

Bewältigung von Unsicherheiten im Supply Chain Planning

Immanuel Zitzmann

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre insb. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstraße 21, 96052 Bamberg,
immanuel.zitzmann@uni-bamberg.de

1	Einführung.....	152
2	Integration von Unsicherheiten in die Planung der Supply Chain.....	153
3	Berücksichtigung von Unsicherheiten im Supply Chain Planning.....	158
4	Zusammenfassung und Schritte zur Evaluation der vorgestellten Methoden..	166
5	Literaturverzeichnis.....	167

Abstract:

Planungsprozesse in Supply Chains sind gekennzeichnet durch Unsicherheiten. Diese können unterbrechende Auswirkungen haben, welche die gesamte Supply Chain gefährden. Aber auch operative Risiken zählen zu den Unsicherheiten, denen eine Supply Chain ausgesetzt ist, genauso wie Chancen, die Wettbewerbsvorteile ermöglichen. Diese Punkte sind in globalen Supply Chains, die eine hohe Mobilität von Prozessen und Ressourcen verlangen, besonders ausgeprägt. Ausgangspunkt für ein Management, das Unsicherheiten in Wertschöpfungsnetzwerken bewältigen kann, ist die Planung. Dabei ist zwischen einer lang-, mittel- und kurzfristigen Planungsebene zu differenzieren, welche sich auch anhand des Planungsgegenstands unterscheiden. Für jeden Bereich bedarf es entsprechender Verfahren, welche das Management dabei unterstützen, Unsicherheiten zu bewältigen. Der vorliegende Beitrag untersucht, auf welchen Planungsebenen solche Methoden und Instrumente bereits zur Verfügung stehen und auf welchen Ebenen Handlungsbedarf besteht. Entsprechende Planungsansätze zur Berücksichtigung von Unsicherheiten werden vorgestellt und an einem Beispiel beschrieben. Abschließend erfolgt die Betrachtung zukünftiger Schritte zur Evaluation der beschriebenen Ansätze.

1 Einführung

Die Erstellung von Gütern, ob Produkte oder Dienstleistungen, ist durch weltweite Supply Chains geprägt.¹ Als Supply Chain wird dabei ein „unternehmensübergreifendes Wertschöpfungssystem mit Netzwerkcharakter, dessen Elemente über Güter-, Informations- und Finanzflüsse miteinander in Beziehung stehen“² bezeichnet. Diese Wertschöpfungsnetzwerke sind durch einen hohen Grad an räumlicher und institutioneller Arbeitsteilung gekennzeichnet.³ Dies stellt erhöhte Anforderungen an das Management der institutionsübergreifenden Prozesse und deren Koordination.⁴ Ziel ist ein reibungsloser und effizienter Ablauf, den eine stabile Umwelt und deterministische Gegebenheiten erleichtern. In der Realität existieren solche Zustände jedoch nicht. Die Welt ist von Unsicherheiten und nicht vorhersehbaren Ereignissen geprägt.⁵ 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.⁶ Der vorliegende Beitrag betrachtet daher die Planung einer Supply Chain und analysiert, ob auf den unterschiedlichen Planungsebenen Unsicherheiten zu berücksichtigen sind und wenn ja, wie dies geschehen kann. Der Fokus liegt dabei auf Methoden, die den Planungsprozess unterstützen und sich in das bestehende Supply Chain Management (SCM) integrieren lassen. Für Bereiche, in denen ein Handlungsbedarf identifiziert wird, d.h. in denen es noch keine integrierten Planungsansätze gibt, werden mögliche Lösungsansätze vorgestellt. Hier liegt der Schwerpunkt auf dem Ablauf der Planung.

Kapitel 2 beinhaltet eine Erläuterung und Differenzierung der Begriffe Chancen, Risiken und Unsicherheiten sowie deren Beziehungen zueinander. Des Weiteren werden die Planungsebenen des SCM vorgestellt und untersucht. Für Ebenen, auf denen Handlungsbedarf bezüglich der Integration von Unsicherheiten besteht, stellt Kapitel 3 mögliche Ansätze vor, mit welchen dies gelingen kann. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf weitere Schritte, die zur Validierung der beschriebenen Planungsansätze nötig sind.

¹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010), S. 13-14.

² Vgl. Asdecker (2014), S. 37.

³ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010), S. 14.

⁴ Vgl. Lambert / Cooper (2000), S. 69-72.

⁵ Vgl. Klibi et al. (2010) oder Van Landeghem und Vanmaele (2002).

⁶ Vgl. Zitzmann (2014), S. 11-13.

2 Integration von Unsicherheiten in die Planung der Supply Chain

Kapitel 2 erläutert zunächst das Verständnis des Begriffs Unsicherheit, welches diesem Beitrag zugrunde liegt und zeigt auf, in welchen Bereichen einer Supply Chain diese auftreten kann. Anschließend erfolgt eine Differenzierung der Planung im Rahmen des SCM, welche die drei Ebenen Supply Chain Configuration, Supply Chain Planning und Supply Chain Execution beinhaltet. Diese werden dahingehend analysiert, ob in den jeweiligen Bereichen eine Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Planung notwendig ist und mit welchen Instrumenten dies gegebenenfalls geschehen kann.

2.1 Unsicherheiten in der Supply Chain

Bevor untersucht werden kann, wie sich Unsicherheiten im SCM bewältigen lassen, ist es notwendig zu klären, was unter Unsicherheiten verstanden wird. Es lassen sich hier verschiedene Abgrenzungen insbesondere zum Begriff Risiko finden. Dient die Wahrscheinlichkeitstheorie als Grundlage, so wird von Risiken gesprochen, wenn es möglich ist, Ausprägungen einer Entscheidungsvariable Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen.⁷ Ist dies nicht der Fall, so wird dies als Ungewissheit oder auch Unsicherheit i.e.S. bezeichnet.⁸ Eine alternative Betrachtung bezieht die Auswirkungen der Unsicherheit mit ein. Risiken liegen dann vor, wenn es zu negativen Effekten auf die Zielerreichung des betrachteten Systems, im vorliegenden Kontext ist dies eine Supply Chain, kommen kann.⁹ Handelt es sich jedoch um positive Abweichungen, so werden diese als Chancen bezeichnet.¹⁰ Dieses unterschiedliche Begriffsverständnis ist in Abbildung 1 dargestellt.¹¹ Der vorliegende Beitrag folgt der letzteren Differenzierung, die auf der rechten Seite von Abbildung 1 zu finden ist. Demnach bestehen Unsicherheiten aus Chancen und Risiken.

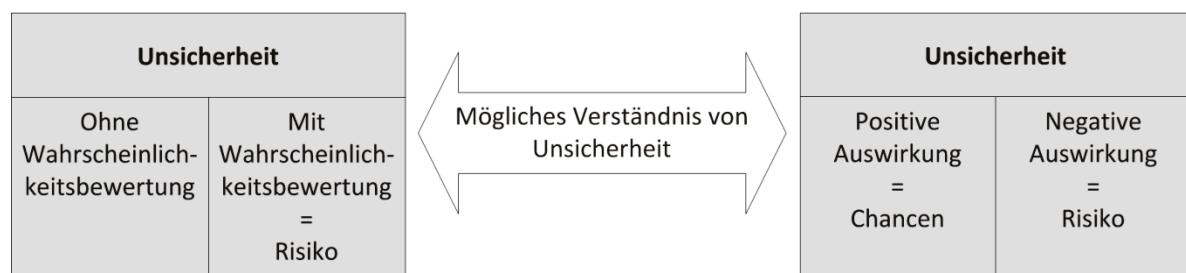


Abbildung 1: Alternative Abgrenzungen von Risiko, Chancen und Unsicherheit.¹²

⁷ Vgl. zur Differenzierung anhand von Wahrscheinlichkeiten bspw. Laux (2007), S. 22-23; Thorn (2002), S. 159 oder Knight (1971), S. 20.

⁸ Vgl. Schneeweiß (1967), S.12.

⁹ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4493.

¹⁰ Vgl. Thiemt (2003), S. 14.

¹¹ Für eine zusammenfassende Diskussion zu den Begriffen Unsicherheit und Risiko vgl. Singer (2012), S. 17-20 oder auch Thiemt (2003), S. 9-11.

¹² Quelle: Eigene Darstellung.

Unsicherheiten lassen sich anhand einer Supply Chain-Struktur unterscheiden, wie sie in Abbildung 2 dargestellt sind.

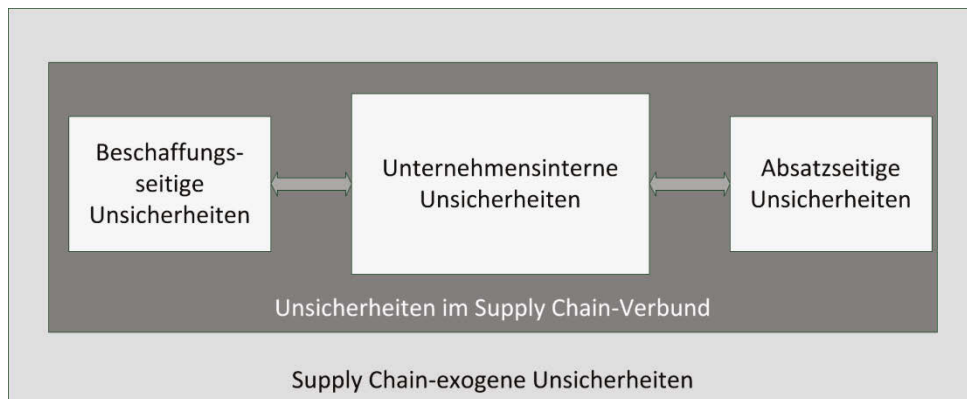


Abbildung 2: Unsicherheiten in der Supply Chain.¹³

Zunächst wird eine Differenzierung zwischen Supply Chain-exogenen Unsicherheiten und solchen, die im Supply Chain-Verbund auftreten, vorgenommen.¹⁴ Neben der Netzwerkstruktur liegen die Quellen für Chancen und Risiken bei letzteren in der direkten Supply Chain, die sich nach Funktionsbereichen strukturieren lässt.¹⁵ Demnach können neben beschaffungs- und absatzseitigen Unsicherheiten auch unternehmensinterne Unsicherheiten auftreten.¹⁶ Diese Ausführungen zeigen, dass Unsicherheiten in den unterschiedlichsten Bereichen einer Supply Chain möglich erscheinen. Sie in der Planung der entsprechenden Prozesse zu ignorieren, ist daher keine Option.

2.2 Berücksichtigung von Unsicherheiten auf den Planungsebenen des SCM

Ein Wertschöpfungsnetzwerk soll in der Lage sein, den im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Unsicherheiten zielgerichtet zu begegnen. Es lassen sich im SCM unterschiedliche Ansätze finden, wie dies gelingen kann. Ausgangspunkt des Managements ist dabei immer die Planung, welche „[...] ein von Entscheidungsträgern auf der Grundlage unvollkommener Information durchgeführter, zukunftsorientierter, grundsätzlich systematischer und rationaler Prozess zur Lösung von (Entscheidungs-) Problemen unter Beachtung subjektiver Ziele [...]“¹⁷ ist. Im SCM lassen sich die Planungsaufgaben anhand ihres zeitlichen Horizonts und des Planungs-

¹³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Christopher/Peck (2004), S. 5 und Jüttner et al. (2003), S. 202. Diese Autoren untersuchen Risiken im SCM. Im vorliegenden Beitrag wird die Meinung vertreten, dass Quellen von Risiken auch Chancen beinhalten und somit Unsicherheiten darstellen. Daher wurde die Abbildung entsprechend angepasst.

¹⁴ Vgl. Mason-Jones/Towill (1998); Jüttner et al. (2003); Peck (2005); Christopher/Peck (2004). Auch hier werden jeweils Risiken betrachtet.

¹⁵ Abweichende Differenzierungen finden sich z.B. bei Peck (2005) oder Jüttner et al. (2003).

¹⁶ Vgl. Christopher/Peck (2004), S. 4-6.

¹⁷ Scholl (2001), S. 9.

objektes gliedern.¹⁸ Dabei erfolgt eine Strukturierung in drei Ebenen, welche als Supply Chain Configuration, Supply Chain Planning und Supply Chain Execution bezeichnet werden und in Abbildung 3 dargestellt und beschrieben sind.¹⁹

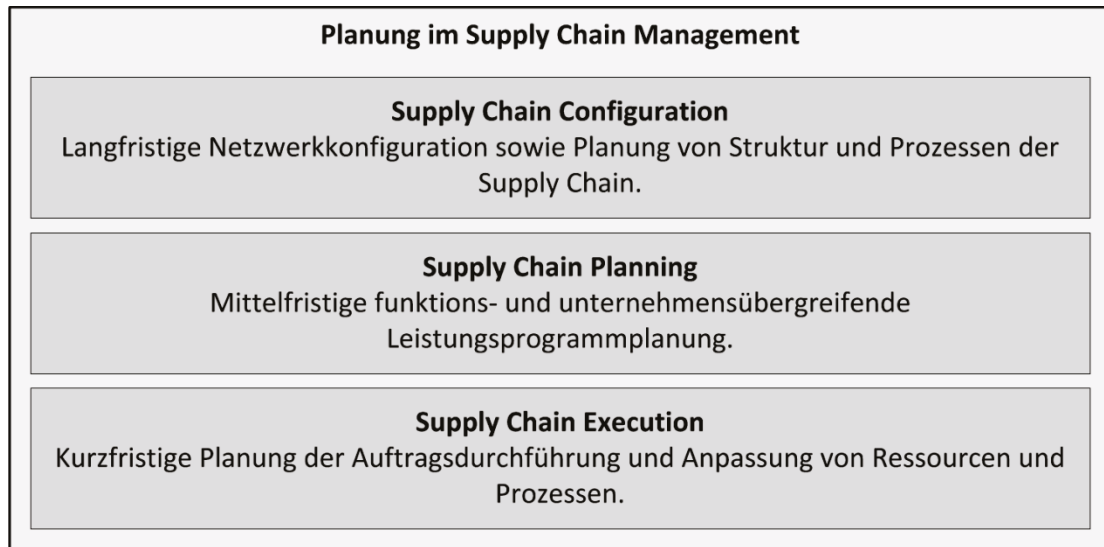


Abbildung 3: Ebenen der Planung im SCM.²⁰

Die einzelnen Planungsbereiche stehen in einer hierarchischen Beziehung zueinander, bei der die übergeordneten Ebenen Handlungsspielräume determinieren, in welchen sich die Planung der untergeordneten Aufgaben bewegt. Die lang- und mittelfristige Planung muss jedoch die Auswirkungen auf die mittel- und kurzfristige Ebene bei der jeweiligen Entscheidung berücksichtigen. So werden im langfristigen Configuration z. B. Struktur sowie Kapazitäten der Supply Chain festgelegt, welche die Systemgrenzen für die mittel- und kurzfristige Planung darstellen. Deren Aufgabe ist es, den Einsatz der durch die obere Ebene vorgegebenen Ressourcen im Sinne der Sach- und Formalzielerreichung zu planen. So entsteht im Idealfall ein in seinen Teilen aufeinander abgestimmter Gesamtplan, welcher den Ausgangspunkt für die weiteren Funktionen des Managements darstellt. Die hier beschriebene Strukturierung dient im Weiteren zur Analyse der notwendigen Integration von Unsicherheiten in den Planungsprozess.

Die Struktur der Supply Chain wird im **Supply Chain Configuration** determiniert. Dies sind beispielsweise Produktionsstätten, Lieferantenkooperationen oder Standorte von Lagern innerhalb des Einflussbereiches eines Unternehmens. Dadurch schafft das Supply Chain Configuration die Rahmenbedingungen und das Potenzial für die Leistungserstellung. Die hier getroffenen Entscheidungen betreffen einen langfristigen Planungshorizont, weshalb der betrachtete Zeitraum zwangsläufig von Unsicherheit geprägt ist. Die Planung umfasst eine Vielzahl an Parametern, deren

¹⁸ Vgl. Chopra/Meindl (2007), S. 9.

¹⁹ Vgl. zu den Ausführungen des Supply Chain Configuration, Planning und Execution insb. Pibernik (2001), S. 162-164; Freiwald (2005), S. 15-16 sowie Sucky (2004) S. 26-28.

²⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

Ausprägungen unbekannt sind. Dennoch existieren verschiedene Ansätze, welche die Entscheidungsfindung in einem solchen Umfeld unterstützen. Sie greifen dabei auf die stochastische bzw. robuste Optimierung zurück.²¹ Diese Methoden berücksichtigen explizit Unsicherheiten im Entscheidungsprozess und ermöglichen es so, trotz unsicherer Parameter, eine Systemkonfiguration durchzuführen.²² Pipernik (2001) greift beispielsweise Ansätze der stochastischen wie auch der robusten Optimierung auf und nutzt diese, um im Rahmen der Flexibilitätsplanung eine Supply Chain-Struktur festzulegen.²³ Es existieren somit Methoden, mit denen es möglich ist, Unsicherheiten im Planungsprozess des Supply Chain Configuration zu berücksichtigen. Da es sich um eine langfristige Planung handelt, ist es wichtig, mögliche Entwicklungspfade zu berücksichtigen. Geringe Abweichungen von angenommenen Parametern sind für die Entscheidungen im Supply Chain Configuration nicht maßgeblich. Die eingesetzten Planungsmodelle sind problemspezifisch anzupassen, wobei der jeweilige Aufwand, aufgrund der Langfristigkeit der Entscheidung und der sich aus ihr ergebenden Investitionen, gerechtfertigt ist.²⁴

Supply Chain Planning hat die Aufgabe, den Einsatz der verfügbaren Ressourcen so zu planen, dass die Nachfrage befriedigt werden kann. Diese mittelfristige Planung umfasst i. d. R. einen Zeitraum von maximal einem Jahr und liefert als Ergebnis ein Leistungsprogramm, welches den hierarchisch untergeordneten und kurzfristigeren Planungsaufgaben als Planungsgrundlage dient und somit deren Handlungsspielräume determiniert. Ausgangspunkt des Supply Chain Planning sind Nachfrageprognosen sowie die durch die Supply Chain Configuration festgelegten Rahmenbedingungen.²⁵ Das ermittelte Leistungsprogramm determiniert die Produktions-, Lager- und Transportmengen und soll das Angebot der Nachfrage anpassen. Die festgelegten Quantitäten dienen als Basis für die Planung der Supply Chain Execution. Neben der unsicheren Nachfrage existieren im Supply Chain Planning weitere Unsicherheiten. Dies sind beispielsweise Produktions- und Ausschussraten, Krankenstand oder Lieferausfälle für benötigte Materialien.²⁶ Während für die Prognose der Nachfrage eine Vielzahl an Instrumenten zur Verfügung steht, werden Unsicherheiten bei weiteren Parametern meist ignoriert und als deterministisch festgelegt.²⁷ In der Literatur zum Supply Chain Planning lassen sich hier keine entsprechenden Beiträge finden, die eine Berücksichtigung von Chancen und Risiken im Planungs-

²¹ Vgl. hierzu den ausführlichen Überblick von Scholl (2001), S. 173-204.

²² Die Differenzierung zwischen stochastischer und robuster Optimierung verschwimmt zum Teil. Vgl. hierzu Scholl (2001), S.205-212.

²³ Vgl. Pipernik (2001).

²⁴ Vgl. Scholl (2001), S. 379-380.

²⁵ Nachfrageprognosen werden im Rahmen des Demand Planning erstellt. Zusammen mit dem Masterplaning, welches die Leistungsprogramme determiniert, bilden diese beiden Teilaufgaben das Supply Chain Planning. Vgl. hierzu z.B. die Ausführungen von Stadtler (2005) zur Supply Chain Planning Matrix.

²⁶ Vgl. hierzu die Quellen von Unsicherheiten aus Abschnitt 2.1.

²⁷ Vgl. zu möglichen Prognoseverfahren beispielsweise Kilger/Wagner (2015), S. 136-140.

prozess ermöglichen.²⁸ Da jedoch Elemente der stochastischen und robusten Optimierung im Rahmen der Flexibilitätsplanung im Supply Chain Configuration eingesetzt werden, ist zu untersuchen, ob sich diese auch für die mittelfristige Planung eignen. Die entsprechende Übertragung erläutert Abschnitt 3.1. Neben diesen, aus der langfristigen Planung übernommenen Ansätzen, wird in Abschnitt 3.2 das Konzept der Nivellierung auf seine Einsatzfähigkeit im Supply Chain Planning hin überprüft. Dieses Element der schlanken Produktion kommt erfolgreich bei der Bewältigung von unsicheren Kundennachfragen zum Einsatz. Es erfolgt daher eine Analyse, ob mithilfe der Nivellierung weiteren Unsicherheiten, wie sie im Supply Chain Planning auftreten, begegnet werden kann.

Die Planungsebene des **Supply Chain Execution** beinhaltet Entscheidungen über die kurzfristige Durchführung und Anpassung der geplanten Leistungen. Es soll eine auf die Supply Chain-Ziele ausgerichtete, optimale Ausführung der Prozesse in bestimmten Situationen ermöglichen. Der Planungshorizont umfasst hier Tage oder Wochen, wobei sich die Teilaufgaben den einzelnen Unternehmensfunktionen zuordnen lassen.²⁹ Aufgrund der unmittelbar bevorstehenden Ausführung der Prozesse ist die Kundennachfrage bekannt. Zudem ist durch die bestehende Systemkonfiguration sowie das Leistungsprogramm der verfügbare Handlungsspielraum festgelegt. Daher ist es zunächst möglich, eine Planung unter Sicherheit durchzuführen. Treten dennoch Abweichungen in den Parameterausprägungen auf, so ist der entsprechende Planungsschritt, unter den neuen Gegebenheiten, zu wiederholen. Abweichungen können z. B. aus schwankenden Prozessen entstehen. Eine erneute Durchführung des Planungsschrittes ist aufgrund der jeweils deterministischen Daten sowie der in Teilbereiche gegliederten Planung mit geringem Aufwand verbunden.³⁰ Zudem unterstützen Event Management-Systeme, welche zur Steuerung und Überwachung von Supply Chain-Prozessen eingesetzt werden, Entscheider bei diesen Aufgaben.³¹ Im Supply Chain Execution bedarf es somit keiner Integration von Unsicherheit in den Planungsprozess. Es können bestehende Planungsverfahren eingesetzt werden.

²⁸ Dies gilt explizit für das SCM. Für einzelne Funktionsbereiche existieren entsprechende Untersuchungen. Mula et al. (2006) geben z.B. einen Überblick zu Methoden der Produktionsplanung bei Unsicherheit.

²⁹ Vgl. Meyr et al. (2015).

³⁰ Die Teilbereiche gliedern sich dabei je nach Unternehmensstruktur anders. Diese können z.B. das Material Requirement Planning, die Transportplanung oder die Produktionsplanung umfassen. Vgl. hierzu Kilger/Wagner (2015), S. 136-140.

³¹ Vgl. Liu et al. (2007); Otto (2003) sowie Nissen (2002).

3 Berücksichtigung von Unsicherheiten im Supply Chain Planning

In Kapitel 2 wurde festgestellt, dass Unsicherheiten im Rahmen der mittelfristigen Planung berücksichtigt werden müssen. Die Flexibilitätsplanung sowie die Nivellierung stellen dabei zwei Ansätze dar, die dies evtl. ermöglichen. Die nachfolgenden Ausführungen betrachten diese Methoden, wobei zunächst jeweils eine Darstellung der grundsätzlichen Planungslogik erfolgt, bevor diese bei der Flexibilitätsplanung auf den Kontext der mittelfristigen Planung übertragen wird. Die Nivellierung kommt bereits in der Leistungsprogrammplanung zum Einsatz.³² Es erfolgt eine Analyse, ob sie zur Bewältigung weiterer Unsicherheiten, neben der Nachfrage, einsetzbar ist. Folgendes Zahlenbeispiel dient dabei zur Veranschaulichung der Planungslogik.

Betrachtet wird die Leistungsprogrammplanung in einer zweistufigen Supply Chain. Dabei werden zunächst halbfertige Erzeugnisse beschafft und anschließend bearbeitet, die durch die Bearbeitung entstehenden Fertigerzeugnisse dienen zur Befriedigung der Kundennachfrage. Für Beschaffung und Produktion sind die entsprechenden Losgrößen festzulegen. Dabei liegt der Planung die in Tabelle 1 angegebene Nachfrageprognose zugrunde.³³

	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Nachfrageprognose	80	100	110	90	120

Tabelle 1: Nachfrageprognose des Zahlenbeispiels

Zur Vereinfachung des Sachverhalts wird davon ausgegangen, dass sowohl die Produktions- wie auch die Liefergeschwindigkeiten unendlich schnell sind und Vorlaufzeiten vernachlässigt werden können.³⁴ In der Beschaffung wird mit 300€ Bestellkosten pro Bestellvorgang sowie einem Lagerhaltungssatz von 2€ pro Stück und Periode kalkuliert. Die Rüstkosten in der Produktion betragen 400€. Die Fertigerzeugnisse verursachen einen Lagerhaltungssatz von 4€ pro Periode und Stück. Eine Planungsperiode im Supply Chain Planning entspricht einem Monat mit 4 Wochen, in welchem Kapazitäten für jeweils 200 Stück zur Verfügung stehen. Im Supply Chain Execution werden jeweils wöchentliche Produktionspläne erstellt. Für diese ergibt sich eine Produktivität von 50 Stück/Woche, wobei eine Standardabweichung von 5 Stück vorliegt. Die vom Lieferanten bezogenen halbfertigen Erzeugnisse haben eine Fehlerquote von 20%.

³² Vgl. de Araujo/de Queiroz (2010), S. 82-83.

³³ Alle Mengenangaben des Beispiels beziehen sich auf Stückzahlen.

³⁴ Diese sind deterministisch und dafür für die Planung nicht entscheidungsrelevant. Grundsätzlich sind auch Vorlaufzeiten Quellen für unternehmensinterne Unsicherheiten, die im Rahmen der Planung berücksichtigt werden sollen.

3.1 Flexibilitätsplanung

„Flexibilität ist die Fähigkeit eines soziotechnischen Systems, sich auf der Basis seiner Handlungsspielräume an relevante system- und umweltinduzierte Veränderungen, die sowohl Chancen als auch Risiken bedeuten können, zielgerichtet anzupassen.“³⁵ Dafür ist im Rahmen des Flexibilitätsmanagements das notwendige Flexibilitätspotenzial aufzubauen, welches zu einem späteren Zeitpunkt genutzt wird und den Flexibilitätsbedarf deckt.³⁶ Flexibilitätspotenzial entsteht durch die Investition in redundante Ressourcen und ist ex ante zu planen. Dabei sind zukünftige Entwicklungen zu berücksichtigen, deren Ausprägungen unsicher sind. Die Flexibilitätsplanung lässt sich durch die in Abbildung 4 aufgezeigten Beziehungen und Schritte beschreiben.³⁷

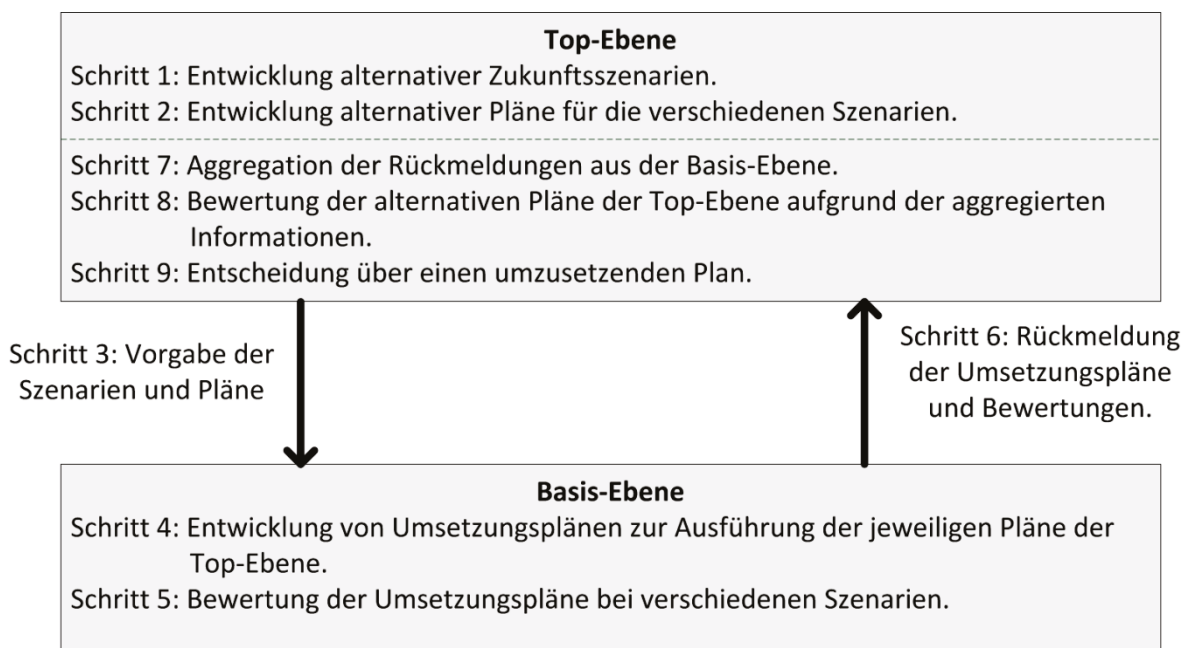


Abbildung 4: Vorgehen im Rahmen der hierarchischen Flexibilitätsplanung.³⁸

Ist die Top-Ebene das Supply Chain Configuration, so werden hier alternative Systemkonfigurationen für unterschiedliche Zukunftsentwicklungen erarbeitet. Da die zu treffende Entscheidung Konsequenzen auf die untergeordneten Ebenen hat, sollen entsprechende Auswirkungen berücksichtigt werden. Dazu evaluiert die Basis-Ebene, z.B. das Supply Chain Planning, wie sich die jeweiligen Systemkonfigurationen auf die Leistung der Basis-Ebene auswirken. Hier existieren i.d.R. detailliertere Informationen und es findet eine isolierte Betrachtung eines Teilproblems, z.B. der

³⁵ Hocke (2004), S. 207.

³⁶ Vgl. zum Prozess des Flexibilitätsmanagements Singer (2012), S. 76-99. Allgemein zur Flexibilität und dessen Verständnis vgl. Upton (1994).

³⁷ Vgl. zur Flexibilitätsplanung Pibernik (2001), S. 169-191. Auch Sucky (2007) zeigt, wie die Flexibilitätsplanung im Rahmen der strategischen Lieferantenauswahl eingesetzt werden kann.

³⁸ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an das Prinzip der hierarchischen Planung nach Schneeweiß (1995), S. 4-6.

Leistungsprogrammplanung, statt. Die generierten Informationen werden an die Top-Ebene weitergegeben, welche diese zusammenfasst und auf Grundlage der aggregierten Daten eine Entscheidung trifft.

Die Abhängigkeit zwischen dem Supply Chain Configuration und dem Supply Chain Planning besteht darin, dass die langfristige Systemkonfiguration das Potenzial zur Verfügung stellt, welches vom Supply Chain Planning genutzt werden kann. Diese Beziehung besteht ebenfalls zwischen der mittel- und kurzfristigen Planungsebene. Die Generierung des Leistungsprogrammes im Supply Chain Planning kann Potenziale für zukünftige Anpassungen zur Verfügung stellen. Über dessen Nutzung entscheidet das Supply Chain Execution. Wird das Vorgehen der Flexibilitätsplanung auf diese Ebenen übertragen, so ergeben sich folgende Planungsschritte, die anhand des eingeführten Beispiels erläutert werden:

Schritt 1: Abbildung verschiedener Zukunftsentwicklungen in alternativen Szenarien auf der mittelfristigen Ebene. Basierend auf der Nachfrageprognose als mittleres Nachfrageszenario werden im Beispiel ein Szenario für eine hohe bzw. eine niedrige Nachfrage entwickelt. Die alternativen Entwicklungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
hohe Nachfrage	100	130	140	120	160
mittlere Nachfrage	80	100	110	90	120
niedrige Nachfrage	60	80	90	70	100

Tabelle 2: Szenarien alternativer Nachfrageentwicklungen.

Schritt 2: Auf Grundlage der Nachfrageszenarien entwickelt das Supply Chain Planning alternative Leistungsprogramme. Bei einer gemeinsamen Minimierung von Rüst-, Bestell- und Lagerkosten ergeben sich so die Losgrößen in Tabelle 3.³⁹

	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
LP _{hohe Nachfrage} (LP1)	100	130	140	120	160
LP _{mittlere Nachfrage} (LP2)	180	0	200	0	120
LP _{niedrige Nachfrage} (LP3)	140	0	160	0	100

Tabelle 3: Kostenminimale Leistungsprogramme zu den Nachfrageszenarien.

Demnach ergibt sich je nach Nachfrage ein unterschiedliches Leistungsprogramm. Leistungsprogramm 1 (LP1) minimiert die Kosten bei hoher Nachfrage, Leistungsprogramm 2 (LP2) bei mittlerer Nachfrage und für eine niedrige Nachfrage gibt Leistungsprogramm 3 (LP3) die optimalen Losgrößen an.

³⁹ Die Lösung wurde mit Hilfe des Wagner-Whitin-Verfahrens ermittelt.

Schritt 3: Um die Auswirkungen der Planung zu ermitteln, werden die entwickelten Nachfrageszenarien sowie die Leistungsprogramme an das Supply Chain Execution weitergegeben. Dieses gliedert sich in Teilbereiche, im betrachteten Beispiel sind dies die Beschaffung sowie die Produktion.

Schritt 4: Die kurzfristige Planungsebene umfasst im Beispiel zwei Monate, welche sich in jeweils vier Teilabschnitte gliedern lassen. Die lokale Optimierung der vorgegebenen Leistungsprogramme ergibt für die ersten beiden Monate der Beschaffung und Produktion die Werte aus Tabelle 4. Somit weicht lediglich das Beschaffungsprogramm für LP 1 von den Vorgaben der Top-Ebene ab.

Perioden	t=1	t=2
Leistungsprogramm 1		
Losgrößen Beschaffung	230	0
Losgrößen Produktion	100	130
Leistungsprogramm 2		
Losgrößen Beschaffung	180	0
Losgrößen Produktion	180	0
Leistungsprogramm 3		
Losgrößen Beschaffung	140	0
Losgrößen Produktion	140	0

Tabelle 4: Kostenminimale Losgrößen für die ersten beiden Monate bei lokaler Optimierung.

Die kurzfristige Planung hat i.d.R. detailliertere und aktuelle Informationen über die lokalen Prozesse, im Beispiel sind dies die Fehlerquote bei den Beschaffungsteilen sowie die schwankende Produktivität. Diese Faktoren finden bei der Erstellung der jeweiligen Umsetzungspläne Berücksichtigung. So bestellt die Beschaffung jeweils 25% mehr als benötigt um die Fehlerquote der gelieferten halbfertigen Erzeugnisse auszugleichen. Da fehlerhafte Teile nicht angenommen werden, fallen für sie keine Lagerkosten an, weshalb diese Mengen in der Programmplanung nicht berücksichtigt werden mussten. Die Berücksichtigung der Produktivitätsschwankungen in der Planung ist abhängig von der Risikoeinstellung des Entscheiders.⁴⁰ Ist dieser risikoneutral, so kann mit dem Erwartungswert der Produktivität von 50 Stück pro Woche gearbeitet werden. Ist dies der Fall, so ergeben sich für die lokal optimalen Programme die in Tabelle 5 aufgeführten Umsetzungspläne (UP), welche die Beschaffungs- und Produktionsmengen auf die einzelnen Teilperioden aufteilen.⁴¹

⁴⁰ Vgl. zu Risikoeinstellungen beispielsweise Laux et al. (2014), S.95-96.

⁴¹ Zur Minimierung der Lagerkosten werden die entsprechenden Mengen zum spätesten Zeitpunkt beschafft bzw. produziert.

Beschaffung	t=1.1	t=1.2	t=1.3	t=1.4	t=2.1	t=2.2	t=2.3	t=2.4
UP _{Beschaffung} für LP 1				288 ⁴²				
UP _{Beschaffung} für LP 2				225 ⁴³				
UP _{Beschaffung} für LP 3				170 ⁴⁴				
Produktion	t=1.1	t=1.2	t=1.3	t=1.4	t=2.1	t=2.2	t=2.3	t=2.4
UP _{Produktion} für LP 1			50	50		30	50	50
UP _{Produktion} für LP 2	30	50	50	50				
UP _{Produktion} für LP 3		40	50	50				

Tabelle 5: Umsetzungspläne zu den alternativen Leistungsprogrammen.

Schritt 5: Das Supply Chain Execution ermittelt in den beiden Funktionsbereichen die jeweiligen Kosten bzw. Überbestands- und Fehlmengen, die sich aus den Umsetzungsplänen ergeben. Dabei ist eine Bewertung für jedes der drei Nachfrageszenarien vorzunehmen. Da es sich um eine ex ante Betrachtung handelt, ist zu entscheiden, wie die Produktionsschwankungen zu berücksichtigen sind. Hier wird weiterhin die risikoneutrale Einschätzung verwendet. Tabelle 6 zeigt die Bewertung.

	Beschaffung			Produktion		
	Kosten	Überbestand	Fehlmenge	Kosten	Überbestand	Fehlmenge
Bewertung Leistungsprogramm 1 (für t=1-2)						
hohe Nachfrage	560€	0 Stück	0 Stück	800€	0 Stück	0 Stück
mittlere Nachfrage	700€	50 Stück	0 Stück	1080€	50 Stück	0 Stück
niedrige Nachfrage	820€	90 Stück	0 Stück	1320€	90 Stück	0 Stück
Bewertung Leistungsprogramm 2 (für t=1-2)						
hohe Nachfrage	460€	0 Stück	50 Stück	720€	0 Stück	50 Stück
mittlere Nachfrage	500€	0 Stück	0 Stück	800€	0 Stück	0 Stück
niedrige Nachfrage	620€	40 Stück	0 Stück	1040€	40 Stück	0 Stück

⁴² Die Bestellmenge ist um die Fehlerquote erhöht und auf ganze Stückzahlen gerundet.

⁴³ Die Bestellmenge ist um die Fehlerquote erhöht.

⁴⁴ Die Bestellmenge ist um die Fehlerquote erhöht.

Bewertung vom Leistungsprogramm 3 (für t=1-2)						
hohe Nachfrage	380€	0 Stück	90 Stück	560€	0 Stück	90 Stück
mittlere Nachfrage	420€	0 Stück	40 Stück	640€	0 Stück	40 Stück
niedrige Nachfrage	460€	0 Stück	0 Stück	720€	0 Stück	0 Stück

Tabelle 6: Bewertung der Leistungsprogramme für zwei Monate.

Schritt 6: Die einzelnen Planungsbereiche des Supply Chain Execution, hier die Beschaffung und Produktion, kommunizieren die bewerteten Umsetzungspläne an das Supply Chain Planning.

Schritt 7: Die mittelfristige Planung fasst die Teilpläne zusammen, dabei ist u.a. festzulegen, wie die einzelnen Szenarien gewichtet werden. Bei einer Gleichgewichtung der Szenarien und Zusammenfassung der Kosten von Beschaffung und Produktion ergeben sich die in Tabelle 7 angegebenen Durchschnittsbewertungen.⁴⁵

	Kosten	Überbestand	Fehlmenge
Leistungsprogramm 1	1.760€	47 Stück	0 Stück
Leistungsprogramm 2	1.380€	13 Stück	17 Stück
Leistungsprogramm 3	1.060€	0 Stück	43 Stück

Tabelle 7: Durchschnittsbewertung der Leistungsprogramme.

Schritt 8: Die Bewertung auf der mittelfristigen Ebene erfolgt anhand der aggregierten Daten aus der kurzfristigen Planung, kann jedoch auch weitere Zielsetzungen wie eine geringe Plannervosität oder eine bestimmte Versorgungssicherheit beinhalten. Dabei ist auch festzulegen, welche Priorität das Vermeiden von Fehlmengen hat.

Schritt 8: Das Supply Chain Planning legt nun ein Leistungsprogramm fest, welches umzusetzen ist. Trifft die Entscheidung ein kostenminimierender Entscheider, der Fehlmengen in Kauf nimmt, so wird er sich bei den vorliegenden Informationen für LP 3 entscheiden.

Das hier vorgestellte Zahlenbeispiel dient lediglich zur Veranschaulichung der Planungsmethodik. Die Betrachtung erlaubt keine allgemeinen Aussagen. Auch lässt sich nicht beurteilen, ob das Vorgehen im Vergleich zu bestehenden Planungsverfahren im Supply Chain Planning vorteilhaft ist. Es zeigt jedoch, dass sich die Flexibilitätsplanung grundsätzlich auf die mittel- und kurzfristige Planungsebene übertragen lässt.

⁴⁵ Es wurde jeweils auf ganze Werte gerundet.

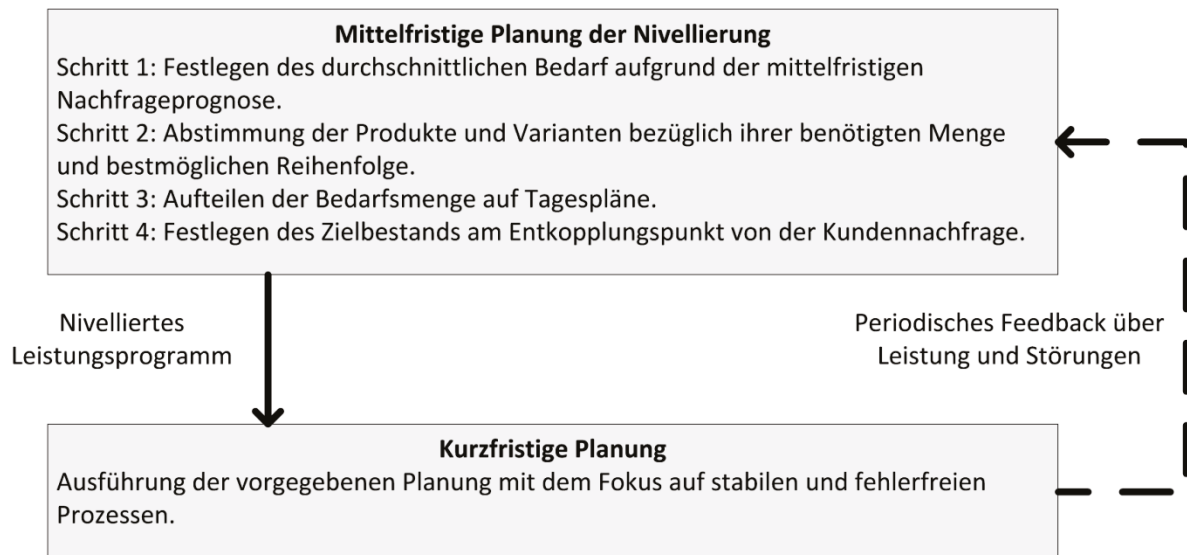
3.2 Nivellierung

Um Produktionsmengen zu determinieren, hat sich als alternatives Vorgehen zur kostenminimalen Leistungsprogrammplanung die Nivellierung etabliert.⁴⁶ Dieses Instrument des Lean Management zielt darauf ab, eine kontinuierliche und gleichmäßige Produktion zu erreichen und Bestände von Halbfertigerzeugnissen zu minimieren. Mit dieser Methode gelingt es Nachfrageschwankungen zu glätten, so dass Nachfragespitzen und Täler nicht auf die Produktion übertragen werden. Voraussetzung für ein solches System ist neben flexiblen Maschinen und kurzen Rüstzeiten die Entkopplung der Produktionsaufträge von der kurzfristigen Kundennachfrage. Dafür bedarf es eines entsprechenden Endproduktlagers bzw. Supermarktes. Aus diesem wird die unmittelbare Verbrauchernachfrage bedient. Die Produktion fertigt unabhängig von täglichen Abrufen. Das Leistungsprogramm orientiert sich vielmehr an der durchschnittlichen Nachfrage für einen längeren Zeitraum und legt diese auf die einzelnen Arbeitstage um. Dabei wird eine feste Reihenfolge bestimmt, in der einzelne Produkte und Varianten zu produzieren sind, welche bei Nachfrageschwankungen unverändert bestehen bleibt. In regelmäßigen Abständen ist zu überprüfen, ob die Produktreihenfolge innerhalb eines Taktes zu verändern ist. Auf steigende oder sinkende Nachfragen kann nur durch eine erhöhte oder verringerte Auslastung reagiert werden. Dadurch findet keine Losgrößenplanung im Sinne der Kostenminimierung statt und es bleiben i. d. R. Kapazitäten ungenutzt. Allerdings lassen sich die Plannervosität verringern und stabile Prozesse gestalten. Diese positiven Effekte sollen das Abweichen von optimalen Losgrößenprogrammen kompensieren. Die Nivellierung hat sich insbesondere in der Automobilbranche als geeignetes Instrument erwiesen, um trotz unsicherer Nachfragen stabile Supply Chain Prozesse zu planen und durchzuführen.

Abbildung 5 zeigt das grundsätzliche Planungsvorgehen auf der mittel- und kurzfristigen Ebene beim Einsatz der Nivellierung. Dieses lässt sich in 4 Schritte gliedern. Dabei findet eine Rückkopplung lediglich über die periodisch stattfindende, rollierende Planung statt. Das Prinzip der hierarchischen Planung findet hier keine Anwendung. Soll die Nivellierung zur Bewältigung von Unsicherheiten, die nicht im Zusammenhang mit Nachfrageschwankungen stehen, dienen, so lässt sich der Planungsprozess wie folgt beschreiben:

Schritt 1: Die Nivellierung beruht auf einer Nachfrageprognose. Es findet jedoch keine szenarienbasierte Planung statt, daher ergibt sich für das vorliegende Beispiel ein durchschnittlicher Bedarf von 100 Stück pro Monat.

⁴⁶ Vgl. zur Nivellierung Gorecki/Pautsch (2014), S. 231-234; Aull (2013), S. 57-59; Ohno (2013), S. 74-77; de Araujo/de Queiroz (2010) 81-83 und Deuse et al. (2007).

Abbildung 5: Planungsschritte im Rahmen der Nivellierung.⁴⁷

Schritt 2: Ein Los beinhaltet bei der Nivellierung mehrere Produkte, die hinsichtlich der Rüstvorgänge aufeinander abgestimmt werden. Dabei soll die jeweilige Stückzahl der einzelnen Produkte möglichst gering sein. Da das SCM jeweils die Prozesse eines Produktes betrachtet, bezieht sich das vorliegende Beispiel lediglich auf ein Gut. Es entspricht einer aggregierten Planung, bei der die Nachfrageprognose die Bedarfsmengen mehrerer Produkte darstellt.

Schritt 3: Bei einem durchschnittlichen Monatsbedarf von 100 Stück beträgt die wöchentliche Produktionsmenge 25 Stück. Diese nivellierte Produktionsmenge wird in regelmäßigen Abständen überprüft und gegebenenfalls angepasst. Sollen neben Nachfrageschwankungen weitere Unsicherheiten berücksichtigt werden, so sind in diesem Schritt auch die Fehlerquote sowie die schwankende Produktivität zu beachten. Es wird wie in Abschnitt 3.1 von einem risikoneutralen Entscheider ausgegangen, so dass die Produktionsmengen nicht anzupassen sind. Für die Beschaffung sind die jeweiligen Bedarfe zu erhöhen, es ergibt sich ein wöchentlicher Bedarf von 31 Stück. Tabelle 8 zeigt die entsprechenden Beschaffungs- und Produktionsmengen für die ersten beiden Monate auf wöchentlicher Basis.

	t=1.1	t=1.2	t=1.3	t=1.4	t=2.1	t=2.2	t=2.3	t=2.4
Beschaffung	31	31	31	31	31	31	31	31
Produktion	25	25	25	25	25	25	25	25

Tabelle 8: Nivellierte Stückzahlen für Beschaffung und Produktion.

Schritt 4: Als Anfangs- und Zielbestand im Kundenlager wird im Beispiel die maximale Kapazität eines Monats, 200 Stück, festgelegt. Dadurch lassen sich Nachfrageschwankungen bzw. Schwankungen in der Produktivität ausgleichen.

⁴⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

Das Vorgehen im Rahmen der Nivellierung beinhaltet keine klassische Kostenminimierung. Vielmehr findet eine Optimierung in Bezug auf die Gleichmäßigkeit der Auslastung statt. Auch hier dient das Zahlenbeispiel lediglich zur Darstellung des Planungsvorgehens. Eine Beurteilung, z.B. anhand der Sach- und Formalzielerfüllung der Supply Chain, erfolgt nicht.

4 Zusammenfassung und Schritte zur Evaluation der vorgestellten Methoden

Kapitel 3 untersuchte die Übertragbarkeit des Vorgehens der Flexibilitätsplanung sowie der Methode der Nivellierung von ihrem ursprünglichen Problemkontext auf das Supply Chain Planning. Dieses stellt die mittelfristige Planungsebene im SCM dar und ist dem Supply Chain Configuration nach- und dem Supply Chain Execution vorgelagert. Aufgabe des Supply Chain Planning ist es, im Rahmen der existierenden Systemkonfiguration und auf Grundlage von Nachfrageprognosen globale Leistungsprogramme zu erstellen. Aufgrund unterschiedlichster Unsicherheiten im SCM lassen sich deterministisch geplante Programme nicht realisieren. Es ist daher notwendig, Unsicherheiten in die Leistungsprogrammplanung zu integrieren. Ob die Integration mit dem Konzept der Flexibilitätsplanung bzw. der Nivellierung geschehen kann, analysiert der vorliegende Beitrag.

Dazu wurden die beiden Ansätze in Kapitel 3 vorgestellt und anschließend mithilfe eines Beispiels gezeigt, wie das jeweilige Planungsverfahren im Kontext der mittel- und kurzfristigen Planung umzusetzen ist. Die Ausführungen veranschaulichen, dass eine solche Übertragung grundsätzlich möglich ist. Sie geben aber keine Auskunft darüber, ob diese Ansätze zur Integration von Unsicherheiten in das Supply Chain Planning geeignet sind. Für eine solche Aussage bedarf es weiterer Schritte:

- Für eine Untersuchung sind neben Nachfrage, Fehlerquote und Produktivität weitere unsichere Parameter zu berücksichtigen. Dies betrifft besonders die Leistung des betrachteten Unternehmens sowie die Materialversorgung. Sowohl Produktionsprozesse wie auch die Anlieferung benötigter Güter unterliegen Schwankungen bzw. können durch disruptive Ereignisse zum Stillstand kommen.⁴⁸ Dies ist in den vorgestellten Methoden zu berücksichtigen.
- Das verwendete Beispiel betrachtet lediglich einen einmaligen Planungsvorgang. Planung findet jedoch wiederholt statt, weshalb die vorgestellten Methoden im Rahmen einer rollierenden Planung über mehrere Perioden betrachtet und evaluiert werden müssen.⁴⁹
- Entscheidungen unter Unsicherheit sind durch die Risikoeinstellung des Entscheiders beeinflusst. Es ist zu untersuchen, ob Risikofreudigkeit, -neutralität und -aversität zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Evtl. ist es durch die

⁴⁸ Vgl. zum Unterschied von operativen und disruptiven Unsicherheiten Tang (2006).

⁴⁹ Vgl. zur rollierenden Planung Scholl (2001), S. 138-145 oder Baker (1977).

vorgestellten Methoden möglich, Entscheidungen unabhängig von der Risikoeinstellung zu treffen.

- Zur Evaluation der Eignung ist eine entsprechende Simulationsstudie durchzuführen. Eine Überprüfung der gewonnenen Ergebnisse anhand einer existierenden Supply Chain ist dann anzuschließen.

Durch diese Schritte ist es möglich, die benötigten Daten zu sammeln, um entscheiden zu können, ob sich die Flexibilitätsplanung und/oder die Nivellierung zur Berücksichtigung von Unsicherheiten im Supply Chain Planning eignen.

Der vorliegende Beitrag leistet für diese Untersuchung die notwendige Vorarbeit. Er zeigt auf, dass es notwendig ist, auf den übergeordneten Planungsebenen des Supply Chain Configuration und des Supply Chain Planning Unsicherheiten zu berücksichtigen. Mithilfe der stochastischen bzw. robusten Optimierung ist dies möglich, entsprechende Anwendungen in der langfristigen Planung existieren. Die Erläuterungen der Kapitel 2 und 3 machen deutlich, dass im Supply Chain Planning noch Handlungsbedarf besteht und wie diese Lücke geschlossen werden kann.

5 Literaturverzeichnis

- Asdecker, B. (2014): Retourenmanagement im Versandhandel, Bamberg.
- Aull, F. (2013): Modell zur Ableitung effizienter Implementierungsstrategien für Lean-Production-Methoden, München.
- Baker, K. R. (1977): An experimental study of the effectiveness of rolling schedules in production planning, in: Decision Sciences, 8, 1, S. 19-27.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010): Im Fokus: Industrieland Deutschland; Stärken ausbauen – Schwächen beseitigen – Zukunft sichern, Berlin.
- Chopra, S.; Meindl, P. (2007) Supply Chain Management – Strategy, Planning and Operation, Upper Saddle River, NJ u.a.
- Christopher, M.; Peck, H. (2004): Building the Resilient Supply Chain, in: International Journal of Logistics Management, 15, 2, S. 1-13.
- 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.) APMS 2009, IFIP AICT 338, S. 81-88.
- Deutse, J.; Birkmann, S.; Harms, T. (2007): Einsatz der Gruppentechnologie zur Nivellierung in der variantenreichen Kleinserie, in: Industrial Management 23, 6, S. 45-48.
- Freiwald, S. (2005): Supply Chain Design, Frankfurt am Main.

- Gorecki, P.; Pautsch, P. (2014): Praxisbuch Lean Management – Der Weg zur operative Excellence, München.
- Hocke, S. (2004): Flexibilitätsmanagement in der Logistik – systemtheoretische Fundierung und Simulation logistischer Gestaltungsparameter, Frankfurt am Main u.a.
- 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.
- Kilger, C.; Wagner, M. (2015): Demand Planning, in: Stadtler, H.; Kilger, C.; Meyr, H. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning, Berlin u.a., S. 125-154.
- Klibi, W.; Martel, A.; Guitoni, 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. (1921): Risk, Uncertainty and Profit, Chicago.
- Lambert, D. M.; Cooper, M. C. (2000): Issues in Supply Chain Management, in: Industrial Marketing Management, 29, 1, S. 65-83.
- Laux, H. (2007): Entscheidungstheorie, Berlin u.a.
- Laux, H.; Gillenkirch, R. M.; Schenk-Mathes, H. Y. (2014): Entscheidungstheorie, Berlin u.a.
- Liu, R.; Kumar, A.; van der Aalst, W. (2007): A formal modeling approach for supply chain event management, in: Science Direct, 43, 3, S. 731-778.
- Mason-Jones, R.; Towill, D.R. (1998): Shrinking the supply chain uncertainty circle, in: Control, 23, 7, S. 17-22.
- Meyr, H.; Wagner, M.; Rohde, J. (2015): Structure of Advanced Planning Systems, in: Stadtler, H.; Kilger, C.; Meyr, H. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning, Berlin u.a., S. 99-106.
- Mula, J.; Poler, R.; García-Sabater, J. P.; Lario, F. C. (2006): Models for production planning under uncertainty: A review, in: International Journal of Production Economics, 103, 1, S. 271-285.
- Nissen, V. (2002): Supply Chain Event Management, in: Wirtschaftsinformatik, 44, 5, S. 477-480.
- Ohno, T. (2013): Das Toyota-Productions-System, Frankfurt am Main.
- Otto, A. (2003) Supply Chain Event Management: Three Perspectives, in: The International Journal of Logistics Management, 14, 2, 1-13.

- Peck, H. (2005): Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 35, 4, S. 210-232.
- Pibernik, R. (2001): Flexibilitätsplanung in Wertschöpfungsnetzwerken, Wiesbaden.
- Schneeweiß, C. (1995): Hierarchical structures in organisations: A conceptual framework, in: European Journal of Operational Research, 86, 1, S. 4-31.
- Scholl, A. (2001): Robuste Planung und Optimierung – Grundlagen – Konzepte und Methoden – Experimentelle Untersuchungen, Heidelberg.
- Simangunsong, E.; Hendry, 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.
- Singer, C. (2012): Flexibilitätsmanagement zur Bewältigung von Unsicherheit in der Supply Chain, Hamburg.
- Stadtler, H. (2005): Supply chain management and advanced planning – basics, overview and challenges, in: European Journal of Operational Research, 163, 3, S. 575-588.
- Sucky, E. (2004): Koordination in Supply Chains – Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung integrierter Bestell- und Produktionspolitiken, Wiesbaden.
- Sucky, E. (2007): A model for dynamic strategic vendor selection, in: Computers & Operations Research, 34, S. 3638-3651.
- Tang, C. S. (2006): Robust strategies for mitigating supply chain disruptions, in: International Journal of Logistics: Research and Applications, 9, 1, S. 33-45.
- Thiemt, F. (2003): Risikomanagement im Beschaffungsbereich, Göttingen.
- Thorn, J. (2002): Taktisches Supply Chain Planning – Planungsunterstützung durch deterministische und stochastische Optimierungsmodelle, Frankfurt a. M. u.a.
- Upton, D. M. (1994): The Management of Manufacturing Flexibility, in: California Management Review, 36, 2, S. 72-89.
- Van Landeghem, H.; Vanmaele, H. (2002): Robust planning: a new paradigm for demand chain planning, in: Journal of Operations Management, Vol. 20, No. 6, S. 769-783.
- 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 – Trends and Opportunities, Berlin, 361-377.