

2 Supply Chain Management und Planungssysteme

In diesem Kapitel werden vor allem die theoretischen Grundlagen für Planungssysteme betrachtet. Zu Beginn wird das Konzept des Supply Chain Managements (SCM) vorgestellt, aus dem sich die Notwendigkeit von Planungssystemen am besten ableiten lässt. Im Anschluss wird aufgezeigt, aus welchen Gründen ältere Generationen von Planungssystemen noch nicht in der Lage waren, die Ziele des SCM zu erreichen, und wodurch sich die neuere Generation auszeichnet. Es folgt eine Übersicht über Aufbau und Inhalt der am Markt bereits vorhandenen modernen Planungssysteme, bevor zum Abschluss dieses Kapitels auf den Nutzen moderner Planungssysteme bei der Erreichung der Ziele des SCM eingegangen wird.

2.1 Supply Chain Management

Der Begriff Supply Chain Management wurde 1982 von Oliver und Webber geprägt,¹⁰ auch wenn dessen Inhalte schon davor erforscht wurden.¹¹ Seitdem wurde eine Vielzahl an Definitionen entwickelt,¹² die sich an den jeweiligen Betrachtungsweisen der Autoren orientieren.

Aus seiner unternehmensstrategischen Sicht heraus versteht Christopher unter SCM vor allem das Managen von Beziehungen zu den vor- und nachgeschalteten Unternehmen in einer Lieferkette. In seiner Definition nimmt er damit die Sicht eines Unternehmens an, das sich nach außen mit anderen Unternehmen koordiniert.¹³

Stadtler hingegen betrachtet die Lieferkette bzw. Supply Chain (SC) von einer Metaebene und definiert SCM als die Aufgabe, Organisationseinheiten entlang einer SC zu integrieren und die Material-, Informations- und Finanzflüsse zu koordinieren. Der Begriff Organisationseinheiten lässt dabei bewusst offen, ob damit eine SC innerhalb eines Unternehmens oder zwischen verschiedenen Unternehmen gemeint ist.¹⁴

Beiden Definitionen ist gemeinsam, dass das Ziel des SCM immer in der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Lieferkette liegt, um letzten Endes die Bedürfnisse der (End-)Kunden besser zu erfüllen.

Im Gegensatz zu diesen strategischen Definitionen hat das Council of Supply Chain Management Professionals eine Version vorgelegt, die sich stärker an den operativen Prozessen orientiert. Diese beschreibt das SCM als eine integrierende Funktion, deren Verantwortung es ist, die anderen Unternehmensfunktionen und -prozesse untereinander zu verbinden; nicht nur innerhalb, sondern auch außerhalb des Unternehmens. Dabei werden sowohl die Funktionen (Logistik, Einkauf, Marketing, Vertrieb, Produktion, Entwicklung, Finanzen, Informationstechnologien) als auch die

¹⁰ Vgl. Oliver und Webber (1982).

¹¹ Vgl. Stadtler (2015c), S. 18.

¹² Vgl. Mentzer et al. (2001), S. 6.

¹³ Vgl. Christopher (2005), S. 5.

¹⁴ Vgl. Stadtler (2015c), S. 5.

Partner (Lieferanten, Zwischenhändler, „third party service provider“ und Kunden) dezidiert aufgezählt.¹⁵

Jede dieser Definitionen leistet einen Beitrag zum besseren Verständnis des Supply Chain Managements. Christopher hebt die langfristige strategische Ausrichtung auf Beziehungen hervor, Stadler die zu koordinierenden Material-, Informations- sowie Finanzflüsse und das Council of SCM Professionals die einzelnen Funktionen im Unternehmen und die Partner in der Kette.

Die Definitionen setzen dabei voraus, dass der Begriff Supply Chain bzw. Lieferkette bekannt ist. Häufig findet Christophers Definition Anwendung, wonach eine SC „ein Netzwerk von Organisationseinheiten [ist], die durch Verbindungen mit vor- und nachgelagerten Einheiten in den verschiedenen Prozessen und Aktivitäten involviert sind, die zur Schaffung von Werten in der Form von Produkten oder Serviceleistungen beim Endkunden beitragen“.¹⁶

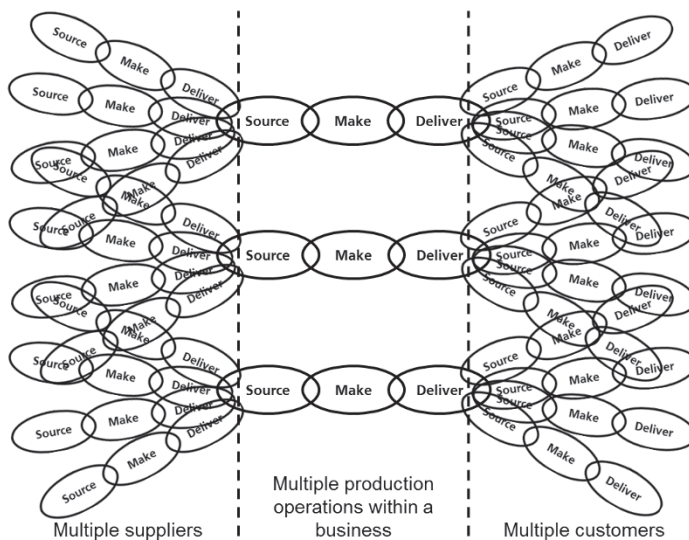


Abbildung 1 - SC als Teil eines Liefernetzwerks

In Anlehnung an Knolmayer et al. (2009), S. 4.

Abbildung 1 zeigt, auf wie viele unterschiedliche Arten eine SC verstanden werden kann. Schon eine funktionsübergreifende Zusammenarbeit innerhalb eines Unternehmens - in der Abbildung zwischen den Gliedern „source“, „make“ und „deliver“ -

¹⁵ Vgl. Council of Supply Chain Management Professionals (o.J.).

¹⁶ Christopher (1998), S. 15.

ergibt eine intra-organisationale Lieferkette. Werden am Anfang oder am Ende andere Unternehmen angebunden, ergibt sich eine inter-organisationale Lieferkette. Dadurch, dass ein Unternehmen Teil mehrerer SC sein kann bzw. dadurch, dass mehrere Unternehmen über ein Glied verbunden werden, ergeben sich Liefernetzwerke. Diese werden aber per obiger Definition in dieser Arbeit auch als SC verstanden.

Einen noch genaueren Einblick in die verschiedenen Facetten des Supply Chain Managements gibt das in Abbildung 2 dargestellte „*house of SCM*“ von Stadtler. Wie in den zuvor genannten Definitionen ist auch hier das oberste Ziel des SCM die Wettbewerbsfähigkeit. Sie misst sich an der Fähigkeit, Kunden einen besseren Service zu bieten, sei es vor, während oder nach Vertragsabschluss. Wettbewerbsfähigkeit und Kundenservice bilden das Dach des „*house of SCM*“, das auf den zwei Säulen des SCM ruht: Der Integration aller beteiligten Unternehmen in der Lieferkette und der Koordination der Prozesse. Die Säulen stehen wiederum auf einem Fundament, welches sich aus den verschiedensten Teilgebieten der Betriebswirtschaftslehre zusammensetzt.¹⁷

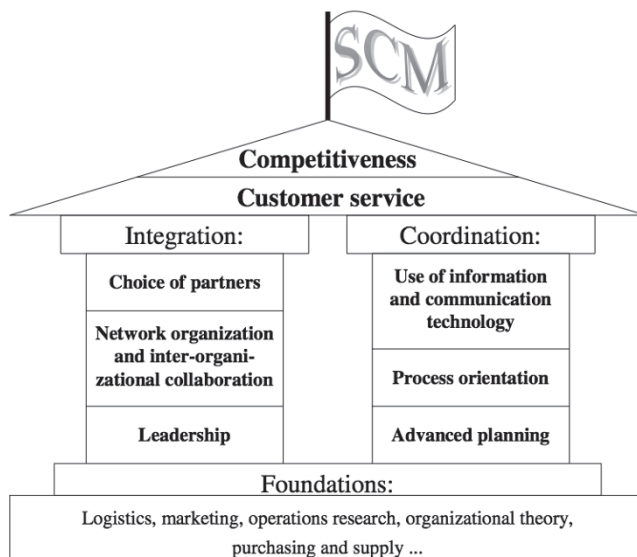


Abbildung 2 - „*House of SCM*“

Stadtler (2015c), S. 6.

¹⁷ Vgl. Stadtler (2015c), S. 5 f.

Für diese Arbeit ist dabei vor allem die rechte Säule des „*house of SCM*“ von Interesse, die sich in drei Bestandteile untergliedert, die für die Koordination von SC benötigt werden: Die Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien, die Prozessorientierung und das „*advanced planning*“.

Die Anwendung von Informationstechnologie impliziert, dass günstige und leistungsstarke Speicher benötigt werden, um die großen Mengen an Daten aufbewahren und verarbeiten zu können, die bei der Koordination von großen international operierenden Unternehmen oder auch Supply Chains anfallen.¹⁸ Die Kommunikationstechnologie umfasst Technologien wie z. B. das Internet, die benötigt werden, damit alle Nutzer jederzeit weltweit auf die gesammelten Daten zugreifen und diese auswerten können. Dabei geht es nicht nur um die unternehmensinterne Kommunikation, sondern auch um die Kommunikation mit anderen Mitgliedern der SC und Kunden. So ermöglicht beispielsweise der „*electronic data interchange*“ (EDI) als standardisierte Kommunikationsform, dass Auftrags- und Rechnungsdaten oder auch Planänderungen (z. B. neue Liefertermine etc.) automatisch direkt zwischen den Systemen von Kunde und Lieferant ausgetauscht werden, ohne dass ein Nutzer eingreifen muss. Hierdurch werden der Informationsaustausch und damit auch die Koordination der SC schneller und zugleich günstiger.¹⁹

Diese und andere Vorgänge können allerdings nur dann automatisiert abgewickelt werden, wenn die zugrunde liegenden Prozesse genau definiert sind. Unter der Prozessorientierung versteht Stadtler, dass die Prozesse der gesamten SC, also aller Partner, analysiert und mit „*best practice*“ Beispielen verglichen werden.²⁰ Dies kann unter Umständen auch durch den Einsatz von standardisierten Softwarelösungen zur Prozesssteuerung erreicht werden, da diese häufig die besten Lösungen für die jeweilige Branche beinhalten.²¹

Das letzte Element heißt „*advanced planning*“, worunter eine Planung verstanden wird, die²²

- alle kurz-, mittel- und langfristigen Planungsaufgaben umfasst,
- die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Planungsaufgaben in einer SC (siehe Abschnitt 2.3.1) beachtet,
- alle vorhandenen Informationen und Restriktionen (vor allem Kapazitätsengpässe) berücksichtigt
- sowie unter Anwendung von Algorithmen und/oder Optimierungsmodellen durchgeführt wird.

¹⁸ Vgl. Stadtler (2015c), S. 11.

¹⁹ Vgl. Stadtler (2015c), S. 11.

²⁰ Vgl. Stadtler (2015c), S. 12.

²¹ Vgl. Hessler und Görtz (2007), S. 48.

²² Vgl. Stadtler (2015c), S. 12 f.

Um eine Planung durchzuführen, die alle diese Anforderungen kostengünstig und in vertretbarer Zeit erfüllt, werden automatisierte bzw. EDV-gestützte Planungssysteme benötigt.

„Advanced planning“ zielt darauf ab, den Planungsprozess möglichst effizient und effektiv durchzuführen und dadurch den Nutzen weiter zu steigern. Wie Abbildung 2 zeigt, ist eine gute Planung ein wesentlicher Bestandteil der Koordination von Supply Chains und damit auch zur Erreichung der Ziele des SCM. Das macht Planungssysteme zu einem der wichtigsten Instrumente für das SCM. Konkretere Beispiele, wie Planungssysteme die Ziele des SCM unterstützen, werden in Abschnitt 2.5 vorgestellt.

2.2 Entwicklungsgeschichte von Planungssystemen

Vor der Definition von Planungssystemen in ihrer modernen Ausprägung werden in diesem Abschnitt Vorläufer und deren Schwächen, die zur Weiterentwicklung geführt haben, vorgestellt. Den Ausgangspunkt dafür bilden die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) und die dafür geschaffenen EDV-gestützten PPS-Systeme, deren Entwicklung in Abbildung 3 wiedergegeben wird.

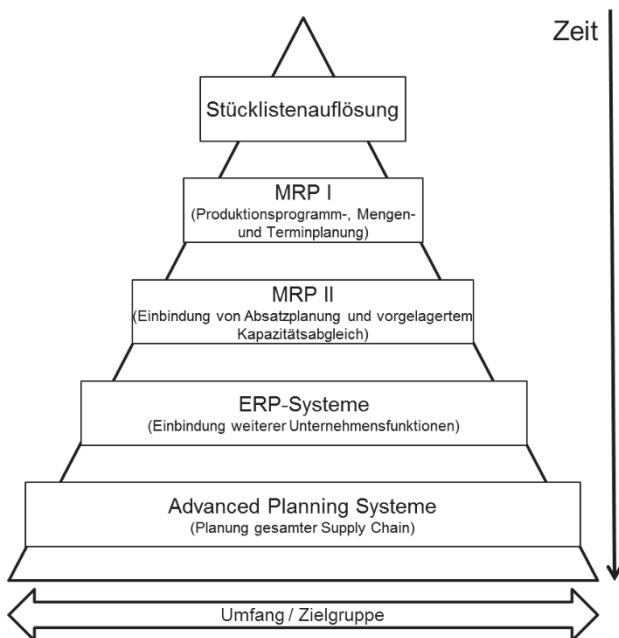


Abbildung 3 - Entwicklung von PPS-Systemen

In Anlehnung an Wannenwetsch (2010), S. 554.

Ein modernes PPS-System dient dazu, mit den vorhandenen und/oder erwarteten Kundenaufträgen unter Berücksichtigung der verfügbaren Kapazitäten (Maschinen, Personal etc.) den Produktionsablauf (Produktionsmengen, Produktionstermine etc.) zu planen und zu steuern. Dabei nimmt es folgende Funktionen wahr:²³

- Produktionsprogrammplanung (Prognoserechnung, Grobplanung, Kundenauftragsverwaltung)
- Mengenplanung (Stücklistenauflösung, Bestandsführung und Lagerdisposition, Losgrößenrechnung)
- Termin- und Kapazitätsplanung (Durchlaufterminierung, Kapazitätsbedarfsrechnung, Kapazitätsterminierung, Reihenfolgeplanung)
- Auftragsfreigabe nach einer Verfügbarkeitsprüfung der benötigten Materialien, Baugruppen und Werkzeuge sowie nach geplanten Terminen zusammen mit der Belegerstellung
- Kundenauftrags-, Fertigungsauftrags- und Kapazitätsüberwachung
- Datenmanagement (Stücklisten, Arbeitspläne, Lagerbestände, Maschinenbelegungspläne etc.)

Auch wenn im weiteren Verlauf dieses Kapitels vor allem auf EDV-gestützte PPS-Systeme eingegangen wird, ist eine PPS auch ohne EDV-Unterstützung durchführbar und wird zumindest im Rahmen der Feinsteuerung auch angewendet. Ein Beispiel dafür ist die Kanban-Steuerung.²⁴

Abbildung 3 zeigt, dass PPS-Systeme am Anfang ihrer Entwicklung vor allem zur Stücklistenauflösung eingesetzt wurden. Dabei wurden die Sekundärbedarfe²⁵ zum Teil noch mit einfachen Tabellenkalkulationsanwendungen aus den Primärbedarfen²⁶ abgeleitet. Verschiedene Verfahren dafür haben unter anderem Dyckhoff und Spengler beschrieben.²⁷ Daraus entstanden mit der Zeit die ersten Softwaresysteme, die das so genannte „*material requirement planning*“ (MRP I) umsetzten.

Beim MRP I Konzept²⁸ besteht die Produktionsprogrammplanung für die einzelnen Perioden nur aus der Übernahme der vorhandenen Kundenaufträge, die ggf. noch um so genannte Planaufträge (z. B. Aufträge zur Lagerauffüllung) ergänzt werden. Die sich daraus ergebenden Mengen sind die Brutto-Primärbedarfe. Nach Abzug der Lagerbestände bleibt der Netto-Primärbedarf, welcher als Basis für die Stücklisten-

²³ Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 556 f.

²⁴ Vgl. Schulte (1999), S. 334.

²⁵ Bedarf, der vom Bedarf nach anderen Gütern abgeleitet wird, wie z. B. Rohstoffe, Einzelteile und Baugruppen, die zur Erzeugung des Primärbedarfs benötigt werden. Vgl. Schönsleben (2008), S. 238.

²⁶ Bedarf, der unabhängig vom Bedarf nach anderen Gütern ist, wie z. B. der Bedarf an Enderzeugnissen und verkaufsfähigen Ersatzteilen. Vgl. Schönsleben (2008), S. 238.

²⁷ Vgl. Dyckhoff und Spengler (2007), S. 222 ff.

²⁸ Eine Beschreibung findet sich z. B. bei Kurbel (2005), S. 105 ff. oder Günther und Tempelmeier (2005), S. 305 ff.

auflösung dient. Aus ihm errechnen sich die Brutto-Sekundärbedarfe bzw., bei Abzug der jeweiligen Bestände auf jeder Ebene der Stücklistenauflösung, die Netto-Sekundärbedarfe. Damit sind für alle Ebenen der Stücklisten die Mengen an Erzeugnissen bestimmt, die noch hergestellt oder bestellt werden müssen.

Die sich ergebenden Bedarfe werden auf jeder Ebene im Rahmen der Losgrößenplanung zu Produktionslosen zusammengefasst und mit Hilfe von fest vorgegebenen Durchlaufzeiten (DLZ) terminiert. Dabei wird beispielsweise von einem vorgegebenen Endtermin (z. B. Kundenwunschtermin) die DLZ für alle benötigten Arbeitsschritte abgezogen, um zu bestimmen, wann ein Auftrag spätestens gestartet werden muss.²⁹ Genau dieser Termin wird dann als Starttermin für den Auftrag gesetzt bzw. daraus ergeben sich die Starttermine für die Arbeitsschritte an den einzelnen Maschinen. Die Terminierung erfolgt beim MRP I somit unabhängig von der vorhandenen Kapazität an Maschinen, Personal etc.

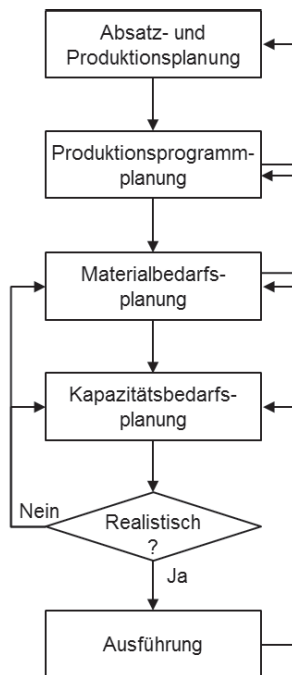


Abbildung 4 - Geschlossener MRP I Kreislauf

In Anlehnung an Wight (1984), S. 102.

²⁹ Dabei handelt es sich um eine so genannte Rückwärtsterminierung. Andere Standardverfahren der Durchlaufterminierung beachten allerdings ebenfalls keine Kapazitätsgrenzen. Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 561.

Ein erster Schritt zur Reduzierung dieses Mangels war die Entwicklung des geschlossenen MRP I Kreislaufs („*closed loop MRP*“), der in Abbildung 4 dargestellt ist. Beim geschlossenen Kreislauf wird am Ende der Bedarfsauflösung eine Kapazitätsbedarfsplanung durchgeführt, bei der für jede Maschine die benötigte Kapazität für die eingeplanten Aufträge berechnet und der real vorhandenen Kapazität gegenübergestellt wird. Bei Abweichungen können dann in iterativen Schleifen die jeweils vorhergehenden Planungsschritte angepasst werden, bis ein durchführbarer Produktionsplan entsteht; z. B. indem einzelne Aufträge oder einzelne Arbeitsgänge eines Auftrags an einer Maschine verschoben werden oder die Kapazität durch Zuschichten erhöht wird. Der Planer hat dabei allerdings keine direkte Einsicht in die Auswirkungen, die eine Verschiebung eines Arbeitsganges auf andere Arbeitsgänge desselben oder eines anderen Auftrags haben kann. Es ist bei diesem Planungsansatz daher nicht sichergestellt, dass die Planungsergebnisse am Ende einer Korrekturschleife tatsächlich auch mit den vorhandenen Kapazitäten ausgeführt werden können.³⁰

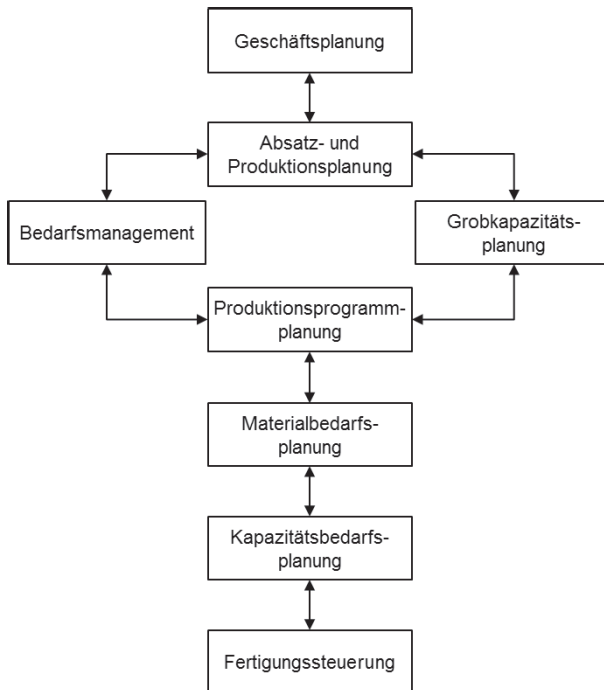


Abbildung 5 - Planungskonzept MRP II

In Anlehnung an Kurbel (2005), S. 138.

³⁰ Vgl. Bartsch und Bickenbach (2001), S. 26.

Der nächste Entwicklungsschritt bestand in der Einführung des „*manufacturing resource planning*“ (MRP II), welches in der nächsten Generation von PPS-Systemen umgesetzt wurde. Das Planungskonzept ist in Abbildung 5 wiedergegeben und unterscheidet sich vom MRP I vor allem durch die Hinzunahme zusätzlicher Planungsschritte vor der Produktionsprogrammplanung. Während beim MRP I das Produktionsprogramm im Wesentlichen aus der vollständigen Übernahme aller Kundenaufträge besteht, gibt es beim MRP II einen vorgelagerten groben Kapazitätscheck, bei dem die aus einer langfristigen Absatz- und Produktionsplanung ermittelten Mengen miteinander abgeglichen werden.³¹ Eine frühzeitige Betrachtung der vorhandenen Kapazitäten vermeidet die unkontrollierte, vollständige Übernahme des Absatzplans als Produktionsprogramm, was eine der Schwäche des MRP I Ansatzes darstellt. Reichen die Kapazitäten nicht aus, muss das Produktionsprogramm gegenüber dem Absatzplan gekürzt werden.³²

Ein weiterer Vorteil von MRP II ist eine stärkere Verknüpfung der PPS mit den darüber liegenden Planungsstufen, wie der Geschäftsplanung, die meistens in monetären Einheiten und nicht, wie PPS-Systeme, in Stückzahlen planen. Systeme, die auf MRP II basieren, beziehen daher auch wirtschaftliche Berechnungen mit ein und verwenden für die Primärbedarfsplanung z. B. auch Umsatzziele und Deckungsbeiträge.³³

Die der Produktionsprogrammplanung nachgelagerten Planungsschritte wurden gegenüber dem geschlossenen MRP I Kreislauf allerdings nicht verändert, weshalb die Probleme des sukzessiven Planungsansatzes erhalten bleiben. Sukzessive Planung heißt in diesem Fall, dass zuerst der Bedarf ermittelt wird und anschließend auf dieser Grundlage die Fertigungsaufträge mit Losgröße bestimmt werden. Deren Terminierung wird mit Hilfe von festen DLZ durchgeführt und erst zum Schluss erfolgt ein Abgleich mit den begrenzten Kapazitäten. In diesem Prozess ergeben sich zwangsläufig Abstimmungsprobleme. Die optimale Bestimmung von Losgrößen setzt z. B. Kenntnis über die Rüstzeiten voraus. Die Rüstzeiten hängen jedoch von der Reihenfolge der Fertigungsaufträge und somit von der Terminierung der Aufträge ab.³⁴

Durch die sukzessive Planung kann es außerdem zu dem in Abbildung 6 dargestellten Durchlaufzeiten-Syndrom kommen.³⁵ Dieses entsteht dadurch, dass die genauen DLZ eines Auftrags ex-ante unbekannt und von der Maschinenbelegung abhängig sind. Da die DLZ jedoch für die Planung der Maschinenbelegung benötigt werden, müssen Planwerte festgelegt werden; beispielsweise die Durchschnittswerte der bereits abgeschlossenen vergleichbaren Aufträge. Um eventuelle Störungen zu berücksichtigen und nicht in Verzug zu kommen, wird zu der Plan-DLZ ein Sicherheits-

³¹ Vgl. Kurbel (2005), S. 137.

³² Vgl. Günther und Tempelmeier (2005), S. 307.

³³ Vgl. Kurbel (2005), S. 136 ff.

³⁴ Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 546.

³⁵ Vgl. Weingarten (1995), S. 18 f.

aufschlag addiert. Dadurch werden Aufträge zu früh freigegeben und neben einer Bestandserhöhung können daraus Warteschlangen vor den Maschinen resultieren. Studien zeigen, dass über 85% der DLZ durch organisatorisch bedingte Wartezeiten entstehen.³⁶ Das führt wiederum zu einer Erhöhung der realen DLZ und damit auch der Plan-DLZ. Dadurch werden Aufträge noch früher freigegeben und der Kreislauf beginnt von Neuem.



Abbildung 6 - Durchlaufzeiten-Syndrom

In Anlehnung an Weingarten (1995), S. 19.

Auch die nächste Generation von PPS-Systemen, die als „*enterprise resource planning*“ (ERP) Systeme bezeichnet werden, basiert im Wesentlichen weiter auf den Konzepten des MRP I oder MRP II und teilt die genannten Schwachstellen dieser Planungsansätze.³⁷ Der Fortschritt gegenüber den MRP II Systemen besteht in der Erweiterung um Softwaremodule für andere Unternehmensfunktionen, wodurch das PPS-Modul nur noch eines unter vielen ist. Beispiele sind unter anderem Module für die Beschaffung, den Vertrieb, das Personalwesen sowie das Finanz- und Rechnungswesen, die von ERP-Systemen über eine gemeinsame Datenbasis verknüpft werden. Im besten Fall gelingt dadurch eine Unterstützung aller im Unternehmen ablaufenden Geschäftsprozesse durch ein zentrales System und damit auch der Übergang zu der für das SCM wichtigen Prozessorientierung.³⁸ Zugleich ist diese Verbindung auch ein erster systemseitiger Schritt zu einer intra-organisationalen SC, die einheitlich überwacht und gesteuert werden kann. Eine gemeinsame Datenbasis ermöglicht in diesem Zusammenhang vor allem einen schnellen und fehlerfreien Datenaustausch zwischen den Abteilungen.³⁹

³⁶ Vgl. Günther und Tempelmeier (2005), S. 307.

³⁷ Vgl. Nicolai (2004), S. 73

³⁸ Vgl. Bartsch und Bickenbach (2001), S. 27.

³⁹ Vgl. Nicolai (2004), S. 73.

Trotzdem ist auch bei der Anwendung von ERP-Systemen die unternehmensinterne Vernetzung für die Planung noch nicht vollständig. So wird beispielsweise nicht immer beachtet, dass ein Produktionsengpass auch dadurch gelöst werden kann (Produktionsplanung), dass ein oder mehrere Aufträge an ein anderes Werk vergeben werden (Distributionsplanung), da es sich um unterschiedliche Planungsschritte handelt.⁴⁰

Bei Betrachtung der inter-organisationalen SC verstärken sich diese Mängel. Die vorgestellten Probleme, die durch den sukzessiven Planungsansatz entstehen, lassen sich auf die gesamte SC übertragen. Anstatt der DLZ innerhalb des Unternehmens wird aus Sicht des Kunden die Lieferzeit relevant. Auch diese ist mit einem festen Wert inklusive Sicherheitsaufschlag im System des Kunden hinterlegt und bestimmt, für welchen Termin bestellt wird. Liefert der Lieferant aufgrund von Störungen nicht pünktlich, wird der Kunde in Zukunft zu einem früheren Termin bestellen und es beginnt der in Abbildung 6 dargestellte Kreislauf. Auf lange Sicht erhöht sich dadurch der Bestand der SC; entweder der an unfertigen Erzeugnissen bzw. Endprodukten beim Lieferanten oder der an Einkaufsteilen beim Kunden.

Außerdem ist die Trennung zwischen den Planungsprozessen unterschiedlicher Unternehmen stärker ausgeprägt als die Trennung der Planungsaufgaben innerhalb eines Unternehmens. So beziehen ERP-Systeme weder die Bestände des Kunden noch die Kapazitäten der Lieferanten in die Produktionsplanung mit ein, wodurch z. B. Beschaffungsengpässe ignoriert werden.⁴¹

2.3 Definition von Advanced Planning Systems

Für moderne Planungssysteme werden in der Literatur verschiedene Begriffe verwendet. Neben der Bezeichnung als „*advanced planning systems*“ (APS) findet sich auch die Bezeichnung als „*advanced planning and scheduling*“ Systeme (APS-Systeme)⁴² oder SCM-Systeme.⁴³ Sie werden häufig einfach als Weiterentwicklung von PPS- bzw. ERP-Systemen beschrieben,⁴⁴ die die im vorherigen Abschnitt aufgeführten Mängel von ERP-Systemen überwinden.⁴⁵

Die Zielstellung der ERP-Systeme war die Optimierung der Geschäftsprozesse innerhalb eines Unternehmens. Für ein vollständiges SCM reicht das nicht mehr aus. Ein modernes Planungssystem vernetzt nicht nur die unternehmensinternen Planungsmodule⁴⁶ stärker als bisher, sondern auch die Planungsmodule verschiedener Unternehmen. So kann eine engere Abstimmung zwischen der Beschaffungsplanung

⁴⁰ Vgl. Stadtler (2015c), S. 12.

⁴¹ Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 588.

⁴² Vgl. Betge (2006), S. 4.

⁴³ Vgl. Bartsch und Bickenbach (2001), S. 27.

⁴⁴ Vgl. Bartsch und Bickenbach (2001), S. 27.

⁴⁵ Vgl. z. B. Stadtler (2015c), S. 12; Nicolai (2004), S. 73; Werner (2002), S. 223.

⁴⁶ Ein Planungsmodul bezeichnet einen Teil einer Planungssoftware oder auch ein Paket, das eine Planungsaufgabe - wie z. B. die Produktionsplanung oder die Distributionsplanung - durchführt.

des Kunden und der Dispositionsplanung des Lieferanten dafür sorgen, dass der Kunde die Lieferengpässe des Lieferanten direkt in seiner Planung berücksichtigt, anstatt von festen Lieferzeiten auszugehen. Können sich sowohl der Kunde als auch der Lieferant auf diesen frühzeitigen Informationsfluss verlassen, werden keine großen Sicherheitsbestände auf Ausgangs- und Eingangsseite benötigt, die unerwartete Engpässe abfedern. In diesem Fall ersetzen die Informationen die Bestände.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass moderne Planungssysteme von dem sukzessiven Planungsansatz abweichen. Sie ermöglichen eine zum Teil simultane Planung, bei der relevante Restriktionen, wie z. B. begrenzte Kapazitäten, schon bei der Planerstellung und nicht erst im Nachhinein mit einbezogen werden. Dadurch können Zusammenhänge zwischen den Planungsschritten beachtet werden und es entsteht ein Plan, der im Rahmen der in der Planung angenommenen Restriktionen tatsächlich umsetzbar ist.

Die ersten modernen Planungssysteme wurden jedoch nicht als Ersatz für ERP-Systeme entwickelt, sondern als deren Erweiterung. Obwohl es durchaus möglich war, ein Planungssystem ohne andere Systeme zu betreiben, arbeitete es in der Regel mit einem ERP-System zusammen.⁴⁷ Im ERP-System wurden in diesem Fall weiterhin die meisten Stammdaten gepflegt und die Aufträge von der Erfassung bis zum Warenausgang abgewickelt: Es wurde zum ausführenden System. Wie in Abbildung 7 dargestellt bezog das Planungssystem seine Daten vom ausführenden System, um mit diesen Informationen eine Planung durchzuführen. Die Planungsergebnisse, die optimierte Vorschläge zur Durchführung darstellen, wurden dann wieder an das ERP-System zurückgegeben. Nach einer Prüfung und eventuellen Überarbeitung durch menschliche Entscheidungsträger ergaben sich daraus die auszuführenden Pläne.⁴⁸

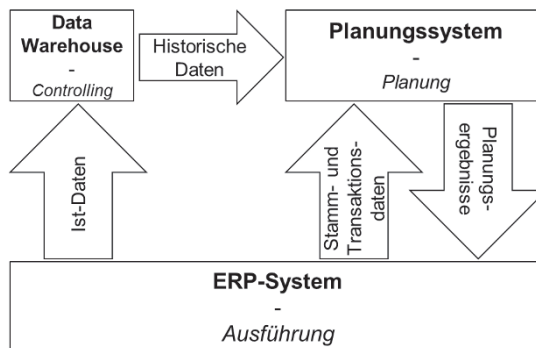


Abbildung 7 - APS als Erweiterung von ERP-Systemen

In Anlehnung an Bartsch und Bickenbach (2001), S. 29.

⁴⁷ Vgl. Bartsch und Bickenbach (2001), S. 28.

⁴⁸ Vgl. Fleischmann und Meyr (2003), S. 480.

Zur Schließung des Regelkreises aus Planung, Ausführung und Kontrolle konnte zusätzlich ein so genanntes „data warehouse“ eingesetzt werden, welches die aus der Ausführung entstandenen Daten, wie z. B. DLZ, über längere Zeiträume speichert. Diese Daten konnten zur Kontrolle der Entwicklung von Kennzahlen verwendet und wiederum vom Planungssystem für die Planung als Eingangsdaten herangezogen werden.⁴⁹

Die Grenzen zwischen den einzelnen Systemen waren allerdings je nach Ausgestaltung fließend, wie Meyr et al. am Beispiel der Auftragsbestätigung zeigen.⁵⁰ Diese konnte durch das Planungssystem, das ERP-System oder auch durch beide in Wechselwirkung erfolgen. Im Rahmen der Weiterentwicklung der ERP-Systeme und durch neue Entwicklungen bei der Datenspeicherung und dem Datenzugriff lassen sich mittlerweile z. B. bei der SAP AG Tendenzen erkennen, die Funktionen moderner Planungssystemen vollständig im ERP-System zu integrieren.⁵¹ Je nach weiterer Entwicklung könnte die Trennung der Begriffe dadurch obsolet werden.

Fleischmann et al. nennen drei Eigenschaften, die moderne Planungssysteme auszeichnen:⁵²

- Ganzheitliche Planung der gesamten SC (siehe Abschnitt 2.3.1)
- Einsatz von Optimierungsmethoden (siehe Abschnitt 2.3.2)
- Verwendung eines hierarchischen Planungsansatzes (siehe Abschnitt 2.3.3)

Bei den ersten beiden Eigenschaften handelt es sich um Anforderungen an die Planung, die sich aus den Zielen des SCM ergeben. Sie lassen sich allerdings kaum gleichzeitig erfüllen, da für eine ganzheitliche Planung einer SC eine immense Anzahl an Entscheidungsvariablen und Restriktionen beachtet werden muss. Planungsaufgaben dieser Größenordnung können nicht bzw. nicht in einer akzeptablen Zeit (vollständig) optimiert werden. Einen Lösungsansatz für dieses Problem bietet die dritte Eigenschaft moderner Planungssysteme: Der hierarchische Planungsansatz. Er ermöglicht es, die Gesamtplanungsaufgabe in kleinere und damit auch schneller lösbare Aufgaben zu zerlegen, ohne deren Zusammenhänge zu vernachlässigen.⁵³ Fleischmann et al. bezeichnen in diesem Zusammenhang ein modernes Planungssystem auch als ein auf der hierarchischen Planung basierendes Gerüst, in das sowohl schon bekannte als auch neue Optimierungsmethoden eingebaut und in der Praxis verwendet werden können.⁵⁴

Im Folgenden sollen die drei Eigenschaften genauer beschrieben werden.

⁴⁹ Vgl. Bartsch und Bickenbach (2001), S. 26 f.

⁵⁰ Vgl. Meyr et al. (2015), S. 105.

⁵¹ Vgl. SAP AG (2015).

⁵² Vgl. Fleischmann et al. (2015), S. 74.

⁵³ Vgl. Fleischmann und Meyr (2003), S. 457.

⁵⁴ Vgl. Fleischmann und Meyr (2003), S. 458.

2.3.1 Ganzheitliche Planung mit der Supply Chain Planning Matrix

Spätestens seit der Arbeit von Anthony ist es üblich, bei der Planung drei verschiedene Management-Ebenen zu unterscheiden.⁵⁵ Jede dieser Ebenen hat unterschiedliche Ansprüche an die Daten, die sie für die Planung benötigt, und betrachtet einen anderen Planungszeitraum.

An oberster Stelle steht die strategische Planung, die von den obersten Management-Ebenen durchgeführt wird. Bei diesen langfristigen Plänen werden die Ziele des Unternehmens festgelegt und über die zu ihrer Erreichung benötigten Ressourcen entschieden. Bezogen auf eine SC werden hier vor allem Entscheidungen über ihre Struktur (z. B. Standortentscheidungen) getroffen. Dadurch, dass die strategische Planung mehrere Jahre betrachtet, zeichnet sie sich durch eine hohe Unsicherheit der Daten und Ergebnisse aus.

Unterhalb der strategischen Planung folgt nach Anthony die Ebene „*management control*“, die sicherstellt, dass die benötigten Ressourcen beschafft und effizient zur Zielerreichung eingesetzt werden. Diese Aufgaben werden vom mittleren Management übernommen, das vor allem mittelfristige Entscheidungen trifft, die im Einklang mit der Strategie stehen. Darunter fallen beim SCM die grobe Festlegung der zu produzierenden Mengen und Warenströme in der gegebenen SC. Je nach Nachfragemuster bzw. Branche kann die mittlere Frist sechs Monate bis zu zwei Jahre umfassen.⁵⁶

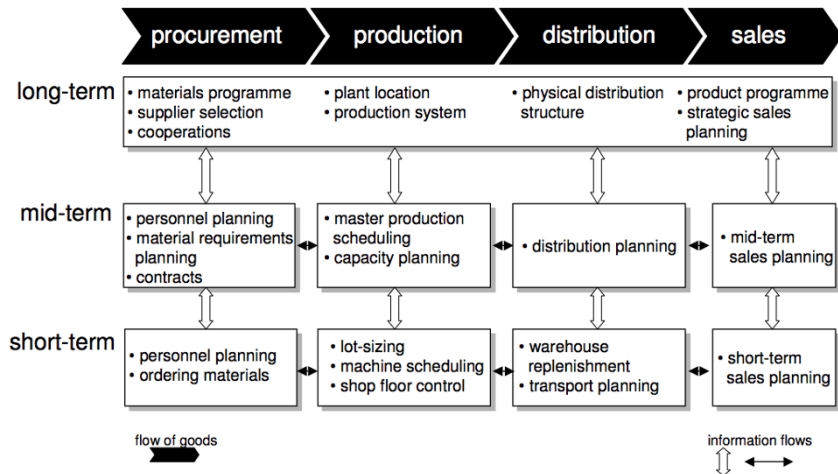


Abbildung 8 - Die SCP-Matrix

Fleischmann et al. (2015), S. 77.

⁵⁵ Vgl. Anthony (1965).

⁵⁶ Vgl. Fleischmann et al. (2015), S. 72.

Die unterste Ebene „*operations control*“ befasst sich mit der kurzfristigen Planung. Der Schwerpunkt liegt auf der effizienten Ausführung der von der mittleren Ebene vorgegebenen Aufgaben. Die geplanten bzw. real benötigten Mengen müssen in den gegebenen Zeiträumen mit den vorhandenen Ressourcen gefertigt werden. Da der Zeitraum für die Planung nur wenige Tage bis zu einigen Wochen umfasst, herrscht auf dieser Ebene die höchste Sicherheit bezüglich der verwendeten Daten.

Die Planung einer SC findet somit nicht nur für verschiedene hintereinander folgende Prozesse (Einkauf, Produktion, Distribution), sondern auch auf unterschiedlichen Ebenen statt. Zur Darstellung der sich daraus ergebenden Zusammenhänge haben Rohde et al. die Supply Chain Planning Matrix (SCP-Matrix) entwickelt,⁵⁷ die in Abbildung 8 in einer von Fleischman et al. weiter ausgearbeiteten Form dargestellt ist.

In der SCP-Matrix werden die Planungsaufgaben sowohl für die drei Management-Ebenen bzw. die daraus folgenden Planungshorizonte als auch für die aus dem SCOR-Modell⁵⁸ (Supply Chain „*operations reference*“-Modell) bekannten Grundprozessen, „*source*“, „*make*“ und „*deliver*“,⁵⁹ die jedes Mitglied der SC durchführt, untergliedert. Diese Darstellungsform beschränkt sich auf eine intra-organisationale Lieferkette, die das kleinste Betrachtungsobjekt für eine integrale Planung darstellt.⁶⁰ Wie sich an den eingetragenen Beispielen erkennen lässt, gibt es für jeden der Prozesse je Planungsebene eine oder mehrere Planungsaufgaben. Daneben ist ersichtlich, dass jede Planungsaufgabe Informationen sowohl aus den Plänen der vor- und nachgelagerten Prozesse als auch aus höheren und niedrigeren Planungsebenen nutzen sollte. Erst dadurch wird aus einzelnen Planungsprozessen eine ganzheitliche Planung.

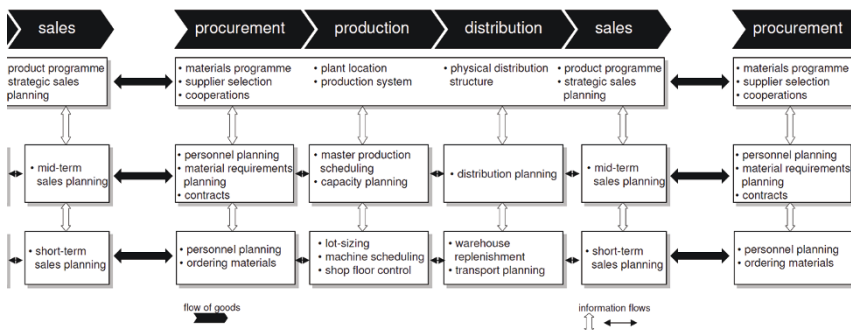


Abbildung 9 - Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit von Planungssystemen

In Anlehnung an Meyr et al. (2015), S. 104.

⁵⁷ Vgl. Rohde et al. (2000).

⁵⁸ Vgl. Supply Chain Council (2008), S. 3 ff.

⁵⁹ Procurement = source, production = make, distribution und sales = deliver.

⁶⁰ Vgl. Fleischmann und Meyr (2003), S. 457.

Für die Planung einer inter-organisationalen SC müssen somit - wie in Abbildung 9 gezeigt - auch die Planungssysteme der einzelnen Unternehmen miteinander verbunden bzw. Informationsflüsse zwischen ihnen aufgebaut werden.

Bei der ganzheitlichen Planung einer SC können zwei unterschiedliche Planungstechniken angewendet werden: Eine rollierende Planung oder eine ereignisbasierte Planung. Da Pläne für zukünftige Zeiträume erarbeitet werden, unterliegen sie immer einer Unsicherheit; Mitarbeiter können erkranken, Maschinen ausfallen, Lieferanten nicht pünktlich liefern usw. Bei Plänen, die sich über lange Zeiträume erstrecken, kommt hinzu, dass sich die Qualität der Daten über die Zeit ändert. Werte, die am Anfang noch grob geschätzt werden müssen, werden mit der Zeit immer konkreter und besser vorhersagbar. Daher müssen Pläne oft überarbeitet bzw. neu geplant werden.

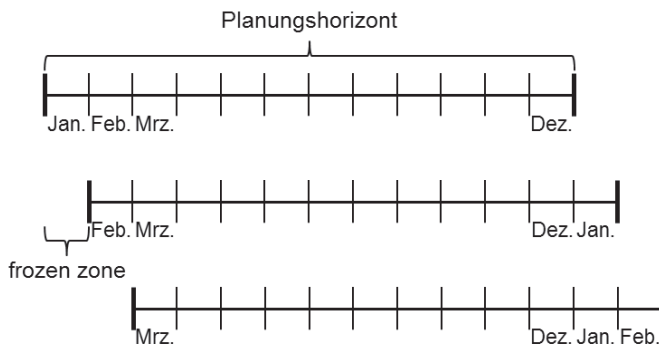


Abbildung 10 - Rollierende Planung

In Anlehnung an Fleischmann et al. (2015), S. 74.

Eine Möglichkeit ist, die Planung regelmäßig nach dem Verstreichen einer festen Zeitspanne zu wiederholen. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel einer solchen Planung mit einem Planungshorizont von zwölf Monaten und einer Zeitspanne von einem Monat zwischen zwei Planungsdurchläufen. Nach Erstellung des ersten Plans im Januar wird bis zum Beginn des Februars nicht mehr geplant, wodurch sich in dieser Zeit die Planung nicht mehr verändern kann. Diese Zeitspanne wird daher als „frozen period“ oder auch „frozen zone“⁶¹ (FZ) bezeichnet. Diese kann auch länger als die Zeitspannen zwischen zwei Planungsdurchläufen definiert werden, falls der Plan für eine längere Zeit unveränderlich sein soll. Die Pläne für die Monate außerhalb der FZ sind hingegen nur eine Vorschau, die regelmäßig erneuert und in diesem Beispiel immer um einen Monat verlängert wird. Dieses Vorgehen wird als rollierende Planung bezeichnet und hat gegenüber einer einmaligen Planung den Vorteil, dass durch die

⁶¹ Für eine genauere Definition siehe Abschnitt 5.2.2.

regelmäßige Erneuerung der Planung immer aktuellere Daten und Prognosen verwendet werden. Dadurch verringert sich der Einfluss der Unsicherheit auf die Planungsergebnisse.

Ein Nachteil der rollierenden Planung ist die sich durch die starren Planungszeitpunkte ergebende mangelnde Reaktionsfähigkeit auf besondere Ereignisse in der FZ. Dazu gehört z. B. der schon erwähnte Ausfall von Maschinen, der die Ausführung eines gegebenen Plans unmöglich machen kann.

Dieser Mangel lässt sich mit ereignisorientierter Planung beheben. Bei dieser Möglichkeit wird die Planung immer dann überarbeitet, wenn bestimmte, vorher definierte Ereignisse eintreten. Beispielsweise der Ausfall einer Maschine oder ein unerwartet großer Auftrag eines Kunden. Allerdings bringt die ereignisorientierte Planung zwei Herausforderungen mit sich. Zum einen müssen die planungsrelevanten Daten wie Bestände, Kapazitäten, Aufträge etc. immer bereit stehen, da im Vorherein nicht bekannt ist, wann die Planung durchgeführt wird. Das kann ein Planungssystem, das auf Daten aus dem ERP-System und dem Data Warehouse zugreift, leisten.⁶² Zum anderen muss genau abgestimmt werden, welche Ereignisse eine Neuplanung auslösen. Allzu häufige Neuplanungen verlangsamen das gesamte System und machen die Ergebnisse in den Augen der Anwender unglaubwürdig oder sogar unbrauchbar. Daher muss ein Kompromiss zwischen der Verwendung aktuellster Daten und einer gewissen Ruhe sowie Verlässlichkeit in der Planung gefunden werden.⁶³

2.3.2 Optimierung

Optimierung bedeutet nach der mathematischen Definition die Ermittlung globaler oder lokaler Maxima bzw. Minima für eine Zielfunktion unter der Berücksichtigung von Nebenbedingungen bzw. Restriktionen bei gegebenen Daten.⁶⁴ Dazu gehört im mathematischen Verständnis auch der Nachweis, dass es sich bei der Lösung um ein globales oder lokales Maximum bzw. Minimum handelt.⁶⁵

In der Umgangssprache und zum Teil auch in der Fachliteratur wird Optimierung entgegen der mathematischen Definition auch fälschlich als Synonym für den Begriff „Verbesserung“ verwendet.⁶⁶ Bei einer Bestandsreduzierung handelt es sich z. B. nicht um eine Bestandsoptimierung, wenn nicht klar ist, mit welcher Zielstellung der neue Bestandwert verglichen wird. Gerade für die Bestände gilt, dass meistens mehrere Ziele verfolgt werden⁶⁷ und daher ein niedrigerer Bestand nicht immer optimal, d. h. die beste Lösung in Bezug auf die Zielstellung, ist.

⁶² Vgl. Fleischmann et al. (2015), S. 74.

⁶³ Vgl. Fleischmann und Meyr (2003), S. 476.

⁶⁴ Vgl. Kallrath (2013), S. 1; Kallrath und Maindl (2006), S. 23.

⁶⁵ Vgl. Kallrath und Maindl (2006), S. 23.

⁶⁶ Vgl. Kallrath und Maindl (2006), S. 23.

⁶⁷ Z. B. niedrige Kosten bei gleichzeitiger hoher Verfügbarkeit der Produkte.

Um Planungsaufgaben zu optimieren, werden die Ziele, die Zusammenhänge und die Restriktionen in ein mathematisches Modell überführt, das dann allgemein als Optimierungsproblem oder im Zusammenhang mit der Planung auch als Planungsproblem bezeichnet wird. Ein einfaches Beispiel einer Planungsaufgabe aus der Produktion ist in Tabelle 1 aufgeführt. Die Frage ist, wie viele Stücke von Produkt A (=Entscheidungsvariable X_1) und wie viele Stücke von Produkt B (=Entscheidungsvariable X_2) produziert werden sollen, um einen maximalen Deckungsbeitrag bei begrenzter Maschinenverfügbarkeit zu erreichen.

Tabelle 1 - Beispiel einer Planungsaufgabe

	Produkt A	Produkt B	Maschine 1	Maschine 2
Belegung Maschine 1 pro Stück	2h	1h		
Belegung Maschine 2 pro Stück	1h	3h		
Deckungsbeitrag pro Stück	50€	60€		
Zu produzierende Anzahl	X_1	X_2		
Verfügbare Zeit			100h	110h

Für dieses Beispiel ergibt sich folgendes mathematische Modell bzw. Optimierungsproblem:

Zielfunktion: Maximiere $50 \times X_1 + 60 \times X_2$

Nebenbedingung 1: $2 \times X_1 + X_2 \leq 100$ (Für Maschine 1 stehen 100 Stunden bereit)

Nebenbedingung 2: $X_1 + 3 \times X_2 \leq 110$ (Für Maschine 2 stehen 110 Stunden bereit)

Nebenbedingung 3: $X_1, X_2 \geq 0$ (Keine negativen Produktionsmengen)

In dieser Form handelt es sich um ein lineares Modell (X_1 und X_2 werden nicht potenziert), das mit den Methoden der linearen Programmierung (LP) gelöst werden kann. Dazu gehört z. B. das Simplex-Verfahren, welches solche Probleme - selbst wenn sie sehr umfangreich werden - meistens in relativ kurzer Zeit exakt lösen kann.⁶⁸ Exakt bedeutet, dass es sich bei der Lösung um das globale Optimum handelt. Da die letzte Nebenbedingung die zu produzierenden Mengen allerdings nur auf einen Wert größer oder gleich 0 begrenzt, kann die Lösung durchaus aus nicht-ganzzahligen Werten bestehen. Bei einer diskreten Fertigung kann solch eine Lösung unerwünscht sein, da nur ganze Stücke hergestellt werden können.

Ein Ansatz, um ganzzahlige Werte zu erhalten, ist die Rundung der Ergebnisse. Bei diesem Vorgehen ist allerdings nicht mehr sichergestellt, dass es sich bei der Lösung um das globale Optimum des Problems handelt und dass alle Restriktionen eingehalten wurden. Der bessere Ansatz ist es daher, das Modell zu ändern und die letzte Nebenbedingung durch $X_1, X_2 \in \mathbb{Z}^+$ zu ersetzen. Diese Formulierung stellt sicher,

⁶⁸ Vgl. Domschke und Drexl (2005), S. 21 ff.

dass nur ganzzahlige, positive Mengen als Lösung zulässig sind. Dadurch entsteht allerdings ein Problem der ganzzahligen linearen Optimierung (ILP = „*integer linear programming*“) bzw., wenn nur ein Teil der Variablen als ganzzahlig definiert wird, der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung (MILP = „*mixed integer linear programming*“). Obwohl die Anzahl möglicher Lösungen deutlich kleiner wird, dauert die Suche nach dem Optimum ungleich länger als bei Problemen der LP. Im Allgemeinen zeigen MILP-Modelle eine exponentiell mit der Anzahl an ganzzahligen Entscheidungsvariablen wachsende Laufzeit.⁶⁹ Trotzdem gibt es Verfahren, die solche Probleme exakt lösen können, wie z. B. das „*branch&bound*“-Verfahren.⁷⁰

Noch schwieriger⁷¹ zu lösende Probleme entstehen, wenn die Gleichungen (Zielfunktion oder Nebenbedingungen) nicht mehr linear sind. Würden aufgrund positiver Skaleneffekte bei Produkt A die Produktionsstückkosten mit zunehmender Menge sinken und der Deckungsbeitrag je Stück dadurch steigen, könnte der Deckungsbeitrag z. B. $50\text{€} + 0,1 \times X_1\text{€}$ betragen. Die Zielfunktion würde in diesem Fall

$$\text{Maximiere } 50 \times X_1 + 0,1 \times X_1^2 + 60 \times X_2$$

lauten. Sind alle reellen Zahlen als Lösung zulässig, handelt es sich um ein Problem der nicht-linearen Optimierung (NLP = „*non-linear programming*“). Wird ein Teil der Variablen als ganzzahlig definiert, um eines der nicht-linearen gemischt-ganzzahligen Optimierung (MINLP = „*mixed integer non-linear programming*“). Für beide Problemklassen gibt es kein allgemein anwendbares Lösungsverfahren, das für jede Problemstellung zur exakten Lösung führt.⁷²

In Tabelle 2 sind einige Planungsprobleme zusammengestellt und aufgeführt, in welcher Form diese Probleme typischer Weise modelliert werden. Außer den bereits vorgestellten Problemklassen wird in der Liste auch „*constraint programming*“ (CP)⁷³ genannt, mit dessen Methoden bestimmte Probleme besonders schnell gelöst werden können.⁷⁴

⁶⁹ Vgl. Kallrath (2013), S. 16.

⁷⁰ Vgl. Domschke und Drexl (2005), S. 126.

⁷¹ „Schwierig“ bedeutet aus praktischer Sicht, dass das Modell nicht exakt gelöst werden kann bzw. eine vorgegebene Lösungsgüte nicht sicher innerhalb einer vertretbaren Zeit erreicht werden kann. Vgl. Kallrath (2013), S. 16.

⁷² Vgl. Domschke und Drexl (2005), S. 174.

⁷³ CP beschreibt einen Programmierungsansatz, der mit allgemeinen Methoden nach einer zulässigen Lösung für ein aus mehreren Nebenbedingungen bestehendes Problem sucht. Die allgemeinen Methoden sollen dabei den zu untersuchenden Lösungsraum einschränken und können mit problemspezifischen Methoden wie z. B. dem Simplex-Verfahren für LP kombiniert werden. Vgl. Apt (2003), S. 1 f. CP kann auch zur Optimierung eingesetzt werden, wenn der Zielfunktionswert der zuletzt gefundenen zulässigen Lösung als eine zusätzliche Nebenbedingung (z. B. Überschreitung des letzten Zielfunktionswerts für eine Maximierung) für die nächste Suche gesetzt und das so lange wiederholt wird, bis keine zulässige Lösung mehr gefunden wird. Vgl. Hofstedt und Wolf (2007), S. 299 f.

⁷⁴ Vgl. Kallrath und Maindl (2006), S. 25 f.

Tabelle 2 - Planungsprobleme und Lösungsverfahren

Gekürzt in Anlehnung an Kallrath und Maindl (2006), S. 26.

Planungsproblem	Problemklasse
Produktionsplanung	MILP, MINLP
Reihenfolgeplanung	MILP
Allokationsprobleme (Ressourcen zu Aufträgen, Personal zu Aufgaben)	MILP, CP
Distributionsplanung (SC Optimierung)	MILP
Investitions- und Desinvestitionsplanung	MILP
Netzwerkplanung/Standortplanung	MILP

In dem bisher genutzten Beispiel wurde für die Optimierung nur ein Ziel verfolgt, während in der Praxis oft mehrere (auch konkurrierende) Ziele simultan verfolgt werden, beispielsweise die Minimierung der Bestände bei gleichzeitiger Maximierung des Servicelevels für die Kunden.

Um beide Zielsetzungen zu berücksichtigen, kann für die Optimierung ein Ziel festgelegt und für das andere Ziel ein Minimal- bzw. Maximalwert gesetzt werden. Im Bestandsbeispiel könnten z. B. die Bestände minimiert und gleichzeitig ein Minimalwert für den Servicelevel vorgegeben werden. Eine andere Möglichkeit besteht in der Bewertung aller Ziele mit Hilfe von Gewichten und der Ableitung eines gewichteten Gesamtzielwerts. Ein Sonderfall hiervon ist die monetäre Bewertung aller Ziele mit Erlösen und Kosten, um den Residualwert zu optimieren. Die Ergebnisse dieser Herangehensweise sind allerdings stark von den gewählten Gewichten abhängig.⁷⁵ Monetäre Gewichte haben den Vorteil, dass sie verhältnismäßig leicht zu ermitteln sind, dafür können allerdings Ziele wie eine hohe Lieferfähigkeit kaum eingepreist werden.

Eine weitere Schwierigkeit für die Optimierung in der Praxis ist die Größe der Probleme im SCM. „Größe“ definiert sich hierbei durch die Anzahl an Lösungskombinationen, die sich aus der Anzahl an Entscheidungsvariablen und möglicher Variablenwerte ergibt. Viele Praxisprobleme können in einer vertretbaren Zeit nicht mit den exakten Verfahren gelöst werden, weshalb andere Verfahren, wie z. B. Heuristiken, verwendet werden.

Eine Heuristik ist ein Verfahren, das für eine bestimmte Art von Optimierungsproblem Regeln zur Findung oder Verbesserung von Lösungen vorgibt. Die Regeln versuchen dabei, die Struktur des Problems zu nutzen, um so in einer angemessenen Zeit gute, jedoch meistens nicht optimale, Lösungen zu finden.⁷⁶ Beispiele sind exakte Verfahren, die nach bestimmten Kriterien vorzeitig abgebrochen werden, um die Rechenzeit zu begrenzen, oder auch lokale Suchverfahren.⁷⁷ Für manche Heuristiken ist es so-

⁷⁵ Vgl. Fleischmann et al. (2015), S. 73.

⁷⁶ Vgl. Domschke und Scholl (2006), S. 2.

⁷⁷ Lokale Suchverfahren sind Verfahren, bei denen nur in der Nachbarschaft einer bereits vorhandenen Lösung nach einer besseren Lösung gesucht wird. Die Nachbarschaft einer Lösung zu einer

gar möglich, eine Schätzung abzugeben, wie weit das gefundene Ergebnis im schlechtesten Fall vom wahren Optimum abweicht.⁷⁸ Da viele Reihenfolge-, Zuordnungs- und Gruppierungsprobleme bei einer praxisrelevanten Größe nicht mit vertretbarem Aufwand exakt lösbar sind, haben Heuristiken ein großes Anwendungsfeld.

Fleischmann et al. haben bei ihrer Definition von Eigenschaften eines Planungssystems unter Optimierung sowohl exakte als auch heuristische Lösungsverfahren verstanden⁷⁹ und große Anbieter wie die SAP AG haben in ihren APS auch beide Arten für die einzelnen Planungsaufgaben implementiert.⁸⁰ Im weiteren Verlauf steht Optimierung daher auch für alle in diesem Abschnitt erwähnten Verfahren, auf die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht weiter eingegangen werden soll. Für eine Übersicht über Lösungsverfahren, gerade für die in Planungssystemen oft verwendeten MILP-Modelle (siehe Tabelle 2), sei an dieser Stelle auf Kallrath verwiesen.⁸¹

2.3.3 Hierarchische Planung

Wie bereits erwähnt wurde, ist die hierarchische Planung ein Ansatz, um sowohl die Anforderungen an die ganzheitliche Planung der SC als auch an die Begrenzung der Modellgröße für die Optimierung der Planung zu erfüllen.

Abbildung 11 zeigt das von Schneeweiss entwickelte Modell der möglichen Interaktionen zweier Hierarchie-Ebenen, anhand dessen die hierarchische Planung (HP) erklärt werden soll. Es besteht aus einer übergeordneten Ebene (1), die einer untergeordneten Ebene (7) eine Anweisung (6) gibt, die diese dann in einem Zielsystem (10) umsetzt. Sollte die Anweisung nicht umsetzbar sein oder sonstige Probleme entstehen, kann die untergeordnete Ebene reagieren und der übergeordneten eine Rückmeldung geben (8). Daraufhin wird die übergeordnete Ebene ggf. eine neue Anweisung geben, die wieder geprüft wird und am Ende zu einer endgültigen Entscheidung und Umsetzung (9) führt. Außerdem bekommt die übergeordnete Ebene eine Rückmeldung zu den Ergebnissen der Umsetzung (11).

Um ihre Anweisung möglichst gut zu gestalten, kann die übergeordnete Ebene in einem ersten Schritt ein Modell (2) verwenden, das ihr bei ihrer Entscheidung hilft. Es kann sich dabei z. B. um ein einfaches Modell zur Produktionsplanung handeln, das keine Kapazitätsbeschränkungen berücksichtigt (MRP-System). Sollten allerdings Kapazitätsbeschränkungen vorliegen, wird die untergeordnete Ebene nicht in der Lage sein, den Plan umzusetzen und das als Rückmeldung an die übergeordnete

anderen definiert sich dadurch, dass die eine durch die einmalige Anwendung einer Transformationsvorschrift in die andere überführt werden kann, z. B. durch die Änderung einer Binärvariablen von 1 auf 0. Vgl. Domschke und Drexl (2005), S. 128.

⁷⁸ Vgl. Domschke und Drexl (2005), S. 127.

⁷⁹ Vgl. Fleischmann et al. (2015), S. 74.

⁸⁰ Vgl. Kallrath (2013), S. 66.

⁸¹ Vgl. Kallrath (2013), S. 199 ff.

Ebene zurückgeben. Aufgrund der Vorhersehbarkeit dieser Reaktion kann sie durch die übergeordnete Ebene im Vorhinein antizipiert werden, indem ein Modell der untergeordneten Ebene (4) mit in der Planung berücksichtigt wird. Für das Beispiel der Produktionsplanung wäre das beispielsweise ein Modell mit begrenzten Kapazitäten.

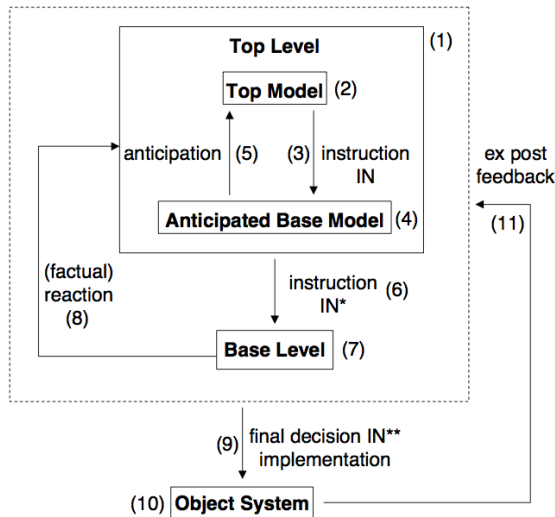


Abbildung 11 - Hierarchische Planung

Schneeweiss (1999), S. 29

In der Praxis gilt es bei der HP zu unterscheiden, welche Rückmeldungs- und Antizipationsmechanismen (5)(8)(11) Anwendung finden und inwieweit das Modell der untergeordneten Ebene bei der Planung auf der übergeordneten Ebene mit einbezogen wird. Spezifischer auf Optimierungsmodelle bezogen: Es muss bei einer HP festgelegt werden, inwieweit und mit welcher Detaillierung die Zielfunktion und die Nebenbedingungen bzw. Restriktionen der untergeordneten Ebene im Modell der übergeordneten Ebene berücksichtigt werden sollen.

Für die Anwendung der HP unterscheidet Schneeweiss zwischen Organisationshierarchien und „*constructional hierarchies*“. Organisationshierarchien ergeben sich aus dem organisatorischen Aufbau der Unternehmen, die meistens aus mehreren übereinander angeordneten Management-Ebenen bestehen, wodurch sich Informationsasymmetrien ergeben.⁸² So verfügen die unteren Management-Ebenen über sehr viel detailliertere Informationen zu ihrem Bereich als die darüber liegenden Ebenen.

⁸² Schneeweiss (1999), S. 9.

Die höheren Management-Ebenen besitzen dafür Informationen über mehrere Bereiche. Im Rahmen der Planung sollten diese Informationsasymmetrien ausgeglichen werden oder Entscheidungen auf der Ebene getroffen werden, auf der alle relevanten Informationen vorliegen. Der hierarchische Aufbau von Unternehmen mit unterschiedlichen Informationsstufen spiegelt sich auch in der SCP-Matrix über die Aufteilung in die Planungshorizonte, die mit den Management-Ebenen einhergehen, wider.

„*Constructional hierarchies*“ treten auf, wenn Systeme aufgrund Ihrer Komplexität in einfachere Teilsysteme zerlegt werden müssen.⁸³ Das wäre z. B. bei einem Optimierungsmodell der Fall, das alle Planungsaufgaben der SCP-Matrix mit der notwendigen Detaillierung umfasst und daher nicht bzw. nicht in akzeptabler Zeit gelöst werden kann. So ein vollständiges Optimierungsmodell ist jedoch auch wegen der in Abschnitt 2.3.1 erwähnten unterschiedlichen Planungshorizonte, Aggregationsebenen und Verantwortlichkeiten ohnehin nicht erstrebenswert. Anstatt alle Planungsaufgaben in einem Optimierungsmodell abzubilden, werden daher nur jene, die mit dem gleichen Planungshorizont von einer gemeinsamen Planungsabteilung zum selben Zeitpunkt ausgeführt werden, in einem Optimierungsmodell zusammengefasst.

Daraus ergeben sich einzelne Planungsmodule, die nicht nur schneller zu lösen sind als das gesamte Planungsproblem, sondern auch unabhängig voneinander ausgeführt werden können. Das ermöglicht die Planung mit jeweils unterschiedlichen Aggregationsebenen, Planungshorizonten, Planungsfrequenzen und auch unterschiedlichen Szenarien. Allerdings muss dann auch dafür gesorgt werden, dass die einzelnen Planungsmodule die Zielfunktionen sowie Nebenbedingungen bzw. Restriktionen der anderen Planungsmodule in ausreichender Weise mit einbeziehen. Darüber hinaus müssen auch wirkungsvolle Rückmeldungsmechanismen eingeführt werden. Erst dann ergibt sich aus der HP ein wirklicher Unterschied zur sukzessiven Planung.

Die hierarchische Planung ist für Planungssysteme ein Kompromiss aus einem ganzheitlich simultanen Planungsansatz, der nicht durchführbar ist, und einem sukzessiven Ansatz, der zu keinem optimalen Ergebnis kommen kann. Die Planungsaufgaben werden zwar zum Teil getrennt voneinander behandelt, ihre Zusammenhänge allerdings so weit wie möglich und nötig beachtet.⁸⁴

2.4 Aufbau und Inhalt am Markt vorhandener Advanced Planning Systeme

Obwohl die am Markt vorhandenen APS unabhängig voneinander entwickelt wurden, sind sie sich in ihrer Struktur sehr ähnlich. Weder die Anzahl an Planungsmodulen noch der Umfang der Planungsaufgaben weichen stark voneinander ab. Meyr et al. haben daher eine herstellerunabhängige Benennung dieser Module eingeführt und

⁸³ Schneeweiss (1999), S. 9.

⁸⁴ Vgl. Fleischmann et al. (2015), S. 74.

sie in die SCP-Matrix eingeordnet, woraus sich die in Abbildung 12 gezeigte Grundstruktur vorhandener APS ergibt.⁸⁵

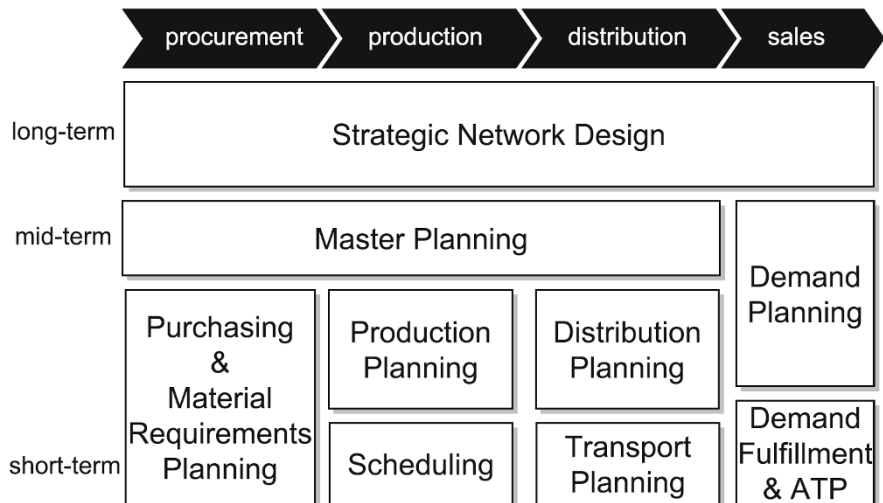


Abbildung 12 - Abdeckung der SCP-Matrix durch APS-Module

Meyr et al. (2015), S. 100.

Die Darstellung zeigt, dass in dieser Grundstruktur alle Felder der SCP-Matrix von einem Modul abgedeckt werden. Das bedeutet allerdings noch nicht, dass jedes APS all diese Module beinhaltet, und auch nicht, dass ein Modul eines APS wirklich alle Planungsaufgaben erfüllt, die es in der SCP-Matrix abdeckt.⁸⁶

Im Folgenden werden die einzelnen Planungsmodule und die jeweiligen Planungsaufgaben, die sie umfassen sollten, kurz vorgestellt:⁸⁷

- **Strategic Network Design** enthält alle langfristigen Planungsaufgaben der SCP-Matrix in einem Modul. Dazu gehören vor allem Standortentscheidungen und Entscheidungen darüber, welche Produkte langfristig an welchen Standorten produziert werden sollen. Damit hängen auch Entscheidungen über Lagerorte und -kapazitäten, Beschaffungswege sowie die Vertriebsstrategie (welches Produkt wird wo angeboten) zusammen. Das Ergebnis der Planung ist die Festlegung der SC-Struktur des Unternehmens. Das Modul wird dabei auch zur Simulation verschiedener Szenarien verwendet, wodurch es die quantitative Bewertung der Strategie unterstützt.

⁸⁵ Vgl. Meyr et al. (2015), S. 100.

⁸⁶ Vgl. Meyr et al. (2015), S. 99.

⁸⁷ Vgl. Meyr et al. (2015), S. 100 f.; Fleischmann und Meyr (2003), S. 481 f.

- **Demand Planning** dient zur Prognose der Nachfrage und auch zu deren Abstimmung mit den Kunden. Dafür stehen bekannte statistische Prognosemodelle zur Verfügung, die an die unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen angepasst werden können und alle Planungshorizonte abdecken. Dieses Modul umfasst häufig auch die Festlegung der Sicherheitsbestände.
- **Demand Fulfillment & ATP** („available-to-promise“) dienen vor allem der Verfügbarkeitsprüfung von Produkten und Produktionskapazitäten für neue Aufträge und der Auftragsbestätigung. Dabei sucht das Modul auch nach Alternativen, falls ein Kundenwunschtermin nicht erfüllt werden kann, und leitet Maßnahmen ein, falls Aufträge sonst vollständig abgelehnt werden müssten.
- **Master Planning** fasst die Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsplanung für den mittelfristigen Planungshorizont zusammen. D. h., es werden die gesamten Materialströme des Unternehmens in einem Optimierungsmodell geplant. Den Rahmen für die Optimierung geben dabei die Prognosen des „demand planning“ und die vorhandene Struktur der SC als Ergebnis des Strategic Network Design vor. Damit enthält das Modul auch die obersten Planungsebenen eines PPS-Systems mit der groben Kapazitätsplanung unter Einbeziehung der geplanten Nachfrage.
- **Production Planning** und **Scheduling** decken weitere Funktionen eines vollständigen PPS-Systems wie die Losgrößenbildung, die Zuweisung der Lose zu Maschinen und die Reihenfolgeplanung ab. Die Planung erfolgt innerhalb der vom „master planning“ vorgegebenen Mengen, bezieht sich im Gegensatz zu diesem allerdings nur auf ein einzelnes Werk. Die Trennung in zwei Planungsmodulen ergibt sich daraus, dass ein detailliertes Reihenfolgeplanungsproblem eines gesamten Werks oft nicht in vertretbarer Zeit gelöst werden kann, weshalb ein zweistufiger Planungsprozess gewählt wird: Zuerst eine grobe Losgrößenplanung („production planning“) für das gesamte Werk und im Anschluss eine detailliertere Reihenfolgeplanung („scheduling“) für kleinere Bereiche innerhalb des Werks. Die beiden Planungsschritte werden allerdings manchmal auch in einem Planungsmodul angeboten.

Die Optimierungsmodelle für diese Planungsmodulen sind besonders abhängig von der Organisation der Produktion im Unternehmen, weshalb oft branchenspezifische Lösungen für diese Module angeboten werden.

- **Distribution Planning** und **Transport Planning** befassen sich innerhalb der Vorgaben des „master planning“ mit einer detaillierteren Planung des Materialflusses außerhalb der Werke. Die Module sind in Abbildung 12 zwar nur für aus den Werken abfließende Warenströme eingezeichnet, ihre Modelle können jedoch auch eingangsseitig verwendet werden, sofern das Unternehmen auch diese Transporte koordiniert. Falls nicht schon auf einer höheren Ebene

festgelegt, können mittelfristig im „*distribution planning*“ z. B. zusätzlich die Lieferhäufigkeit, die Transportmodi (Straße, Wasser, Luft) und die Lieferkonzepte (direkt oder über Zwischenlager, Sammelpunkte, Distributionszentren, Drittanbieter) aggregiert optimiert werden.

Das „*transportation planning*“ überprüft innerhalb der vorgegebenen Möglichkeiten für die kurze Planungsfrist, welche Entscheidung für jedes einzelne Produkt einer jeden Bestellung in Bezug auf den Transport am besten ist. Dabei können auch zusätzliche Modelle für die Beladung von Containern und Lastwagen oder die Tourenplanung zum Einsatz kommen.

- **Purchasing & Material Requirements Planning** umfasst die kurz- bis mittelfristige Materialbeschaffung. Die wichtigsten Aufgaben sind die Stücklistenauflösung und die sich daraus ableitende Bestellung der benötigten Materialien. Diese Funktionen können auch von ERP-Systemen ausgeführt werden, weshalb einige APS diese Module nicht mit anbieten. ERP-Systeme bieten jedoch keine Möglichkeiten, die Bestellentscheidungen unter Berücksichtigung mehrerer Lieferanten mit unterschiedlichen Mindest- und Maximalmengen, Mengenrabatten und begrenzten Kapazitäten zu optimieren.

Neben den Planungsmodulen gibt es noch weitere Gemeinsamkeiten zwischen den vorhandenen APS wie die Verwendung vergleichbarer Optimierungsmethoden und zusätzlicher Software-Komponenten, die die Kommunikation zwischen dem APS und anderen Systemen bzw. die Kommunikation innerhalb des APS sicherstellen. Wichtige Beispiele sind die Schnittstellen zu den ERP-Systemen, Lösungen für den Datenaustausch übers Internet oder auch Supply Chain „*event management*“ Systeme,⁸⁸ welche die SC über auftretende Probleme verständigen.⁸⁹

Weitere Informationen über den Aufbau der APS verschiedener Anbieter finden sich bei Lebreton et al. oder Fleischmann und Meyr.⁹⁰

2.5 Nutzen von Planungssystemen für das Supply Chain Management

Schnetzer und Schönsleben haben eine Systematik entwickelt, mit der sich die positiven Auswirkungen des Einsatzes eines Planungssystems auf die Ziele des SCM und den Unternehmenserfolg darstellen lassen. Ein Teil dieser Systematik ist in Abbildung 13 zu sehen.

Das oberste Ziel ist die Maximierung des EVA,⁹¹ einer Messgröße für den Unternehmenserfolg. Von diesem Ziel ausgehend wird eine Zielehierarchie abgeleitet (grau

⁸⁸ Systeme zur Erfassung, Überwachung und Bewertung von Ereignissen (z. B. eine Lieferung verspätet sich) innerhalb oder auch zwischen Unternehmen. Vgl. Nissen (2002), S. 477.

⁸⁹ Vgl. Fleischmann und Meyr (2003), S. 482.

⁹⁰ Vgl. Lebreton et al. (2015) und Fleischmann und Meyr (2003), S. 510 ff.

⁹¹ EVA steht für „*economic value added*“ und ist eine Messgröße für den Unternehmenserfolg. Sie basiert auf dem Konzept des Residualgewinns und ergibt sich vereinfacht aus dem Nettogewinn abzüglich der Steuern, einiger Korrekturfaktoren und der Opportunitätskosten für Schulden und eingesetztes Kapital. Vgl. Machuga et al. (2002), S. 61.

hinterlegte Felder) und für jedes Ziel eine Aufgabe sowie mehrere Maßnahmen (gestrichelt umrandete Kästen) benannt, deren Umsetzung zur Zielerreichung beitragen können. Dabei haben sich die Autoren in ihrer Arbeit auf Maßnahmen aus dem Bereich des Informationsflusses begrenzt. Planungssysteme (in der Abbildung als SCM-Systeme bezeichnet) tragen in dieser Darstellung zur Erreichung fast aller Ziele bei.

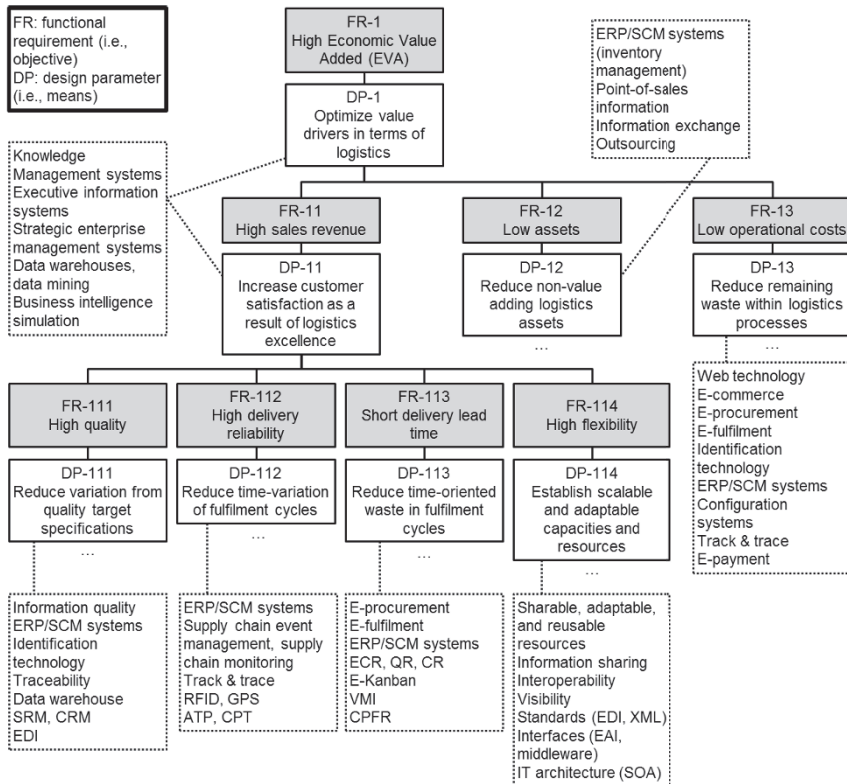


Abbildung 13 - Maßnahmen des SCM und deren Auswirkung auf den EVA

Gekürzt in Anlehnung an Schnetzer und Schönsleben (2007), S. 504.

Die im Abschnitt 2.1 als oberstes Ziel des SCM vorgestellte Wettbewerbsfähigkeit findet sich im Ziel FR-11 „high sales revenue“ wieder und der dafür benötigte Kundenservice in den darunter zugeordneten Zielen FR-111 bis FR-114. Im Folgenden werden noch einige konkretere Beispiele gegeben, wie Planungssysteme die Zielerreichung unterstützen.

FR-1 und FR-11: Planungssysteme unterstützen z. B. über das „*strategic network design*“ das Management dabei, die richtigen strategischen Entscheidungen bei der Festlegung der SC zu treffen und schaffen damit die Grundvoraussetzung für erfolgreiche Lieferbeziehungen und zufriedene Kunden.

FR-12: Bei der Senkung des Kapitaleinsatzes liegt im Rahmen des SCM ein starker Fokus auf der Reduktion der Bestände. Bereits die Forschung zum „*bullwhip*“ Effekt hat gezeigt, dass ein bedeutender Hebel dafür ein besserer Informationsfluss in der SC ist.⁹² Planungssysteme tragen zur Verbesserung des Informationsflusses bei, indem sie Unternehmen ermöglichen, bessere (Nachfrage-)Prognosen und damit auch bessere Pläne zu erstellen. Durch kürzere Planungszyklen werden Engpässe früher erkannt und bei unerwarteten Ereignissen Neuplanungen früher angestoßen, wodurch der Informationsfluss beschleunigt wird. Bessere Planungsergebnisse führen außerdem zu einer höheren Verlässlichkeit der Planung und zu geringeren Auswirkungen auf die SC bei Planänderungen.

Wenn durch einen besseren Informationsfluss die Häufigkeit von Fehlteilen reduziert wird, verringert sich auch der Bestand an unfertigen Erzeugnissen und der Materialfluss wird gleichmäßiger, was zu einer weiteren Reduktion des Umlaufbestands führen kann.

FR-13: Eine Möglichkeit, Betriebskosten niedrig zu halten, besteht darin, die Auslastung der Maschinen zu verbessern, was durch die Optimierung der Produktionsprozesse (Losgrößenbestimmung, Reihenfolgeplanung etc.) mit Hilfe von Planungssystemen möglich ist. Ebenso lassen sich die Auslastung von Standorten, Lagerhäusern bis hin zu den Transportmitteln verbessern. Mit einer besseren Auslastung geht eine Verkleinerung des benötigten Maschinenparks und damit eine Senkung des Kapitaleinsatzes einher. Die Übergabe der Planungsaufgaben an automatisierte Systeme kann im nächsten Schritt zu einer Reduzierung der Lohnkosten führen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Ergebnisse von Planungssystemen nicht einfach ungeprüft übernommen werden sollten. Es bedarf weiterhin einer Kontrolle durch einen Planer.

Mit den Zielen **FR-111 bis FR-114** wird die Ebene erreicht, bei der auch der Kunde den Nutzen direkt wahrnimmt. Planungssysteme bieten Möglichkeiten, bei der Auftragsbestätigung weltweit nach Beständen, geplanten Produktionsaufträgen oder freien Produktionskapazitäten zu suchen, für die noch neue Produktionsaufträge erzeugt werden können.⁹³ Durch die auf die aktuelle Planungssituation abgestimmte Terminbestätigung verbessern Planungssysteme die Prognosegenauigkeit der dem Kunden zugesagten Liefertermine gegenüber pauschalen Aussagen zur Lieferzeit. Planungssituationsabhängige Lieferzeiten können außerdem kürzer als die pauschal festgelegten ausfallen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit, dem Kunden eine Lieferung zum eigentlichen Wunschtermin zusagen zu können, erhöht. Besseres Be-

⁹² Lee et al. (1997), S. 553 ff.

⁹³ Vgl. Dickersbach (2006), S. 97 ff.

standsmanagement aufgrund verbesserter Prognosen und kürzere DLZ durch die Optimierung der Produktion sind weitere Hebel, um die Lieferfähigkeit⁹⁴ zu erhöhen.

Bartsch und Bickenbach fassen die Vorteile von Planungssystemen wie folgt zusammen:⁹⁵

- „Senkung der Logistik- und Vertriebskosten
- Verkürzung der Lieferzeiten
- Optimierung der Lagerbestände und Reduzierung des Lagervolumens
- Erhöhung der Liefertreue und Verbesserung des Servicelevels [...]
- Erhöhung der Reaktionsfähigkeit
- Erhöhung der Planungsgenauigkeit durch Berücksichtigung von Restriktionsvorgaben und Anwendung von Optimierungsalgorithmen“

Die Einführung eines Planungssystems lässt sich demzufolge sowohl mit Umsatzsteigerungen durch einen höheren Kundennutzen als auch mit Kosteneinsparungspotenzialen durch Prozessoptimierungen im Unternehmen begründen.

⁹⁴ Lieferfähigkeit bezeichnet in dieser Arbeit das Verhältnis von zum Kundenwunschtermin gelieferten Aufträgen zu allen eingegangenen Aufträgen, während die Liefertermintreue das Verhältnis von zum ersten bestätigten Termin gelieferten Aufträgen zu allen eingegangenen Aufträgen misst. Siehe Abschnitt 6.6.2.

⁹⁵ Bartsch und Bickenbach (2001), S. 30.

Ein Planungssystem für Zulieferer in der
Maschinenbaubranche

Entwicklung eines einheitlichen Branchen-Workflows
von ETO bis MTS

Justus, N.

2018, XX, 415 S. 96 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-20355-9