierte Analyse der Planungsverfahren ROEW, SO2 und DP zu verzichten. Wie in den Experimenten der ersten Phase werden diese Methoden jeweils von einem anderen Vorgehen dominiert. Dies ist bei allen Parametervariationen auf der Ausführungsebene der Fall. Nur bei der Veränderung der Transportdauer, wird die SO2 nicht dominiert.⁶⁸⁰

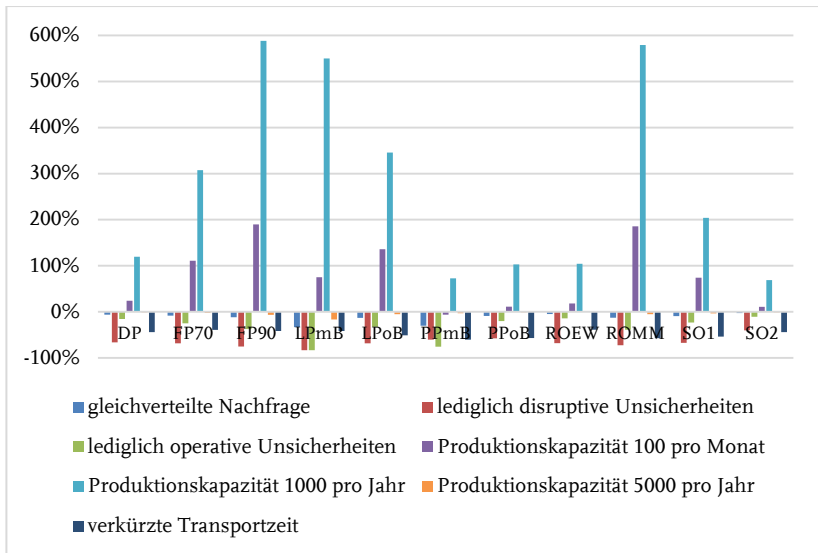


Abbildung 4.24: Prozentuale Abweichungen der Fehlmengenstunden bei Parametervariation auf der Ausführungsebene⁶⁸¹

Werden lediglich **operative** bzw. **disruptive Unsicherheiten** modelliert, so sind bei den übrigen acht Planungsverfahren Abweichungen von den Ursprungswerten festzustellen. Auf die Rangordnung der Verfahren hat dies allerdings nur eine geringe Auswirkung. Dies ist aus Tabelle 4.38 abzulesen.

⁶⁸⁰ Vgl. hierzu die folgenden Ausführungen zur Variation der Transportdauer.

⁶⁸¹ Quelle: Eigene Darstellung.

Ursprüngliche Modellierung		Parametervariation	
LPmB	12 Stunden	LPmB	2 Stunden
PPmB	33 Stunden	PPmB	13 Stunden
FP90	77 Stunden	FP90	19 Stunden
ROMM	77 Stunden	ROMM	21 Stunden
LPoB	98 Stunden	LPoB	31 Stunden
FP70	120 Stunden	FP70	38 Stunden
SO1	150 Stunden	SO1	49 Stunden
PPoB	200 Stunden	PPoB	66 Stunden

Tabelle 4.38: Vergleich der aufsteigenden Reihenfolgen der Fehlmengestunden zwischen der ursprünglichen Modellierung und der reinen Betrachtung disruptiver Unsicherheiten

Die Ergebnisse der FP90 und ROMM liegen in allen Experimenten sehr nahe zusammen. Bei der reinen Betrachtung disruptiver Störungen treten bei der FP90 in 19 Stunden Fehlmengeneignisse auf. Bei der ROMM sind es 21 Stunden. Im Gegensatz dazu weisen die Experimente des Ausgangsmodells der ersten Phase durchschnittlich 77 Stunden mit Fehlmengen bei beiden Verfahren auf. Dadurch wird der dritte Rang nicht mehr doppelt vergeben, sondern die Verfahren den Plätzen 3 und 4 in der Reihenfolge zugordnet. Die Unterschiede sind somit minimal. Die Kostenbetrachtung führt bei einer aufsteigenden Ordnung zu keiner veränderten Reihenfolge. Tabelle 4.39 zeigt dies. Ähnliches ist bei den Experimenten, in denen lediglich operative Unsicherheiten modelliert sind, zu beobachten. Bei der Reihenfolge der Stunden mit Fehlmengeneignissen tauschen lediglich FP90 und ROMM ihre Position. Bei letzterem Verfahren entsteht durchschnittlich eine Fehlmengengestunde weniger.⁶⁸² Bei der Summe der Kosten ist der Wert der ROMM mit 8.424 € jedoch geringer als bei der FP90 mit 8.480 €. Angesichts der absoluten Höhe ist die Differenz in Höhe von 56 € jedoch als gering

⁶⁸² Durchschnittlich entstehen 47 Fehlmengengestunden bei der ROMM und 48 Fehlmengengestunden bei der FP90.

einzustufen. Vielmehr ist augenscheinlich, dass die beiden risikoaversen Planungsverfahren zu sehr ähnliche Ergebnisse führen. Dies gilt auch bei den anderen Parameterveränderungen sowie den Experimenten der ersten Phase der Simulationsstudie. Was bereits in Abbildung 4.19 aus Abschnitt 4.2.5.4 zu erkennen ist, zeigt auch Abbildung 4.25.

Ursprüngliche Modellierung		Parametervariation	
PPoB	7.043 €	PPoB	7.103 €
SO1	7.460 €	SO1	7.551 €
FP70	8.055 €	FP70	8.523 €
LPoB	8.427 €	LPoB	8.837 €
FP90	8.569 €	FP90	9.027 €
ROMM	8.652 €	ROMM	9.078 €
PPmB	9.452 €	PPmB	9.653 €
LPmB	11.051 €	LPmB	11.529 €

Tabelle 4.39: Vergleich der aufsteigenden Reihenfolgen der Summe der Kosten zwischen der ursprünglichen Modellierung und der reinen Betrachtung disruptiver Unsicherheiten

Die Daten, die sich aus der isolierten Modellierung von disruptiven und operativen Unsicherheiten ergeben, erlauben den Schluss, dass sich die Verfahren in ihrer Eignung zur Bewältigung von Unsicherheiten nicht aufgrund der Intensität der Störung differenzieren lassen. Vorgehensweisen, die wenige Fehlmengenereignisse bei operativen Unsicherheiten verursachen, bewirken dies auch bei disruptiven Störungen. Ist eine Methode nicht in der Lage, Flexibilitätspotenzial für die Bewältigung disruptiver Unsicherheiten bereitzustellen, so gelingt dies auch bei operativen Schwankungen nicht. Die separate Betrachtung der beiden Arten von Unsicherheiten zeigt zudem, dass disruptive Unsicherheiten, trotz ihrer großen Auswirkungen, im Einzelfall eine geringere Bedeutung

haben als konstant auftretende Schwankungen bei der Versorgung, im Prozess oder bei der Nachfrage.⁶⁸³

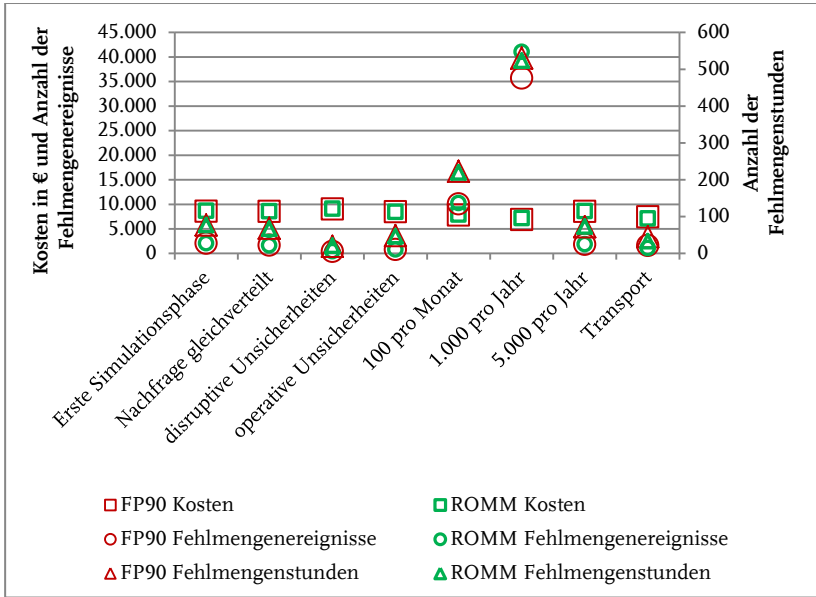


Abbildung 4.25: Vergleich der Ergebnisse der FP90 und ROMM⁶⁸⁴

Eine **Halbierung der Transportzeit** führt bei allen Planungsverfahren zu einem starken Rückgang der Kosten sowie weniger Fehlmengenereignissen. Dabei hängen die beiden Kennzahlen voneinander ab. Die Kostenreduktion ist im Wesentlichen auf geringere Bestandskosten zurückzuführen. Diese resultieren u. a. daraus, dass bei einer 50 % kürzeren Transportdauer der durchschnittliche Bestand im Transport ebenfalls um die Hälfte sinkt. Der Transport stellt in den ursprünglichen Experimenten den kritischen Prozess der Supply Chain dar. Da dieser wegfällt, stehen die geplanten Mengen i. d. R. rechtzeitig zur Bedarfsbefriedi-

⁶⁸³ Als Reaktion auf disruptive Ereignisse folgen häufig hohe Bestell- und Produktionslosgrößen. Treffen diese nach zwei Perioden im Lager ein, führt der hohe Lagerbestand zu geringeren Losen. Disruptive Störungen führen somit zu starken Schwankungen bei der Mengenplanung. Dieser Effekt tritt bei allen Verfahren auf, die auf Fehlmengenereignisse reagieren.

⁶⁸⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

gung zur Verfügung und die Anzahl sowie die Stunden mit Fehlmen- genereignissen sinken. Dadurch erhöht sich zwar der Bestand im Kun- denlager, jedoch sinkt derjenige beim Produzenten. Dieser Effekt ent- steht dadurch, dass Planungsverfahren keine hohen Bestell- und Pro- duktionslose generieren. Diese entstehen in den ursprünglichen Expe- rimenten als Reaktion auf aufgetretene Fehlmengen, welche bei kurzer Transportzeit selten vorkommen.⁶⁸⁵ Trotz dieses Verhaltens, welches alle Verfahren betrifft, kommt es bei der Rangordnung der Methoden zu Veränderungen. Dabei wird erstmals die Planung mit der SO2 nicht von einem anderen Verfahren dominiert. Zwar entstehen bei diesem Vorge- hen die höchsten Fehlmengen, mit 5.748 € jedoch auch die geringsten Kosten. Die gegenteilige Position mit den höchsten Kosten, aber ge- ringsten Fehlmengenereignissen nimmt die LPmB ein. Dieser Rang entspricht den Ergebnissen aus der ersten Phase der Simulationsstudie.

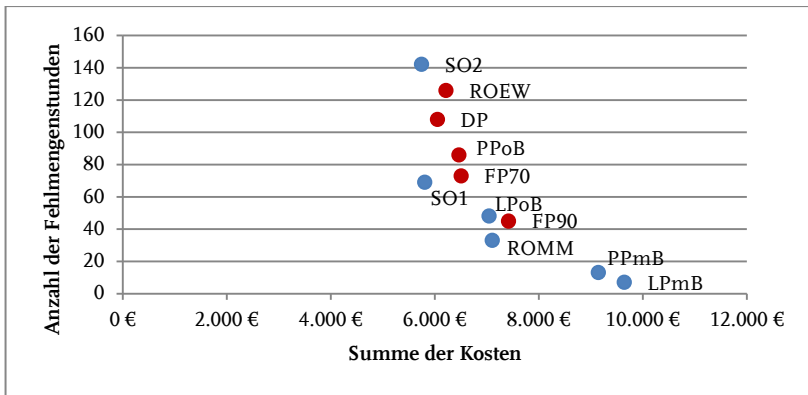


Abbildung 4.26: Kosten und Fehlmengestunden bei verkürzter Transportzeit⁶⁸⁶

⁶⁸⁵ Bereits im Rahmen des Festwerttests konnte festgestellt werden, dass auftretende Fehlmengenereignisse zu einer Erhöhung von Bestell- und Produktionslosen führen. Treffen diese Mengen im Kundenlager ein und tritt gleichzeitig eine niedrige Nachfrage auf, so ergeben sich hohe disponible Bestände. Dies ist auch der Fall, wenn Güter schneller transportiert werden als geplant. Übersteigen die disponiblen Bestände die prognostizierte Nachfrage, so kommt es zu Bestellosgrößen in Höhe von 0 Stück und dadurch zur Gefahr weiterer Fehlmengenereignisse. Dies zeigt, dass auch positive Abweichungen von den Planungsdaten, wie verkürzte Transportzeiten, die Kundenversorgung gefährden können.

⁶⁸⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Die Eliminierung des Transportengpasses führt zudem dazu, dass die Verfahren DP, ROEW, PPOB, FP70 und FP90 dominiert werden. Abbildung 4.26 veranschaulicht dies und hebt die dominierten Verfahren rot hervor. Somit hat die Veränderung der Transportzeit insgesamt erhebliche Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse.

Auch die **Variation der Produktionskapazität** kann zu starken Veränderungen bei der Summe der Kosten sowie den Fehlmengenergebnissen führen. Dies ist dann der Fall, wenn die Kapazität sinkt. In den entsprechenden Experimenten wird dies mit einer längeren Bearbeitungszeit für jedes Gut modelliert. Entspricht die monatliche Kapazität dem höchsten Erwartungswert der zyklischen Nachfrage von 100 Stück, so erhöht sich die Anzahl der Fehlmengenergebnisse. Sinkt die Leistung des Produzenten auf ein Niveau, welches lediglich den durchschnittlichen Jahresbedarf von 1.000 Stück decken kann, so ist der Anstieg massiv. Die Summe der Kosten sinkt jedoch in beiden Fällen. Dies liegt wiederum in der hohen Bedeutung der Bestandskosten begründet. Da die Produktion nicht in der Lage ist, hohe Mengen herzustellen, fallen für diese auch keine Lagerkosten an. Tabelle 4.40 führt beispielhaft die entsprechenden Bestandswerte bei der Planung mit der DP auf.

Bestand	Ursprüngliche Modellierung	Produktionskapazität: 100 Stück im Monat	Produktionskapazität: 1.000 Stück im Jahr
Supply Chain Bestand	239 Stück	123 Stück	143 Stück
Produktionsbestand	105 Stück	69 Stück	50 Stück
Transportbestand	97 Stück	94 Stück	80 Stück
Händlerbestand	36 Stück	30 Stück	14 Stück

Tabelle 4.40: Bestandswerte bei DP und Reduktion der Produktionskapazität

In einer solchen Supply Chain existiert mit dem Produktionsprozess neben dem Transport ein zweiter Kapazitätsengpass. Dieser ist der Grund für die hohe Zahl an Fehlmengenereignissen die in Tabelle 4.41 aufgeführt sind. Nur bei der LPmB und PPMb ergeben sich hier geringe Werte. Ausschlaggebend dafür ist der Anfangsbestand im Produktions- und Kundenlager. Ohne diesen treten auch bei den beiden Methoden hohe Fehlmengenereignisse auf, wie die Experimente mit der LPoB und PPOb zeigen.

Verfahren	Produktionskapazität: 100 Stück im Monat		Produktionskapazität: 1.000 Stück im Jahr	
	Summe der Kosten	Fehlmengen- stunden	Summe der Kosten	Fehlmengen- stunden
DP	6.561 €	424 Stunden	7.549 €	239 Stunden
FP70	6.799 €	489 Stunden	7.864 €	253 Stunden
FP90	6.883 €	530 Stunden	7.780 €	223 Stunden
LPmB	8.396 €	78 Stunden	10.103 €	21 Stunden
LPoB	6.618 €	437 Stunden	7.782 €	231 Stunden
PPmB	8.302 €	57 Stunden	9.767 €	31 Stunden
PPoB	6.396 €	406 Stunden	7.398 €	222 Stunden
ROEW	6.572 €	421 Stunden	7.679 €	243 Stunden
ROMM	7.175 €	523 Stunden	7.872 €	220 Stunden
SO1	6.596 €	456 Stunden	7.540 €	261 Stunden
SO2	6.545 €	429 Stunden	7.479 €	281 Stunden

Tabelle 4.41: Kosten und Fehlmengengstunden bei Reduktion der Produktionskapazität

Entsprechend der Veränderungen bei den Kennzahlen ergeben sich auch für die Reihenfolge bzw. bei der Betrachtung dominierender Verfahren andere Ergebnisse im Vergleich zu den Ausgangsexperimenten. So weist die PPMb bei einer Jahresproduktionskapazität von 1.000 Stück

mit 57 Stunden die geringste Anzahl an Stunden mit Fehlmengenereignissen auf. Dabei entstehen in der Summe Kosten von 8.302 €. Die geringsten Kosten entstehen mit 6.396 € bei der PPoB. In diesem Fall treten durchschnittlich in 406 Stunden Fehlmengenereignisse auf. Alle anderen Planungsmethoden werden bei dieser Versuchsanordnung von den beiden Verfahren dominiert. Die entsprechenden Werte finden sich in Tabelle 4.41. Hier sind auch die Ergebnisse bei einer monatlichen Kapazität von 100 Stück angegeben. Die jeweils dominierenden Verfahren sind dabei blau hervorgehoben. Bei diesem Leistungsvermögen der Produktion werden neben der PPmB und der PPoB auch die LPmB und ROMM nicht dominiert. Wiederum sind lediglich die Verfahren, die mit konstanten Sicherheitsbeständen arbeiten, in der Lage, eine große Anzahl an Fehlmengengstunden zu verhindern. Die Ergebnisse zeigen, dass die Reduktion der Produktionskapazität im Gegensatz zu deren Erhöhung großen Einfluss auf die Supply Chain-Leistung hat. Diese Parameterveränderungen wirken sich daher auch auf die Beurteilung, welche Verfahren am besten zur Potenzialplanung in einem kurz- bis mittelfristigen Zeitraum geeignet sind, aus. Diese Bewertung erfolgt in Abschnitt 4.2.7.

4.2.7 Bewertung der Planungsmethoden aufgrund der Ergebnisse der Simulationsstudie

Die Darstellung der Ergebnisse aus der zweiten Phase der Simulationsstudie lässt folgende Schlüsse zu:

- Große Variationen von Parametern auf der Planungsebene führen besonders bei der Summe der Kosten zu starken Abweichungen von den Ergebnissen der ersten Phase der Studie.
- Die Analyse der Stunden mit Fehlmengenereignissen bei veränderten Planungsdaten deutet darauf hin, dass die entsprechenden Planungsverfahren nur dann erfolgreich sind, wenn die vorhandenen Informationen die betrachteten Systeme abbilden. In den Experimenten betrifft dies die Produktionskapazität, welche nur dann in der Planung ignoriert werden kann,

wenn sie in ausreichender Höhe vorhanden ist. Dies zeigt die Variation des entsprechenden Parameters.

- Weitere Anpassungen auf der Ausführungsebene führen zu keinen wesentlichen Veränderungen bei den Rangwerten, die aufgrund der Reihenfolge bei der Summe der Kosten sowie der Stunden mit Fehlmengenerenissen vergeben werden.

Somit haben die nachfolgenden Aussagen über die Eignung der verschiedenen Planungsmethoden zunächst nur für den beschriebenen Supply Chain-Ausschnitt Gültigkeit, wenn die Planungsdaten der Struktur des Leistungsnetzwerkes entsprechen. Ist dies der Fall, so zeigen sich die Ergebnisse auch gegenüber auftretenden Abweichungen robust. Dies gilt sowohl für Unsicherheiten wie auch für Abweichungen bei der Leistung der einzelnen Prozessschritte, so lange diese durch die Planungsdaten in ausreichendem Maße abgebildet sind. Beispielsweise gelten die Empfehlungen auch dann, wenn Produktions- oder Transportzeiten kürzer als geplant sind oder keine disruptiven Ereignisse auftreten. Sie sind hingegen nicht gültig, wenn die Planung keine Kapazitätsrestriktionen berücksichtigt, obwohl diese vorliegen.

Aus der ersten Phase der Simulationsstudie kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass sich bestandsführende Planungsansätze wie die LPmB und PpMB sowie die ROMM und FP90, welche ein risikoaverses Verhalten abbilden, besonders für die taktisch-operative Mengenplanung bei Unsicherheiten eignen, wenn die Vermeidung von Fehlmengenerenissen im Vordergrund steht. Legt das Zielsystem der betrachteten Institution den Fokus auf die Minimierung der durch die Losgrößen entstehenden entscheidungsrelevanten Kosten, so sollte die Planung gemäß der PpOB oder der SO1 durchgeführt werden. Für den Einsatz der SO2, der DP oder der ROEW spricht weder die Kostenbetrachtung noch die der Fehlmengenerenisse. Alle drei Verfahren werden von mindestens einem anderen Vorgehen dominiert. Ihr Einsatz ist daher nicht zielführend. Können Fehlmengenerenisse monetär bewertet werden, so dient die Break-even-Analyse aus Abschnitt 4.2.5.4 zur Entscheidungsunterstützung bei der Verfahrensauswahl. Ist dies nicht der Fall, so dienen die folgenden Überlegungen als Entscheidungshilfe.

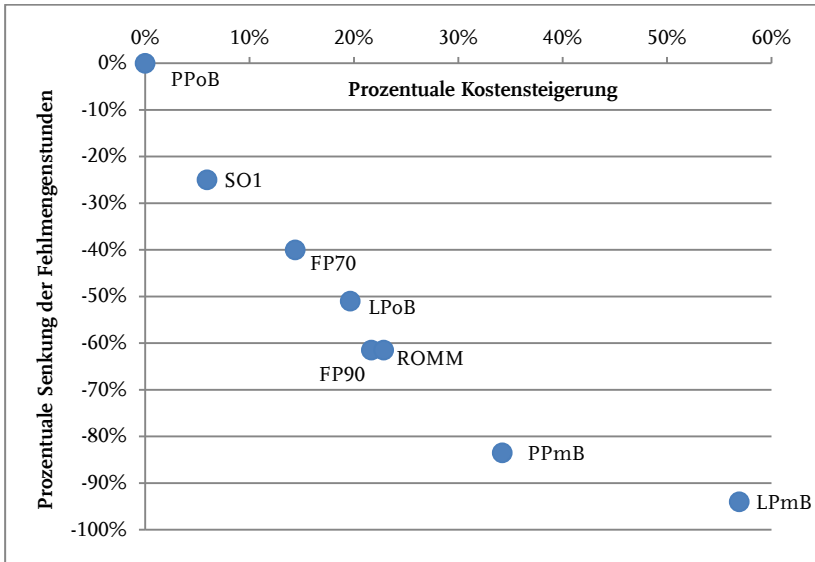


Abbildung 4.27: Senkung der Fehlmengeneinheiten und Anstieg der Kosten im Vergleich zur Planung mit der PPoB⁶⁸⁷

Abbildung 4.27 stellt die prozentuale Steigerung der Summe der Kosten und die dadurch verursachte anteilige Senkung der Fehlmengeneinheiten dar. Ausgangspunkt sind dabei die Kosten und die Fehlmengeneinheiten bei der Planung mithilfe der PPoB, da es sich um das günstigste Verfahren handelt. Zudem werden die drei Vorgehensweisen, die dominiert werden, nicht berücksichtigt. In der Abbildung 4.27 ist der in Kapitel 3 erläuterte Effekt zu erkennen, dass bereits eine geringe Erhöhung des Flexibilitätspotenzials zu einem hohen Nutzen führen kann.⁶⁸⁸ So entstehen bei der SO1 lediglich 6 % mehr Kosten als bei der PPoB, die Anzahl der Stunden mit Fehlmengeneignissen sinkt jedoch um 25 %. Tabelle 4.42 gibt neben diesen Zahlen auch die Veränderungen bei den übrigen Planungsverfahren an. Zudem ist das Verhältnis aufgeführt, in dem sich die Kostensteigerung und Fehlmengenreduktion gegenüberstehen.

⁶⁸⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁸⁸ Vgl. Abschnitt 3.1.3.

Verfahren	Kostensteigerung im Vergleich zur PPoB	Senkung der Fehl- mengenstunden im Vergleich zur PPoB	Verhältnis der Senkung zur Steigerung
PPoB	0 %	0 %	0
SO1	6 %	25 %	4,2
FP70	14 %	40 %	2,9
LPoB	20 %	51 %	2,6
FP90	22 %	62 %	2,8
ROMM	23 %	62 %	2,7
PPmB	34 %	84 %	2,5
LPmB	57 %	94 %	1,6

Tabelle 4.42: Kostensteigerung und Senkung der Fehlmengenstunden

Hier zeigt sich, dass die prozentuale Reduktion der Fehlmengenstunden immer über der gleichzeitig stattfindenden Kostenerhöhung liegt. Der Zusammenhang ist jedoch weder linear noch lässt er sich durch eine andere Funktion abbilden. Mit dem Faktor 4,2 ist die Ausprägung bei der SO1 am höchsten. In erheblichem Abstand folgen die FP70, FP90 und ROMM, deren Ergebnisse mit Faktoren zwischen 2,9 und 2,7 nah zusammenliegen. Die beiden letztgenannten Methoden führen bereits zu einer Reduktion der Fehlmengenstunden um 62 %. Das Verhältnis zwischen Kostensteigerung und Reduktion der Fehlmengenstunden ist bei den übrigen Planungsmethoden niedriger. Deren Einsatz ist aufgrund dieses Kriteriums nicht zu empfehlen. Vielmehr lässt sich zusammen mit den bereits getroffenen Aussagen die in Tabelle 4.43 dargestellte Entscheidungsmatrix aufstellen. Neben den Verfahren, die sich am besten zum Erreichen der Extrema eignen, können zu drei weiteren Planungsansätzen Empfehlungen abgegeben werden. Die SO1 ermöglicht es, mit relativ geringen Mehrkosten einen hohen Nutzen zu erzielen. Sie kann dann die Mengenplanung bei Unsicherheit unterstützen, wenn niedrige Kosten eine hohe Relevanz für den Supply Chain-Erfolg haben.

Verfolgte Zielsetzung	Empfohlene Planungsmethode	Bestandsreichweite des Kundenlagers
Minimierung der entscheidungsrelevanten Kosten	PPoB	0,43 Monate
Maximale Steigerung der Flexibilität im Vergleich zum Kostenanstieg	SO1	0,54 Monate
Starke Reduktion der Fehlmengenergebnisse bei mittlerem Kostenanstieg	ROMM; (FP90)	0,84 Monate; (0,87 Monate)
Minimierung der auftretenden Fehlmengenergebnisse	LPmB	1,45 Monate

Tabelle 4.43: Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Planungsverfahrens⁶⁸⁹

Ist hingegen die termingerechte Befriedigung von Kundennachfragen unter Beachtung der Kosten primäres Ziel des Leistungssystems, so empfiehlt sich der Einsatz der FP90 oder ROMM. In Tabelle 4.42 ist zu sehen, dass die FP90 der ROMM im konkreten Fall des in der Simulationsstudie untersuchten Supply Chain-Ausschnittes vorzuziehen ist. Allerdings zeigen die Ergebnisse der zweiten Phase der Simulationsstudie, dass sich diese Reihenfolge ändern kann.⁶⁹⁰ Aufgrund ihrer Ergebnisse bei den Kosten und Fehlmengengstunden unterscheiden sich die Methoden kaum. Wird allerdings der Aufwand bei der Planung berücksichtigt, so ist die ROMM der FP90 überlegen.⁶⁹¹ Das Aufstellen, der für die flexible Planung notwendigen Entscheidungsbäume sowie die durchzuführenden Berechnungen sind komplexer und benötigen mehr Zeit, als die Integration von Unsicherheiten durch die ROMM.⁶⁹² Dieses

⁶⁸⁹ Vgl. zur Bestandsreichweite Abschnitt 4.2.5.4.

⁶⁹⁰ Vgl. Abschnitt 4.2.6.2.

⁶⁹¹ Vgl. Abschnitt 4.2.3.8.

⁶⁹² Vgl. Abschnitt 4.2.3.3 und 4.2.3.4.

Vorgehen ist deshalb der FP90 vorzuziehen. Daher ist diese in der Entscheidungsmatrix nur in Klammern aufgeführt. Steht bei der Durchführung der Mengenplanung die Minimierung möglicher Fehlmengenergebnisse im Vordergrund, so ist aus den untersuchten Planungsverfahren die LPmB einzusetzen. Die hohen Sicherheitsbestände bei diesem Vorgehen ermöglichen es, fast alle Unsicherheiten zu bewältigen. In der Matrix sind zudem die Bestandsreichweiten angegeben, die sich bei den empfohlenen Verfahren aus den durchschnittlichen Mengen, die sich im Kundenlager befinden, ergeben. Diese dienen als Grundlage eines heuristischen Vorgehens, wie es der folgende Abschnitt 4.2.8 vorstellt.

4.2.8 Heuristisches Vorgehen und Analyse der dritten Phase der Simulationsstudie

Bestände stellen Flexibilitätspotenzial für das taktisch-operative SCM dar und können auf dieser Planungsebene erzeugt werden. Diese Folgerung aus den Experteninterviews konnte im Zuge der ersten beiden Phasen der Simulationsstudie bestätigt werden. Die Untersuchung zeigt zudem, dass die Herausforderung bei der Mengenplanung in der Lokalisation und Dimensionierung der Güterquantitäten liegt. Die Studie verdeutlicht, dass Bestände dann am wirkungsvollsten sind, wenn sie nach kritischen Prozessschritten angeordnet sind. Im untersuchten Supply Chain-Ausschnitt ist dies das Kundenlager. Die in der Entscheidungsmatrix des Abschnitts 4.2.7 aufgeführten Verfahren verfügen dabei über eine Bestandsreichweite im Kundenlager von 0,43–1,45 Monaten. Aus diesen Informationen kann ein heuristisches Vorgehen zur Mengenplanung bei Unsicherheiten abgeleitet werden. Dies ist dann angebracht, wenn die Ressourcen für die Durchführung einer Studie zur Auswahl eines Planungsansatzes, wie sie diese Arbeit vorstellt, nicht zur Verfügung stehen. Es kann auch dann Anwendung finden, falls die Zielsetzung des Leistungssystems eine Implementierung der SO1 oder ROMM nahelegt, aber deren Umsetzung nicht gelingt. Der Vorschlag trägt auch dem von Dicker in den Experteninterviews formulierten Wunsch Rechnung, dass ein Planungsverfahren einfach nachvollziehbar und leicht umzusetzen sein muss. Die Näherungslösung lässt sich in zwei Schrit-

ten umsetzen, wobei letzterer die Dimensionierung des Flexibilitätspotenzials beinhaltet:

1. Identifikation der kritischen Prozesse, die aufgrund der strategischen Potenzialplanung über geringen Handlungsspielraum verfügen.
2. Definition von Sicherheitsbeständen in Lagern, die den kritischen Prozessen folgen. In Abhängigkeit der verfolgten Zielsetzung ist deren Umfang so festzulegen, dass die daraus resultierende Bestandsreichweite mindestens den in der Entscheidungsmatrix angegebenen Zeiträumen entspricht.

Zur Veranschaulichung und Überprüfung dieses heuristischen Ansatzes dient die dritte Phase der Simulationsstudie. Dabei können die bisherigen Untersuchungsergebnisse genutzt werden, um den kritischen Prozess im betrachteten Supply Chain-Ausschnitt zu identifizieren. Dies ist der Transportprozess. Hier existieren keine Flexibilitätspotenziale, um auf Abweichungen, insbesondere Verzögerungen, von der geplanten Transportzeit zu reagieren. Demnach ist für den zweiten Schritt der heuristischen Überlegungen ein Sicherheitsbestand im Kundenlager zu definieren. Dieser dient dazu, eine angestrebte Bestandsreichweite zu realisieren. Als grundlegende Planungsverfahren, die entsprechend anzupassen sind, dienen der dritten Simulationsphase der theoretische Ansatz zur dynamischen Losgrößenplanung durch das Silver-Meal-Verfahren, welcher als DP in Anylogic modelliert ist, und der aus den Interviews abgeleitete und in der ersten Phase der Simulationsstudie als günstigstes Vorgehen identifizierte Ansatz der PPoB. In beiden Verfahren soll ein Sicherheitsbestand umgesetzt werden, der zu einer Bestandsreichweite von 0,54 bzw. 0,84 Monaten führt. Ziel ist es, die relativ einfachen Planungsmethoden durch die Integration der Sicherheitsbestände im Kundenlager so anzupassen, dass ihre Leistungsmerkmale denen der SO1 oder ROMM entsprechen.

Zunächst gilt es daher, die Menge zu ermitteln, die sich durchschnittlich im Lager des Händlers befinden muss. Sie ergibt sich aus der Multiplikation der angestrebten Bestandsreichweite in Monaten mit der durchschnittlichen Monatsnachfrage. Die Gleichung (4-12) stellt dies formal dar:

$$\text{Zielbestand} = \text{angestrebte Bestandsreichweite} \cdot \emptyset \text{Periodennachfrage} \quad (4-12)$$

$$\text{Sicherheitsbestand} = \text{Zielbestand} - \text{vorhandene Bestandsreichweite} \quad (4-13)$$

Vom ermittelten Wert ist der Bestand abzuziehen, der sich aufgrund des angewendeten Planungsvorgehens, im betrachteten Beispiel bei der DP bzw. der PPOB, bereits durchschnittlich im Lager befindet. Das Ergebnis dieser Rechnung (4-13) stellt den Sicherheitsbestand dar, welcher in die Ermittlung des disponiblen Bestandes einfließt. Durch ihn wird die entsprechende Bestandsreichweite des Lagers sichergestellt. Sollte es sich bei dem ermittelten Wert um eine negative Menge handeln, so beträgt der Sicherheitsbestand 0 Stück. In diesen Fällen ergeben sich aus dem angewendeten Planungsverfahren Bestandsreichweiten, die über denen liegen, die aus der Entscheidungsmatrix abzulesen sind. Grund hierfür können hohe Rüstkosten im Verhältnis zu den Lagerhaltungskosten oder eine hohe fixe Losgröße sein. Die beiden Rechnungen (4-14) und (4-15) geben die Höhe der Sicherheitsbestände an, die notwendig sind, um die Bestandsreichweiten von 0,54 bzw. 0,84 Monaten bei der DP sowie der PPOB zu erreichen. Da sich bei beiden Verfahren durchschnittlich 36 Stück im Kundenlager befinden, sind die sich ergebenden Sicherheitsbestände identisch:⁶⁹³

$$\begin{aligned} \text{Sicherheitsbestand (Reichweite: 0,54 Monate)} &= \\ 0,54 \text{ Monate} \cdot 83 \text{ Stück/Monat} - 36 \text{ Stück} &= 9 \text{ Stück} \end{aligned} \quad (4-14)$$

$$\begin{aligned} \text{Sicherheitsbestand (Reichweite: 0,84 Monate)} &= \\ 0,84 \text{ Monate} \cdot 83 \text{ Stück/Monat} - 36 \text{ Stück} &= 34 \text{ Stück} \end{aligned} \quad (4-15)$$

Zur Überprüfung, ob die ermittelten Sicherheitsbestände zu der angestrebten Reduktion der Fehlmengengstunden führen, dient die dritte Phase der Simulationsstudie. Sie nutzt die bereits in der ersten Phase erstellten Modelle der DP und PPOB und passt diese an. Die Anpassung beinhaltet die Reduktion des disponiblen Bestands des Händlers um den festgelegten Sicherheitsbestand sowie die Integration eines Anfangsbestands im Kundenlager. Dieser entspricht ebenfalls der Höhe

⁶⁹³ Vgl. für den Bestand im Kundenlager Tabelle 4.30 in Abschnitt 4.2.5.3.

des Sicherheitsbestandes und lässt sich wie in den Modellen der LPmB und PPmB abbilden.⁶⁹⁴ In der dritten Phase der Simulationsstudie werden 13 Experimente durchgeführt, welche die DP um einen Sicherheitsbestand erweitern. Neben den in den Rechnungen (4-14) und (4-15) angestrebten Bestandsreichweiten werden dabei auch Experimente designt, die weitere Werte für die Reichweite des Bestands darstellen. Sie liegen zwischen den Extremwerten aus der Entscheidungsmatrix in Abschnitt 4.2.7 und sind in Tabelle 4.44 aufgeführt.

Angestrebte Bestandsreichweite	Sicherheitsbestand	Summe der Kosten	Fehlmengestunden	Händlerbestand
0,4 Monate	0 Stück	7.050 €	202 Stunden	36 Stück
0,5 Monate	6 Stück	7.148 €	167 Stunden	40 Stück
0,54 Monate	9 Stück	7.217 €	149 Stunden	43 Stück
0,6 Monate	14 Stück	7.321 €	128 Stunden	47 Stück
0,7 Monate	22 Stück	7.488 €	102 Stunden	53 Stück
0,8 Monate	30 Stück	7.689 €	80 Stunden	61 Stück
0,84 Monate	34 Stück	7.787 €	68 Stunden	65 Stück
0,9 Monate	39 Stück	7.913 €	59 Stunden	69 Stück
1,0 Monate	47 Stück	8.120 €	48 Stunden	76 Stück
1,1 Monate	55 Stück	8.344 €	39 Stunden	84 Stück
1,2 Monate	64 Stück	8.588 €	30 Stunden	92 Stück
1,3 Monate	72 Stück	8.804 €	23 Stunden	99 Stück
1,4 Monate	80 Stück	9.044 €	18 Stunden	107 Stück

Tabelle 4.44: Ergebnisse der 13 Experimente bei Erweiterung der PPoB durch Sicherheitsbestände

⁶⁹⁴ Vgl. Abschnitt 4.2.3.5 bzw. 4.2.3.6.

Analog zu diesem Vorgehen wird das Ausgangsmodell der PPOB erweitert. Somit ergeben sich insgesamt 26 Experimente in der dritten Phase. Diese beinhalten jeweils 10.000 Simulationsläufe, so dass Daten aus 260.000 Simulationsläufen zur Bewertung der Heuristik zur Verfügung stehen.⁶⁹⁵ Tabelle 4.44 gibt die Summe der Kosten, die Stunden mit Fehlmengenergebnissen sowie die Lagerbestände beim Händler an, die sich aus den Experimenten bei Erweiterung der PPOB ergeben. Dabei ist zunächst festzuhalten, dass die Bestände, die sich durchschnittlich im Kundenlager befinden, nicht den angestrebten Mengen entsprechen. Gleiches gilt bei der Betrachtung der Werte, die durch die Experimente mit der erweiterten DP entstehen.⁶⁹⁶ Der heuristische Ansatz ist somit nicht in der Lage, ein exaktes Bestandsniveau zu erzeugen. Dies ist jedoch auch nicht das primäre Ziel. Vielmehr soll es das Vorgehen ermöglichen, ohne die aufwendige Implementierung einer stochastischen oder robusten Optimierung Flexibilitätspotenzial in der taktisch-operativen Mengenplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten zu gestalten.

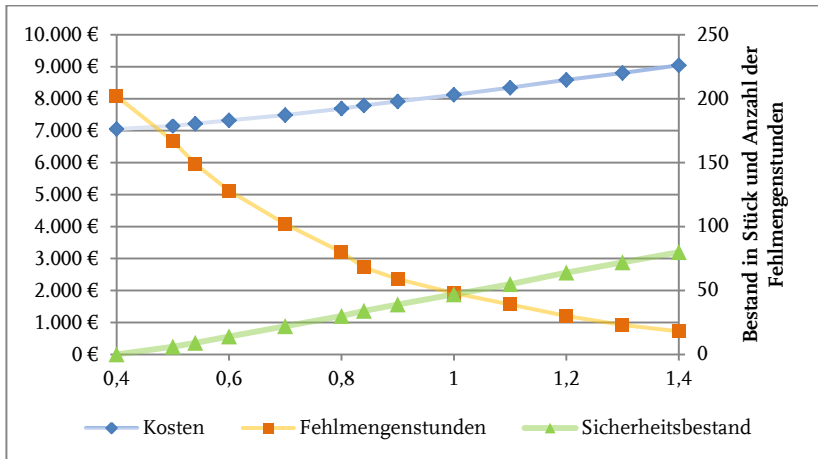


Abbildung 4.28: Ergebnisse bei Erweiterung der PPOB um den zweiten Schritt der Heuristik⁶⁹⁷

⁶⁹⁵ Vgl. zur Anzahl der Wiederholungen Abschnitt 4.2.4.2.

⁶⁹⁶ Die entsprechenden Daten finden sich in Anhang A11.

⁶⁹⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

Die Zielsetzung des heuristischen Vorgehens wird von diesem erreicht. So führt das Vorhalten eines Sicherheitsbestandes zu einer teils erheblichen Reduktion der Fehlmengenstunden. Abbildung 4.28 stellt dies bei der PPoB dar. Es bestätigen sich hier die gewonnenen Erkenntnisse aus der ersten Phase der Simulationsstudie, wobei der relative Nutzen des Flexibilitätspotenzials mit dessen Anstieg abnimmt.⁶⁹⁸ Abbildung 4.29 zeigt, dass dies auch bei der Einführung von Sicherheitsbeständen bei der DP der Fall ist.

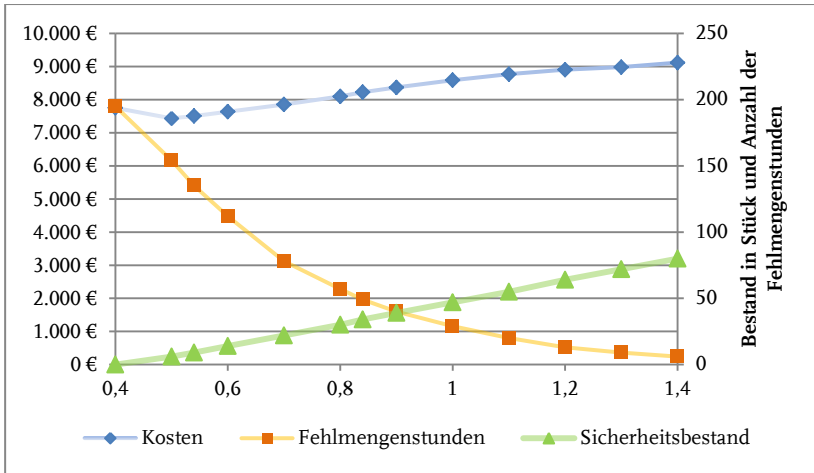


Abbildung 4.29: Ergebnisse bei Erweiterung der DP um den zweiten Schritt der Heuristik⁶⁹⁹

Ausgangspunkt der Überlegungen zum heuristischen Vorgehen sind die Bestandsreichweiten im Kundenlager, die sich aus der SO1 (0,54 Monate) und der ROMM (0,84 Monate) ergeben. Werden die entsprechenden Sicherheitsbestände von 9 bzw. 34 Stück in die Mengenplanung mithilfe der DP bzw. PPoB integriert, so gelingt es, dass sich die Anzahl der Fehlmengenstunden, wie in Abbildung 4.30 zu erkennen ist, nahe dem angestrebten Niveau bewegt. So liegt diese bei einem Sicherheitsbestand von 9 Stück bei der DP unter den Fehlmengenstunden der

⁶⁹⁸ Vgl. neben der Ergebnisdarstellung in Abschnitt 4.2.5 insbesondere die Bewertung der Planungsverfahren in Abschnitt 4.2.7.

⁶⁹⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

SO1, welche eine Bestandsreichweite von 0,54 Monaten im Kundenlager erzeugt. Bei der PP liegt der Wert mit einer zusätzlichen Fehlmengengestunde geringfügig über dem der SO1. Bei den Verfahren, die eine Bestandsreichweite von 0,84 Monaten anstreben, entstehen beim heuristischen Verfahren jeweils weniger Fehlmengenergebnisse als bei der ROMM.

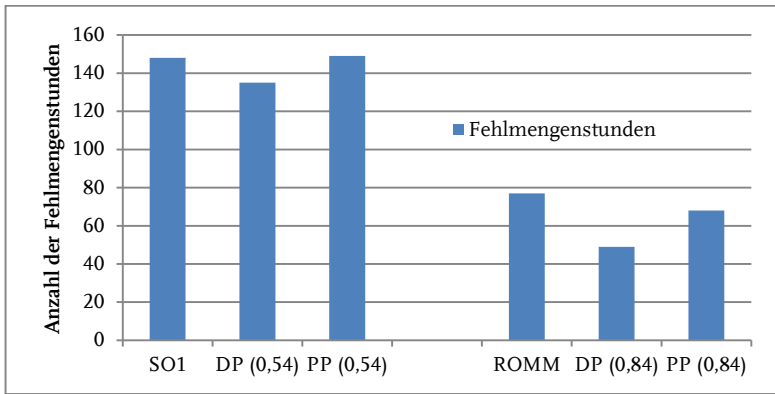


Abbildung 4.30: Vergleich der Fehlmengengestunden bei Anwendung der Heuristik mit den Ergebnissen der Planungsverfahren SO1 und ROMM⁷⁰⁰

Der in Abbildung 4.31 dargestellte Kostenvergleich ergibt ein ähnliches Bild. So weist das heuristische Vorgehen im Vergleich zur ROMM bessere Werte auf. Gegenüber der SO1 liegen die Kosten leicht über bzw. unter deren Wert. Dies zeigt, dass sich durch den zweiten heuristischen Schritt Flexibilitätspotenzial aufbauen lässt, um Unsicherheiten zu bewältigen. Allerdings handelt es sich nur um eine Näherungslösung. Um ein optimales Bestandsniveau zu ermitteln, bedarf es einer entsprechenden Nutzenfunktion der Flexibilität. Kapitel 3 erläutert, dass diese i. d. R. nicht vorliegt. Alternativ lässt sich die Dimension der Bestände durch die Integration von Unsicherheiten in den Planungsprozess festlegen. Die Auswahl eines geeigneten Planungsverfahrens kann, wenn die entsprechenden Daten und Ressourcen vorhanden sind, gemäß dem hier in Abschnitt 4.2 vorgestellten und beispielhaft durchgeführten Vor-

⁷⁰⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

gehen erfolgen. Alternativ steht der heuristische Vorschlag zur Verfügung.⁷⁰¹

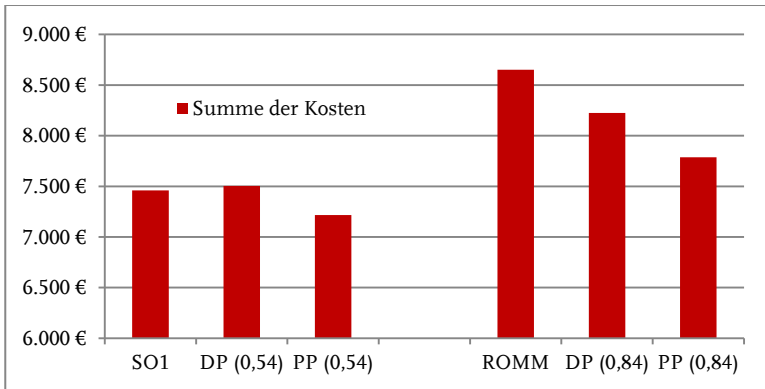


Abbildung 4.31: Vergleich der Summe der Kosten bei Anwendung der Heuristik mit den Ergebnissen der Planungsverfahren SO1 und ROMM⁷⁰²

4.3 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den empirischen Untersuchungen

Die vier in Kapitel 4 betrachteten Punkte wurden anhand zweier Methoden untersucht. Die qualitativen Experteninterviews fokussierten sich auf die ersten beiden Aspekte. Dabei steht zunächst ein Abgleich der in den vorherigen Kapiteln erläuterten Konzepte mit den Erfahrungen von Unternehmensvertretern im Vordergrund. Die Analyse zeigt, dass eine stufenübergreifende Planung, wie sie theoretische Ansätze zum SCM empfehlen, weder institutionsübergreifend noch -intern stattfindet. Zudem ist festzuhalten, dass die Trennung nach einer taktischen und einer operativen Planung nicht existiert. Der Übergang zwischen den beiden Ebenen ist fließend. Bestätigt werden hingegen die in Kapitel 2

⁷⁰¹ Die Aussagen und Erkenntnisse zum heuristischen Vorgehen beschränken sich zunächst auf den hier betrachteten Supply Chain-Ausschnitt. Diese sind in weiteren Analysen insbesondere bei unterschiedlichen Supply Chain-Strukturen zu überprüfen.

⁷⁰² Quelle: Eigene Darstellung.

vorgestellten Modelle zu den Unsicherheiten. Deren Wirkung lässt sich in drei Bereiche einteilen. Dies sind Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten. Auch bei den Möglichkeiten, Unsicherheiten zu bewältigen, werden Instrumente genannt, die bereits die in Kapitel 2 und Kapitel 3 analysierte Literatur hervorgebracht hat. Dabei wird insbesondere die Notwendigkeit von Flexibilität thematisiert.

Notwendige Handlungsspielräume für diese Eigenschaft lassen sich im Zuge der taktisch-operativen Planung mithilfe von Beständen aufbauen. Mit dieser Erkenntnis kann Forschungsfrage 4 der Arbeit sowie der zweite inhaltliche Aspekt von Kapitel 4 im Rahmen der Experteninterviews beantwortet werden. Deren Erkenntnisbeitrag ist in Tabelle 4.45 zusammengefasst. Den Fragen, wie und mit welchem Verfahren Bestandspotenziale zu dimensionieren sind, wenn nicht bekannt ist, welche und in welchem Umfang Unsicherheiten auftreten, kann in den Gesprächen mit den Unternehmensvertretern nur mit Verweisen auf Erfahrungswissen begegnet werden. Daher wird dieser Aspekt mittels einer quantitativen Simulationsstudie untersucht.

Erkenntnisse aus den Experteninterviews:

- Weder extern noch intern findet eine stufenübergreifende Planung in den betrachteten Unternehmen statt.
- Die befragten Experten differenzieren die Mengenplanung nicht in einen taktischen und einen operativen Bereich.
- Die theoretische Gliederung der Arten und Auswirkungen von Unsicherheiten findet sich in der unternehmerischen Praxis wieder.
- Zur Bewältigung von Unsicherheiten ist Flexibilität von entscheidender Bedeutung.
- Bestände erlauben es, Flexibilität auf der taktisch-operativen Ebene aufzubauen.

Tabelle 4.45: Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Experteninterviews

Diese greift den in den Interviews beschriebenen Planungsprozess sowie entsprechende Vorgehensweisen zur Mengenplanung auf. Zudem finden die in Kapitel 3 erläuterten Planungsansätze zur Potenzialgenerierung Eingang in die Untersuchung. Diese zeigt ein Vorgehen auf, wie

es möglich ist, ein für eine Supply Chain geeignetes Planungsverfahren zur Dimensionierung von Flexibilitätspotenzialen zu identifizieren. Der Fokus auf der Mengenplanung beinhaltet zudem die Analyse, ob sich die erläuterten Verfahren grundsätzlich für diesen Planungsschritt eignen. Dabei handelt es sich um den dritten in Kapitel 4 betrachteten Untersuchungsbereich. Die Modellierung der Simulationsstudie sowie deren Ergebnisse zeigen, dass eine solche Eignung vorliegt. Sowohl die stochastische, inklusive ihrer dynamischen Variante in Form der flexiblen Planung, wie auch die robuste Optimierung können in einer rollierenden Planung auf der taktisch-operativen Ebene zur Dimensionierung von Mengen eingesetzt werden. Die Simulationsstudie stellt dies am Beispiel der Silver-Meal-Heuristik dar. Analog dazu lässt sich das Vorgehen auf andere Planungsmodelle übertragen. Durch die Dynamik der rollierenden Planung ist es zudem möglich, zeitliche Interdependenzen bei der Planung zu berücksichtigen. Zur Bewältigung von Unsicherheiten sind jedoch nur Planungsansätze geeignet, die entsprechende Potenziale aufbauen. Von den aus der Literatur abgeleiteten Vorgehensweisen gelingt dies den Planungsmethoden der stochastischen Optimierung mit der Szenariengewichtung 1 (SO1), der flexiblen Planung mit einem Servicegrad von 90 % (FP90) und der robusten Optimierung mit der Maximin-Regel (ROMM). Sie stellen somit die Antwort auf Forschungsfrage 5, nach geeigneten Verfahren zur Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial im taktisch-operativen SCM, dar. Den identifizierten Verfahren ist gemein, dass sie ein risikoaverses Entscheidungsverhalten abbilden und die beiden Zielsetzungen der taktisch-operativen Mengenplanung, die Vermeidung von Fehlmengenergebnissen und die Minimierung der Kosten, beachten. Die durch sie aufgebauten Potenziale umfassen eine Bestandsreichweite von 0,54–0,87 Monaten. Diese Erkenntnis beantwortet die im Rahmen des vierten Untersuchungspunktes des vorliegenden Kapitels gestellte Frage nach der Dimensionierung des Bestandspotenzials und somit auch Forschungsfrage 6. Die gewonnene Einsicht sowie die weiteren Schlussfolgerungen, die sich aus der Simulationsstudie ableiten lassen, fasst Tabelle 4.46 zusammen.

Erkenntnisse aus der Simulationsstudie:

- Die ersten beiden Phasen der Simulationsstudie dienen als Vorgehensmodell zur Auswahl geeigneter Planungsverfahren zur Dimensionierung von Flexibilitätspotenzial.
- Die stochastische und die robuste Optimierung sowie die flexible Planung lassen sich auf eine rollierende Planung im taktisch-operativen SCM übertragen.
- Die rollierende Planung erlaubt die Berücksichtigung zeitlicher Interdependenzen.
- Zur Dimensionierung von Bestandspotenzial eignen sich bei Beachtung von Fehlmengen- und Kostenzielen die Vorgehensweisen der SO1, FP90 und ROMM.
- Mithilfe von Sicherheitsbeständen lässt sich ein heuristisches Vorgehen zur Potenzialplanung umsetzen.

Tabelle 4.46: Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Simulationsstudie

Das dargestellte Vorgehen zur Auswahl einer für eine Supply Chain geeigneten Planungsmethode zeigt, dass dieser Prozess nicht trivial ist. Die Durchführung erfordert daher entsprechende Ressourcen. Sollten diese nicht zur Verfügung stehen, so kann das im Zuge der dritten Phase der Simulationsstudie vorgestellte heuristische Vorgehen angewendet werden. Dieses ermöglicht es, Sicherheitsbestände zu definieren, welche Handlungsspielräume und damit Flexibilitätspotenzial schaffen, die sich an den Ergebnissen der als geeignet identifizierten Planungsverfahren orientieren. Welchen Beitrag Bestandspotenzial im Rahmen des SCM zur Bewältigung von Unsicherheiten leistet, erläutert Kapitel 5. Dabei wird der in Kapitel 2 entwickelte konzeptionelle Bezugsrahmen einer flexiblen, robusten, resilienten und agilen Supply Chain aufgegriffen und weiterentwickelt.

5 Abschließende Betrachtung der taktisch-operativen Potenzialplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain

Kapitel 5 dient dazu, die vorliegende Arbeit abzuschließen. Ziel ist es, die wesentlichen Erkenntnisse zusammenzufassen und sie einer kritischen Würdigung zu unterziehen. Zudem wird die siebte Forschungsfrage beantwortet, indem Abschnitt 5.1 aufzeigt, wie die Gestaltung von Bestandspotenzial im Zuge der taktisch-operativen Mengenplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains beiträgt. Die aus dem deduktiven Vorgehen der Kapitel 3 und 4 gewonnenen Erkenntnisse werden dazu aufgegriffen, um sie in den konzeptionellen Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten zu integrieren und diesen entsprechend anzupassen. Abschnitt 5.2 bezieht sich anschließend auf alle im Zuge dieser Arbeit betrachteten Forschungsfragen. Er zeichnet den Gang der Untersuchung nach und stellt den Beitrag der Ausführungen zur Beantwortung der Fragen vor. Im finalen Abschnitt 5.3 wird abschließend eine kritische Würdigung der Arbeit vorgenommen sowie ein Ausblick in Bezug auf zukünftige Forschungsanstrengungen gegeben.

5.1 Beitrag der taktisch-operativen Mengenplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain

Den Erläuterungen in Abschnitt 5.1 liegt ein induktiver Charakter zugrunde, der den Beitrag von Bestandspotenzialen zum Flexibilitätsmanagement und dessen Rolle bei der Gestaltung eines flexiblen, robusten, resilienten und agilen Leistungsnetzwerkes aufzeigt. Dies geschieht durch eine Gliederung in drei Punkte. Zunächst erfolgt in Abschnitt 5.1.1 die Einordnung der Planung von Bestandspotenzialen in das Flexibilitätsmanagement. Anschließend erörtert Abschnitt 5.1.2 die Rolle der Flexibilitätsgestaltung im konzeptionellen Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains. Aus diesem werden abschließend Handlungsempfehlungen abgeleitet, welche die Flexibili-

tät eines Leistungsnetzwerks und somit dessen Robustheit, Resilienz und Agilität steigern. Dies erfolgt in Abschnitt 5.3.

5.1.1 Bestandspotenzial als Element des Flexibilitätsmanagements

Bei der in Kapitel 4 untersuchten Dimensionierung von Beständen handelt es sich um eine Komponente der Potenzialplanung des Flexibilitätsmanagements.⁷⁰³ Sowohl die Literatur zur Flexibilität wie auch die durchgeführten Interviews ordnen dieses Instrument der taktisch-operativen Managementebene zu. Dies bedeutet, dass nur ein begrenztes Maß an Unsicherheiten mithilfe dieser Handlungsspielräume bewältigt werden kann. In der durchgeführten Simulationsstudie wurde dies ebenfalls festgestellt. Trotz zum Teil hoher Bestände ist es hier in keinem Experiment gelungen, Fehlmengenerenignisse komplett zu vermeiden. Es sind daher neben den Bestandspotenzialen zusätzliche Handlungsspielräume erforderlich. Diese werden durch Kapazitätspotenzial auf strategischer Ebene geschaffen. Jain et al. differenziert dabei zwischen Design- und Softwarepotenzialen.⁷⁰⁴ Bei Letzteren handelt es sich um mittel- bis langfristige Investitionen beispielsweise in Form von Mitarbeiterqualifikationen, Veränderung der Firmenkultur oder Kompetenzsteigerung von Lieferanten. Ziel ist es, Fähigkeiten zu entwickeln, welche die jeweiligen Akteure in die Lage versetzen, flexibel auf Unsicherheiten zu reagieren. Bei dem als Design- bezeichneten Kapazitätspotenzial handelt es sich hingegen um Investitionen in die Supply Chain-Struktur. Dies sind beispielsweise parallele Fertigungslinien oder flexible Produktionsanlagen. Auch eine Multiple Sourcing-Strategie lässt sich hier einordnen. Allen Kapazitätspotenzialen ist gemeinsam, dass erhebliche Investitionen notwendig sind, um diese aufzubauen und dass sie anschließend nur mit großem Aufwand verändert werden können. Damit geht auch das Risiko von Fehlinvestitionen einher. Dieses liegt grundsätzlich auch bei Bestandspotenzialen vor. Allerdings ist der ent-

⁷⁰³ Vgl. Abschnitt 3.1.1.1.

⁷⁰⁴ Vgl. zu den folgenden Ausführungen zum Design- und Softwarepotenzial Jain et al. (2013), S. 5963–5964.

sprechende Aufwand, um diese auf- bzw. abzubauen deutlich geringer.⁷⁰⁵

Für das Flexibilitätsmanagement stellen Bestände somit ein geeignetes Instrument zur kurz- bis mittelfristigen Schaffung von Handlungsspielräumen dar. Durch sie ist es möglich, ein Leistungssystem proaktiv auf Unsicherheiten vorzubereiten, welche bei der Planung von Kapazitätspotenzialen noch nicht berücksichtigt wurden. Zudem ermöglichen es Bestände, Unsicherheiten ohne Investitionen in die Supply Chain-Struktur zu bewältigen. Kapitel 4 zeigt beispielhaft, wie sich Bestandspotenzial dimensionieren lässt und welche Methoden für die Gestaltung zur Verfügung stehen. Die Untersuchung ergab aber auch, dass die taktisch-operative Ebene alleine nicht in der Lage ist, Potenziale zur Bewältigung aller Unsicherheiten zur Verfügung zu stellen. In Abbildung 5.1 ist daher zu sehen, dass beide Komponenten ihren Beitrag zum Aufbau von Handlungsspielräumen leisten. Zusammen mit der Einsatzplanung stellen sie die Planungsaufgaben des Flexibilitätsmanagements dar.

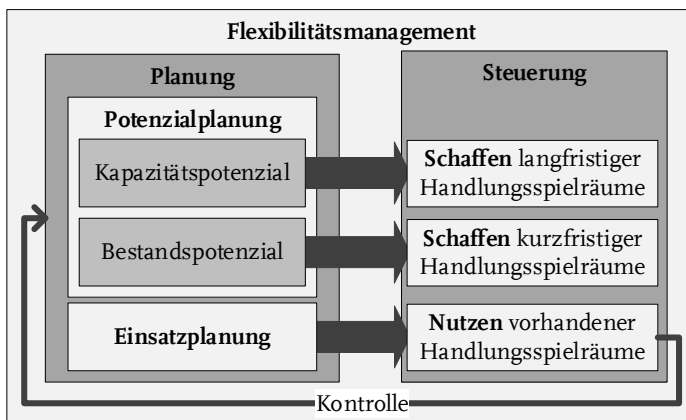


Abbildung 5.1: Rolle der Kapazitäts- und Bestandsflexibilität im Flexibilitätsmanagement⁷⁰⁶

⁷⁰⁵ Wieban führte in den Experteninterviews aus, dass der Aufbau von Beständen kaum ein Risiko mit sich bringt [vgl. Abschnitt 4.1.2.3].

⁷⁰⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Gelingt es, die Potenzialplanung zielgerichtet in den SCM-Prozess zu integrieren, so verfügt das so gestaltete Leistungsnetzwerk über entsprechende Spielräume, die im Rahmen der Einsatzplanung zur Bewältigung von Unsicherheiten genutzt werden können. Eine solche Supply Chain kann als flexibel bezeichnet werden. Welche Auswirkungen dies auf die Robustheit, Resilienz und Agilität des Netzwerkes hat, sowie die Rolle des Bestandpotenzials für diese Fähigkeiten betrachtet der folgende Abschnitt 5.1.2.

5.1.2 Weiterentwicklung des konzeptionellen Bezugsrahmens zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain

In Kapitel 2 wurde ein konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains entwickelt.⁷⁰⁷ Dieser setzte die Eigenschaften Flexibilität, Robustheit, Resilienz und Agilität in Beziehung zueinander. Dieses Modell soll um die Erkenntnisse aus den Untersuchungen in Kapitel 3 und 4 erweitert werden. In der ursprünglichen Form konnte Flexibilität als Kernelement bei der Bewältigung von Unsicherheiten identifiziert werden. Die Fähigkeit ist demnach notwendiger Bestandteil der drei weiteren Eigenschaften. Abschnitt 5.1.1 verdeutlicht, dass sich Handlungsspielräume sowohl aus vorhandenen Kapazitäten wie auch aus Beständen ergeben. Dies greift Abbildung 5.2 auf, welche den erweiterten konzeptionellen Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in der Supply Chain abbildet. Flexibilität ist hier erneut im Zentrum dargestellt und besteht aus Kapazitäts- und Bestandsflexibilität.⁷⁰⁸ Verfügt eine Supply Chain über diese beiden Komponenten, so ist sie bis zu einem gewissen Grad in der Lage, mit Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten umzugehen. Flexibilität alleine ist jedoch nicht ausreichend, um alle auftretenden Unsicherheiten, denen ein Leistungsnetzwerk ausgesetzt ist, zu bewältigen. Vielmehr tragen Kapazitäts- und Bestandsflexibilität dazu bei, die Supply Chain robust, resilient und agil zu gestalten. Die Simulationsstudie

⁷⁰⁷ Vgl. Abschnitt 2.4.6.3.

⁷⁰⁸ Vgl. Abschnitt 3.1.1.1.

zeigt jedoch, dass Flexibilität die drei Eigenschaften in unterschiedlichem Maße unterstützt.

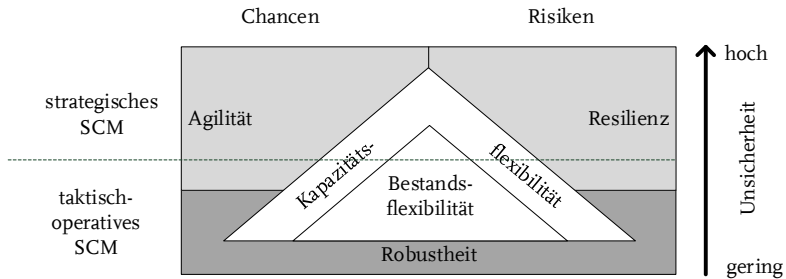


Abbildung 5.2: Erweiterter konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains⁷⁰⁹

Für ein robustes System ist Flexibilität von zentraler Bedeutung.⁷¹⁰ Durch sie ist es möglich, auf operative Unsicherheiten zu reagieren und sowohl Chancen aus alltäglichen Schwankungen zu realisieren wie auch Risiken abzuwenden. Neben anderen Instrumenten gelingt dies durch den Einsatz von Kapazitäts- und Bestandsflexibilität. Abbildung 5.2 ordnet letzterer die größere Bedeutung für die Robustheit einer Supply Chain zu. Dies hat zwei Gründe. So zeigten die Untersuchungen in Kapitel 4, dass es möglich ist, mit Beständen sowohl operative wie auch disruptive Unsicherheiten zu bewältigen. Existiert aber in der Summe eine große Unsicherheit, was einem gemeinsamen Auftreten der beiden Arten entspricht, so ist die Bestandsflexibilität nicht ausreichend, um alle Unsicherheiten zu bewältigen. Da operative Unsicherheiten jedoch immer existieren, ihre Ausprägungen jedoch begrenzt sind, stellen Bestände ein adäquates Mittel dar, um mit diesen umzugehen. Dabei lassen sich sowohl Gefahren durch Versorgungs- oder Prozessschwankungen ausräumen wie auch Chancen nutzen, die sich aus Fluktuationen bei der Nachfrage ergeben. Treten zusätzlich störende Ereignisse von hoher Intensität auf, so bedarf es weiterer Instrumente zur Bewältigung der Summe von Unsicherheiten. In diesem Fall ist es nicht mehr ausreichend, dass die Supply Chain robust ist. Sie sollte auch agil bzw. resi-

⁷⁰⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁷¹⁰ Vgl. Abschnitt 2.4.4.

lient sein. Der zweite Grund für die Zuordnung der Bestandsflexibilität zur primären Unterstützung der Robustheit liegt darin, dass es sich um ein Instrument des taktisch-operativen Managements handelt. Auf dieser Ebene sind grundsätzlich Entscheidungen zur Bewältigung operativer Unsicherheiten angesiedelt.⁷¹¹ Diese Zuordnung greift auch Abbildung 5.2 auf. Um die große Bedeutung der Flexibilität, besonders durch Bestände, zu verdeutlichen, wird die ursprünglich als Rechteck dargestellte Eigenschaft hier als Dreieck visualisiert. Dessen Basis trägt im Wesentlichen zur Robustheit einer Supply Chain bei. Die Spitze des Dreiecks, und somit ein geringerer Teil, unterstützt die Agilität und Resilienz eines Leistungsnetzwerkes.

Die Ausführungen in Abschnitt 2.4 zeigten bereits, dass diese beiden Eigenschaften weit mehr als nur Flexibilität umfassen. Die Untersuchung in Kapitel 4 verdeutlichte zudem, dass Bestandsflexibilität zwar in der Lage ist, disruptive Unsicherheiten zu bewältigen, wenn diese jedoch gemeinsam mit operativen Unsicherheiten auftreten und zu langanhaltenden Unterbrechungen führen, sind die entsprechenden Handlungsspielräume nicht ausreichend, um die Leistungserstellung des Systems aufrechtzuerhalten. Hier ist Kapazitätsflexibilität erforderlich. Dies führt zu der in Abbildung 5.2 vorgenommenen Darstellung. Hier ist zu erkennen, dass Kapazitäten im Vergleich zu Beständen eher geeignet sind, Agilität und Resilienz zu unterstützen. Dass dieser Beitrag dennoch nicht zu einer ebenso großen Unterstützung wie bei der Robustheit führt, liegt in den Zielen einer agilen bzw. resilienten Supply Chain begründet. Diese gehen über die reine Bewältigung von Unsicherheiten hinaus. Daher ist Flexibilität auf strategischer Ebene wichtig, es bedarf jedoch weit mehr als dieser Fähigkeit, um Wettbewerbsvorteile aus sich verändernden Rahmenbedingungen zu erschließen wie es eine agile Supply Chain will.⁷¹² Auch für die Erholung und eventuelle Neupositionierung nach einem disruptiven Ereignis, welche Ziele eines resilienten Leistungsnetzwerkes darstellen, ist Flexibilität wichtig, aber

⁷¹¹ Vgl. Van Landeghem/Vanmaele (2002), S. 771.

⁷¹² Vgl. Abschnitt 2.4.2 und die dort in Abbildung 2.15 angegebenen Instrumente.

nicht ausreichend.⁷¹³ Daher sind die Bestands- und insbesondere die Kapazitätsflexibilität Teil einer agilen und resilienten Supply Chain, jedoch ist ihr Anteil an dieser geringer als der Beitrag zur Robustheit. Dies ist im erweiterten Bezugsrahmen der Abbildung 5.2 zu erkennen.

Neben der Erweiterung des konzeptionellen Bezugsrahmens ermöglichen es die Erkenntnisse der Kapitel 3 und 4, die Planungsaufgaben des Flexibilitätsmanagements, welche die Gestaltung von Kapazitäts- und Bestandspotenzialen sowie die Einsatzplanung umfassen, den Planungsebenen des SCM zuzuordnen. Dargestellt ist dies in Abbildung 5.3.

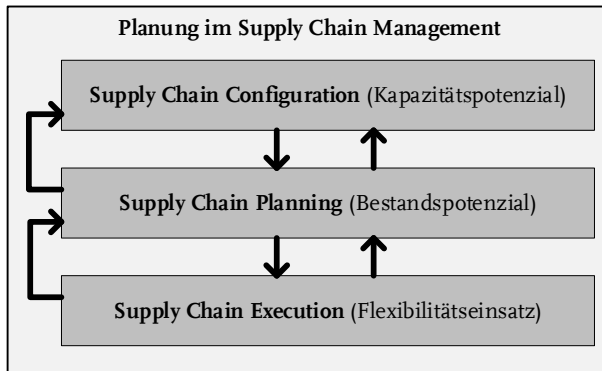


Abbildung 5.3: Einordnung der Flexibilitätsplanung in die Planungsebenen des SCM⁷¹⁴

Diese orientiert sich an den Stufen der hierarchischen Planung im SCM.⁷¹⁵ Demnach werden in der Supply Chain Configuration Entscheidungen über die Supply Chain-Struktur getroffen. Dabei sind auch Überlegungen über vorzuhaltende Redundanzen, welche Kapazitätspotenzialen entsprechen, anzustellen. Bestandspotenziale werden hingegen auf der darunterliegenden Ebene aufgebaut. Dies entspricht dem Supply Chain Planning.⁷¹⁶ Die unterste Planungsebene im SCM ist die

⁷¹³ Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 2.4.3 und die in Tabelle 2.9 aufgeführten Instrumente.

⁷¹⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

⁷¹⁵ Vgl. Abschnitt 2.2.4.1.

⁷¹⁶ In den Erläuterungen in Abschnitt 2.2.4.1 wird das Supply Chain Planning alleine der taktischen Ebene zugeordnet. Da sich diese strikte Trennung zur operativen Ebene bei

Supply Chain Execution. Hier wird die kurzfristige Ausführung und Umsetzung der zuvor getroffenen Entscheidungen geplant um konkrete Kundenaufträge auszuführen. Dabei wird festgelegt, welche Ressourcen für die Umsetzung notwendig sind. Dies beinhaltet auch die Nutzung vorhandener Handlungsspielräume und somit die Planung des Flexibilitätseinsatzes. Diese in Abbildung 5.3 zusammengefasste Zuordnung erlaubt die Integration der Flexibilitätsplanung in das SCM. Bei konsequenter Umsetzung entsteht so eine flexible Supply Chain, welche die Grundlage für die Bewältigung von Unsicherheiten sowie die Robustheit, Resilienz und Agilität eines Leistungsnetzwerkes darstellt.

5.1.3 Zentrale Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen zur Bewältigung von Unsicherheiten in einer Supply Chain

Dieser Abschnitt 5.1.3 dient dazu, die zentralen Erkenntnisse der vorgenommenen Untersuchungen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen zusammenzufassen. Dies umfasst zunächst eine Erläuterung der zentralen Beiträge zum Forschungsprozess. Ihm folgen konkrete Handlungsempfehlungen zur Bewältigung von Unsicherheiten im SCM. Der Forschungsbeitrag der Arbeit lässt sich zunächst anhand der in Kapitel 1 aufgezeigten inhaltlichen Schwerpunkte gliedern:

Die zum Management von Unsicherheiten in Supply Chains existierenden Ansätze werden in Kapitel 2 klar voneinander abgegrenzt.⁷¹⁷ Dabei wird deutlich, dass es sich beim SCRM um einen Managementansatz handelt. Die Konzepte einer flexiblen, robusten, resilienten und agilen Supply Chain beschreiben hingegen Eigenschaften eines Leistungsnetzwerkes und sind durch ihre Ausrichtung auf unterschiedliche Ausprägungen von Unsicherheiten sowie ihre Ziele voneinander zu trennen. Anhand dieser Erkenntnisse sowie der weiteren Untersuchungen

den Gesprächen mit den Unternehmensvertretern nicht finden lässt, wird auf diese Differenzierung hier verzichtet. Das Supply Chain Planning umfasst vielmehr alle proaktiven Planungsaufgaben, die Handlungsspielräume durch Bestände schaffen. Diese können taktischen aber auch operativen Charakter haben. Die Ebene der Supply Chain Execution beschäftigt sich hingegen mit der Planung der Ausführung.

⁷¹⁷ Vgl. Abschnitt 2.4.

in Kapitel 3 und 4 konnte ein erweiterter konzeptioneller Bezugsrahmen entwickelt werden.⁷¹⁸ Dieser berücksichtigt unterschiedliche Ausprägungen und Konsequenzen von Unsicherheiten sowie existierende Konzepte zum Umgang von Chancen und Risiken. Er stellt zudem die zentrale Bedeutung der Flexibilität für die Bewältigung von Unsicherheiten heraus und verdeutlicht die Rolle des Kapazitäts- und Bestandspotenzials bei der Gestaltung einer flexiblen, robusten, resilienten und agilen Supply Chain.

Die Literaturanalyse in Kapitel 3 zeigt, dass es im Rahmen des SCM Verfahren erforderlich sind, die Unsicherheiten, welche aus zeitlichen Interdependenzen entstehen, in die taktisch-operative Planungsebene integrieren.⁷¹⁹ Die Expertenbefragung in Kapitel 4 bestätigt diesen Forschungsbedarf und verdeutlicht, dass Bestände das zentrale Element zur Gestaltung von Flexibilitätspotenzialen auf dieser Ebene darstellen.⁷²⁰ Bei deren Dimensionierung ist eine ganzheitliche Betrachtung von Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten angeraten. Diese werden in der Simulationsstudie des vierten Kapitels berücksichtigt, was bis zum jetzigen Zeitpunkt noch in keiner anderen Untersuchung geschehen ist.⁷²¹ Ergebnis der Analyse ist eine zielabhängige Entscheidungsmatrix sowie ein heuristisches Vorgehen zum Festlegen der Höhe von Bestandspotenzialen in der taktisch-operativen Flexibilitätsplanung.⁷²² Die beiden Instrumente verwenden den Verlauf der Nutzenkurve der Flexibilität, um mit geringem Aufwand einen großen Nutzen zu erzielen. Durch sie gelingt es, Potenziale so zu dimensionieren, dass eine Supply Chain flexibel und damit robuster und zu einem Teil auch resilienter und agiler wird als ohne diese Handlungsspielräume.

⁷¹⁸ Vgl. Abschnitt 5.1.2.

⁷¹⁹ Vgl. Abschnitt 3.3.4.

⁷²⁰ Vgl. Abschnitt 4.1.2.

⁷²¹ Vgl. die Analyse in Abschnitt 3.4.

⁷²² Vgl. für die Entscheidungsmatrix Abschnitt 4.2.7. Je nach verfolgter Zielsetzung ist die stochastische Optimierung mit risikoaverser Szenariengewichtung, die robuste Optimierung mithilfe der Maximin-Entscheidungsregel oder ein aus der Unternehmenspraxis abgeleitetes Vorgehen anzuwenden. Vgl. für das heuristische Vorgehen Abschnitt 4.2.8.

Neben der Bearbeitung der inhaltlichen Schwerpunkte leistet die Arbeit einen Forschungsbeitrag durch die Vorstellung eines Vorgehensmodells zur Auswahl von Planungsverfahren, welche Unsicherheiten im taktisch-operativen SCM berücksichtigen.⁷²³ Bei entsprechender Kontextanpassung der Simulationsstudie ist es möglich, eine problemspezifische Auswahl für jedes Leitungsnetzwerk durchzuführen. Anzupassen sind dazu der abgebildete Supply Chain-Ausschnitt sowie die verwendeten Planungsverfahren. In der durchgeführten Studie wurde durch die Erweiterung der Silver-Meal-Heuristik um die Methoden der stochastischen und robusten Optimierung sowie der flexiblen Planung gezeigt, dass diese Konzepte auf der taktisch-operativen Planungsebene genutzt werden können.⁷²⁴ Dies bedeutet, dass die Methoden in der Lage sind, auch bei zeitlich offenen Entscheidungsfeldern mit rollierender Planung, Unsicherheiten abzubilden. Die Umsetzung in der Simulationssoftware stellt ein konkretes Beispiel dar, wie Flexibilitätsmanagement aussehen kann. Das Vorgehensmodell erlaubt es, dieses auf andere Sachverhalte zu übertragen.

Tabelle 5.1 führt die wesentlichen Forschungsbeiträge der vorliegenden Arbeit noch einmal zusammenfassend auf. Auch die Empfehlungen zum Handeln von Institutionen bzw. Entscheidern in Supply Chains, welche sich aus den gewonnenen Erkenntnissen ableiten lassen, sind in Tabelle 5.1 enthalten. Sie werden im Folgenden erläutert:

Flexibilität, Robustheit, Resilienz und Agilität sind Fähigkeiten, die jede Supply Chain zu einem gewissen Grad benötigt, um Unsicherheiten zu bewältigen und langfristig im Wettbewerb zu bestehen. Trotz der unterschiedlichen Ziele, die die Konzepte verfolgen, beinhaltet ihre Umsetzung ähnliche Maßnahmen, deren Realisierung einer Berücksichtigung im Planungsprozess des SCM bedarf. Nur so lassen sich nötige Redundanzen aufbauen. Akteure in Supply Chains sollten daher proaktive Maßnahmen ergreifen, um Handlungsspielräume zu schaffen, die es erlauben, auf Unsicherheiten zu reagieren. Dies gilt für alle Ansätze zum Umgang mit Unsicherheiten in Leistungsnetzwerken.

⁷²³ Vgl. Abschnitt 4.2.1.

⁷²⁴ Vgl. Abschnitt 4.2.3.

Zentrale Forschungsbeiträge und Handlungsempfehlungen
<p><u>Forschungsbeiträge:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines konzeptionellen Bezugsrahmens zur Bewältigung von Unsicherheiten. • Ableitung einer zielabhängigen Entscheidungsmatrix und Heuristik zur Dimensionierung von Bestandsflexibilität. • Vorstellung eines Vorgehensmodells zur Auswahl von Planungsverfahren zur Integration von Unsicherheiten auf taktisch-operativer Ebene.
<p><u>Handlungsempfehlungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Proaktive Maßnahmen zum Aufbau von Handlungsspielräumen ergreifen. • Dimensionierung von Bestandspotenzial für eine flexible Supply Chain anhand der vorgestellten Entscheidungsmatrix. • Durchführung einer problemspezifischen Simulationsstudie zur Auswahl von Planungsverfahren. Ist dies nicht möglich, ist die Planung um das heuristische Vorgehen zu erweitern. • Im Zweifelsfall mehr als weniger Bestand vorhalten.

Tabelle 5.1: Zentrale Forschungsbeiträge und Handlungsempfehlungen

Steht eine flexible Supply Chain im Vordergrund der Bemühungen, so sind sowohl Kapazitäts- wie auch Bestandspotenziale aufzubauen. In beiden Bereichen können bestehende Planungsmodelle mithilfe der stochastischen oder robusten Optimierung erweitert werden. Dies ermöglicht die Berücksichtigung von Unsicherheiten im Planungsprozess. Dieser ist jedoch immer an den Supply Chain-Zielen bzw. denen der handelnden Institutionen auszurichten. Bei der Dimensionierung von Bestandspotenzialen auf der taktisch-operativen Ebene bietet die Entscheidungsmatrix der Tabelle 4.38 die entsprechende Entscheidungsunterstützung. So ist es empfehlenswert, das vom Management genutzte Planungsverfahren durch die stochastische Optimierung, die eine risikoaverse Szenariengewichtung verwendet, zu erweitern, wenn die Aufwand-Nutzen-Relation maximiert werden soll. Steht die Reduktion von Fehlmengenergebnissen bei gleichzeitiger Kostenkontrolle im

Vordergrund, so ist der Einsatz der robusten Optimierung bei Anwendung der Maximin-Regel zielführend. Will der Entscheidungsträger eine Minimierung der Fehlmengen bzw. Kosten erreichen, ist eine einfache Planung mit bzw. ohne Sicherheitsabstände zu empfehlen. Sie gelingt beispielsweise mit einer los- oder periodenfixen Planung.

Die getroffenen Handlungsempfehlungen beruhen auf den Erkenntnissen aus der durchgeführten Simulationsstudie und sind daher vom betrachteten Supply Chain-Ausschnitt sowie dem eingesetzten Planungsverfahren abhängig. Für eine individuelle Analyse der Bestandsflexibilität ist das vorgestellte Vorgehensmodell zu nutzen. Mit ihm gelingt es, das Planungsverfahren zu identifizieren, welches die Ziele der jeweiligen Supply Chain bei der Dimensionierung von Potenzialen auf der taktisch-operativen Ebene am besten unterstützt. Das Vorgehen zur Auswahl der geeigneten Planungsmethode ist jedoch nicht trivial. Daher erfordert die Durchführung entsprechende Ressourcen. Stehen diese der Supply Chain bzw. dem jeweiligen Akteur nicht zur Verfügung, so sollte auf den heuristischen Ansatz zur Dimensionierung von Sicherheitsbeständen zurückgegriffen werden. Mit diesem gelingt es, Ergebnisse zu erzielen, welche die jeweilige Zielsetzung näherungsweise erfüllen.

Abschließend lässt sich aus der Nutzenkurve der Flexibilität noch einmal die Erkenntnis festhalten, dass auch mit einer geringen Steigerung der Flexibilität bereits ein hoher Nutzen einhergeht. Da sich der Aufwand für eine geringe Steigerung der Bestandsflexibilität i. d. R. in Grenzen hält, ist Entscheidern in der Supply Chain zu empfehlen, im Zweifelsfall mehr als weniger Bestand vorzuhalten.

5.2 Zusammenfassung der Ausführungen und Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit

Die im vorherigen Abschnitt 5.1.3 aufgeführten Forschungsbeiträge und Empfehlungen für das Management von Supply Chains stellen die wissenschafts- und handlungsorientierten Ergebnisse der Arbeit dar. Sie ergeben sich aus dem gewählten Untersuchungsgang und der Beant-

wortung der sieben, in Kapitel 1 formulierten Forschungsfragen. Anhand dieser erfolgt hier eine komprimierte Zusammenfassung der Arbeit:

Kapitel	Schwerpunkt der Ausführungen	Forschungsfrage
Kapitel 2:	SCM-Ansätze zur Berücksichtigung von Unsicherheiten	Forschungsfrage 1
Kapitel 3:	Flexibilität und ihre Planung in Supply Chains	Forschungsfrage 2 Forschungsfrage 3
Kapitel 4:	Dimensionierung von taktisch-operativem Flexibilitätpotenzial	Forschungsfrage 4 Forschungsfrage 5 Forschungsfrage 6
Kapitel 5:	Potenzialgestaltung zur Bewältigung von Unsicherheiten	Forschungsfrage 7

Tabelle 5.2: Zuordnung der Ausführungen zu den Forschungsfragen

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Beobachtung, dass Unsicherheiten Teil einer Supply Chain sind und deren Leistungsfähigkeit gefährden. In **Kapitel 1** wurde dies anhand mehrerer Beispiele veranschaulicht. Es existieren zahlreiche Vorschläge, wie den dort beschriebenen Gefahren zu begegnen ist. Die Ansätze versprechen zudem, sich aus Veränderungen ergebene Chancen zu realisieren. Es herrscht jedoch kein Konsens darüber, welcher Ansatz zu wählen ist und wie sich entsprechende Modelle umsetzen lassen. Die vorliegende Arbeit hat es sich daher zum Ziel gesetzt, die vorhandenen Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten in Bezug zueinander zu setzen sowie Instrumente und Verfahren herauszuarbeiten, mit welchen Risiken begegnet und Chancen genutzt werden können. Diese weite Zielsetzung wurde im ersten Kapitel mithilfe von sieben Forschungsfragen konkretisiert, welche Kapitel 2 bis 5 beantworten. In Tabelle 5.2 ist aufgeführt, welche Forschungsfrage in welchem Kapitel behandelt wurde.

Kapitel 2 widmet sich der ersten Forschungsfrage: *Über welche Fähigkeiten muss eine Supply Chain verfügen, um Unsicherheiten bewältigen zu*

können? Um diese zu beantworten, sind zunächst die theoretischen und begrifflichen Grundlagen zu erläutern. In diesem Zuge wird eine Supply Chain als *ein produkt- und/oder dienstleistungsbezogenes, institutionsübergreifendes Netzwerk zur Leistungserstellung, bestehend aus Ressourcen, welche durch wechselseitige Prozesse in Verbindung miteinander stehen*⁷²⁵ bezeichnet (Abschnitt 2.1).

Ansatz	Definition
SCRM	„Management of supply chain risks through coordination or collaboration among the supply chain partners so as to ensure profitability and continuity.“
Agile Supply Chain	„Using market knowledge and a virtual corporation to exploit profitable opportunities in a volatile marketplace.“
Resiliente Supply Chain	„Ability of a system to return to its original state or move to a new, more desirable state after being disturbed.“
Robuste Supply Chain	„The extent to which the SCN [Supply Chain Network] is able to carry its functions for a variety of plausible future scenarios.“
Flexible Supply Chain	„Adapt effectively to disruptions in supply and changes in demand.“

Tabelle 5.3: In der Literaturanalyse des Kapitels 2 identifizierte Konzepte zur Bewältigung von Unsicherheiten und ihre Definitionen⁷²⁶

Des Weiteren erfolgt eine Darstellung der Grundlagen des Managements solcher Netzwerke (Abschnitt 2.2) sowie eine Abgrenzung des Begriffs „Unsicherheit“ im Vergleich zu „Risiko“ und „Chance“ (Abschnitt 2.3). Die Arbeit folgt hier einem Begriffsverständnis, wonach Unsicherheiten sowohl Risiken wie auch Chancen umfassen. Erstere

⁷²⁵ Vgl. Abschnitt 2.1.2.

⁷²⁶ Vgl. Abschnitt 2.4.6.

beschreiben mögliche negative, letztere positive Auswirkungen unsicherer Ereignisse.

Den Ausführungen zu den begrifflichen Grundlagen der Arbeit folgt eine Literaturanalyse (Abschnitt 2.4). Sie identifizierte fünf Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains. Diese sowie ihre Definition sind in Tabelle 5.3 aufgeführt. Die Betrachtung der Zielsetzung der einzelnen Konzepte sowie die für ihre Umsetzung benötigten Eigenschaften einer Supply Chain führte zum Entwurf eines konzeptionellen Bezugsrahmens in Abschnitt 2.4.6.3. Dieser stellt heraus, dass ein Leistungsnetzwerk sowohl flexibel, robust, resilient und agil sein muss, um Unsicherheiten in ihrer Gänze bewältigen zu können. Damit ist Forschungsfrage 1 der Arbeit beantwortet.

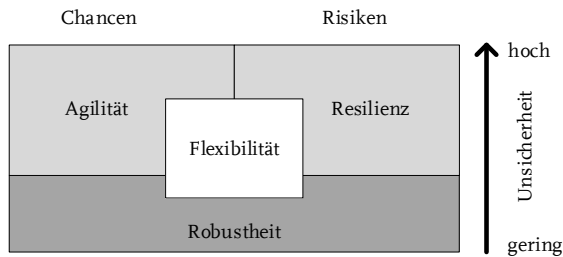


Abbildung 5.4: Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten ⁷²⁷

Das entwickelte Modell, welches in Abbildung 5.4 noch einmal dargestellt ist, erlaubt zudem eine Differenzierung der vier Fähigkeiten anhand der Art der betrachteten Unsicherheit. Demnach ist eine robuste Supply Chain in der Lage, operative Unsicherheiten zu bewältigen. Dabei können sowohl Gefahren abgewehrt wie auch Chancen genutzt werden. Bei der Resilienz sowie der Agilität handelt es sich hingegen um Fähigkeiten, deren Nutzen bei disruptiven Unsicherheiten zu Tage tritt. Ein resilientes System ist in der Lage, disruptive Risiken zu bewältigen. Die Ausrichtung einer agilen Supply Chain liegt hingegen auf den Chancen, die sich aus disruptiven Ereignissen ergeben. Gemäß der durchgeführten Analyse in Kapitel 2, handelt es sich bei Flexibilität um eine Eigenschaft, welche in allen drei Konzepten zu finden ist. Daher

⁷²⁷ Quelle: Eigene Darstellung, die der Abbildung 2.22 entspricht.

leistet sie einen Beitrag zur Bewältigung sowohl operativer, wie auch disruptiver Unsicherheiten – unabhängig davon, ob diese positive oder negative Folgen vermuten lassen. Dies ist der Grund dafür, dass sich die weiteren Ausführungen der Arbeit mit der Flexibilität und deren Planung in Supply Chains beschäftigen.

Kapitel 3 geht Forschungsfrage 2 und 3 nach: *Wie lässt sich die Planung von Flexibilität in die Supply Chain-Planung integrieren? In welchen Planungsaufgaben des SCM gilt es, Flexibilität zu berücksichtigen?* Für diese Untersuchung wird erneut die Forschungsmethode der Literaturanalyse eingesetzt (Abschnitt 3.1). Deren Ergebnis ist zunächst, dass bei der Gestaltung von Flexibilität in deren Potenzial- und Einsatzplanung zu differenzieren ist. Die Potenzialgestaltung ist dabei proaktiv vorzunehmen und soll durch das Vorhalten redundanter Kapazitäten und Bestände Handlungsspiele für zukünftige bzw. hierarchisch untergeordnete Entscheidungen schaffen. Abbildung 5.5 stellt diesen Zusammenhang dar. Die aufgebauten Potenziale werden beim Flexibilitätseinsatz genutzt, um auf auftretende Unsicherheiten zu reagieren. Die Planung des Einsatzes kann pro- oder reaktiv erfolgen. Da redundante Ressourcen oder Prozesse Kosten verursachen, ist Flexibilität eine Eigenschaft, deren Nutzen ein Aufwand gegenübersteht. Stand der Flexibilitätseforschung ist, dass sich diese Eigenschaft nicht pauschal operationalisieren lässt. Daher ist es trotz der Quantifizierung von Flexibilitätskosten nicht möglich, eine allgemeine Aussage über das optimale Flexibilitätsniveau eines Systems zu treffen. Die Dimensionierung von Potenzialen erfolgt vielmehr durch die Berücksichtigung von Unsicherheiten im Planungsprozess. Kapitel 3 stellt mit der stochastischen und robusten Optimierung sowie der flexiblen Planung als dynamische Variante der stochastischen Optimierung drei Methoden vor, die dies im SCM ermöglichen (Abschnitt 3.2). Somit ist Forschungsfrage 2 mit der Aussage zu beantworten, dass sich die Flexibilitätsplanung mithilfe von Methoden, welche Unsicherheiten abbilden, in die Supply Chain-Planung integrieren lässt. Die entsprechenden Planungsverfahren sind dafür um stochastische bzw. robuste Elemente zu erweitern.

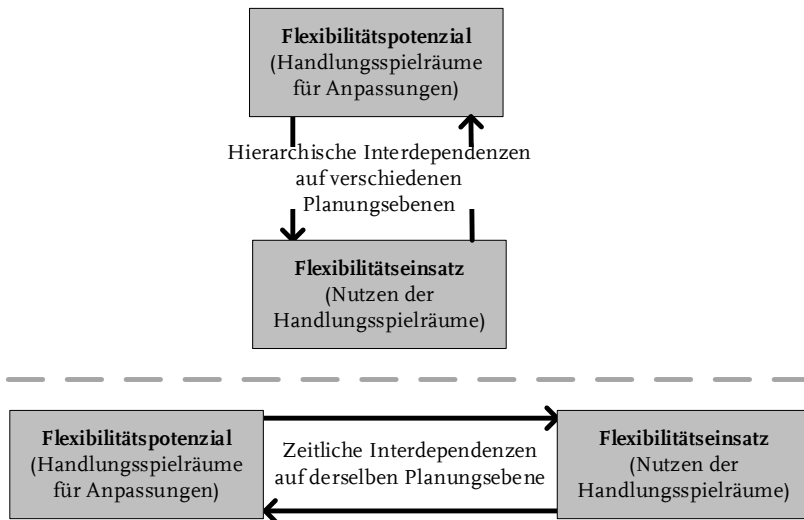
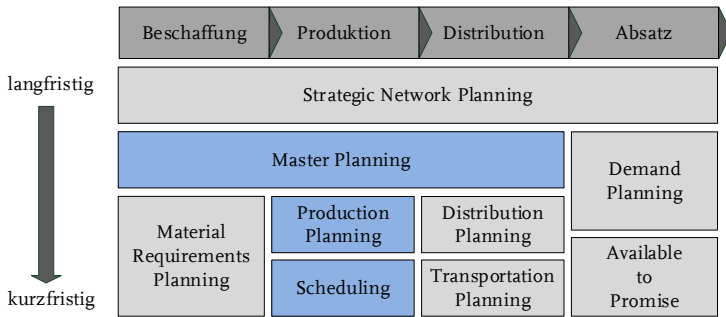


Abbildung 5.5: Komponenten der Flexibilität bzw. Flexibilitätsplanung⁷²⁸

Um Forschungsfrage 3 zu beantworten, wird eine Analyse durchgeführt, die untersucht, in welchen Planungsaufgaben des SCM eine Berücksichtigung von Unsicherheiten notwendig ist und ob entsprechende Konzepte bereits existieren oder nicht (Abschnitt 3.3). Das Ergebnis der Betrachtung und die damit einhergehende Fokussierung der weiteren Untersuchung ist in Abbildung 5.6 dargestellt. Hier sind in der Supply Chain Planning Matrix die Planungsaufgaben hervorgehoben, die Gegenstand der Ausführungen von Kapitel 4 sind. Grundsätzlich beeinflussen Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten die Leistung einer Supply Chain in allen Aufgabengebieten. Daher sind sie in allen Planungsaufgaben des SCM, mit Ausnahme des Demand Planings, zu integrieren. Bei der Analyse der entsprechenden Literatur ist jedoch festzustellen, dass sich keine Beiträge finden, die aufzeigen, wie sich Unsicherheiten aufgrund zeitlicher Interdependenzen im Master Plannig sowie im Production Planning and Scheduling berücksichtigen lassen.

⁷²⁸ Quelle: Eigene Darstellung, die der Abbildung 3.1 entspricht.

Abbildung 5.6: Fokussierung der Untersuchung⁷²⁹

Diesen taktisch-operativen Planungsaufgaben widmet sich **Kapitel 4**. Mithilfe einer Expertenbefragung wird dabei zunächst Forschungsfrage 4 nachgegangen (Abschnitt 4.1): *Mit welchen Instrumenten lässt sich Flexibilitätspotenzial auf der taktisch-operativen Planungsebene aufbauen?* Gemäß der Auskunft der befragten Unternehmensvertreter eignen sich hierfür Bestände. Diese Aussage wird durch entsprechende Literatur gestützt.⁷³⁰ Bestände ermöglichen es, Potenziale zur Bewältigung von Unsicherheiten, die im Zeitverlauf auftreten, zu schaffen. Ausgehend von dieser Erkenntnis findet eine letzte Verengung des Untersuchungsgegenstands auf die taktisch-operative Mengenplanung und deren Fähigkeit, mithilfe von Beständen Unsicherheiten zu bewältigen, statt. Dabei stehen die Forschungsfragen 5 und 6 im Mittelpunkt: *Welche Verfahren eignen sich, um den Umfang der aufzubauenden Handlungsspielräume auf taktisch-operativer Ebene festzulegen? In welcher Höhe ist taktisch-operatives Flexibilitätspotenzial zu dimensionieren?* Zur Beantwortung der Fragen werden verschiedene Experimente im Rahmen einer Simulationsstudie durchgeführt. Diese besteht aus drei Phasen und bildet einen zweistufigen Supply Chain-Ausschnitt ab (Abschnitt 4.2). In den Simulationsmodellen werden simultan Versorgungs-, Prozess- und Nachfrageunsicherheiten betrachtet, deren Ausprägungen sowohl operativen wie disruptiven Charakter haben können.

⁷²⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

⁷³⁰ Vgl. die Instrumentenlisten in Abschnitt 2.4.

Die in der Simulationsstudie abgebildeten Planungsprozesse repräsentieren zum einen verschiedene Vorgehensweisen aus der unternehmerischen Praxis, welche in den Experteninterviews beschreiben wurden. Zum anderen findet eine Übertragung der in Kapitel 3 identifizierten Methoden zur Integration von Unsicherheiten auf die taktisch-operative Ebene statt. Die Umsetzung zeigt, dass eine entsprechende Anwendung im taktisch-operativen SCM möglich ist. Bei den aus den Interviews abgeleiteten Planungsansätzen ist dies anzunehmen und konnte bestätigt werden. Die Ergebnisse lassen jedoch auch den Schluss zu, dass bei den aus der Literatur identifizierten Methoden lediglich die Übertragung der stochastischen und robusten Optimierung zielführend ist.⁷³¹

Verfolgte Zielsetzung	Empfohlene Planungsmethode	Bestandsreichweite des Kundenlagers
Minimierung der entscheidungsrelevanten Kosten	PPoB	0,43 Monate
Maximale Steigerung der Flexibilität im Vergleich zum Kostenanstieg	SO1	0,54 Monate
Starke Reduktion der Fehlmengenergebnisse bei mittlerem Kostenanstieg	FP90, ROMM	0,84 Monate
Minimierung der auftretenden Fehlmengenergebnisse	LPmB	1,46 Monate

Tabelle 5.4: Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Planungsverfahrens⁷³²

Eine Implementierung der flexiblen Planung ist nicht zu empfehlen. Der Aufwand bei der Anwendung liegt deutlich höher als bei den beiden zuvor genannten Ansätzen, die Ergebnisse der flexiblen Planung recht-

⁷³¹ Vgl. Abschnitt 4.2.7.

⁷³² Tabelle 5.4 entspricht der Tabelle 4.38.

fertigen diesen Aufwand jedoch nicht. Des Weiteren kann festgehalten werden, dass eine stochastische Optimierung dann zum Aufbau von Handlungsspielräumen auf taktisch-operativer Planungsebene beiträgt, wenn sie eine risikoaverse Szenariengewichtung nutzt. Bei der robusten Optimierung ist die Maximin-Entscheidungsregel anzuwenden. Mit diesen Aussagen ist Forschungsfrage 5 – nach Verfahren zur Potenzialplanung auf der taktisch-operativen Ebene – beantwortet. Neben der Bewertung der Planungsverfahren stellen die Schritte der Simulationsstudie ein Vorgehensmodell dar. Dieses findet Anwendung, wenn Entscheider eine Wahl zwischen verschiedenen Planungsverfahren zur Integration von Unsicherheiten treffen wollen. Alternativ zu dieser Auswahl stellt Kapitel 4 eine Entscheidungsmatrix und ein aus ihr abgeleitetes heuristisches Vorgehen zur Verfügung. Tabelle 5.4 entspricht der Entscheidungsmatrix.

Mit diesen Werkzeugen lassen sich Bestände dimensionieren, die Handlungsspielräume zur Bewältigung von Unsicherheiten aufbauen. Dadurch wird eine Antwort auf Forschungsfrage 6 gegeben. Zwar handelt es sich bei den Ansätzen um Näherungslösungen, allerdings zeigt die dritte Phase der Simulationsstudie, dass heuristisches Handeln deutliche bessere Ergebnisse erzeugt als eine Planung ohne Integration von Unsicherheiten. Werden sowohl Kosten- wie auch Serviceziele verfolgt, so ist das heuristische Verfahren auch den stark risikoaversen Planungsmethoden aus der Praxis vorzuziehen. Es gelingt dadurch, Flexibilität auf der taktisch-operativen Ebene des SCM aufzubauen. Dabei wird das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen angesichts der existierenden Supply Chain-Ziele berücksichtigt.

Mithilfe der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Ausführungen passt **Kapitel 5** den zuvor entwickelten konzeptionellen Bezugsrahmen an und geht auf Forschungsfrage 7 ein (Abschnitt 5.1): *Welchen Beitrag leistet eine durch taktische-operative Mengenplanung erzeugte Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains?* Der erweiterte Bezugsrahmen ist in Abbildung 5.7 dargestellt und veranschaulicht die Rolle der Bestands- und Kapazitätsflexibilität bei der Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains. Zuvor wurde das Bestandspotenzial in das Flexibilitätsmanagement eingeordnet. Anschließend erfolgte eine Auf-

führung der zentralen Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit sowie deren Implikationen für die wissenschaftliche Theorie und unternehmerische Praxis. Abschnitt 5.2 umfasst die hier ausgeführte Zusammenfassung der gesamten Arbeit. Diese wird im folgenden Abschnitt 5.3 mit einer kritischen Würdigung der Untersuchung sowie einem Ausblick abgeschlossen.

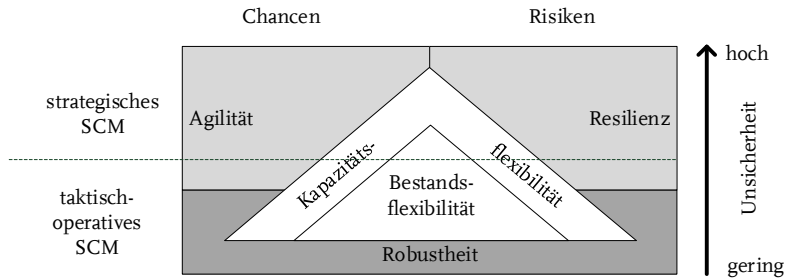


Abbildung 5.7: Erweiterter konzeptioneller Bezugsrahmen zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains ⁷³³

5.3 Kritische Würdigung der Ergebnisse und Ausblick auf zukünftige Forschungsansätze

Die vorgenommene Untersuchung umfasst mehrere inhaltliche Aspekte und leistet einen Beitrag sowohl zur wissenschaftlichen Theoriebildung wie auch zum konkreten Management von Supply Chains. In all diesen Punkten finden Schwerpunktsetzungen und Abgrenzungen zu verwandten Themenbereichen statt. Dies sind Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse und zugleich Ansatzpunkte für weiteren Forschungsbedarf.

Ein inhaltlicher Schwerpunkt war die Entwicklung eines konzeptionellen Bezugsrahmens zur Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains. Dieser stellt vorhandene Konzepte zum Umgang mit Unsicherheiten in Beziehung zueinander. Dabei steht eine klare Abgrenzung der unterschiedlichen Ansätze im Vordergrund. Überschneidungen sowie

⁷³³ Quelle: Eigene Darstellung, die der Abbildung 5.2 entspricht.

fließende Übergänge werden dabei, mit Ausnahme der Flexibilität, vernachlässigt. Für das ganzheitliche Management von Unsicherheiten ist es jedoch wichtig, die Wechselwirkungen zwischen den Konzepten zu kennen. Hier sind weiterer Forschungsbemühungen notwendig. Gleiches gilt für die Anwendung von Instrumenten, die Robustheit, Resilienz und Agilität fördern. Mit dem Fokus auf der Flexibilität finden diese Aspekte in der vorliegenden Arbeit nur am Rande Beachtung.

Die Analyse der taktisch-operativen Flexibilitätsplanung stellt einen weiteren inhaltlichen Schwerpunkt der Arbeit dar. Mit der Bestandsflexibilität wird hier zwar der wichtigste, aber dennoch nur ein Teil der Potenzialgestaltung auf dieser Managementebene betrachtet. Insbesondere die Möglichkeiten, Handlungsspielräume durch redundante Kapazitäten auf der taktisch-operativen Ebene zu schaffen, sollten weiter untersucht werden. Zudem sind die isolierten Perspektiven zu erweitern, so dass ein auf Kapazitäts- und Bestandspotenzialen aufbauendes Gesamtkonzept zur Erzeugung von Flexibilität entsteht.

Der Anspruch der Arbeit, aus den in der Literatur vorhandenen Konzepten korrekte Handlungsempfehlungen für Entscheider in Supply Chains abzuleiten, deckt Abweichungen zwischen den theoretischen Konzepten und dem Handeln in Unternehmen auf. So trennen die interviewten Experten nicht zwischen einer taktischen und operativen Managementebene. Der Übergang ist hier fließend. Zudem sind im Gegensatz zu einigen Bestandsmanagementmodellen kalkulierte Fehlmengen keine Option für die Entscheider in Unternehmen. Auch die im SCM geforderte funktions- und institutionsübergreifende Planung ist nur selten zu finden. Die Differenzen zwischen den theoretischen und praktischen Sichtweisen konnten in dieser Arbeit nicht aufgelöst werden. Vielmehr wurden, wenn nötig, Annahmen über Sachverhalte getroffen und Schwerpunktsetzungen vorgenommen. Zur Weiterentwicklung realer Prozesse wie auch des Forschungsstandes ist hier der iterative und wechselseitige Austausch zwischen Theorie und unternehmerischer Praxis notwendig.

Trotz der vorgenommenen Fokussierung in den Ausführungen sowie den erläuterten Einschränkungen zeigt Abschnitt 5.2, dass die Arbeit die gestellten sieben Forschungsfragen beantwortet hat. Auch wenn es wei-

terer Forschungsbemühungen bedarf, wurde dadurch ein erheblicher Beitrag zur Klärung der in Abschnitt 1.1 aufgeworfenen Fragestellung geleistet.⁷³⁴ Mit der Dimensionierung von Bestandspotenzialen zur Steigerung der Flexibilität wurde ein Instrument betrachtet, dass die Robustheit, Resilienz und Agilität einer Supply Chain steigert. Diese Eigenschaften sind bei der Gestaltung eines Leistungsnetzwerkes anzustreben, wenn dieses in der Lage sein soll, Unsicherheiten zu bewältigen.

Zwar gilt auch dann noch das Eingangszitat der Arbeit, wonach sich das Leben und die Welt trotz existierender Pläne verändert, jedoch stellen die geschaffenen Handlungsspielräume eine adäquate Vorbereitung auf entsprechende Entwicklungen dar. Dies ist nach Perikles die zu erfüllende Aufgabe bezüglich der Zukunft:

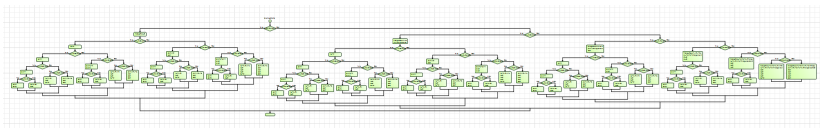
„Es ist nicht unserer Aufgabe, die Zukunft vorauszusagen, sondern auf sie gut vorbereitet zu sein.“ (Perikles, griechischer Staatsmann im 5. Jahrhundert vor Christus)

⁷³⁴ Diese lautet: „*Wie müssen Supply Chains gestalten sein, um auftretende Unsicherheiten bewältigen zu können und mit welchen Verfahren und Instrumenten lässt sich dies realisieren?*“ [Abschnitt 1.1].

Anhang

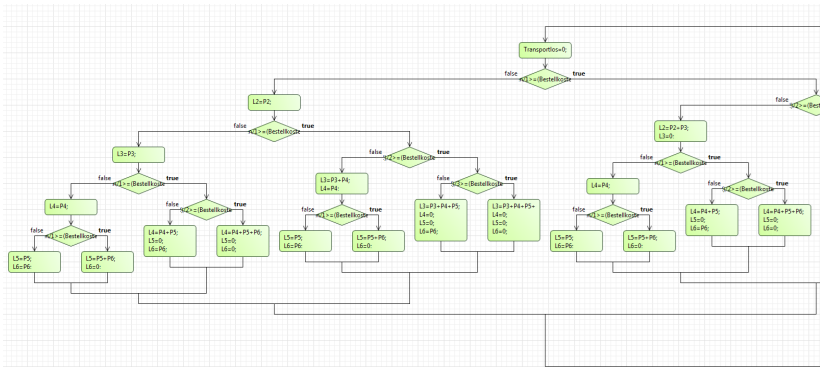
Anhang A1

Gesamtes Aktionsdiagramm zur Implementierung der Silver-Meal-Heuristik in die Simulationssoftware Anylogic:



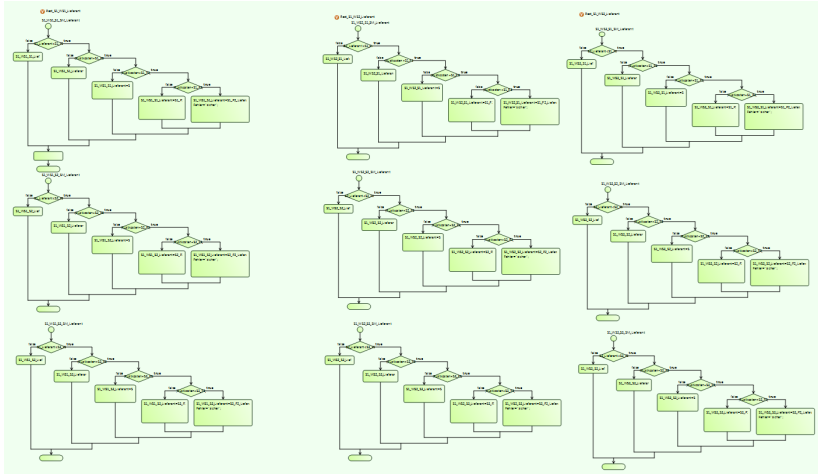
Anhang A2

Auszug aus dem Aktionsdiagramm zur Implementierung der Silver-Meal-Heuristik in die Simulationssoftware Anylogic:



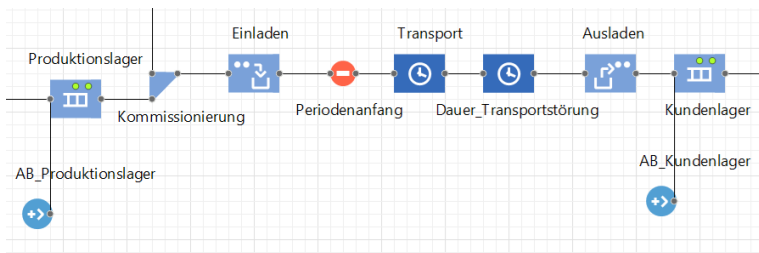
Anhang A4

Auszug aus der Modellierung zur Implementierung der flexiblen Planung in die Simulationssoftware Anylogic, Entscheidungslogik der zweiten Periode bei erwarteter Nachfrage gemäß Szenario 1:



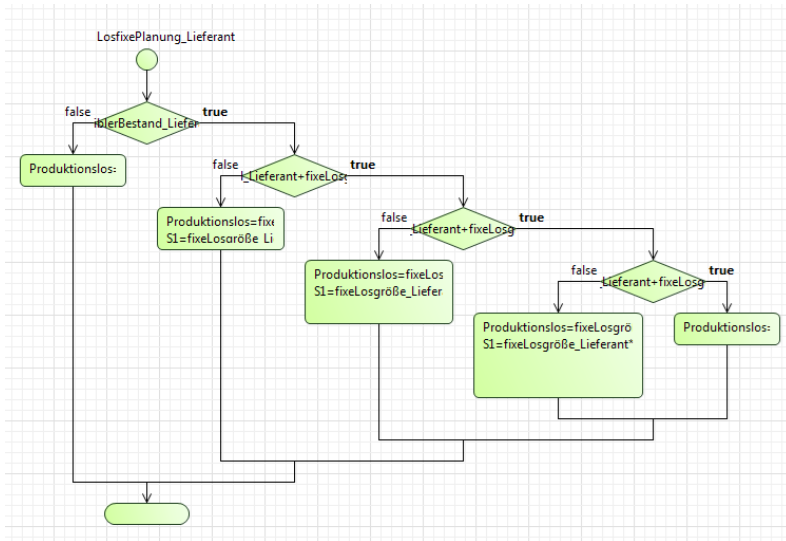
Anhang A5

Abbildung der Anfangsbestände in der Simulationssoftware Anylogic mithilfe von Quellen:



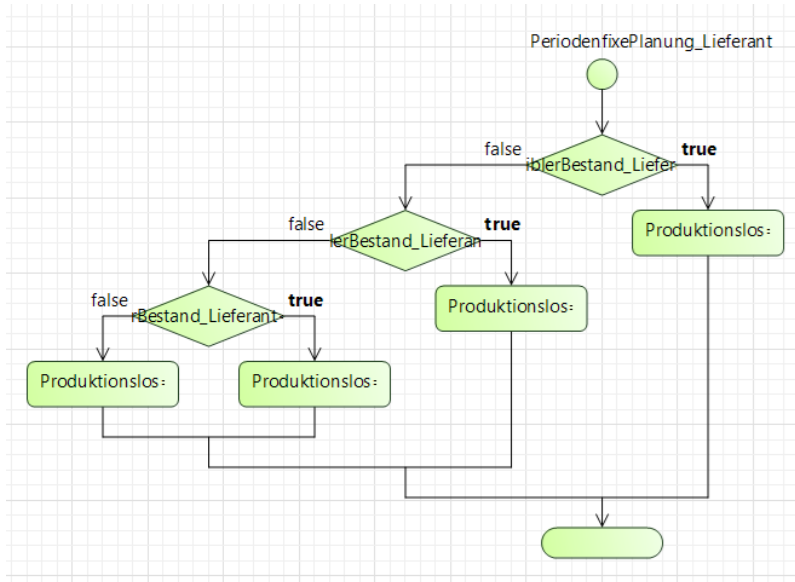
Anhang A6

Auszug aus der Modellierung zur Implementierung der losfixen Planung in die Simulationssoftware Anylogic, Entscheidungslogik des Lieferanten:



Anhang A7

Auszug aus der Modellierung zur Implementierung der periodenfixen Planung in die Simulationssoftware Anylogic, Entscheidungslogik des Lieferanten:



Anhang A8

Ergebnisse der Experimente mit Festwerten:

Experiment	Stunden mit Fehl- mengenereignissen	Summe der Kosten	Supply Chain Bestand
DP	256 Stunden	8.120 €	244 Stück
SO1	182 Stunden	8.284 €	235 Stück
SO2	334 Stunden	8.524 €	242 Stück
ROEW	256 Stunden	8.908 €	248 Stück
ROMM	13 Stunden	8.834 €	256 Stück
FP90	114 Stunden	9.119 €	284 Stück
FP70	99 Stunden	8.024 €	263 Stück
LPoB	66 Stunden	8.525 €	271 Stück
LPmB	0 Stunden	11.098 €	371 Stück
PPoB	222 Stunden	8.372 €	244 Stück
PPmB	0 Stunden	10.470 €	338 Stück

Anhang A9

Durchschnittliche Ausprägung der Kennzahlen zur auftretenden Nachfrage sowie zu den disruptiven Ereignissen in den Experimenten der ersten Phase der Simulationsstudie.

Erfassten Kennzahlen	Durchschnittswerte pro Simulationslauf in allen Experimenten
Auf tretende Nachfrage	500 Stück
Summe der Störungen	2,2 Störungen
Anzahl der Produktionsstörungen	0,7 Störungen
Dauer der Produktionsstörungen	24 Stunden
Anzahl der Transportstörung	0,7 Störungen
Dauer der Transportstörungen	24 Stunden
Anzahl der disruptiven Nachfrageveränderungen	0,7 Störungen
Menge der zusätzlich auftretenden Nachfrage	18 Stück
Menge der wegfallenden Nachfrage	18 Stück

Anhang A10

Standardabweichung und Varianzkoeffizient des Supply Chain-Bestands aus Tabelle 4.35:

Verfahren	Standardabweichung bei der Summe der Kosten	Varianzkoeffizient der Summe der Kosten
LPmB	21 Stück	0,06
PPmB	31 Stück	0,10
FP90	20 Stück	0,07
LPoB	19 Stück	0,07
FP70	21 Stück	0,08
ROMM	25 Stück	0,10
ROEW	14 Stück	0,07
DP	19 Stück	0,08
SO1	16 Stück	0,07
SO2	20 Stück	0,09
PPoB	26 Stück	0,12

Anhang A11

Angestrebte und tatsächlich entstehende Bestände im Kundenlager bei Einsatz des heuristischen Vorgehens:

Angestrebte Bestandsreichweite	Angestrebter Händlerbestand	Händlerbestand bei der erweiterten DP	Händlerbestand bei der erweiterten PPoB
0,4 Monate	33 Stück	36 Stück	36 Stück
0,5 Monate	42 Stück	42 Stück	40 Stück
0,54 Monate	45 Stück	45 Stück	43 Stück
0,6 Monate	50 Stück	51 Stück	47 Stück
0,7 Monate	58 Stück	61 Stück	53 Stück
0,8 Monate	66 Stück	71 Stück	61 Stück
0,84 Monate	70 Stück	76 Stück	65 Stück
0,9 Monate	75 Stück	83 Stück	69 Stück
1,0 Monate	83 Stück	94 Stück	76 Stück
1,1 Monate	91 Stück	107 Stück	84 Stück
1,2 Monate	100 Stück	122 Stück	92 Stück
1,3 Monate	108 Stück	137 Stück	99 Stück
1,4 Monate	116 Stück	151 Stück	107 Stück

Literaturverzeichnis

- Adam, D. (1993): Flexible Fertigungssysteme (FFS) im Spannungsfeld zwischen Rationalisierung, Flexibilisierung und veränderten Fertigungsstrukturen, in: Adam, D. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme, Wiesbaden, S. 5–28.
- Adam, D. (1996): Planung und Entscheidung – Modelle – Ziele – Methoden, Wiesbaden.
- Adam, D. (1998): Produktions-Management, Wiesbaden.
- Aghezzaf, E. (2005): Capacity planning and warehouse location in supply chain with uncertain demands, in: Journal of the Operational Research Society, 56, 4, S. 453–462.
- Agrawal, N./Smith, S. A./Tsay, A. A. (2002): Multi-Vendor Sourcing in a Retail Supply Chain, in: Production and Operations Management, 11, 2, S. 157–182.
- Albrecht, M./Rohde, J./Wagner, M. (2015): Advanced Planning, in: Stadler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies, Heidelberg u. a., S. 155–176.
- Alchian, A. A. (1950): Uncertainty, Evolution, and Economic Theory, in: Journal of Political Economy, 58, 3, S. 211–221.
- Allahverdi, A./Gupta, J. N. D./Aldowaisan, T. (1999): A review of scheduling research involving setup considerations, in: Omega, 27, 2, S. 219–239.
- Alonso-Ayuso, A./Escudero, L. F./Garín, A./Ortuño, M. T./Pérez, G. (2003): An Approach for Strategic Supply Chain Planning under Uncertainty based on Stochastic 0-1 Programming, in: Journal of Global Optimization, 26, 1, S. 97–124.
- Anderson, E. T./Fitzsimons, G. J./Simester, D. (2006): Measuring and Mitigating the Costs of Stockouts, in: Management Science, 52, 11, S. 1751–1763.

- Andler, K. (1929): Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße, München.
- Anylogic (2017): Features. Online verfügbar unter: <http://www.anylogic.de/features>, Stand 02.05.2017.
- Applequist, G. E./Pekny, J. F./Reklaitis, G. V. (2000): Risk and uncertainty in managing chemical manufacturing supply chains, in: *Computers and Chemical Engineering*, 24, 9–10, S. 2211–2222.
- Aprile, D./Garavelli, A. C./Giannoccaro, I. (2005): Operations planning and flexibility in a supply chain, in: *Production Planning & Control*, 16, 1, S. 21–31.
- Arshinder, K./Kanda, A./Deshmukh, S. G. (2008): Supply Chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions, in: *International Journal of Production Economics*, 115, 2, S. 316–335.
- Asdecker, B. (2014): Retourenmanagement im Versandhandel – Theoretische und empirisch fundierte Gestaltungsalternativen für das Management von Retouren, Bamberg.
- Ayers, J. B. (2006): *Handbook of Supply Chain Management*, Boca Raton (FL).
- Baghalian, A./Rezapour, S./Farahani, R. Z. (2013): Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case, in: *European Journal of Operational Research*, 227, 1, S. 199–215.
- Balci, O. (1998): Verification, validation and testing, in: Banks, J. (Hrsg.): *Handbook of Simulation*, New York (NY), S. 335–393.
- Bamberg, G./Coenenberg, A. G./Krapp, M. (2012): *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*, München.
- Banerjee, A. (1986): A Joint Economic-Lot-Size Model for Purchaser and Vendor, in: *Decision Science*, 17, 3, S. 292–311.

-
- Baramichai, M./Zimmer, E. W./Marangos, C. A. (2007): Agile supply chain transformation matrix: an integrated tool for creating an agile enterprise, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, 12, 5, S. 334–348.
- Barratt, M./Oke, A. (2007): Antecedents of supply chain visibility in retail supply chains: A resource-based theory perspective, in: *Journal of Operations Management*, 25, 6, S. 1217–1233.
- Bassamboo, A./Randhawa, R. S./Van Mieghem, J. A. (2012): A Little Flexibility Is All You Need: On the Asymptotic Value of Flexible Capacity in Parallel Queuing Systems, in: *Operations Research*, 60, 6, S. 1423–1435.
- Bechtel, C./Jayaram, J. (1997): Supply Chain Management: A Strategic Perspective, in: *The International Journal of Logistics Management*, 8, 1, S. 15–34.
- Becker, W. (2013): *Controlling: Konzepte, Funktionen und Organisation*, Bamberg.
- Beckmann, H. (2004): Supply Chain Management: Grundlagen, Konzepte und Strategien, in: Beckmann, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management*, Berlin, S. 1–98.
- Bendul, J./Brüning, M. (2017): *Kooperatives Supply Chain Risikomanagement – Neue Wege für den Umgang mit existenzbedrohenden Supply Chain Störungen*, Bremen.
- Bhamra, R./Dani, S./Burnard, K. (2011): Resilience: the concept, a literature review and future directions, in: *International Journal of Production Research*, 49, 18, S. 5375–5393.
- Bhatia, G./Lane, C./Wain, A. (2013): *Building Resilience in Supply Chains*, Genf.
- Blackburn, J. D./Millen, R. A. (1982): The Impact of a Rolling Schedule in a Multi-Level MRP System, in: *Journal of Operations Management*, 2, 2, S. 125–135.

- Blanchini, F./Rinaldi, F./Ukovich, W. (1997): A Network Design Problem for a Distribution System with Uncertain Demands, in: *SIAM Journal on Optimization*, 7, 2, S. 560–578.
- Bloech, J./Bogaschewsky, R./Buscher, U./Daub, A./Götze, U./Folker, R. (2014): *Einführung in die Produktion*, Berlin u. a.
- Bogaschewsky, R. (1996): Losgröße, in: Kern, W./Schröder, H.-H./Weber, J. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Produktionswirtschaft*, Stuttgart, S. 1142–1158.
- Brandon-Jones, E./Squire, B./Autry, C. W./Petersen, K. J. (2014): A Contingent Resource-Based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness, in: *Journal of Supply Chain Management*, 50, 3, S. 55–73.
- Brehm, C. R. (2003): *Organisatorische Flexibilität der Unternehmung: Bausteine eines erfolgreichen Wandels*, Wiesbaden.
- Bretzke, W.-R. (2015): *Logistische Netzwerke*, Berlin u. a.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010): *Im Fokus: Industrieland Deutschland; Stärken ausbauen – Schwächen beseitigen – Zukunft sichern*, Berlin.
- Burgess, K./Singh, P. J./Koroglu, R. (2006): Supply chain management: a structured literature review and implications for future research, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 26, 7, S. 703–729.
- Burmann, C. (2007): Flexibilität, in: Köhler, R./Küpper, H.-U./Pfungsten, A. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*, Stuttgart.
- Cabral, I./Grilo, A./Cruz-Machado, V. (2012): A decision-making model for Lean, Agile, Resilient and Green supply chain management, in: *International Journal of Production Research*, 50, 17, S. 4830–4845.
- Campo, K./Gijbrecchts, E./Nisol, P. (2000): Towards Understanding Consumer Response to Stock-Outs, in: *Journal of Retailing*, 76, 2, S. 219–242.

-
- Cardeneo, A. (2008): Planning of transportation networks with bounded flexibility and a robust contingency plan, in: Pfohl, H.-C./Wimmer, T. (Hrsg): *Wirtschaft und Praxis im Dialog – Robuste und sichere Logistiksysteme*, Bobingen, S. 362–376.
- Carter, C. R./Rogers, D. S. (2008): A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38, 5, S. 360–387.
- Carvalho, H./Barroso, A. P./Machado, V. H./Azevedo, S./Cruz-Machado, V. (2012): Supply chain redesign for resilience using simulation, in: *Computers & Industrial Engineering*, 62, 1, S. 329–341.
- Chan, Y./Carter, W. B./Burnes, M. D. (2001): A multiple-depot, multiple-vehicle, location-routing problem with stochastically processed demands, in: *Computers & Operations Research*, 28, 8, S. 803–826.
- Charles, A./Lauras, M./Van Wassenhove, L. (2010): A model to define and assess the agility of supply chains: building on humanitarian experience, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40, 8/9, S. 722–741.
- Chen, F./Drezner, Z./Ryan, J. K./Simchi-Levi, D. (2000): Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information, in: *Management Science*, 46, 3, S. 436–443.
- Childerhouse, P./Towill, D. R. (2002): Analysis of the factors affecting real-world value stream performance, in: *International Journal of Production Research*, 40, 15, S. 3499–3518.
- Chopra, S./Meindl, P. (2016): *Supply Chain Management – Strategy, Planning and Operation*, Edinburgh Gate.
- Chopra, S./Sodhi, M. S. (2004): Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown, in: *MIT Sloan Management Review*, 46, 1, S. 53–61.
- Christopher, M. (2000): The Agile Supply Chain – Competing in Volatile Markets, in: *Industrial Marketing Management*, 29, 1, S. 37–44.

- Christopher, M. (2011): *Logistics and Supply Chain Management – Creating Value-Adding Networks*, Harlow u. a.
- Christopher, M./Holweg, M. (2011): “Supply Chain 2.0”: managing supply chains in the era of turbulence, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41, 1, S. 63–82.
- Christopher, M./Lee, H. (2004): Mitigating supply chain risk through improved confidence, in: *Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, 5, S. 388–396.
- Christopher, M./Lowson, R./Peck, H. (2004): Creating agile supply chains in the fashion industry, in: *International Journal of Retail & Distribution Management*, 37, 8, S. 367–376.
- Christopher, M./Peck, H. (2004): Building the Resilient Supply Chain, in: *The International Journal of Logistics Management*, 15, 2, S. 1–14.
- Christopher, M./Towill, D. (2001): An integrated model for the design of agile supply chains, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31, 4, S. 235–246.
- Christopher, M./Towill, D. R. (2000): Supply chain migration from lean and functional to agile and customised, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, 5, 4, S. 206–213.
- Cohen, M. A./Lee, H. L. (1988): Strategic Analysis of Integrated Production-Distribution Systems: Models and Methods, in: *Operations Research*, 36, 2, S. 216–228.
- Cooper, M. C./Lambert, D. M./Pagh, J. D. (1997): Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, in: *The International Journal of Logistics Management*, 8, 1, S. 1–14.
- Corsten, H./Gössinger, R. (2008): *Lexikon der Betriebswirtschaftslehre*, München.
- Corsten, H./Gössinger, R. (2016): *Produktionswirtschaft – Einführung in das industrielle Produktionsmanagement*, München.

-
- Craighead, C. W./Blackhurst, J./Rungtusanatham, M. J./Handfield, R. B. (2007): The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities, in: *Decision Sciences*, 38, 1, S. 131–156.
- Croxton, K. L./Lambert, D. M./García-Dastugue, S. J./Rogers, D. S. (2002): The Demand Management Process, 13, 2, S. 51–65.
- Damisch, P. N. (2002): Wertorientiertes Flexibilitätsmanagement durch den Realloptionsansatz, Wiesbaden.
- Davidsson, P./Verhagen, H. (2013): Types of Simulation, in: Edmonds, B./Meyer, R. (Hrsg.): *Simulating Social Complexity – A Handbook*, Berlin u. a., S. 23–36.
- Davis, T. (1993): Effective Supply Chain Management, in: *Sloan Management Review*, 34, 4, S. 35–46.
- Day, J. M. (2014): Fostering Emergent Resilience: The Complex Adaptive Supply Network of Disaster Relief, in: *International Journal of Production Research*, 52, 7, S. 1970–1988.
- De Araujo, L. F./de Queiroz, A. A. (2010): A Conceptual Model for Production Leveling (Heijunka) Implementation in Batch Production Systems, in: Vallespir, B./Alix, T. (Hrsg.): *Advances in Production Management Systems – New Challenges, New Approaches*, Bordeaux, S. 81–88.
- Deuse, J./Birkmann, S./Harms, T. (2007): Einsatz der Gruppentechnologie zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserie, in: *Industrial Management*, 23, 6, S. 45–48.
- Dinkelbach, W. (1982): *Entscheidungsmodelle*, Berlin u. a.
- Dittman, J. P. (2014): *Managing risk in the global supply chain*, Knoxville (TN).
- Dobhan, A. (2012): *Internal Supply Chain Management – Entwicklung und experimentelle Analyse hybrider Losgrößenplanungsverfahren*, Bamberg.

- Döring, N./Bortz, J. (2016): *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*, Berlin u. a.
- Domschke, W./Scholl, A./Voß, S. (1997): *Produktionsplanung – Ablauforganisatorische Aspekte*, Berlin u. a.
- Dong, M. (2006): Development of supply chain network robustness index, in: *International Journal of Services Operations and Informatics*, 1, 1–2, S. 54–66.
- Duclos, L. K./Vokurka, R.J./Lummus, R. R. (2003): A conceptual model of supply chain flexibility, in: *Industrial Management & Data Systems*, 103, 6, S. 446–456.
- Durach, C. F. (2016): *A Theoretical and Practical contribution to Supply Chain Robustness – Developing a Schema for Robustness in Dyads*, Berlin.
- Dyckhoff, H./Spengler, T. S. (2010): *Produktionswirtschaft – Eine Einführung*, Heidelberg u. a.
- Ebner, R. (2015): *Handelscontrolling – Eine wertschöpfungsorientierte Konzeption für den Bekleidungseinzelhandel*, Wiesbaden.
- Eisenführ, F./Weber, M./Langer, T. (2010): *Rationales Entscheiden*, Heidelberg u. a.
- Eisenhardt, K. M. (1989): Building Theories from Case Study Research, in: *The Academy of Management Review* 14, 4, S. 532–550.
- Eley, M. (2012): *Simulation in der Logistik – Eine Einführung in die Erstellung ereignisdiskreter Modelle unter Verwendung des Werkzeuges „Plant Simulation“*, Berlin u. a.
- Escudero, L. F./Galindo, E./García, G./Gómez, E./Sabaua, V. (1999): Schumann, a modeling framework for supply chain management under uncertainty, in: *European Journal of Operational Research*, 119, 1, S. 14–34.
- Fahrioglu, M./Alvarado, F. L. (2001): Using utility information to calibrate customer demand management behavior models, in: *IEEE Transactions on Power Systems*, 16, 2, S. 317–322.

-
- Faisal, M. N./Banwet, D. K./Shankar, R. (2006): Supply chain risk mitigation: modeling the enablers, in: *Business Process Management Journal*, 12, 4, S. 535–552.
- Fantazy, K. A./Kumar, V./Kumar, U. (2009): An empirical study of the relationships among strategy, flexibility, and performance in the supply chain context, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, 14, 3, S. 177–188.
- Fawcett, S. E./Ellram, L. M./Ogden, J. A. (2014): *Supply Chain Management – From Vision to Implementation*, Harlow.
- Fawcett, S. E./Magnan, G. M. (2002): The rhetoric and reality of supply chain integration, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32, 5, S. 339–361.
- Fleischmann, B./Meyr, H./Wagner, M. (2015): Advanced Planning, in: Stadler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Heidelberg u. a., S. 71–95.
- Flick, U. (2016): *Qualitative Sozialforschung*, Hamburg.
- Francois, P. (2000): *Flexible Losgrößenplanung in Produktion und Beschaffung*, Heidelberg.
- Franke, U. (2017): Wie sicher ist die Lieferkette, in: *Industrie.de*, 30.03.2017, <http://industrie.de/management/wie-sicher-ist-die-liefer-kette/>, Stand: 07.07.2017.
- Frankfurter Allgemeine (2016a): Audi unterbricht Produktion nach Unwetter, 30.05.2016, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/audi-werk-steht-nach-unwetter-14259743.html>, Stand: 06.07.2017.
- Frankfurter Allgemeine (2016b): „Die ersten Kunden rufen an“, 19.08.2016, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/vw-streit-mit-zulieferer-fuehrt-zu-golf-produktionsstopp-14395993.html>, Stand: 06.07.2017.

- Freiwald, S. (2005): Supply Chain Design – Robuste Planung mit differenzierter Auswahl der Zulieferer, Frankfurt am Main.
- Friedrich, S. (2007): Verfahren für die taktische Planung der Supply Chain, Aachen.
- Froschauer, U./Lueger, M. (2003): Das qualitative Interview, Wien.
- Garavelli, A. C. (2003): Flexibility configurations for the supply chain management, in: International Journal of Production Economics, 85, 2, S. 141–153.
- Garg, A. (1999): An application of designing products and processes for supply chain management, in: IIE Transactions, 31, 5, S. 417–429.
- Gläser, J./Laudel, G. (2010): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse, Wiesbaden.
- Gleißner, W./Romeike, F. (2015): Grundlagen des Risikomanagements, in: Gleißner, W./Romeike, F. (Hrsg.): Praxishandbuch Risikomanagement – Konzepte – Methoden – Umsetzung, Berlin, S. 19–43.
- Goedel, H. (1997): Gestaltung der Planung – Konzeptioneller Ansatz und Fallstudien, Wiesbaden.
- Gohlke, C. (2009): Entscheidungen unter Unsicherheit – Einflussfaktoren auf Gruppen im Innovationsmanagement, München.
- Graves, S. C./Tomlin, B. T. (2003): Process Flexibility in Supply Chains, in: Management Science, 49, 7, S. 907–919.
- Gudehus, T. (2010): Logistik – Grundlagen Strategien Anwendungen, Heidelberg u. a.
- Günther, H.-O./Tempelmeier, H. (2003): Produktion und Logistik, Berlin u. a.
- Güth, W./Krahen, J. P./Rick, C. (1997): Financial markets with asymmetric information: A pilot study focusing on insider advantages, in: Journal of Economic Psychology, 18, 2–3, S. 235–257.

-
- Guide, V. D. R./Harrison, T. P./Van Wassenhove, L. N. (2003): The Challenge of Closed-Loop Supply Chains, in: *Interfaces*, 33, 6, S. 3–6.
- Guillén, G./Mele, F. D./Bagajewicz, M. J./Espuña, A./Puigjaner, L. (2005): Multiobjective supply chain design under uncertainty, in: *Chemical Engineering Science*, 60, 6, S. 1535–1553.
- Guillén, G./Mele, F. D./Espuña, A./Puigjaner, L. (2006): Addressing the Design of Chemical Supply Chains under Demand Uncertainty, in: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45, 22, S. 7566–7581.
- Gupta, A./Maranas, C. D. (2000): A Two-Stage Modeling and Solution Framework for Multisite Midterm Planning under Demand Uncertainty, in: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39, 10, S. 3799–3813.
- Gupta, A./Maranas, C. D./McDonald, C. M. (2000): Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: customer demand satisfaction and inventory management, in: *Computers and Chemical Engineering*, 24, 12, S. 2613–2621.
- Gupta, S. K./Rosenhead, J. (1968): Robustness in Sequential Investment Decisions, in: *Management Science*, 15, 2, S. B-18–B-29.
- Gupta, Y. P./Goyal, S. (1989): Flexibility of manufacturing systems: Concepts and measurements, in: *European Journal of Operational Research*, 43, 2, S. 119–135.
- Hahn, D./Hungenberg, H. (2001): *PuK – Planung und Kontrolle, Planungs- und Kontrollsysteme, Planungs- und Kontrollrechnung, Wertorientierte Controllingkonzepte*, Wiesbaden.
- Handelsblatt (2016): VW setzt Golf-Produktion im Stammwerk aus, 19.08.2016, <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/prevent-gruppe-vw-setzt-golf-produktion-im-stammwerk-aus/14429908.html>, Stand: 06.07.2017.
- Handfield, R. B./Nichols, E. L. (1999): *Introduction to Supply Chain Management*, Upper Saddle River.

- Harris, F. H. deB./Pinder, J. P. (1995): A revenue management approach to demand management and order booking in assemble-to-order manufacturing, in: *Journal of Operations Management*, 13, 4, S. 299–309.
- Harris, F. W. (1913): How Many Parts to Make at Once, in: *Factory, The Magazine of Management*, 10, 2, S. 135–136; Nachdruck in: *Operations Research* (1990), 38, 6, S. 947–950.
- Hartmann, H. (2017): *Bestandsmanagement und -controlling: Optimierungsstrategien mit Beiträgen aus der Praxis*, Gernsbach.
- Hax, H./Laux, H. (1972): Flexible Planung – Verfahrensregeln und Entscheidungsmodelle für die Planung bei Ungewißheit, in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 24, S. 318–340.
- Heinen, E. (1976): *Grundfragen der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre*, München.
- Herrmann, F./Englberger, J. (2015): Robuste Optimierung zur Produktionsprogrammplanung, in: Claus, T./Herrmann, F./Manitz, M. (Hrsg.): *Produktionsplanung und -steuerung – Forschungsansätze, Methoden und deren Anwendung*, Berlin u. a., S. 25–45.
- Hillman, M./Keltz, H. (2007): *Managing Risk in the Supply Chain – A Quantitative Study*, Boston (MA) u. a.
- Ho, C.-F./Chi, Y.-P./Tai, Y.-M. (2005): A Structural Approach to Measuring Uncertainty in Supply Chains, in: *International Journal of Electronic Commerce*, 9, 3, S. 91–114.
- Ho, W./Zheng, T./Yildiz, H./Talluri, S. (2015): Supply chain risk management: a literature review, in: *International Journal of Production Research*, 53, 16, S. 5031–5069.
- Hocke, S. (2004): *Flexibilitätsmanagement in der Logistik: systemtheoretische Fundierung und Simulation logistischer Gestaltungsparameter*, Frankfurt a. M.
- Hodgkinson, G. P./Herriot, P./Anderson, N. (2001): Re-aligning the Stakeholders in Management Research: Lessons from Industrial,

-
- Work and Organizational Psychology, in: *British Journal of Management*, 12, S. 41–48.
- Hoekstra, S./Romme, J. (1992): *Integral logistic structures: developing customer-oriented goods flow*, New York.
- Horváth, P./Mayer, R. (1986): Produktionswirtschaftliche Flexibilität, in: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 2, S. 69–76.
- Hülsmann, M. (2003): *Management im Orientierungsdilemma – Unternehmen zwischen Effizienz und Nachhaltigkeit*, Wiesbaden.
- Hungenberg, H. (2014): *Strategisches Management in Unternehmen – Ziele – Prozesse – Verfahren*, Wiesbaden.
- Isermann, H. (1998): *Logistik – Gestaltung von Logistiksystemen*, Landsberg am Lech.
- Ivanov, D./Sokolov, B./Dolgui, A. (2014): The Ripple effect in supply chains: trade-off ‘efficiency-flexibility-resilience’ in disruption management, in: *International Journal of Production Research*, 52, 7, S. 2154–2172.
- Jacob, H. (1974): Unsicherheit und Flexibilität – zur Theorie der Planung bei Unsicherheit, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 44, S. 322–326 und S. 505–526.
- Jacob, H. (1990): Flexibilität und ihre Bedeutung für die Betriebspolitik, in: Adam, D./Backhaus, K./Meffert, H./Wagner, H. (Hrsg.): *Integration und Flexibilität – Eine Herausforderung für die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*, Wiesbaden, S. 15–60.
- Jahr, M. (2013): *Taktische Planung in Supply Chain Netzwerken – quantitative Produktions-, Distributions- und Transportplanung in mehrstufigen Distributionsnetzen*, Aachen.
- Jain, A./Jain, P. K./Chan, F. T. S./Singh, S. (2013): A review on manufacturing flexibility, in: *International Journal of Production Research*, 51, 19, S. 5946–5970.

- Jordan, W. C./Graves, S. C. (1995): Principles on the Benefits of Manufacturing Process Flexibility, in: *Management Science*, 41, 4, S. 577–594.
- Jüttner, U. (2005): Supply chain risk management – Understanding the business requirements from a practitioner perspective, in: *The International Journal of Logistics Management*, 16, 1, S. 120–141.
- Jüttner, U./Maklan, S. (2011): Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, 4, S. 246–259.
- Jüttner, U./Peck, H./Christopher, M. (2003): Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research, in: *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 6, 4, S. 197–210.
- Kämmerer, C. (2017): Fehlmengenkosten in der Distributionslogistik: Analyse und Modellierung aus Sicht der Investitionsgüterindustrie, Würzburg.
- Kajüter, P. (2003): Instrumente zum Risikomanagement in der Supply Chain, in: Stölzle, W./Otto, A. (Hrsg.): *Supply Chain Controlling in Theorie und Praxis – Aktuelle Konzepte und Unternehmensbeispiele*, Wiesbaden, S. 107–135.
- Kaluza, B. (1984): Flexibilität der Produktionsvorbereitung industrieller Unternehmen, in: v. Kortzfleisch, G./Kaluza, B. (Hrsg.): *Internationale und nationale Problemfelder der Betriebswirtschaftslehre*, Berlin, S. 287–333.
- Kaluza, B. (1993): Flexibilität, betriebliche, in: Wittman, W./Kern, W./Köhler, R./Küpper, H.-U./Wysocki, K. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*, Stuttgart, S. 1173–1184.
- Kaluza, B./Blecker, T. (2005): Flexibilität – State of the Art und Entwicklungstrends, in: Kaluza, B./Blecker, T. (Hrsg.): *Erfolgsfaktor Flexibilität: Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen*, Berlin, S. 1–28.

-
- Kampstra, R. P./Ashayeri, J./Gattorna, J. L. (2006), Realities of supply chain collaboration, in: *The International Journal of Logistics Management*, 17, 3, S. 312–330.
- Kauder, S./Meyr, H. (2009): Strategic network planning for an international automotive manufacturer – Balancing flexibility and economical efficiency, in: *OR Spectrum*, 31, 3, S. 507–532.
- Kilger, C./Reuter, B./Stadtler, H. (2015): Collaborative Planning, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Heidelberg u. a., S. 257–280.
- Kilger, C./Wagner, M. (2015): Demand Planning, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Heidelberg u. a., S. 125–154.
- Klaus, P./Krieger, W./Krupp, M. (2012): *Gabler-Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse*, Wiesbaden.
- Kleijnen, J. P. C. (2005): Supply chain simulation tools and techniques: a survey, in: *International Journal of Simulation & Process Modelling*, 1, 1/2, S. 82–89.
- Klein, R./Scholl, A. (2011): *Planung und Entscheidung – Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse*, München.
- Klibi, W./Martel, A./Guitouni, A. (2010): The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review, in: *European Journal of Operational Research*, 203, 2, S. 283–293.
- Knight, F. H. (1971): *Risk, Uncertainty and Profit*, Chicago.
- Kohn, W./Öztürk, R. (2017): *Statistik für Ökonomen – Datenanalyse mit R und SPSS*, Berlin u. a.
- Konrad, G. (2005): *Theorie, Anwendbarkeit und strategische Potenziale des Supply Chain Management*, Wiesbaden.

- Koontz, H./O'Donnell, C. (1976): *Management – A Systems and Contingency Analysis of Managerial Functions*, New York u. a.
- Koutsoukis, N.-S./Dominguez-Ballesteros, B./Lucas, C. A./Mitra, G. (2000): A prototype decision support system for strategic planning under uncertainty, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30, 7/8, S. 640–660.
- Kouvelis, P./Dong, L./Boyabatli, O./Li, R. (2012): Integrated Risk Management: A Conceptual Framework with Research Overview and Applications in Practice, in: Kouvelis, P./Dong, L./Boyabatli, O./Li, R. (Hrsg.): *Handbook of Integrated Risk Management in Global Supply Chains*, Hoboken, NJ, USA, S. 3–12.
- Kouvelis, P./Kurawarwala, A. A./Gutiérrez, G. J. (1992): Algorithms for robust single and multiple period layout planning for manufacturing systems, in: *European Journal of Operational Research*, 63, 2, S. 287–303.
- Kuhn, A./Hellingrath, B. (2002): *Supply Chain Management: Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette*, Berlin.
- Kuhn, A./Rabe, M. (1998): *Simulation in Produktion und Logistik: Fallbeispielsammlung*, Berlin u. a.
- Kühn, M. (1989): *Flexibilität in logistischen Systemen*, Heidelberg.
- Kumar, V./Fantazy, K. A./Kumar, U. (2006): Implementation and management framework for supply chain flexibility, in: *Journal of Enterprise Information Management*, 19, 3, S. 303–319.
- Lababidi, H. M. S./Ahmed, M. A./Alatqi, I. M./Al-Enzi, A. F. (2004): Optimizing the Supply Chain of a Petrochemical Company under Uncertain Operating and Economic Conditions, in: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 43, 1, S. 63–73.
- Lambert, D. M. (2008): *Supply Chain Management – Processes, Partnerships, Performance*, Sarasota.
- Lambert, D. M./Cooper, M. C. (2000): Issues in Supply Chain Management, in: *Industrial Marketing Management*, 29, 1, S. 65–83.

-
- Lambert, D. M./Cooper, M. C./Pagh, J. D. (1998): Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities, in: *The International Journal of Logistics Management*, 9, 2, S. 1–18.
- Lambert, D. M./Garcia-Dastugue, S. J./Croxton, K. L. (2005): An Evaluation of Process-oriented Supply Chain Management Frameworks, in: *Journal of Business Logistics*, 26, 1, S. 25–51.
- Langton, S. (2013): *Interaktive Entscheidungsunterstützung im Bestandsmanagement – Ein Ansatz zur Bewertung fehlmengeninduzierter Supply Chain Unterbrechungen*, Aachen.
- Laux, H./Gillenkirch, R. M./Schenk-Mathes, H. Y. (2014): *Entscheidungstheorie*, Berlin u. a.
- Laux, H./Liermann, F. (2005): *Grundlagen der Organisation – Die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre*, Berlin u. a.
- Law, A. M. (2015): *Simulation modeling and analysis*, Boston u. a.
- Lee, H. L. (2004): The Triple-A Supply Chain, in: *Harvard Business Review*, 82, 10, S. 102–112.
- Lee, H. L./Billington, C. (1993): Material Management in Decentralized Supply Chains, in: *Operations Research*, 41, 5, S. 835–847.
- Lee, H. L./Billington, C./Carter, B. (1993): Hewlett-Packard Gains Control of Inventory and Service through Design for Localization, in: *Interfaces*, 23, 4, S. 1–11.
- Lee, H. L./Padmanabhan, V./Whang, S. (1997): Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, in: *Management Science*, 43, 4, S. 546–558.
- Leung, S. C. H./Tsang, S. O. S./Ng, W. L./Wu, Y. (2007): A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain environment, in: *European Journal of Operational Research*, 181, 1, S. 224–238.

- Leung, S./Wu, Y./Lai, K. K. (2006): A stochastic programming approach for multi-site aggregate production planning, in: *Journal of the Operational Research Society*, 57, 2, S. 123–132.
- Levis, A. A./Papageorgiou, L. G. (2004): A hierarchical solution approach for multi-site capacity planning under uncertainty in the pharmaceutical industry, in: *Computers and Chemical Engineering*, 28, 5, S. 707–725.
- Li, X./Wang, Q. (2007): Coordination mechanisms of supply chain systems, in: *European Journal of Operational Research*, 179, 1, S. 1–16.
- Li, Y./Chen, J./Feng, L. (2013): Dealing with Uncertainty: A Survey of Theories and Practices, in: *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 25, 11, S. 2463–2482.
- Liu, R./Kumar, A./van der Aalst, W. (2007): A formal modeling approach for supply chain event management, in: *Science Direct*, 43, 3, S. 737–778.
- Lummus, R. R./Duclos, L. K./Vokurka, R. J. (2003): Supply Chain Flexibility: Building a New Model, in: *Global Journal of Flexible Systems Management*, 4, 4, S. 1–13.
- MacDonald, K. (2007): Globalising Justice within Coffee Supply Chains? Fair Trade, Starbucks and the transformation of supply chain governance, in: *Third World Quarterly*, 28, 4, S. 793–812.
- Mallée, T. (2015): Strategien und Erfolgsfaktoren für Supply Chain Risk Management, in: *Dispo*, 9/15, S. 8–9.
- Manuj, I./Mentzer, J. T. (2008): Global Supply Chain Risk Management, in: *Journal of Business Logistics*, 29, 1, S. 133–155.
- March, J. G./Shapira, Z. (1987): Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking, in: *Management Science*, 33, 11, S. 1404–1418.
- Marksberry, P./Badurdeen, F./Maginnis, M. A. (2011): An investigation of Toyota's social-technical systems in production leveling, in: *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22, 5, S. 604–620.

-
- Marshall, C./Rossman, G. B. (1995): *Designing Qualitative Research*, Thousand Oaks (CA) u. a.
- Mascarenhas, B. (1981): Planning for Flexibility, in: *Long Range Planning*, 14, 5, S. 78–82.
- Mason-Jones, R./Naylor, B./Towill, D. R. (2000a): Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace, in: *International Journal of Production Research*, 38, 17, S. 4061–4070.
- Mason-Jones, R./Naylor, B./Towill, D. R. (2000b): Engineering the leagile supply chain, in: *International Journal of Agile Management Systems*, 2, 1, S. 54–61.
- Mason-Jones, R./Towill, D. R. (1998): Shrinking the Supply Chain Uncertainty Circle, in: *Control*, September, S. 17–22.
- Mason-Jones, R./Towill, D. R. (1999): Total cycle time compression and the agile supply chain, in: *International Journal of Production Economics*, 62, 1-2, S. 61–73.
- McDonald, C. M./Karimi, I. A. (1997): Planning and Scheduling of Parallel Semicontinuous Processes. 1. Production Planning, in: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 36, 7, S. 2691–2700.
- Meffert, H. (1969): Zum Problem der betriebswirtschaftlichen Flexibilität, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 39, S. 779–800.
- Meffert, H. (1985): Größere Flexibilität als Unternehmenskonzept, in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 37, 2, S. 121–153.
- Meierbeck, R. (2010): *Strategisches Risikomanagement der Beschaffung – Entwicklung eines ganzheitlichen Modells am Beispiel der Automobilindustrie*, Köln.
- Mentzer, J. T./ DeWitt, W./Keebler, J. S./Min, S./ Nix, N. W./ Smith, C. D./ Zacharia, Z. G. (2001): Defining Supply Chain Management, in: *Journal of Business Logistics*, 22, 2, S. 1–24.
- Merschmann, U./Thonemann, U. W. (2011): Supply chain flexibility, uncertainty and firm performance: An empirical analysis of Ger-

- man manufacturing firms, in: *International Journal of Production Economics*, 130, 1, S. 43–53.
- Metters, R. (1997): Quantifying the bullwhip effect in supply chains, in: *Journal of Operations Management*, 15, 2, S. 89–100.
- Meuser, M./Nagel, U. (2009): Experteninterview und der Wandel der Wissensproduktion, in: Bogner, A./Littig, B./Menz, W. (Hrsg.): *Experteninterviews – Theorien, Methoden, Anwendungsfelder*, Wiesbaden, S. 35–60.
- Meyr, H. (2004): Supply chain planning in the German automotive industry, in: *OR Spectrum*, 26, 4, S. 447–470.
- Meyr, H./Wagner, M./Rohde, J. (2015): Structure of Advanced Planning Systems, in: Stadler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Heidelberg u. a., S. 99–106.
- Miemyczyk, J./Johansen, T. E./Macquet, M. (2012): Sustainable purchasing and supply management: a structured literature review of definitions and measures at the dyad, chain and network levels, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, 17, 5, S. 478–496.
- Miranda, P. A./Garrido, R. A. (2004): Incorporating inventory control decisions into a strategic distribution network design model with stochastic demand, in: *Transportation Research Part E*, 40, 3, S. 183–207.
- Möslein-Tröppner, B. (2010): *Produktionswirtschaftliche Flexibilität in Supply Chains mit hohen Absatzrisiken – Strategische Konzepte und operative Erfolgspotenziale*, Bamberg.
- Mulvey, J. M./Vanderbei, R. J./Zenios, S. A. (1995): Robust optimization of large-scale systems, in: *Operations Research*, 43, 2, S. 264–281.
- Naylor, J. B./Naim, M. M./Berry, D. (1999): Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain, in: *International Journal of Production Economics*, 62, 1-2, S. 107–118.

-
- Neidhart, C. (2016): Produktionsstopp in Japan, in: Süddeutsche Zeitung, 18.04.2016, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/erdbeben-produktionsstopp-in-japan-1.2954529>, Stand: 06.07.2017.
- Nissen, V. (2002): Supply-Chain-Event-Management, in: Wirtschaftsinformatik, 44, 5, S. 477–480.
- Norling, E./Edmonds, B./Meyer, R. (2013): Informal Approaches to Developing Simulation Models, in: Edmonds, B./Meyer, R. (Hrsg.): Simulating Social Complexity – A Handbook, Berlin u. a., S. 39–57.
- Norrman, A./Jansson, U. (2004): Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 34, 5, S. 434–456.
- Obermaier, R./Saliger, E. (2013): Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie – Einführung in die Logik individueller und kollektiver Entscheidungen, München.
- Oloruntoba, R./Gray, R. (2006): Humanitarian Aid: An Agile Supply Chain?, in: Supply Chain Management: An International Journal, 11, 2, S. 115–120.
- Ost, S. (1995): Wirtschaftliche Bewertung der Produktionsflexibilität, in: KRP, 3, S. 153–158.
- Ostertag, R. (2008): Supply-Chain-Koordination im Auslauf in der Automobilindustrie – Koordinationsmodell auf Basis von Fortschrittszahlen zur dezentralen Planung bei zentraler Informationsbereitstellung, Wiesbaden.
- Otto, A. (2003): Supply-Chain-Event-Management: Three Perspectives, in: The International Journal of Logistics Management, 14, 2, S. 1–13.
- Otto, A./Kotzab, H. (2001): Der Beitrag des Supply Chain Management zum Management von Supply Chains – Überlegungen zu einer unpopulären Frage, in: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 53, 3, S. 157–176.

- Pan, F./Nagi, R. (2010): Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing, in: *Computers & Operations Research*, 37, 4, S. 668–683.
- Patton, M. Q. (2015): *Qualitative Research & Evaluation Methods*, Thousand Oaks (CA) u. a.
- Pauli, J. (1987): *So wird Ihr Unternehmen flexibel*, Zürich.
- Peck, H. (2006): Reconciling supply chain vulnerability, risk and supply chain management, in: *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 9, 2, S. 127–142.
- Peidro, D./Mula, J./Poler, R./Lario, F.-C. (2009): Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review, in: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43, 3, S. 400–420.
- Perez-Aleman, P./Sandilands, M. (2008): Building Value at the Top and Bottom of the Global Supply Chain: MNC-NGO Partnerships and Sustainability, in: *California Management Review*, 51, 1, S. 24–49.
- Petruzzi, N. C./Dada, M. (1999): Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions, in: *Operations Research*, 47, 2, S. 183–194.
- Pfohl, H.-C. (2002): Risiken und Chancen: Strategische Analyse in der Supply Chain, in: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): *Risiko- und Chancenmanagement in der Supply Chain – proaktiv – ganzheitlich – nachhaltig*, Darmstadt, S. 1–56.
- Pfohl, H.-C./Gallus, P./Kühler, H. (2008): Konzeption des Supply Chain Risikomanagements, in: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): *Sicherheit und Risikomanagement in der Supply Chain – Gestaltungsansätze und praktische Umsetzung*, Hamburg, S. 7–94.
- Pfohl, H.-C./Stölzle, W. (1997): *Planung und Kontrolle – Konzeption, Gestaltung, Implementierung*, München.
- Pibernik, R. (2001): *Flexibilitätsplanung in Wertschöpfungsnetzwerken*, Wiesbaden.

-
- Pibernik, R./Sucky, E. (2005): Master Planning in Supply Chains, in: Günther, H.-O./Mattfeld, D. C./Suhl, L. (Hrsg.): Supply Chain Management und Logistik, Heidelberg, S. 69–93.
- Pibernik, R./Sucky, E. (2006): Centralised and decentralised supply chain planning, in: International Journal of Integrated Supply Management, 2, 1/2, S. 6–27.
- Pibernik, R./Sucky, E. (2007): An approach to inter-domain master planning in supply chains, in: International Journal of Production Economics, 108, 1-2, S. 200–212.
- Plinke, W./Rese, M./Utzig, B. P. (2015): Industrielle Kostenrechnung: Eine Einführung, Berlin u. a.
- Ponomarov, S. Y./Holcomb, M. C. (2009): Understanding the concept of supply chain resilience, in: The International Journal of Logistics Management, 20, 1, S. 124–143.
- Porter, M. E. (1996): What Is Strategy?, in: Harvard Business Review, 74, 6, S. 61–78.
- Power, D. J./Sohal, A. S./Rahman, S.-U. (2001): Critical success factors in agile supply chain management – An empirical study, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 31, 4, S. 247–265.
- Prater, E./Biehl, M./Smith, M. A. (2001): International supply chain agility – Tradeoffs between flexibility and uncertainty, in: International Journal of Operations & Production Management, 21, 5/6, S. 823–839.
- Pujawan, I. N. (2004): Assessing supply chain flexibility: a conceptual framework and case study, in: International Journal of Integrated Supply Management, 1, 1, S. 79–97.
- Pyke, D. F./Cohen, M. A. (1993): Performance characteristics of stochastic integrated production-distribution systems, in: European Journal of Operational Research, 68, 1, S. 23–48.

- Pyke, D. F./Cohen, M. A. (1994): Multiproduct integrated production-distribution systems, in: *European Journal of Operational Research*, 74, 1, S. 18–49.
- Rabe, M./Spieckermann, S./Wenzel, S. (2008): *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik – Vorgehensmodelle und Techniken*, Berlin u. a.
- Rangel, D. A./de Oliveira, T. K./Leite, M. S. A. (2015): Supply chain risk classification: discussion and proposal, in: *International Journal of Production Research*, 53, 22, S. 6868–6887.
- Rao, S./Goldsby, T. J. (2009): Supply chain risks: a review and typology, in: *The International Journal of Logistics Management*, 20, 1, S. 97–123.
- Reichwald, R./Behrbohm, P. (1983): Flexibilität als Eigenschaft produktionswirtschaftlicher Systeme, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre*, 53, 9, S. 831–850.
- Reichwald, R./Piller, F. (2009): *Interaktive Wertschöpfung – Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung*, Wiesbaden.
- Reuter, B./Rohde, J. (2015): Coordination and Integration, in: Stadler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Heidelberg u. a., S. 241–256.
- Robinson, P./Narayanan, A./Sahin, F. (2009): Coordinated deterministic dynamic demand lot-sizing problem: A review of models and algorithms, in: *Omega*, 37, 1, S. 3–15.
- Rohde, J./Meyr, H./Wagner, M. (2000): Die Supply Chain Planning Matrix, in: *PPS Management*, 1, S. 10–15.
- Ross, D. F. (2000): *Competing Through Supply Chain Management – Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*, New York u. a.

-
- Ryu, J.-H./Dua, V./Pistikopoulos, E. N. (2004): A bilevel programming framework for enterprise-wide process networks under uncertainty, in: *Computers and Chemical Engineering*, 28, 6-7, S. 1121–1129.
- Sabri, E. H./Beamon, B. M. (2000): A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design, in: *Omega*, 28, 5, S. 581–598.
- Sánchez, A. M./Pérez, M. P. (2005): Supply chain flexibility and firm performance – A conceptual model and empirical study in the automotive industry, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 25, 7, S. 681–700.
- Santoso, T./Ahmed, S./Goetschalckx, M./Shapiro, A. (2005): A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty, in: *European Journal of Operational Research*, 167, 1, S. 96–115.
- Savage, M. (2002): Business continuity planning, in: *Work Study*, 51, 5, S. 254–261.
- Sawhney, R. (2006): Interplay between uncertainty and flexibility across the value-chain: Towards a transformation model of manufacturing flexibility, in: *Journal of Operations Management*, 24, 5, S. 476–493.
- Schauerhuber, M. (1998): *Produktionswirtschaftliche Flexibilität – eine Konstruktion pekuniärer, kontextbezogener und interagierender Flexibilitätsmaße*, Wien.
- Schiemenz, B./Schönert, O. (2005): *Entscheidung und Produktion*, München.
- Schlüchtermann, J. (1996): *Planung in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern*, Wiesbaden.
- Schneeweiß, C. (1995): Hierarchical Structures in Organisations: A Conceptual Framework, in: *European Journal of Operational Research*, 56, 1, S. 4–31.

- Schneeweiß, C. (1996): Flexibilität, Elastizität und Reagibilität, in: Kern, W./Schröder, H.-H./Weber, J. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, Stuttgart, S. 489–501.
- Schneeweiß, C. (2002): Einführung in die Produktionswirtschaft, Berlin u. a.
- Schneeweiß, H. (1967): Entscheidungskriterien bei Risiko, Berlin.
- Scholl, A. (2001): Robuste Planung und Optimierung – Grundlagen – Konzepte und Methoden – Experimentelle Untersuchungen, Heidelberg.
- Scholl, A./Klein, R./Häselbarth, L. (2004): Planung im Spannungsfeld zwischen Informationsdynamik und zeitlichen Interdependenzen, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt), 33, 3, S. 153–160.
- Schwaninger, M./Ambroz, K. (2009): Plädoyer für Langristorientierung, in: Strohacker, J./Größler, A. (Hrsg.): Strategisches und operatives Produktionsmanagement – Empirie und Simulation, Wiesbaden, S. 23–46.
- Seebacher, G./Winkler, H. (2013): A Citation Analysis of the Research on Manufacturing and Supply Chain Flexibility, in: International Journal of Production Research, 51, 11, S. 3415–3427.
- Sethi, A. K./Sethi, S. P. (1990): Flexibility in manufacturing: A Survey, in: International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 2, 4, S. 289–328.
- Seuring, S./Müller, M. (2008): From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, in: Journal of Cleaner Production, 16, 15, S. 1699–1710.
- Shannon, R. E. (1975): Systems Simulation – The art and science, Englewood Cliffs (NJ).
- Shapiro, J. F. (2007): Modeling the Supply Chain, Balmont (CA) u. a.
- Sheffi, Y. (2007): The Resilient Enterprise – Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage, Cambridge u. a.

-
- Sheffi, Y./Rice, J. B. (2005): A Supply Chain View of the Resilient Enterprise, in: MIT Sloan Management Review, 47, 1, S. 41–48.
- Shukla, A./Lalit, V. A./Venkatasubramanian, V. (2011): Optimizing efficiency-robustness trade-off in supply chain design under uncertainty due to disruptions, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41, 6, S. 623–646.
- Silver, E. A./Meal, H. C. (1973): A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment, in: Production and inventory management, 14, 2, S. 64–74.
- Simangunsong, E./Handry, L. C./Stevenson, M. (2012): Supply-chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research, in: International Journal of Production Research, 50, 16, S. 4493–4523.
- Simchi-Levi, D./Kaminsky, P./Simchi-Levi, E. (2008): Designing and Managing the Supply Chain – Concepts, Strategies and Case Studies, Boston u. a.
- Singer, C. (2012): Flexibilitätsmanagement zur Bewältigung von Unsicherheit in der Supply Chain, Köln.
- Slack, N. (1983): Flexibility as a Manufacturing Objective, in: International Journal of Operations & Production Management, 3, 3, S. 4–13.
- Snyder, L. V./Daskin, M. S./Teo, C.-P. (2007): The stochastic location model with risk pooling, in: European Journal of Operational Research, 179, 3, S. 1221–1238.
- Snyder, L./Shen, Z.-J. (2011): Fundamentals of Supply Chain Theory, Hoboken (NJ).
- Sodhi, M. S./ Tang, C. S. (2012): Managing Supply Chain Risk, New York u. a.

- Spiegel Online (2010): Vulkanasche zwingt BMW zum Produktionsstopp, 20.04.2010, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/fehlende-teile-vulkanasche-zwingt-bmw-zum-produktionsstopp-a-690138.html>, Stand: 06.07.2017.
- Spiegler, V. L. M./Naim, M. M./Wikner, J. (2012): A control engineering approach to the assessment of supply chain resilience, in: *International Journal of Production Research*, 50, 21, S. 6162–6187.
- Spitter, J. M./de Kok, A. G./Dellaert, N. P. (2005): Timing production in LP models in a rolling schedule, in: *International Journal of Production Economics*, 93-94, S. 319–329.
- Stadtler, H. (2005): Supply chain management and advanced planning – basics, overview and challenges, in: *European Journal of Operational Research*, 163, 3, S. 575–588.
- Stadtler, H. (2015): Supply Chain Management: An Overview, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Berlin u. a., S. 3–28.
- Staehele, W. H. (1999): *Management*, München.
- Stefanič-Allmayer, K. (1927): Die günstigste Bestellmenge beim Einkauf, in: *Sparwirtschaft*, 10, S. 504–508.
- Steinmann, H./Schreyögg, G./Koch, J. (2013): *Management – Grundlagen der Unternehmensführung, Konzepte, Funktionen, Fallstudien*, Wiesbaden.
- Stevens, G. C. (1989): Integrating the Supply Chain, in: *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 19, 8, S. 3–8.
- Stevenson, M./Spring, M. (2007): Flexibility from a supply chain perspective: definition and review, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 27, 7, S. 685–713.
- Stock, R./Boyer, L. (2009): Developing a consensus definition of supply chain management: a qualitative study, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39, 8, S. 690–711.

-
- Stölzle, W./Klaus, F. H./Karrer, M. (2004): Erfolgsfaktor Bestandsmanagement: Konzept – Anwendung – Perspektiven, Zürich.
- Sucky, E. (2004): Koordination in Supply Chains – Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung integrierter Bestell- und Produktionspolitiken, Wiesbaden.
- Sucky, E. (2006): Kontraktlogistik – Ein stochastisch dynamischer Planungsansatz zur Logistikdienstleisterauswahl, in: Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung, 17, 2, S. 131–153.
- Sucky, E. (2007): Dynamic Supply Chain Design: A Quantitative Approach for Strategic Partner Selection, in: Delfmann, W. (Hrsg): Strategic Supply Chain Design: Theory, Concepts and Applications, Köln, S. 203–229.
- Süddeutsche Zeitung (2010): Große Asche-Pause, 20.05.2010, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bmw-produktionsstopp-grosse-asche-pause-1.933881>, Stand: 06.07.2017.
- Svensson, G. (2000): A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 30, 9, S. 731–750.
- Svoronos, A./Zipkin, P. (1991): Evaluation of One-For-One Replenishment Policies for Multiechelon Inventory Systems, in: Management Science, 37, 1, S. 68–83.
- Swafford, P. M./Ghosh, S./Murthy, N. (2006): The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing, in: Journal of Operations Management, 24, 2, S. 170–188.
- Swafford, P. M./Ghosh, S./Murthy, N. (2008): Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility, in: International Journal of Production Economics, 116, 2, S. 288–297.
- Taleb, N. N. (2012): Antifragile – Things that Gain from Disorder, London.
- Tan, K. C. (2001): A Framework of Supply Chain Management Literature, in: European Journal of Purchasing & Supply Chain Management, 7, 1, S. 39–48.

- Tang, C. S. (2006a): Perspectives in supply chain risk management, in: *International Journal of Production Economics*, 103, 2, S. 451–488.
- Tang, C. S. (2006b): Robust strategies for mitigation supply chain disruptions, in: *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 9, 1, S. 33–45.
- Tang, C./Tomlin, B. (2008): The power of flexibility for mitigating supply chain risks, in: *International Journal of Production Economics*, 116, 1, S. 12–27.
- Tang, C./Tomlin, B. (2009): How Much Flexibility Does It Take to Mitigate Supply Chain Risks?, in: Zsidisin, G. A./Ritchie, B. (Hrsg.): *Supply Chain Risk – A Handbook of Assessment, Management, and Performance*, New York (NY), S. 155–174.
- Taylor, F. W. (1984): Scientific Management, in: Fischer, F./Sirianni, C. (Hrsg.): *Critical Studies in Organization & Bureaucracy*, Philadelphia, S. 44–54.
- Tempelmeier, H. (2016): *Bestandsmanagement in Supply Chains*, Nordstedt.
- Thiemt, F. (2003): *Risikomanagement im Beschaffungsbereich*, Göttingen.
- Thomas, D. J./Griffin, P. M. (1996): Coordinated Supply Chain Management, in: *European Journal of Operational Research*, 94, 1, S. 1–15.
- Thonemann, U. (2015): *Operations Management – Konzepte, Methoden und Anwendung*, Hallbergmoos.
- Thorn, J. (2002): *Taktisches Supply Chain Planning – Planungsunterstützung durch deterministische und stochastische Optimierungsmodelle*, Frankfurt am Main u. a.
- Tiwari, A. K./Tiwari, A./Samuel, C. (2015): Supply chain flexibility: a comprehensive review, in: *Management Research Review*, 38, 7, S. 767–792.

-
- Tomlin, B. (2006): On the Value of Mitigation and Contingency Strategies for Managing Supply Chain Disruption Risks, in: *Management Science*, 52, 5, S. 639–657.
- Tsiakis, P./Shah, N./Pantelides, C. C. (2001): Design of Multi-echelon Supply Chain Networks under Demand Uncertainty, in: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 40, 16, S. 3585–3604.
- Ulrich, H. (1984): *Management*, Bern u. a.
- Upton, D. M. (1994): The Management of Manufacturing Flexibility, in: *California Management Review*, 36, 2, S. 72–89.
- Urbach, R. (1997): Die „Fabrik der Zukunft“ – ein Konzept im Spannungsfeld wissenschaftslogischer Sichtweisen, Göttingen.
- Vahrenkamp, R. (2008): *Produktionsmanagement*, München.
- Van Hoek, R. I./Harrison, A./Christopher, M. (2001): Measuring agile capabilities in the supply chain, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 21, 1/2, S. 126–147.
- Van Landeghem, H./Vanmaele, H. (2002): Robust planning: a new paradigm for demand chain planning, in: *Journal of Operations Management*, 20, 6, S. 769–783.
- Vanini, U. (2012): *Risikomanagement – Grundlagen, Instrumente, Unternehmenspraxis*, Stuttgart.
- Vickery, S./Calantone, R./Dröge, C. (1999): Supply Chain Flexibility: An Empirical Study, in: *Journal of Supply Chain Management*, 35, 3, S. 16–24.
- Vlachos, D./Iakovou, E./Papapanagiotou, K./Partsch, D. (2012): Building robust supply chains by reducing vulnerability and improving resilience, in: *International Journal of Agile Systems and Management*, 5, 1, S. 59–81.
- Vlajic, J. V./van der Vorst, J. G. A. J./Haijema, R. (2012): A framework for designing robust food supply chains, in: *International Journal of Production Economics*, 137, 1, S. 176–189.

- Vlajic, J. V./van der Vorst, J. G. A. J./Hendrix, E. M. T. (2010): On robustness in food supply chain networks, in: Trienekens, J./Top, J./van der Vorst, J./Beulens, A. (Hrsg.): Towards effective food chains – Models and applications, Wageningen, S. 63–82.
- Voigt, K.-I. (1992): Strategische Planung und Unsicherheit, Wiesbaden.
- Vokurka, R. J./O'Leary-Kelly, S. W. (2000): A review of empirical research on manufacturing flexibility, in: Journal of Operations Management, 18, 4, S. 485–501.
- Von Lanzenuer, C. H./Pilz-Glombik, K. (2002): Coordinating supply chain decisions: an optimization model, in: OR Spectrum, 24, 1, S. 59–78.
- Wärneryd, K.-E. (1996): Risk attitudes and risky behavior, in: Journal of Economic Psychology, 17, 6, S. 749–770.
- Wagner, S. M./Bode, C. (2008): An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk, in: Journal of Business Logistics, 29, 1, S. 307–325.
- Wallace, S. W./Choi, T.-M. (2011): Flexibility, information structure, options, and market power in robust supply chains, in: International Journal of Production Economics, 134, 2, S. 284–288.
- Wang, L./Huhne, T./Förstl, K. (2013): Multi-Tier Supply Chain Risk Management: Practices and Perspectives – An Empirical Enquiry into the Automotive and Commercial Aerospace Industries, Wiesbaden.
- Waters, C. D. J. (2009): Supply Chain Management – An Introduction to Logistics, Basingstoke u. a.
- Weber, J. (2012): Logistikkostenrechnung, Berlin.
- Webster, S. T. (2008): Principles and Tools for Supply Chain Management, Boston u. a.
- Welge, M. K./Al-Laham, A./Eulerich, M. (2017): Strategisches Management – Grundlagen – Prozess – Implementierung, Wiesbaden.

-
- Welt (2010): Flugverbote treffen Autoindustrie mit voller Wucht, 20.04.2010, <https://www.welt.de/wirtschaft/article7258797/Flugverbote-treffen-Autoindustrie-mit-voller-Wucht.html>, Stand: 06.07.2016.
- Wente, I. M. (2013): Supply Chain Risikomanagement: Umsetzung, Ausrichtung und Produktpriorisierung, Köln.
- Wenzel, S./Weiß, M./Collisi-Böhmer, S./Pitsch, H./Rose, O. (2008): Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik – Planung und Durchführung von Simulationsstudien, Berlin u. a.
- Wieland, A./Wallenburg, C. M. (2013): The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 43, 4, S. 300–320.
- Wiese, J. (2017): Slow Logistics – Eine simulationsgestützte Analyse der ökonomischen und ökologischen Potentiale der Sendungsbündelung, Bamberg.
- Wild, J. (1982): Grundlagen der Unternehmensplanung, Opladen.
- Wildemann, H. (1986): Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Ergänzungsheft 86, 1, S. 1–48,
- Wilson, R. H. (1934): A Scientific Routine for Stock Control, in: Harvard Business Review, 13, 1, S. 116–128.
- Wissenschaftsrat (2014): Bedeutung und Weiterentwicklung von Simulation in der Wissenschaft – Positionspapier, Dresden.
- Witt, A (2014): Grundkurs SAP APO – Eine Einführung mit durchgehendem Fallbeispiel, Wiesbaden
- Yin, R. K. (2014): Case Study Research – Design and Methods, Los Angeles u. a.
- Yu, C.-S./Li, H.-L. (2000): A robust optimization model for stochastic logistic problems, in: International Journal of Production Economics, 64, 1-3, S. 385–397.

- Yusuf, Y. Y./Gunasekaran, A./Adeleye, E. O./Sivayoganathan, K. (2004): Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives, in: *European Journal of Operational Research*, 159, 2, S. 379–392.
- Zeit Online (2016): Worüber streitet VW mit seinen Zulieferern?, 22.08.2016, <http://www.zeit.de/mobilitaet/2016-08/volkswagen-zulieferer-prevent-golf-produktion-streit>, Stand: 06.07.2017.
- Ziegenbein, A. (2007): *Supply Chain Risiken*, Zürich.
- Zimmermann, H.-J. (2000): An application-oriented view of modeling uncertainty, in: *European Journal of Operational Research*, 122, 2, S. 190–198.
- Zinn, W./Liu, P. C. (2001): Consumer Response to Retail Stockouts, in: *Journal of Business Logistics*, 22, 1, S. 49–71.
- Zitzmann, I. (2014): How to Cope with Uncertainty in Supply Chains? – Conceptual Framework for Agility, Robustness, Resilience, Continuity and Anti-Fragility in Supply Chains, in: Kersten, W./Blecker, T./Ringle, C. M. (Hrsg.): *Next Generation Supply Chains*, Berlin, S. 361–377.
- Zsidisin, G. A./Melyk, S. A./Ragatz, G. L. (2005): An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management, in: *International Journal of Production Research*, 43, 16, S. 3401–3420.



Eine Supply Chain ist ein komplexes System zur Leistungserstellung, welches häufig eine globale Struktur aufweist. Die starke Vernetzung in einem solchen System sowie der Fokus auf effiziente Prozesse machen dieses anfällig gegenüber unerwarteten Ereignissen. Diese können unterbrechende Auswirkungen haben, welche die Fähigkeit zur Leistungserbringung der gesamten Supply Chain gefährden. Neben diesen disruptiven sind auch operative Unsicherheiten zu beachten. Sowohl die unterbrechenden Ereignisse wie auch die kontinuierlich auftretende Schwankungen können für eine Supply Chain Risiko oder Chance sein. Um Wettbewerbsvorteile zu realisieren bzw. um die Leistungsfähigkeit des Systems aufrechtzuerhalten, müssen die Prozesse einer Supply Chain agil, resilient, robust und flexibel gestaltet werden. Insbesondere der Eigenschaft der Flexibilität kommt dabei eine entscheidende Rolle zu.

Die vorliegende Dissertation entwickelt einen konzeptioneller Bezugsrahmen zu Bewältigung von Unsicherheiten in Supply Chains. Dieser führt bestehende Ansätze des Supply Chain Management zusammen und ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung des Umgangs mit Unsicherheiten in Leistungsnetzwerken. Der empirische Teil der Arbeit betrachtet die taktisch-operative Mengenplanung in einer Supply Chain und deren Beitrag zum Aufbau von Flexibilitätspotenzial. Dabei findet neben einer simulationsgestützten Analyse die Berücksichtigung der betrieblichen Praxis mithilfe von Experteninterviews statt. Dadurch gelingt es, einen Forschungsbeitrag für das Management von Unsicherheiten in Supply Chains zu leisten und in diesem Kontext konkrete Handlungsempfehlungen abzuleiten.



ISBN 978-3-86309-604-5



9 783863 096045

www.uni-bamberg.de/ubp/