

2 Das Demand Fulfillment

2.1 Einordnung des Demand Fulfillment in die Supply Chain Planung

Eine Supply Chain ist ein Netzwerk von verschiedenen Akteuren, die an Prozessen zur Herstellung von Produkten und Dienstleistungen für Endkunden beteiligt sind. Diese Akteure sind sowohl durch Material- als auch durch Informationsflüsse miteinander verknüpft.⁴ Aufgaben der beteiligten Akteure sind neben der Herstellung der Produkte unter anderen auch deren Entwicklung, Distribution, das Marketing und die Betreuung der Kunden.⁵

Die Definitionen zu dem Begriff *Supply Chain* sind sehr vielfältig. Weitgehend einig ist man sich jedoch über Folgendes: das Ziel einer Supply Chain ist die Kundenbedürfnisse zu erfüllen und dabei für die Supply Chain Gewinn zu erzielen.⁶ Die vorliegende Arbeit betrachtet diesen Aspekt genauer.

Das *Supply Chain Management* befasst sich nun mit der Koordination der Materialflüsse, dem Austausch von Informationen und Geld zwischen den beteiligten Supply Chain Partnern sowie deren Integration, um die Ziele der Supply Chain möglichst gut zu erfüllen.⁷

Das Problem bei der Planung großer Supply Chains ist die Komplexität der Zusammenhänge der Planungsaufgaben sowie die große Anzahl zu treffender Entscheidungen. Eine Simultanplanung aller Aufgaben einer Supply Chain ist nicht durchführbar.⁸ Denkbar ist nun, die Planungsaufgaben nacheinander durchzuführen, wie es das aus dem MRP-Konzept⁹ entwickelte MRP II¹⁰ zeigt. Dabei werden jedoch die wechselseitigen Zusammenhänge zwischen Planungsaufgaben nicht adäquat abgebildet und berücksichtigt.

⁴Vgl. Christopher (2005) S.17.

⁵Vgl. Chopra und Meindl (2012) S. 13.

⁶Vgl. Chopra und Meindl (2012) S. 14.

⁷Vgl. Stadtler (2010b) S. 9.

⁸Vgl. Fleischmann et al. (2010) S.93.

⁹Vgl. Orlicky (1975).

¹⁰Vgl. Wight (1984) S. 51ff.

Das Konzept der hierarchischen Planung ist als funktionierendes Konzept zum Umgang mit dieser Problematik allgemein anerkannt.¹¹ Dabei handelt es sich um ein Planungskonzept, das die Gesamtaufgabe der Planung einer Supply Chain in Subprobleme aufteilt und Mechanismen zur Koordination dieser Subprobleme definiert. Ein wichtiger Aspekt ist die Zerlegung in hierarchische Planungsebenen, die sich hinsichtlich ihres Planungshorizontes und somit auch in ihrer Planungshäufigkeit¹², im Aggregationsgrad der notwendigen Daten und der Art der resultierenden Entscheidungen unterscheiden.¹³ Der Gedanke ist nun, dass die Planungsergebnisse übergeordneter Ebenen die Rahmenbedingungen für die untergeordneten Ebenen abstecken. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Planungsebenen ist der Aggregationsgrad der Daten und der Planungsergebnisse. Dadurch können die Unsicherheiten in den benötigten Daten reduziert sowie größere und komplexere Entscheidungsprobleme gelöst werden.¹⁴

Koordinationsmechanismen müssen dafür sorgen, dass entsprechende Vorgaben von höheren Entscheidungsebenen in untergeordneten Ebenen durch geeignete Ziele und Restriktionen erreicht werden können. Im Gegenzug müssen untergeordnete Planungsebenen durch Rückkopplungen Informationen an übergeordnete Planungsebenen weitergeben. Dadurch ist eine Anpassung der übergeordneten Planung möglich, wenn sich beispielsweise herausstellt, dass die Vorgaben übergeordneter Planungsebenen nicht erreichbar sind.¹⁵

Entscheidend für die Qualität der hierarchischen Planung ist die Zerlegung der Gesamtprobleme in geeignete Subprobleme. Nicht immer kann eine einwandfreie Dekomposition gefunden werden, sodass zwar eine optimale Lösung der Subprobleme existiert, diese aber nicht zwangsläufig dem Gesamtoptimum entspricht.¹⁶

Eine Darstellungsmöglichkeit für die hierarchische Planung einer Supply Chain ist die Supply Chain Planning Matrix in Abbildung 1. Diese gliedert die Planungsaufgaben innerhalb einer Supply Chain anhand des Planungshorizonts in die drei Planungsebenen: lang-, mittel- und kurzfristig. Zusätzlich werden die Planungsaufgaben anhand der Hauptprozesse einer Supply Chain strukturiert. Diese Hauptprozesse sind die Beschaffung, die Produktion, die Distribution hergestellter Produkte sowie der Absatz der

¹¹Vgl. Stadtler (2010b) S. 32.

¹²Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 475.

¹³Vgl. Hax und Candea (1984) S. 395.

¹⁴Vgl. Stadtler (2010b) S.34 oder Hax und Candea (1984) S. 399.

¹⁵Vgl. Stadtler (2010b) S.34.

¹⁶Vgl. Hax und Candea (1984) S. 413.

Produkte. Jede Kombination von Planungshorizont und Hauptprozess führt zu einem eigenständigen Subproblem. Sowohl horizontal als auch vertikal findet zwischen den Subproblemen ein Austausch von Informationen statt, durch den die Koordination innerhalb der Supply Chain gesteuert wird. Bei der Umsetzung in tatsächliche Planungssysteme werden die einzelnen Blöcke jedoch teilweise zu größeren Modulen zusammengefasst oder weiter aufgeteilt, um die Planungsergebnisse des Systems zu verbessern.¹⁷

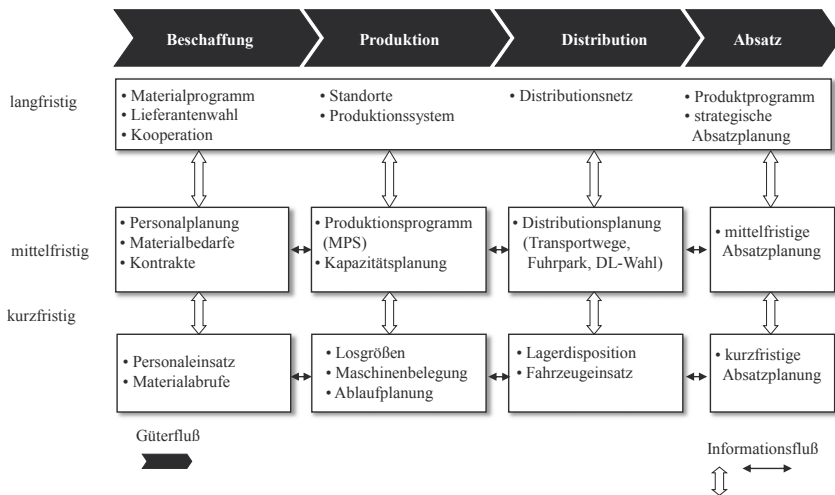


Abbildung 1: Die Supply Chain Planning Matrix¹⁸

Eine Umsetzung des hierarchischen Planungskonzepts sind Advanced Planning Systeme (APS). Zusätzlich zum Konzept der hierarchischen Planung beinhalten APS eine integrierte Planung der gesamten Supply Chain und die Optimierung der Planungsprobleme.¹⁹ Nicht immer ist eine Betrachtung der gesamten Supply Chain vom Schürfen der Rohstoffe bis zum tatsächlichen Endkunden möglich. Jedoch sollten zumindest die direkten Partner eines Unternehmens, dessen Lieferanten und direkte Kunden in der Planung berücksichtigt werden. Diese bilden schließlich die exogenen Rahmenbedingungen für das Unternehmen, wie die Verfügbarkeit von Produktionsmaterial und die Nachfrage nach den Endprodukten. Der Begriff der Optimie-

¹⁷Vgl. Fleischmann et al. (2010) S.97.

¹⁸Abbildung nach Fleischmann et al. (2010) S. 97

¹⁹Vgl. Fleischmann et al. (2010) S.93.

ung ist hier nicht zwangsläufig im streng mathematischen Sinn, als Erreichung eines globalen Minimums oder Maximums²⁰, zu verstehen. Vielmehr ist damit eine saubere Beschreibung eines Zielsystems, der zu treffenden Entscheidungen und der Restriktionen der Planung gemeint. Für das daraus entstehende Planungsproblem wird dann versucht eine möglichst hohe (wenn auch nicht immer optimale) Zielerreichung zu gewährleisten.²¹

Abbildung 2 zeigt am Aufbau der Supply Chain Planning Matrix typische Softwaremodule eines Advanced Planning Systems. Die Zusammenfassung der langfristigen Planungsaufgaben zu einem Modul spiegelt die besondere Bedeutung dieser strategischen Entscheidungen für den Erfolg einer Supply Chain wider. Hier ist es wichtig, alle Prozesse der Supply Chain integriert zu betrachten. Die strategische Planung ist häufig nicht direkt in Advanced Planning Systeme integriert.²² Gründe dafür sind unter anderem unternehmensspezifisch zu treffende Entscheidungen, die vor allem auch qualitative oder politische Aspekte berücksichtigen, deren Abbildung in Modellen nicht immer möglich ist sowie eine nicht ausreichende Integration notwendiger Daten. Entscheidungen werden aber durch zusätzliche Systeme zur Bewertung von Alternativen unterstützt.²³

Auf mittelfristiger Planungsebene ist das Demand Planning der wichtigste Lieferant von Daten für die operative Planung. Die Aufgabe dieses Moduls ist, die Planungsaufgaben, die nicht auf Basis konkreter Kundenaufträge durchgeführt werden, mit Informationen über voraussichtliche Kundenbedarfe zu versorgen.²⁴

Mit dieser noch recht aggregierten Datengrundlage koordiniert das Master Planning die Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsprozesse, um einen mittelfristigen Abgleich der vorhandenen Kapazitäten mit den aufgrund der prognostizierten Nachfrage erwarteten Kapazitätsbedarfen zu erreichen.²⁵

Das daraus resultierende Produktionsprogramm wird anschließend disaggregiert, um im Rahmen des Production Planning & Scheduling detailliert zu planen, welche Losgrößen eines Produkts in welcher Reihenfolge produziert werden. Ebenfalls muss kurzfristig eine Materialbedarfsrechnung durchgeführt werden und die benötigten Nettobedarfe müssen beschafft werden.²⁶

²⁰Vgl. Opitz und Klein (2011) S. 442.

²¹Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 93.

²²Vgl. Kilger und Wetterauer (2010) S. 359.

²³Vgl. auch Goetschalckx und Fleischmann (2010) S. 149.

²⁴Vgl. Kilger und Wagner (2010) S. 153.

²⁵Vgl. Meyr et al. (2010) S. 126.

²⁶Vgl. Meyr et al. (2010) S. 127.

Die kurzfristige Planung von Transporten beinhaltet die Planung und das Auslösen von konkreten Transportaufträgen, während die kurzfristige Distributionsplanung auch teilweise noch auf Basis von prognostizierten Bedarfen die Materialflüsse innerhalb der Supply Chain koordiniert.²⁷

Schließlich beinhalten APS meist ein Modul für das Demand Fulfillment, also zur Planung und Reaktion auf eintreffende Kundenaufträge. Die vorliegende Arbeit wird sich im Folgenden mit diesen Planungsaufgaben beschäftigen.

Jedoch ist hier hervorzuheben, dass die vielfältigen Aufgaben des Demand Fulfillment sowie deren Zusammenhänge mit anderen Planungsaufgaben durch die Darstellung der Supply Chain Planning Matrix nicht angemessen erfasst werden. Die Beschränkung des Demand Fulfillment auf den Bereich des Vertriebs täuscht eine von der Produktion und der Distribution abgrenzbare Planungsaufgabe vor, was aber in der Realität nicht zutreffend ist. In Kapitel 2.5 wird gezeigt, dass die Aufgaben des Demand Fulfillment weit über den Bereich des Vertriebs hinausgehen können. Dabei werden die Informationsflüsse zwischen dem Demand Fulfillment und anderen Planungsaufgaben innerhalb einer Supply Chain dargestellt. Auch wird in der Supply Chain Planning-Matrix die Bedeutung des Demand Fulfillment für die Planung des Unternehmens und dessen Erfolg nicht deutlich. Der Fokus der Überlegungen zu der Planungsmatrix liegt auf den Prozessen Produktion, Distribution sowie Beschaffung und dem Demand Planning, der Bereich des Demand Fulfillment wird vernachlässigt.

Die gerade erörterten Aufgaben, deren Umfang und demnach auch die Zusammenhänge zwischen den Modulen unterscheiden sich je nach betrachteter Branche.²⁹ Eine Hilfe zur Strukturierung von Supply Chain Typen bietet das Entkopplungspunkt-Konzept.

Konzept der Entkopplungspunkte

Das Entkopplungspunkt-Konzept ermöglicht eine Klassifizierung von Supply Chains anhand des Kundenauftragsbezugs. Da dieses Konzept für die Strukturierung des Demand Fulfillment eine wichtige Rolle spielt, wird hier bereits darauf eingegangen. Im Prozess der Erstellung eines Endprodukts liegt der Entkopplungspunkt direkt nach dem letzten Prozessschritt, der noch auf Basis von Prognosen durchgeführt wird. Alle darauf folgenden Prozessschritte werden erst durch das Eintreffen eines konkreten Kundenauftrags ausgelöst.³⁰ Die Idee der antizipativen und reaktiven Prozesse wird

²⁷Vgl. Meyr et al. (2010) S. 127.

²⁸Abbildung nach Rohde et al. (2000) S. 10 und Meyr et al. (2010) S. 126

²⁹Vgl. Meyr et al. (2010) S. 128.

³⁰Vgl. Meyr (2003) S. 942.

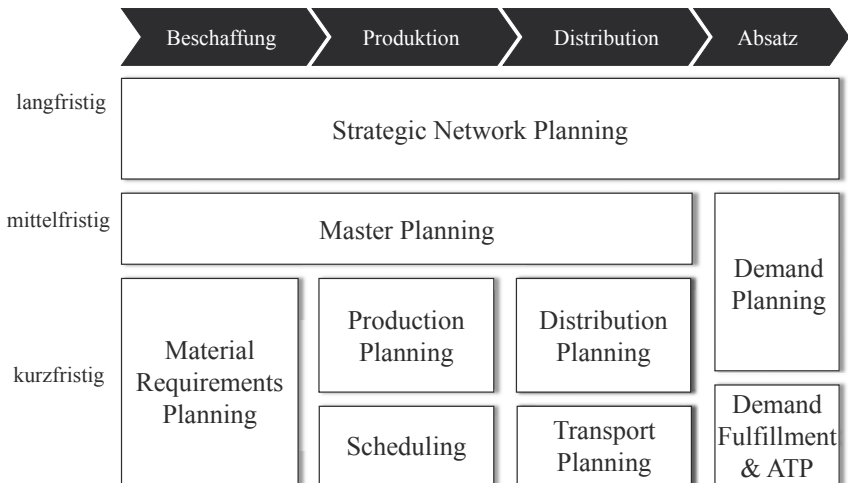


Abbildung 2: Die Supply Chain Planning Matrix in der Moduldarstellung²⁸

auch in einem anderen Namen für den Entkopplungspunkt deutlich, dem Push-Pull-Point.³¹

Obwohl in der Realität selten Entkopplungspunkte in ihrer idealtypischen Form auftreten³², werden im Folgenden drei prototypische Varianten vorgestellt. Bezogen auf den Materialfluss können dabei ein früher, ein später oder ein dazwischen liegender Entkopplungspunkt auftreten. Dieser Zusammenhang wird in der Abbildung 3 aufgezeigt.

In der Abbildung 3 wird deutlich, dass die Hauptprozesse je nach Entkopplungspunkt entweder prognose- oder auftragsbasiert durchgeführt werden. Im Einzelnen sind die Entkopplungspunkte MTS, ATO und MTO dargestellt. Dabei wird klar, dass die Entkopplungspunkte zu unterschiedlich langen Auftragsdurchlaufzeiten führen.

Im Rahmen eines MTO-Falles wird der Großteil der Wertschöpfung auftragsbezogen durchgeführt. Alle Prozesse der Fertigung und Distribution werden erst bei Vorliegen konkreter Kundenaufträge vollzogen, die Beschaffung von Rohmaterialien findet aber prognosebasiert statt.³⁴ Daraus re-

³¹Vgl. Silver et al. (1998) S. 541 und Chopra und Meindl (2012) S.22.

³²Vgl. Meyr (2003) S. 946.

³³Abbildung in Anlehnung an Fleischmann und Meyr (2004) S. 301

³⁴Vgl. Meyr (2003) S.945.

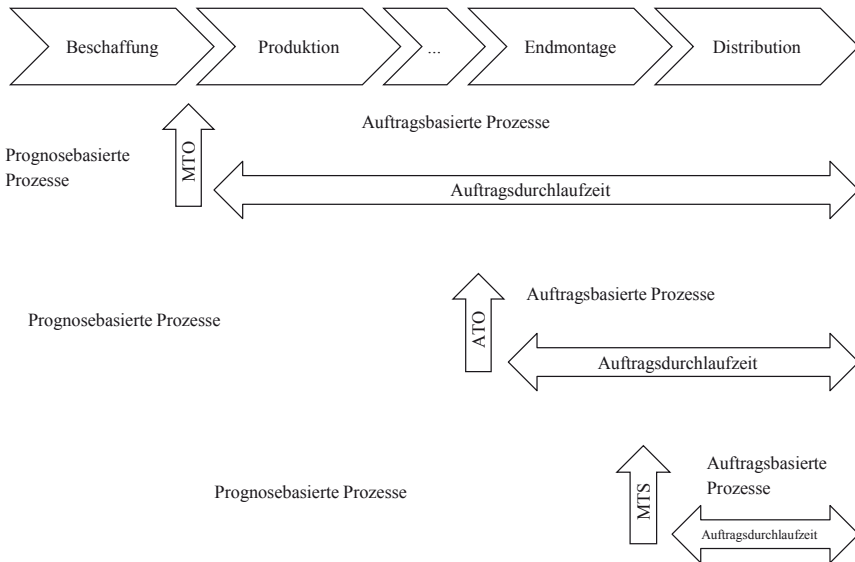


Abbildung 3: Positionierung der Entkopplungspunkte MTO, ATO und MTS³⁵

suliert eine relativ lange Auftragsdurchlaufzeit bei diesem Entkopplungspunkt. Einen noch früheren Entkopplungspunkt, bei dem neben der Beschaffung der Rohstoffe sogar die Konstruktion der Endprodukte auftragsbezogen durchgeführt wird, nennt man auch Engineering-to-order.³⁵ Typische Branchen, in denen Make-to-Order auftritt, sind die Fertigung sehr komplexer, sehr kundenindividueller Produkte, wie sie im Anlagen- oder Schiffsbau vorkommen.

Hingegen findet bei dem späten Entkopplungspunkt MTS die komplette Herstellung von Produkten ohne Kenntnis konkreter Kundenaufträge statt. Die antizipativ produzierten Produkte werden anschließend als Bestand vorgehalten, so dass die Auftragsdurchlaufzeit lediglich die Distribution der Endprodukte umfasst. Die Konsumgüterindustrie (Bsp. Lebensmittel, Standard-Elektronik) ist aufgrund einer sehr geringen Produktdifferenzierung zwischen den Herstellern und langer Produktlebenszyklen ein typi-

³⁵Vgl. zu diesem Entkopplungspunkt auch Hoekstra et al. (1992) S. 7 oder Meyr und Stadtler (2010) S. 76

scher Fall einer prognosebasierten Produktion.³⁶ Dabei wird im Extremfall sogar die Distribution in Regionalläger oder die komplette Distribution bis in Läger der Kunden ohne konkreten Auftragsbezug angestoßen. Diese Deliver-to-stock-Entkopplungspunkte werden im Folgenden nicht weiter betrachtet.³⁷

Zwischen den beiden vorgestellten Entkopplungspunkten liegt der ATO-Entkopplungspunkt. Dabei findet lediglich der letzte Montageschritt zu Endprodukten und die Distribution mit konkretem Auftragsbezug statt, die vorhergehende Beschaffung und Herstellung von Vorprodukten und Komponenten wird auf Basis von Prognosen durchgeführt. Dadurch kann eine deutliche Reduktion der Auftragsdurchlaufzeit erreicht werden, wobei eine weitgehende kundenauftragsspezifische Fertigung der Endprodukte möglich ist.³⁸ Eine derartige prognosebasierte Beschaffung von Komponenten und anschließende auftragsbasierte Endmontage findet unter anderem in der Computerindustrie statt.³⁹ Die Gründe dafür sind die relativ langen Wiederbeschaffungszeiten für benötigte Komponenten sowie die große Produktvielfalt, die sich in der hohen Anzahl möglicher Konfigurationen der Endprodukte zeigt.

Am Entkopplungspunkt werden immer Sicherheitsbestände gehalten, um Prognosefehler und Schwankungen der Wiederbeschaffungszeiten aufzufangen.⁴⁰ Die Sicherheitsbestandsplanung am Entkopplungspunkt sollte deshalb sorgfältig durchgeführt werden, da Fehlmengen am Entkopplungspunkt unmittelbare Auswirkungen auf die Lieferzeit der am Entkopplungspunkt in die Planung eingehenden Aufträge haben können. Zusätzlich dazu können andere Bestandsarten, wie Losgrößen- oder Saisonbestände, am Entkopplungspunkt gehalten werden.⁴¹ Die Ebene auf der Bestände gehalten werden, reicht von Rohmaterial bei MTS, über Zwischenprodukte oder Komponenten bei ATO zu Endprodukten bei MTS. Entsprechend unterscheiden sich diese hinsichtlich ihrer Lagerkosten.⁴²

Die Auswahl eines Entkopplungspunkts für ein Produkt hängt von den Marktanforderungen und den Rahmenbedingungen im Unternehmen ab. Zu den Marktanforderungen gehören Aspekte wie die von den Kunden akzeptierte Lieferzeit, aber auch die Frage, ob Standardprodukte oder kun-

³⁶Vgl. dazu Meyr und Stadtler (2010) S. 78

³⁷Vgl. dazu Meyr (2003) S. 945

³⁸Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 213.

³⁹Vgl. Meyr und Stadtler (2010) S. 83.

⁴⁰Vgl. Meyr (2003) S. 943.

⁴¹Vgl. zu Beständen am Entkopplungspunkt unter anderen Sürle und Wagner (2010) S. 61 ff und Hoekstra et al. (1992) S. 6

⁴²Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 212ff.

denspezifische Produkte angeboten werden. Der Wunsch der Kunden nach kurzen Lieferzeiten steht in einem Konflikt mit den notwendigen Durchlaufzeiten für Fertigung und Distribution. Die Entscheidung für einen Entkopplungspunkt stellt einen Kompromiss zwischen diesen Vorgaben dar. Weil für gleiche Endprodukte in unterschiedlichen Märkten andere Rahmenbedingungen bestehen, können auch unterschiedliche Entkopplungspunkte für ein Endprodukt auftreten. Entkopplungspunkte beziehen sich deswegen oft auf eine spezifische Kombination aus Produkt und Markt.⁴³

Das Eingehen der Aufträge in die Systeme der Supply Chain am Entkopplungspunkt erfordert Prozesse für die Bearbeitung derselben. Aus diesem Grund wird im folgenden Abschnitt das Demand Fulfillment eingeführt und erläutert.

2.2 Elemente des Demand Fulfillment

Im Folgenden werden wichtige Begriffe für das Demand Fulfillment und dessen Aufgabenbereiche definiert. Hierfür werden zunächst das Demand Fulfillment sowie die Available-to-Promise-Menge und daran anschließend die Planungsaufgaben des Demand Fulfillment allgemein definiert.

2.2.1 Begriff des Demand Fulfillment

Zahlreiche Definitionen behandeln den Begriff Demand Fulfillment und damit verwandte Begriffe. Nach Fleischmann und Meyr (2004) umfasst das Demand Fulfillment die Bearbeitung von Kundenaufträgen nach dem Eingang in das Planungssystem eines Unternehmens.⁴⁴ Kilger und Meyr (2010) definieren das Demand Fulfillment als den Planungsprozess zur Festlegung, „wie eingehende Kundenaufträge bedient werden sollen“⁴⁵. Diese Aufgaben werden bei Fleischmann et al. (2010) auch mit dem Begriff der kurzfristigen Absatzplanung benannt, wobei dort nur die Aufgaben für den Umgang mit neu eintreffenden Kundenaufträgen bei MTS betrachtet werden.⁴⁶ Ein weiterer Begriff für dieselben Planungsaufgaben ist das Order Fulfillment. Framinan und Leisten (2010) erläutern, dass das Order Fulfillment die Aufgaben eines Order Promising und einer Auftragsüberwachung umfasst.⁴⁷

⁴³Vgl. Hoekstra et al. (1992) S. 6ff.

⁴⁴Fleischmann und Meyr (2004) S. 298

⁴⁵Kilger und Meyr (2010) S.207

⁴⁶Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 102.

⁴⁷Vgl. Framinan und Leisten (2010) S. 3082.

Noch allgemeiner definieren Lin und Shaw (1998) den Order Fulfillment Prozess. Dort startet der Prozess mit dem Eintreffen der Kundenaufträge und endet mit der Lieferung der Endprodukte an den Kunden.⁴⁸

Das Demand Fulfillment bildet also die Schnittstelle eines Unternehmens mit seinen Kunden. Prozesse des Demand Fulfillment berücksichtigen neu eingehende aber auch bereits eingegangene Kundenaufträge.⁴⁹ Die Aufgabe dieser Prozesse ist die Reaktion auf Kundenanfragen und Kundenaufträge und das Planen von Maßnahmen zu deren Erfüllung. Der Aufgabenbereich des Demand Fulfillment umfasst also den Zeitraum zwischen Eintreffen eines Kundenauftrags bis zu dessen vollständiger Erfüllung.⁵⁰ Dieser Zeitraum wird Auftragsdurchlaufzeit genannt.⁵¹

Eine der wichtigsten Informationsquellen im Demand Fulfillment sind die Kundenaufträge. Kundenaufträge gehen am Entkopplungspunkt in die Planung der Unternehmensprozesse ein und enthalten neben Kundeninformationen die relevanten Informationen des Kundenwunsches für das Unternehmen. Ein Kundenauftrag besteht aus einer Aufstellung der gewünschten Produkte mit den gewünschten Mengen und häufig einem Wunschtermin für die Erfüllung der Aufträge.⁵² In der späteren Betrachtung einer realen Fallstudie in Kapitel 5 besteht ein Auftrag aus jeweils genau einer Auftragsposition. Der Wunschtermin entspricht dem Tag, an dem der Kunde die Lieferung des Auftrags wünscht.

2.2.2 Available-to-Promise

Das Vorhandensein und die Verfügbarkeit von Ressourcen (Produkte, Material oder Kapazitäten) eines Unternehmens entscheiden maßgeblich über die Ergebnisse und Qualität des Demand Fulfillment. Deswegen sollten die Entscheidungen des Demand Fulfillment bereits auf Basis der Verfügbarkeit dieser knappen Ressourcen des Unternehmens getroffen werden. Zur Bezeichnung der verfügbaren Mengen an Ressourcen für neue Aufträge hat sich der Begriff *Available-to-promise* (kurz: *ATP*) etabliert. Jedoch finden sich gerade für diesen Begriff teilweise sehr unterschiedliche Deutungen und Ausprägungen. Auf unterschiedliche Begrifflichkeiten im Kontext von ATP wird in Kapitel 3 detailliert eingegangen.

⁴⁸Lin und Shaw (1998) S. 197

⁴⁹Vgl. Kilger und Meyr (2010) S.207 und Fleischmann und Meyr (2004) S.298.

⁵⁰Lin und Shaw (1998) S. 199

⁵¹Vgl hierzu Sürle und Wagner (2010) S. 58, Fleischmann und Meyr (2004) S. 301 oder für order fulfillment cycle time vgl. auch Lin und Shaw (1998) S. 199

⁵²Vgl. Framinan und Leisten (2010) S. 3080.

ATP-Mengen sind periodenbezogene Informationen darüber, welche Mengen einer Ressource noch für neu eintreffende Aufträge verfügbar sind.⁵³ ATP-Mengen sind letztlich eine Art disponibler Bestände⁵⁴, deren Zusammensetzung jedoch stark von der jeweiligen Supply-Chain und der Positionierung des Entkopplungspunkts abhängt. Die Berechnungsgrundlage für ATP-Mengen sind Materialbestände, Zwischenproduktbestände oder Endproduktbestände. Eine detaillierte Diskussion des Einflusses des Entkopplungspunktes auf das Demand Fulfillment und die ATP-Mengen findet später in Abschnitt 2.3 statt. Der Begriff ATP wird schon lange in dieser Bedeutung der disponiblen Bestände von Ressourcen genutzt.⁵⁵ In den ATP-Mengen sind aber nicht nur die aktuell verfügbaren Bestände enthalten, sondern auch bereits geplante zukünftige Zugänge der Ressourcen.⁵⁶

Hier kann schon darauf hingewiesen werden, dass die ATP-Mengen im kurzfristigen Horizont fixiert sind, aber in einem mittelfristigen Horizont noch beeinflusst werden können. Für ATP-Mengen in Perioden nach der Wiederbeschaffungszeit können zusätzlich zu bereits geplanten Zugängen weitere Zugänge angestoßen werden. Die Möglichkeit zur Generierung von Zugängen im Rahmen der Engpassplanung wird in den Kapiteln 2.4.1 und 4.2.5 noch weiter analysiert. Die Menge Capable-to-promise (CTP) entspricht dieser Möglichkeit zusätzliche Zugänge durch Produktion zu erhalten. Die CTP-Menge bezeichnet eine Menge an Produkten, die aufgrund noch nicht verplanter Produktionskapazität zusätzlich produziert werden kann, indem bereits bestehende Produktionsaufträge in der Höhe geändert oder neue Produktionsaufträge generiert werden.⁵⁷

Viele Veröffentlichungen benutzen die Begriffe ATP und ATP-Menge, vernachlässigen aber die Bestimmung der ATP-Mengen.⁵⁸ Die Arbeiten, die eine Berechnung vorschlagen sind teilweise widersprüchlich.⁵⁹ Bei der Berechnung der ATP-Mengen kann zwischen kumulierten ATP-Mengen und nicht-kumulierten ATP-Mengen unterschieden werden. Kumuliertes ATP bezeichnet die gesamte Menge eines Produkts, die in einer bestimmten Periode für neue Aufträge verfügbar ist. Die Zeit zwischen Zugang dieser Menge und dem Verbrauch derselben, also die Lagerdauer, kann hier jedoch nicht bestimmt werden.⁶⁰ Nicht kumulierte ATP-Mengen entsprechen der freien

⁵³Pibernik (2005) S. 240

⁵⁴Fleischmann und Meyr (2001) S.26

⁵⁵Bereits Schwendinger (1979) S. 324 erläutert ATP auf diese Art.

⁵⁶Vgl. dazu bereits Fogarty und Barringer (1984) S.153.

⁵⁷Vgl. dazu auch Stadler (2005) S. 581 oder Günther und Tempelmeier (2007) S.343.

⁵⁸Vgl. dazu auch Fleischmann und Meyr (2003) S. 508

⁵⁹Berechnungsbeispiele finden sich bei Günther und Tempelmeier (2007) S. 344, Berry et al. (2005) S. 177 oder Fleischmann und Geier (2011) S. 197.

⁶⁰Fleischmann und Meyr (2003) S. 508

Menge eines Zugangs oder Bestands, der in einer Periode eintrifft. Diese nicht kumulierte ATP-Menge ist also die freie Menge, die in einer Periode zusätzlich verfügbar wird.⁶¹

Um eine einheitliche Nutzung des Begriffs ATP in dieser Arbeit zu ermöglichen, wird nun ein Berechnungsschema für ATP-Mengen vorgestellt. Die Berechnung der ATP-Menge eines Endprodukts oder Materials, für einen Planungshorizont von $t = 0, \dots, T$ Tagen, ist möglich mit den Daten:⁶²

I_0	Anfangsbestand
S_t	Geplanter Zugang an Tag t , wobei $t = 0, \dots, T$
B_t	Bereits bestätigte Mengen für Tag t , wobei $t = 0, \dots, T$

Damit ist die Bestimmung des geplanten, zukünftigen Bestands I_t am Ende von Tag $t \geq 0$ möglich über die Gleichung:

$$I_t = I_0 + \sum_{s=0}^t (S_s - B_s)$$

und die kumulierte ATP-Menge lässt sich bestimmen mit:

$$cATP_t = \min \{ I_s : t \leq s \leq T \} \quad t = 0, \dots, T$$

Die kumulierte ATP-Menge $cATP_t$ eines Tages t ist demnach die komplette Menge, die an diesem Tag insgesamt für die Bestätigung neuer Aufträge zur Verfügung steht.

Bei einem Verbrauch der kumulierten ATP-Menge $cATP_t$ durch neue Aufträge kann die zeitliche Differenz zwischen Zugang und Verbrauch nicht bestimmt werden, während dies bei der Benutzung der ATP-Mengen ATP_t möglich ist. Dazu betrachtet man nur die noch verfügbare, neu hinzugekommene Menge einer Ressource an einem Tag t und erhält die ATP-Menge ATP_t :

$$ATP_t = cATP_t - cATP_{t-1} \quad t = 1, \dots, T$$

⁶¹Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 306.

⁶²Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an Fleischmann und Geier (2011) S. 197, Fleischmann und Meyr (2003) S. 507 f und Fleischmann und Meyr (2004) S. 305 f

Die Vergabe eines Termins t für einen neuen Auftrag mit der Menge q ist dann möglich, wenn die Bedingung $cATP_d \geq q$ oder äquivalent dazu $\sum_{s=0}^t ATP_s \geq q$ erfüllt ist.

Die Tabelle 1 verdeutlicht die Berechnung der ATP-Mengen anhand eines Zahlenbeispiels für einen Planungshorizont von 6 Tagen mit 4 bestätigten Aufträgen zum Planungszeitpunkt in $t = 1$. Der Vergleich der Werte $cATP_t$ mit den Werten ATP_t zeigt die Summierung der ATP-Mengen, so dass $cATP_t = \sum_{s=1}^t ATP_t$.

t	0	1	2	3	4	5	6
I_0	10						
S_t		5	1	4	5		7
B_t			5	1		3	5
$\sum_{s=0}^t S_s$	10	15	16	20	25	25	32
$\sum_{s=0}^t B_s$	0	0	5	6	6	9	14
I_t		15	11	14	19	16	18
$cATP_t$		11	11	14	16	16	18
ATP_t		11	0	3	2	0	2

Tabelle 1: Beispiel zur Ermittlung der ATP-Mengen

Für die Kurzfristigkeit der Entscheidungen im Demand Fulfillment muss die Granularität der Perioden bei der ATP-Berechnung sehr fein sein. Typischerweise sind die ATP-Mengen auf Tagesbasis⁶³ oder sogar noch detaillierter auf 12 Stunden-Basis⁶⁴ angegeben. Dadurch sind sehr präzise Lieferterminzusagen möglich, jedoch müssen die Datengenauigkeit und die Realisierung von geplanten Zugängen dann ebenfalls sehr zuverlässig sein. Liegen Daten nicht auf dieser detaillierten Ebene vor, muss eine Disaggregation von Informationen über Zugänge auf der Ebene von Produkten oder Material aus dem Master Planning vorgenommen werden, um die genaueren Informationen für die ATP-Berechnung bereitzustellen.⁶⁵ Die ATP-Mengen sowie die kumulierten ATP-Mengen sind dynamische Größen. Deswegen ist es notwendig, die Mengen bei jeder Änderung in den Zugängen oder bei der Annahme eines Auftrags zu aktualisieren. Zusätzlich ist eine regelmäßige Neuberechnung der ATP-Mengen sinnvoll, um die aktualisierten Planungsinformationen in der Datenbasis der ATP-Mengen zu berücksichtigen.

⁶³Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S. 201 und Sürie (2011) S. 53

⁶⁴Vgl. Dickersbach (2006) S.105.

⁶⁵Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 211.

Bei der Annahme eines Auftrags mit der Wunschmenge q zum Termin t werden die kumulierten ATP-Mengen $cATP_t$ für den gesamten Planungshorizont aktualisiert. Die Aktualisierung der ATP-Mengen ATP_t betrifft dagegen nicht alle Perioden im Planungshorizont. Zeitlich vor dem Termin t gelegene ATP-Mengen müssen insgesamt um die Menge q reduziert werden. Diese Berechnung ist im Algorithmus 1 dargestellt.

```

 $s = t; rest = q$ 
for  $l = d, \dots, T$  do
  |  $cATP_l^{neu} = cATP_l^{alt} - q$ 
end
while  $rest > 0$  do
  | if  $ATP_s^{alt} \geq rest$  then
    |  $ATP_s^{neu} = ATP_s^{alt} - rest$ 
    |  $rest = 0$ 
  | end
  | else
    |  $rest = rest - ATP_s^{alt}$ 
    |  $ATP_s^{neu} = 0$ 
  | end
  |  $s = s - 1$ 
  |  $cATP_s^{neu} = cATP_{s+1}^{neu} - ATP_{s+1}^{neu}$ 
end

```

Algorithmus 1: ATP-Aktualisierung bei Annahme eines Auftrags der Menge q zum Termin t mit $cATP_t \geq q$

Dieses Vorgehen unterstellt eine zeitnahe Zuteilung von ATP-Mengen zu Aufträgen, sodass ein Auftrag immer die nächsten, zeitlich vorher gelegenen ATP-Mengen reduziert, bis die benötigte Menge entsprechend reduziert wurde.

Alternativ zu der eben gezeigten Vorgehensweise der ATP-Bestimmung auf Basis der geplanten Bestände und bestätigten Auftragsmengen ist es möglich, für die Aufträge auftragsspezifische Reservierungen vorzunehmen. Die Reservierungen entsprechen dabei dem periodenbezogenen Verbrauch von ATP-Mengen in Höhe von R_{it} an Tag t für die Aufträge i . In Tabelle 2 wird für das Beispiel aus Tabelle 1 gezeigt, wie die Reservierungen von Zugängen für die 4 Aufträge aussehen können. Dabei muss stets $\sum_i R_{it} \leq ATP_t$ für alle t gelten.

t	0	1	2	3	4	5	6
I_0	10						
S_t		5	1	4	5		7
R_{1t}		4	1				
R_{2t}				1			
R_{3t}					3		
R_{4t}							5
ATP_t		11	0	3	2	0	2
$cATP_t$		11	11	14	16	16	18

Tabelle 2: Beispiel zur Ermittlung der ATP-Mengen über auftragsbezogene Reservierungen

Wird für einen Auftrag i die Lieferung zum Termin t mit den entsprechenden Reservierungen bestätigt, erfolgt die Aktualisierung der ATP-Mengen mit dem Algorithmus 2. Die Bedingung für die Zulässigkeit des vergebenen Termins t für Auftrag i ist in diesem Fall $cATP_t \geq \sum_{s=0}^t R_{is} = q$.

```

 $s = t; \text{rest} = q$ 
for  $l = d, \dots, T$  do
  |  $cATP_l^{neu} = cATP_l^{alt} - q$ 
end
while  $\text{rest} > 0$  do
  |  $ATP_s^{neu} = ATP_s^{alt} - R_{is}$ 
  |  $\text{rest} = \text{rest} - R_{is}$ 
  |  $s = s - 1$ 
  |  $cATP_s^{neu} = cATP_{s+1}^{neu} - ATP_{s+1}^{neu}$ 
end

```

Algorithmus 2: ATP-Aktualisierung bei auftragsspezifischer Reservierung für einen Auftrag i zum Termin t mit Menge $q = \sum_{s=0}^t R_{is}$

Ändern sich die geplanten Zugänge, müssen die ATP-Mengen mithilfe der vorgestellten Berechnungsvorschrift neu bestimmt werden. Tritt der Fall auf, dass geplante Zugänge niedriger ausfallen als geplant, muss bei der Neubestimmung der ATP-Mengen auf die Einhaltung der Bedingung $I_t \geq 0 \forall t$ geachtet werden. Anderenfalls können angenommene Aufträge nicht wie geplant erfüllt werden, sondern es muss eine Neuverteilung von Beständen und künftigen Zugängen zu Aufträgen vorgenommen werden. Auf dieses Demand Supply Matching wird später noch detailliert eingegangen.

2.2.3 Aufgaben des Demand Fulfillment

Mit Hilfe der ATP-Mengen, welche die Verfügbarkeitssituation eines Unternehmens darstellen, können nun die Aufgaben des Demand Fulfillment dargestellt werden. Zusammengefasst behandelt das Demand Fulfillment die zwei Fragestellungen:

- Wie reagiert man auf neu eintreffende Kundenaufträge?
- Was passiert mit bereits eingetroffenen Kundenaufträgen bis zu deren vollständiger Erfüllung?

Diese Fragen führen zu einer Vielzahl von Aufgaben im Rahmen der operativen Durchführung des Demand Fulfillment. Der operative Ablauf des Demand Fulfillment setzt sich prinzipiell aus folgenden Bestandteilen zusammen:⁶⁶

- Auftragseingänge in das Unternehmen
- Reaktion auf Auftragseingänge
- Bearbeitung und Kontrolle von Aufträgen bis zu deren Erfüllung
- Lieferung von Aufträgen

Zusätzlich zu diesen Prozessen werden häufig noch weitere Schritte dem Demand Fulfillment zugeordnet. Die Unterscheidung von Unternehmenssystemen in Planungs- und Ausführungssysteme ist im Rahmen des Demand Fulfillment von besonderer Wichtigkeit. Aufgrund der Kurzfristigkeit der Entscheidungen muss im Demand Fulfillment unterschieden werden, welche Entscheidungen noch Planung oder bereits Ausführung sind. Die Ausführung betrifft im Demand Fulfillment die Produktionsdurchführung und –Steuerung, die Durchführung der Transporte oder Prozesse wie die Erstellung von Lieferpapieren. Diese werden jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet. Der Fokus liegt hier auf Methoden für die Planungsaufgaben des Demand Fulfillment und nicht auf den Auswirkungen auf die Ausführungssysteme.

Jedoch sind Schwierigkeiten und Störungen in der Ausführung, beispielsweise Maschinenausfälle oder ausbleibende Lieferungen, ein wichtiger Anlass für eine ereignisbasierte außerordentliche Neuplanung durch das Planungssystem.⁶⁷ Die Auswirkungen dieser Ereignisse müssen im Demand Fulfillment berücksichtigt und behoben werden.

⁶⁶Vgl. Croxton (2003) S.27ff.

⁶⁷Vgl. dazu Fleischmann et al. (2010) S. 95

Das Demand Fulfillment umfasst also Planungsprozesse am und nach dem Entkopplungspunkt. Man kann aber auch noch einige Aufgaben, die vor Eintreffen der Kundenaufträge erfolgen müssen, in den Aufgabenbereich des Demand Fulfillment einordnen. Diese bereiten die notwendigen Informationen für die Durchführung des Demand Fulfillment vor.⁶⁸ Es müssen beispielsweise Entscheidungen getroffen werden, ob eine Differenzierung zwischen Kunden vorgenommen werden soll oder ob alle Kunden gleichbehandelt werden.

Aber auch für die Prozesse nach dem Entkopplungspunkt wird der Aufgabenbereich des Demand Fulfillment sehr unterschiedlich aufgefasst. Ein Grund dafür kann der Einfluss des Entkopplungspunktes sein, der in Kapitel 2.3 genauer erläutert wird. Während teilweise nur der Umgang mit neu eintreffenden Kundenaufträgen dem Bereich des Demand Fulfillment zugeordnet wird⁶⁹, wird in dieser Arbeit der Aufgabenbereich weiter gefasst.

Die folgenden Aufgaben werden für diese Arbeit unter dem Demand Fulfillment zusammengefasst und nun genauer erläutert:⁷⁰

- Festlegung eines (ersten) Liefertermins für neu eintreffende Kundenaufträge (Order Promising),
- Überwachung der festgelegten Liefertermine (Demand Supply Matching) und
- Maßnahmen im Fall von Engpässen (Engpassplanung).

Order Promising

Die Festlegung erster Liefertermine für neue Aufträge wird im Rahmen des sogenannten *Order Promising* durchgeführt, wobei für neu eintreffende Aufträge eine *Auftragsbestätigung* erstellt wird. Diese Auftragsbestätigung kann Informationen über einen voraussichtlichen Liefertermin, ein sogenanntes „First Promised Date“⁷¹, und eine geplante Liefermenge enthalten. Dazu ist eine Bestimmung des Liefertermins nötig.

Verbunden mit der Bestimmung eines ersten Liefertermins ist die Entscheidung, ob ein Auftrag überhaupt durch das Unternehmen angenommen, also erfüllt werden soll. Jedoch werden Unternehmen nur sehr selten Aufträge

⁶⁸Diese Aufgaben werden in Kapitel 2.4.1 beschrieben.

⁶⁹Vgl. hier als Beispiel Kilger und Meyr (2010), wobei hier der zugrunde liegende Entkopplungspunkt beachtet werden muss.

⁷⁰Vgl. dazu auch Fleischmann und Meyr (2004) oder Klein (2009) S.51.

⁷¹Vgl. Fleischmann et al. (2010) S.116.

explizit ablehnen, wenn beispielsweise die Durchführung eines Auftrags nicht profitabel erfolgen kann.⁷² Ist aufgrund der Verfügbarkeitssituation zum Zeitpunkt des Order Promising die Erfüllung eines Kundenauftrags nicht sinnvoll oder möglich, wird meist einfach ein sehr später Liefertermin festgelegt und dem Kunden mitgeteilt. Ein später Liefertermin drückt dann aus, dass ein Unternehmen zum derzeitigen Zeitpunkt nicht in der Lage oder nicht gewillt ist, diesen Auftrag zu erfüllen. Anstatt der Ablehnung durch das Unternehmen wird eine eventuelle Stornierung des Auftrags durch den Kunden dann dazu führen, dass der Auftrag nicht erfüllt wird.

Ein neu eintreffender Auftrag mit der Wunschmenge q und dem Wunschliefertermin d kann dann zu seinem Wunschtermin angenommen werden, wenn die Bedingung:

$$cATP_d \geq q, \text{ oder äquivalent dazu}$$

$$\sum_{t=0}^d ATP_t \geq q$$

erfüllt ist.

Mit der Durchführung des Order Promising sind zahlreiche Ziele verbunden:

- Erreichen eines hohen Lieferservice, durch zuverlässige Lieferterminbestimmung⁷³ und schnelle Erfüllung von Aufträgen⁷⁴,
- Erhöhung des Umsatzes⁷⁵ und Reduzierung der entgangenen Geschäftsgelegenheiten⁷⁶ durch realistische Bestimmung von Lieferterminen und Möglichkeiten auch Engpässe in der Verfügbarkeit zu umgehen⁷⁷,
- Kurze Auftragsantwortzeiten⁷⁸ des Order Promising-Prozesses .

Die beiden Aspekte der schnellen Erfüllung von Aufträgen und der Zuverlässigkeit des Prozesses stehen dabei jedoch mitunter in einem Zielkonflikt.⁷⁹ Sehr spät gesetzte Liefertermine eröffnen dem Unternehmen einen größeren Spielraum für die Planung der Auftragserfüllung, führen jedoch zu langen Auftragsdurchlaufzeiten. Unrealistisch frühe Liefertermine führen

⁷²Vgl. Veeramani und Joshi (1997) S. 826 f.

⁷³Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 208 f.

⁷⁴Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 307.

⁷⁵Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 307.

⁷⁶Vgl. Pibernik (2005) S. 239.

⁷⁷Vgl. Kilger und Meyr (2010) S.207 f.

⁷⁸Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 225.

⁷⁹Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 505.

zwar zu kurzen Auftragsdurchlaufzeiten innerhalb der Planung, aber die Verlässlichkeit der Lieferterminezusagen sinkt sehr stark, da eine Einhaltung dieser Liefertermine unwahrscheinlich wird. Bei einer zuverlässigen Lieferterminbestätigung stimmen festgelegte Liefertermine und Liefermengen und die tatsächliche Erfüllung des Auftrags überein. Die nachträgliche Korrektur von Lieferterminen oder Liefermengen heißt letztendlich, dass die Lieferterminbestimmung im Order Promising sich als nicht zuverlässig erweist.

Ein weiterer Aspekt bei der Lieferterminbestimmung ist die Einhaltung des Wunschtermins entsprechend dem Ziel einer hohen Lieferfähigkeit. Im Rahmen des Order Promising wird versucht, diesen Wunschterminen nahe zu kommen oder sie wenn möglich einzuhalten.⁸⁰ Zur Operationalisierbarkeit dieser Ziele ist eine weitere nötige Überlegung die Bestimmung von Kennzahlensystemen für die Qualitätsmessung des Demand Fulfillment.⁸¹ Neben der reinen Festlegung von Kennzahlensystemen sollten für die Kennzahlen grobe Zielvorgaben festgelegt werden.⁸² Kennzahlen für das Demand Fulfillment werden in Kapitel 2.6 vorgestellt.

Als weiteres Ziel des Order Promising wurde die Steigerung der Umsätze und der Gewinne genannt. Besonders im Fall von Engpässen sollten die knappen ATP-Mengen so den Aufträgen zugeteilt werden, dass unprofitable Aufträge zugunsten profitabler Aufträge ausgelassen werden. Dazu werden in Kapitel 2.4.1 Konzepte für die Engpassplanung vorgestellt.

Die Antwortzeit ist die Zeit zwischen dem Eingang eines Auftrags und der Erstellung der entsprechenden Bestätigung.⁸³ Das dritte Ziel des Order Promising, eine kurze Antwortzeit für neu eintreffende Kundenaufträge, hängt maßgeblich von dem Modus der Durchführung des Order Promising ab. Denkbar ist, ein Order Promising für einzelne Aufträge oder für mehrere Aufträge durchzuführen. Ein Online Order Promising wird für jeden Auftrag einzeln zum Zeitpunkt des Eingangs durchgeführt und ermöglicht eine sehr kurze Antwortzeit. Beim Batch Order Promising werden innerhalb definierter Zeitintervalle neue Aufträge gesammelt und das Order Promising für diese Menge an Aufträgen durchgeführt, was die Antwortzeit in Abhängigkeit von der Länge des Batching-Intervalls verlängert. Diese Konzepte für das Order Promising werden in Abschnitt 2.4.2 genauer besprochen.

⁸⁰Vgl. Kingsman et al. (1996) S. 221.

⁸¹Vgl. Croxton (2003) S.24.

⁸²Wie in den späteren Ausführungen zum Order Promising ersichtlich wird, hat beispielsweise die Kennzahl Auftragsantwortzeit maßgeblich Einfluss auf die Wahl der genutzten Methoden.

⁸³Vgl. Ball et al. (2004) S. 457.

Demand Supply Matching

Immer dann, wenn das Order Promising nicht unmittelbar zu einer vollständigen Ausführung des Kundenauftrags führt, muss ein Zeitraum zwischen dem Order Promising und der Erfüllung der Aufträge überbrückt werden. Auch wenn der Wunschliefertermin nicht mit dem Zeitpunkt des Order Promising zusammenfällt, sondern in der Zukunft liegt, muss dieser Zeitraum überwacht werden. Es wird dann in bestimmten Abständen ein Abgleich der vorhandenen Bestände und der geplanten Zugänge mit den bereits im System befindlichen und mit einem Liefertermin versehenen Aufträgen durchgeführt. Weil dabei die verfügbaren Bestände und geplanten Zugänge allen bestätigten aber noch nicht erfüllten Aufträgen zugeordnet werden, wird dieser Prozess auch *Demand Supply Matching* genannt. Dabei wird kontrolliert, ob die zugesagten Liefertermine in dieser Form noch durchführbar sind.⁸⁴

Hat sich die Verfügbarkeitssituation oder die Auftragssituation im Vergleich zum Zeitpunkt des Order Promising für Aufträge so verändert, dass die Erfüllung dieser Aufträge nicht mehr so möglich ist, wie sie geplant wurde, muss mit geeigneten Maßnahmen darauf reagiert werden. Dabei ist das Ziel, einmal getroffene Lieferterminzusagen möglichst einzuhalten, wobei für die entsprechenden Maßnahmen die minimalen Kosten anfallen sollen.⁸⁵

Bei der Verwendung des Begriffs Demand Supply Matching ist zu betonen, dass es sich hier um eine sehr kurzfristige Planungsaufgabe handelt. In der Literatur wird der Begriff Demand Supply Matching häufig als Gesamtziel des Supply Chain Management angesehen, da der Abgleich von Angebot und Nachfrage eine der Hauptaufgaben aller Prozesse im Rahmen des Supply Chain Management ist.⁸⁶

Von besonderer Bedeutung ist das Demand Supply Matching dann, wenn in einem System viele bereits bestätigte Aufträge vorhanden sind, diese aber noch nicht vollständig erfüllt wurden. Ein typisches Beispiel ist der ATO-Fall.⁸⁷

Engpassplanung

Es tritt regelmäßig der Fall ein, dass die Bedarfsprognosen nicht mit den Realisierungen der Bedarfe für Endprodukte, Material oder Kapazität übereinstimmen⁸⁸ und deshalb das im Master Planning auf die erwartete Nach-

⁸⁴Vgl. Fleischmann und Meyr (2001) S. 26

⁸⁵Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 308.

⁸⁶Vgl. dazu als Beispiele Cachon und Terwiesch (2009) oder Guide et al. (2003).

⁸⁷Vgl. Fleischmann und Meyr (2001) S. 26.

⁸⁸Vgl. Tempelmeier (2006) S. 33.

frage abgestimmte Angebot nicht zur Erfüllung der tatsächlich eintreffenden Aufträge ausreicht. Zudem ist es nicht unüblich, dass sich die Höhe geplanter Zugänge ändert, beispielsweise weil sie fehlerhaft oder nicht in der geplanten Menge geliefert wurden.

Besteht ein Überangebot an Material und Kapazität, so kann die gesamte Nachfrage der Kundenaufträge problemlos gedeckt werden. Hier kann nur noch das Problem der zeitlichen Diskrepanz zwischen dem Zeitpunkt der Materialverfügbarkeit und dem Zeitpunkt der Nachfrage bestehen. Ein dauerhaftes Überangebot an Material und Kapazität wird aber bei der Supply Chain Planung nicht angestrebt, da diese ungenutzten Ressourcen unnötige Kosten verursachen (beispielsweise wegen zu hoher Bestände, Überalterung der Bestände oder ungenutzter Kapazität). Auf lange Sicht werden also Überkapazitäten und -Bestände abgebaut. Das führt dazu, dass für eine Supply Chain immer versucht wird, „an der Grenzlinie zwischen Überangebot und Nachfrageunterdeckung“⁸⁹ zu arbeiten. So versucht das Master Planning, Angebot und Nachfrage mittelfristig anzugleichen.⁹⁰ Der Fall der Nachfrageunterdeckung tritt dementsprechend regelmäßig auf.

In diesem Fall der *Nachfrageunterdeckung*⁹¹ reichen die gesamten verfügbaren Mengen nicht aus, um alle Kundenaufträge in voller Höhe zu erfüllen. Ist das der Fall, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um Angebot und Nachfrage wieder anzugleichen. Im Prinzip stehen der *Engpassplanung* nun Mittel zur Verfügung, entweder das Angebot zu erhöhen oder die Nachfrage zu kürzen. Führen die Maßnahmen zur Erhöhung des Angebots nicht dazu, dass alle Kundenaufträge erfüllt werden können, so muss eine Auswahl getroffen werden, welche Aufträge verspätet, geändert oder abgelehnt werden sollen. Auf mögliche Maßnahmen im Engpassfall wird in 2.4.1 noch ausführlich eingegangen.

Im Demand Fulfillment können zwei Engpassfälle unterschieden werden. Engpässe können bereits beim Order Promising auftreten oder ein Engpass ergibt sich nach dem Order Promising und vor der Erfüllung von Aufträgen, also beim Demand Supply Matching.

Das Order Promising wird dann problematisch, wenn eine Nachfrageunterdeckung vorliegt. Diese liegt vor, wenn nicht die gesamte Nachfrage der Kundenaufträge durch ATP-Mengen gedeckt ist. Das Order Promising muss deshalb darüber entscheiden, welchen Aufträgen diese knappen ATP-Mengen zugeteilt werden. Besteht eine Nachfrageunterdeckung, so müssen

⁸⁹Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 217

⁹⁰Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 217.

⁹¹Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 217

Entscheidungen getroffen werden, welche Aufträge verspätet, unvollständig oder gar nicht geliefert werden. Dies ist der Fall, wenn Maßnahmen der Engpassplanung nicht ausreichen, um eine pünktliche Lieferung zu erreichen. Der Fall des Überangebots ist beim Order Promising weniger problematisch, da insgesamt ausreichende ATP-Mengen an Material verfügbar sind. Lediglich die Frage der Terminierung ist hier noch wichtig, um unnötige Verspätungen zu vermeiden.⁹² Denn die rein mengenmäßig ausreichende Verfügbarkeit von Material gewährleistet nicht, dass dieses auch zeitlich so verfügbar ist, dass die Aufträge wunschgemäß erfüllt werden können.

Tritt der beschriebene Engpassfall nicht bereits beim Order Promising auf, sondern ändert sich die geplante Verfügbarkeits- oder Bedarfssituation im Zeitraum zwischen Order Promising und Erfüllung von Aufträgen durch Änderungen bei geplanten Zugängen oder neu eintreffende Aufträge mit hoher Wichtigkeit, muss überprüft werden, ob bereits zugesagte Liefertermine noch eingehalten werden können. Diese Überwachungsfunktion fällt in den Aufgabenbereich des *Demand Supply Matching*. Dessen Aufgabe ist ja genau die Reaktion auf Ereignisse, die dazu führen können, dass bereits getroffene Lieferzusagen so nicht mehr realisierbar sind. Als unvorhergesehene Ereignisse können hier ausbleibende oder verspätete Materiallieferungen, verringerte Fertigungskapazitäten, Naturkatastrophen aber auch das Eintreffen von Kundenaufträgen mit hoher Priorität und weitere Ereignisse, die eine Umplanung notwendig machen, angesehen werden.⁹³

Wegen seiner wichtigen Rolle im Rahmen des Demand Fulfillment wird ATP inzwischen landläufig auch als Synonym für die Aufgaben des Order Promising oder sogar des gesamten Demand Fulfillment benutzt. Dies wird beispielsweise deutlich an der Namensgebung zahlreicher Softwaremodule für das Order Promising.⁹⁴ Auch in der wissenschaftlichen Literatur werden Methoden des Order Promising als ATP-Systeme⁹⁵ besprochen. Teilweise werden unter ATP-Systemen sogar alle Aufgaben des Demand Fulfillment zusammengefasst.⁹⁶

Um Verwechslungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu vermeiden, wird im Folgenden ATP immer als ATP-Menge von Endprodukten oder

⁹²Kilger und Meyr (2010) S.216 beschreiben das Demand Fulfillment im Falle eines Überangebots sogar als unproblematisch. Dies gilt jedoch nur für den Fall der Betrachtung einer Zeitperiode.

⁹³Vgl. dazu auch Klein (2009) S.54, Fleischmann et al. (2010) S. 120 oder Fleischmann und Meyr (2004) S. 309.

⁹⁴Ein Beispiel dafür ist SAP global ATP vgl. Fleischmann und Geier (2011).

⁹⁵Ein Beispiel dafür ist Framinan und Leisten (2010) S. 3079

⁹⁶Vgl. Zhao et al. (2005) S. 66.

Material aufgefasst. Die Aufgabe der Auftragsbestätigung wird dagegen als Order Promising bezeichnet.

Zusätzlich zu den gerade beschriebenen Aufgaben müssen häufig weitere Prozesse durchgeführt oder angestoßen werden, die zur Erfüllung der Aufträge führen. Je nach betrachteten Produkten und Branchen unterscheiden sich die Aufgabenumfänge des Demand Fulfillment jedoch. Im folgenden Abschnitt werden diese Unterschiede im Demand Fulfillment anhand des Konzepts der Entkopplungspunkte genauer diskutiert.

2.3 Einfluss des Entkopplungspunkts auf das Demand Fulfillment

Da der Entkopplungspunkt den Übergang der prognosebasierten Planung zur auftragsbezogenen Planung kennzeichnet, hat er maßgeblichen Einfluss auf das Demand Fulfillment. Dieser Einfluss wird anhand der drei in Abschnitt 2.2 vorgestellten prototypischen Entkopplungspunkte MTO, ATO und MTS erläutert. Abbildung 4 zeigt den Einfluss der Entkopplungspunkte auf die ATP-Mengen und den Fokus des Demand Fulfillment. Ausschlaggebend für die Unterschiede in den relevanten ATP-Mengen sind die Hauptengpässe für das Demand Fulfillment bei den verschiedenen Entkopplungspunkten. Von diesen Hauptengpässen hängt die Terminierung der Aufträge maßgeblich ab.

Bei der auftragsbasierten Produktion im MTO-Fall liegt der Hauptengpass in der Verfügbarkeit von Produktionskapazitäten. Die komplette Produktion der Endprodukte erfolgt erst nach Eintreffen der Kundenaufträge, die Beschaffung der Rohmaterialien hingegen prognosebasiert. Noch deutlicher wird der Hauptengpass bei Engineering-to-Order, wo neben der Beschaffung von Material sogar die Konstruktion auftragsbasiert durchgeführt wird.⁹⁷ In beiden Fällen findet meist ein längerer Auftragsanbahnungs- und Abstimmungsprozess vor der Erteilung des Auftrags statt. Wegen der komplexen Produktion und entsprechend langer Durchlaufzeiten wird im Rahmen des Demand Fulfillment im MTO-Fall eine detaillierte Produktionsplanung zur Terminierung der Fertigstellung der Produkte durchgeführt.⁹⁸ Bei dieser Produktionsplanung werden lediglich die knappen Fertigungskapazitäten als Hauptengpass betrachtet.⁹⁹ Die resultierenden Liefertermine

⁹⁷Vgl. Meyr und Stadtler (2010) S. 76

⁹⁸Vgl. Meyr (2003) S. 956.

⁹⁹Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 303.

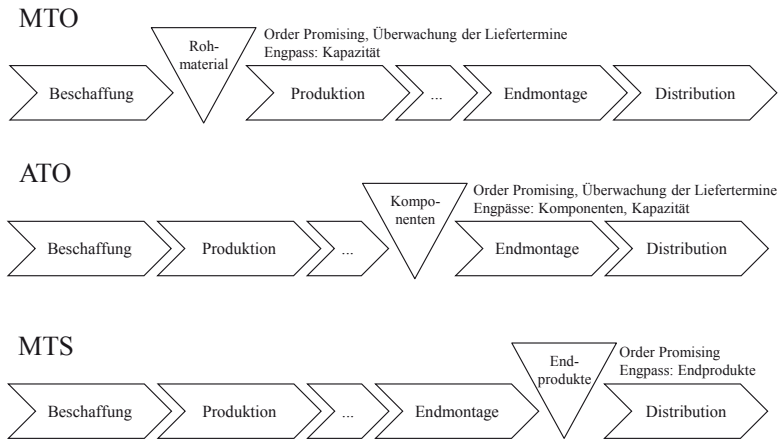


Abbildung 4: Einfluss des Entkopplungspunkts auf das Demand Fulfillment

sind häufig noch Gegenstand von Verhandlungen mit dem Kunden und vor allem durch den Preis, den der Kunde bereit ist zu zahlen, beeinflussbar.¹⁰⁰ Daran anschließend müssen die Produktionspläne umgesetzt werden und die Fertigung der gewünschten Produkte muss erfolgen. In diesem Zeitraum der Planumsetzung ist eine Kontrolle und Überwachung der Termineinhaltung wichtig.¹⁰¹ Nach Abschluss der Fertigung ist die Distribution der Produkte zu planen und durchzuführen. Der Zeitraum zwischen Auftragseingang und Erfüllung des Auftrags ist bei MTO relativ lang.

Die ATP-Mengen für MTS werden auf Endproduktbasis ermittelt, da deren Verfügbarkeit den Engpass im Demand Fulfillment darstellt.¹⁰² Im Detail sind die Prozesse nach Eintreffen eines Auftrags bei MTS die Erstellung einer Auftragsbestätigung und das Anstoßen der anschließenden Distribution der Aufträge. Hier liegt ein wichtiges Augenmerk auf der Schnelligkeit der Auftragserfüllung, weshalb die Lagerung der Endprodukte häufig in kundennahen Distributionszentren erfolgt. Das Auffüllen der Bestände in diesen Zentren ist eine wichtige Aufgabe des Supply Chain Plannings, da dadurch die ATP-Mengen für das Order Promising an diesen Standorten determiniert sind. Die prognosebasierte Zuteilung der knappen Endpro-

¹⁰⁰Vgl. Kingsman et al. (1996) S. 222.

¹⁰¹Vgl. Meyr (2003) S. 956.

¹⁰²Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 303.

duktmengen auf die Läger ist Aufgabe des Deployments.¹⁰³ Aufgrund von Prognosefehlern tritt auch hier regelmäßig der Fall ein, dass die auf Prognosen geplanten Produktionsmengen für Endprodukte, also das Angebot, nicht mit den tatsächlichen Bedarfen übereinstimmen, so dass Zuteilungen vorgenommen werden müssen. Für neu eintreffende Aufträge wird entschieden, wann die Distribution stattfinden soll. Eine Bestätigung der Aufträge inklusive der Liefertermine erübrigt sich, wenn generelle Lieferterminzusagen gegeben werden, wie „Bis 17 Uhr bestellt – morgen bei Ihnen“¹⁰⁴ oder „Grundsätzlich gilt: Heute Bestelleingang – übermorgen ist die Ware bei Ihnen“¹⁰⁵. Nur wenn der voraussichtliche Liefertermin von dieser Vorgabe abweicht, muss der Kunde informiert werden.¹⁰⁶ Ein Demand Supply Matching nach dem Order Promising ist durch ein erneutes Deployment möglich, in dem dann den vorhandenen Aufträgen Bestände an unterschiedlichen Lagerorten zugeordnet werden. Die Ergebnisse des Order Promising werden aber häufig direkt an die Transportplanung zur Generierung von Transportaufträgen weitergeleitet, ohne dass eine Form des Demand Supply Matching stattfindet.¹⁰⁷ Dadurch ist der Zeitraum zwischen Auftragsseingang und Erfüllung des Auftrags, also dessen Lieferung, sehr kurz, verglichen mit dem MTO-Fall.¹⁰⁸

Die Engpässe im ATO-Fall sind die knappen Mengen an Zwischenprodukten und Komponenten, die prognosebasiert beschafft werden, teilweise auch die Kapazität der Endmontage. Deshalb erfolgt das Order Promising aufgrund der ATP-Mengen von benötigten Komponenten, wobei die Fertigungskapazitäten für die Endmontage nicht vernachlässigt werden sollten.¹⁰⁹ Auf Basis dieser Informationen werden Termine für die Fertigung und die Lieferung an die Kunden festgelegt. Zumindest die Liefertermine werden den Kunden auch mitgeteilt. Der Zeitraum zwischen Order Promising und anschließender Fertigung und Distribution ist im Vergleich zu MTS relativ lang, weil zusätzliche Prozesse zur Fertigstellung der Endprodukte notwendig sind. Eine wichtige Aufgabe bei ATO ist, diese Zeit zu überwachen und Abweichungen zu kontrollieren, was durch ein regelmäßiges Demand Supply Matching geschehen sollte.¹¹⁰ Im Falle von Änderun-

¹⁰³Vgl. dazu unter anderen Grunow und Farahani (2011) S. 234ff und Fleischmann (2010) S. 273.

¹⁰⁴Office Discount (2012) oder sehr ähnlich EDNA (2012)

¹⁰⁵Walbusch (2012)

¹⁰⁶Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S. 209.

¹⁰⁷Vgl. dazu Fleischmann und Meyr (2004) S. 303 und Fleischmann und Geier (2011) S. 209.

¹⁰⁸Vgl. Fleischmann (2010) S. 273.

¹⁰⁹Vgl. dazu Kilger und Meyr (2010) S. 214.

¹¹⁰Vgl. Meyr (2003) S. 956.

gen der Verfügbarkeits- oder der Auftragssituation wird durch die Engpassplanung versucht, Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um die Termineinhaltung der Aufträge weiterhin zu gewährleisten. Ist dies nicht möglich, müssen neue Termine für betroffene Aufträge bestimmt und gegebenenfalls dem Kunden als Repromising mitgeteilt werden. Die Auftragsdurchlaufzeit liegt hier zwischen den Zeiten für den MTS- und den MTO-Fall. Der ATO-Fall bietet auch die Möglichkeit, die Endmontage kundenindividuell durchzuführen. Dabei kann die Konfiguration der Komponenten für Endprodukte in den Kundenaufträgen spezifiziert werden und in der Endmontage entsprechend zusammengebaut werden. Bei diesem Fall spricht man häufig von Configure-to-Order (CTO).¹¹¹

Zusammenfassend hat ein früher Entkopplungspunkt zur Folge, dass mehr Prozesse auftragsbezogen erfolgen als bei einem späteren Entkopplungspunkt. Entsprechend werden bei einem MTO-Entkopplungspunkt deutlich mehr Prozesse durch einen Auftrag ausgelöst als bei einem ATO- oder MTS-Entkopplungspunkt. Bei einem MTO-Entkopplungspunkt findet in der Regel keine Überprüfung der Materialverfügbarkeit statt, da das Rohmaterial entsprechend noch beschafft werden kann und deshalb keinen Engpass darstellt. Deswegen haben die Überlegungen zu ATP-Mengen bei MTO nur sehr geringe Relevanz, weshalb dieser Entkopplungspunkt in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet wird. Im MTS-Fall wird bei der Lieferterminbestimmung die Verfügbarkeit einzelner Endprodukte überprüft. Durch die anschließend rasche Erfüllung der Aufträge ist es eher unwahrscheinlich, dass sich in dem kurzen Zeitraum Änderungen ergeben, die dazu führen, dass die Lieferungen zu den festgelegten Terminen nicht wie geplant durchführbar sind. Im ATO-Fall ist jedoch der Zeitraum zwischen Order Promising und Erfüllung so lang, dass es eher wahrscheinlich ist, dass sich entsprechende Änderungen ergeben. Dieser Fall wird im Folgenden genauer analysiert.

2.4 Demand Fulfillment bei ATO-Fertigung

Im vorigen Kapitel wurde erläutert, weshalb das Demand Fulfillment im ATO-Fall von erheblicher Bedeutung und der Aufgabenbereich deutlich umfangreicher als bei anderen Entkopplungspunkten ist. Deshalb wird nun weiter auf die Besonderheiten des ATO-Falls für das Demand Fulfillment eingegangen.

¹¹¹Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 213.

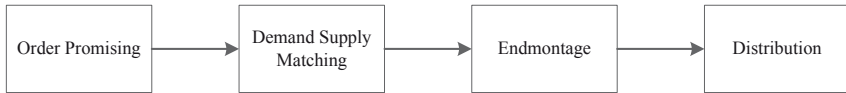


Abbildung 5: Prozessschritte eines Auftrags bei ATO

Ein eingehender Auftrag durchläuft im ATO-Fall bestimmte Schritte bis zu seiner Erfüllung. Die Abbildung 5 zeigt die Reihenfolge der Prozessschritte für einen Auftrag. Nach der initialen Festlegung eines Liefertermins für den Auftrag durch ein Order Promising findet im Zeitraum bis zur Montage ein regelmäßiges Demand Supply Matching zur Kontrolle der festgelegten Liefertermine statt und erst nach der Montage kann die Auslieferung des Auftrags erfolgen. Die Planungsschritte des Order Promising, des Demand Supply Matching und der Engpassplanung im ATO-Fall werden nun ausführlich besprochen.

2.4.1 Engpassplanung

Zunächst wird auf die Engpassplanung eingegangen, weil im Rahmen des Order Promising aber auch im darauf stattfindenden Demand Supply Matching Engpässe auftreten können, auf die reagiert werden muss. Tritt eine derartige Engpasssituation auf, versuchen beide Prozesse diese Situation durch geeignete Maßnahmen zu beheben oder zumindest abzumildern.

Framinan und Leisten (2010) knüpft die Maßnahmen zur Engpassplanung an die in Abbildung 6 gezeigten Formen der Flexibilität, die als interne und externe Flexibilität bezeichnet werden.¹¹² Die Idee dabei ist, dass die interne Flexibilität die Verfügbarkeitssituation von Komponenten und Kapazität und die externe Flexibilität die Nachfrage nach diesen verfügbaren Mengen beeinflussen kann. Während die interne Flexibilität des Unternehmens keine Koordination mit den Kunden benötigt, müssen für Maßnahmen der externen Flexibilität zunächst Gespräche mit den Kunden über die Durchführbarkeit der Maßnahmen stattfinden.

¹¹²Vgl. Framinan und Leisten (2010) S. 3085 f.

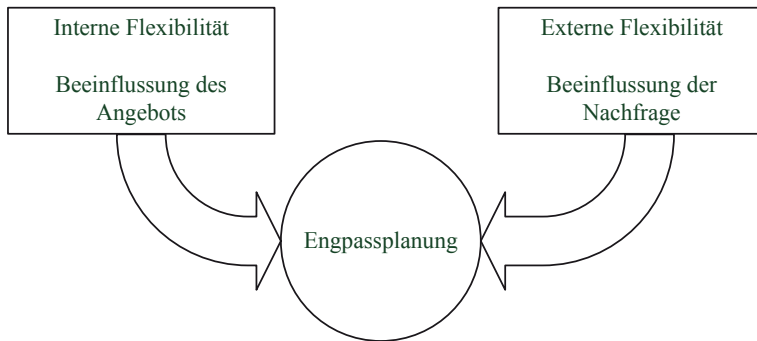


Abbildung 6: Arten der Flexibilität bei der Engpassplanung

Diese Arten der Flexibilität führen im Rahmen der Engpassplanung zu möglichen Maßnahmen, wie:¹¹³

- der Nutzung von alternativen Zugängen für Material, durch Substitution von Komponenten, durch Fremdbeschaffung, Produktion oder durch Eillieferungen¹¹⁴ zur Beschleunigung von Zugängen,
- der Beschränkung der ATP-Mengen für Kundengruppen oder Regionen
- dem Abweichen vom Kundenwunsch hinsichtlich der Liefertermine oder der Liefermenge, sowie
- der Stornierung bereits bestätigter Aufträge¹¹⁵ oder der Ablehnung neu ankommender Aufträge als letzte Möglichkeit.

Aus Abschnitt 2.2 ist bekannt, dass Kunden in ihren Aufträgen die Merkmale Auftragsmenge, Wunschtermin, Wunschspezifikation des Produkts sowie Preisvorstellung spezifizieren. Hinsichtlich dieser vier Zielmerkmale sind Kunden oftmals bereit Flexibilität in einem Merkmal zu zeigen, um die Erreichung eines anderen Merkmals zu verbessern.¹¹⁶

Ein Aspekt dieser externen Flexibilität ist die Bereitschaft des Kunden, die Substitution bestimmter Produkteigenschaften durch andere Eigenschaften zu akzeptieren. Dazu gehören Lieferungen anderer Produkte oder die

¹¹³Die Überlegungen beruhen unter anderem auf Framinan und Leisten (2010) S. 3082 und Fleischmann und Meyr (2004) S.309.

¹¹⁴Vgl. hierzu Fleischmann et al. (2010) S. 120f.

¹¹⁵Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 506.

¹¹⁶Vgl. Zhang und Tseng (2009) S. 6401.

Montage anderer Komponenten, die entweder gleich-, höher- oder niederwertiger sein können.¹¹⁷ Niederwertige Substitution hat häufig zur Folge, dass eine Kompensation der Differenz des Produktwertes stattfinden muss. Dies führt in der Regel zu einem Preisnachlass für den Kunden. Eine Substitution durch höherwertige Produkte kann vom Unternehmen gewährt werden, um die rechtzeitige Erfüllung der Aufträge zu ermöglichen. Jedoch entstehen für das Unternehmen dadurch höhere Kosten, wenn diese nicht an den Kunden weitergegeben werden können. Eine gleichwertige Substitution findet häufig dann statt, wenn beispielsweise eine Komponente ohne eine Veränderung der Produkteigenschaft durch eine gleichwertige andere Komponente ersetzt werden kann.

Die einfachste Möglichkeit zur Erfüllung von Aufträgen im Engpassfall ist die *Verschiebung des Liefertermins*, bis eine Lieferung aufgrund der Verfügbarkeitssituation möglich ist. Diese Möglichkeit besteht häufig, da Kunden die Angabe eines Wunschliefertermins nicht immer als einen absolut fixierten Termin ansehen, der nicht überschritten werden darf.¹¹⁸ Ein Kunde ist meistens bereit spätere Termine zu akzeptieren, solange diese eine Obergrenze nicht überschreiten.¹¹⁹ Daraus ergibt sich auch, dass eine Ablehnung oder Stornierung von Aufträgen oft nicht explizit kommuniziert wird, sondern als sehr weit in der Zukunft liegender Liefertermin. Liegt dieser geplante Liefertermin noch innerhalb des akzeptierten Lieferfensters des Kunden, ändert der Kunde den Auftrag nicht, anderenfalls wird er von sich aus den Auftrag stornieren.

Eine weitere Möglichkeit die Flexibilität eines Kunden zu nutzen ist das Splitting von Aufträgen, also eine *Anpassung der Liefermenge* für einen Liefertermin. Dabei können die zwei Fälle der wirklichen Aufteilung der Auftragsmenge in mehrere Lieferungen und der teilweisen Erfüllung von Aufträgen auftreten. Die Aufteilung der Auftragsmenge führt zu sogenannten Split-Lieferungen. In Absprache mit Kunden kann eine Obergrenze für die Anzahl an Lieferungen vereinbart werden.¹²⁰ Unbedingt muss auch geklärt werden, ob ein Kunde Teillieferungen akzeptiert, also den Fall einer Erfüllung eines Teils des Auftrags und der Ablehnung der restlichen Menge.¹²¹

Von den bisher vorgestellten Maßnahmen der Engpassplanung sind immer die Kunden und deren Aufträge betroffen. Zusätzlich zur Nutzung der externen Kundenflexibilität kann die interne Flexibilität des Unternehmens

¹¹⁷Vgl. zu Substitutionsmöglichkeiten unter anderem Lang (2010) S. 81 ff.

¹¹⁸Vgl. Framinan und Leisten (2010) S. 3084.

¹¹⁹Vgl. dazu Moodie (1999).

¹²⁰Vgl. dazu als Beispiel Fleischmann und Meyr (2004) S. 312

¹²¹Vgl. dazu Klein (2009) S. 123.

genutzt werden. Diese Flexibilität hat Einfluss auf die Verfügbarkeitssituation der Komponenten und Kapazität.

Durch die Ausnutzung der Ressourcen-Flexibilität ist es möglich, zusätzliche Quellen für Produkte, Bauteile und Kapazitäten zu nutzen.¹²² Die Bereitstellung zusätzlicher ATP-Mengen kann dabei durch verschiedene Maßnahmen geschehen. Hier sind Beschaffungen zusätzlicher Mengen, zum Teil auch als Eillieferung, denkbar. Ebenso können auch bereits geplante Zugänge beschleunigt werden, indem der Transportmodus von Zugängen in Absprache mit den Lieferanten noch in einen schnelleren geändert wird.¹²³ Diese Eillieferungen sind jedoch teurer als ein Standardtransport. Werden ATP-Mengen für bestimmte Orte betrachtet, können zusätzlich zu den ATP-Mengen am Ort der Nachfrage eines Kundenauftrags andere Orte für die Überprüfung der Verfügbarkeit herangezogen werden, was zusätzlich eine Beachtung des Transports, im Speziellen der Transportzeiten, erfordert.¹²⁴ Im ATO-Fall können teilweise zusätzliche Fertigungskapazitäten bereitgestellt werden. Diese Erweiterung ist dann möglich, wenn Kapazitäten im kurzfristigen Bereich zwar fixiert sind, jedoch kleinere Ausweitungen der Kapazität durch Überstunden im begrenzten Umfang möglich sind. Verschiedene Beispiele in der Computerindustrie oder Getränkeindustrie zeigen, dass die Arbeitszeiten häufig auch kurzfristig noch relativ flexibel sind.¹²⁵

Ist es aber nicht möglich oder zu teuer, die verfügbaren Mengen zu erhöhen, ist es im Engpassfall möglich, den Zugriff auf die knappen Mengen zu regulieren. Häufig gibt es Aufträge von Kunden mit unterschiedlicher Bedeutung für das Unternehmen. Dabei spielen unter anderem ökonomische Gründe, wie die Gewinnspanne eines Auftrags und die Wichtigkeit des Auftrags (beispielsweise im Hinblick auf den Kundenwert) eine wichtige Rolle.¹²⁶ Weitere Gründe für eine unterschiedliche Wichtigkeit von Aufträgen sind, ob ein Auftrag prognostiziert wurde¹²⁷ und bevorzugt bedient werden sollte, weil er schon in der Planung der prognosebasierten Prozesse berücksichtigt wurde. Aber auch unternehmenspolitische Gründe, wie die Bevorzugung bestimmter Regionen oder Produkte sind zu berücksichtigen.¹²⁸ Dabei spielt immer auch eine Rolle, wie hoch Wachstumsaussichten oder erzielbare Gewinne für Produkte oder für Regionen sind. Die Bestimmung

¹²²Vgl. Framinan und Leisten (2010) S. 3084

¹²³Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 117.

¹²⁴Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 309.

¹²⁵Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 117 oder Christou und Ponis (2008) S. 24.

¹²⁶Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 217.

¹²⁷Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 217.

¹²⁸Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 220.

der Prioritäten kann also – zumindest teilweise – auch subjektiv beeinflusst sein.

Ein Ansatz für Unternehmen ist dann, Teile der ATP-Mengen vor dem Zugriff durch bestimmte neue Kundenaufträge zu schützen. Der Sinn davon ist, nicht den Fehler zu begehen, zu viel der knappen ATP-Mengen an neu eintreffende, niedrig priorisierte Aufträge zu vergeben, weil diese Mengen dann für höher priorisierte Aufträge fehlen würden. Deshalb wird häufig eine Allokation von ATP-Mengen vorgenommen.¹²⁹ Das führt zu einem ähnlichen Problem, wie es im Revenue Management besteht. Dort wird versucht, durch Methoden zur gezielten Auswahl von Kundenaufträgen die Erlöse oder die Gewinne für das Unternehmen zu erhöhen.¹³⁰ Der Bezug des Demand Fulfillment zum Revenue Management wird in Kapitel 2.5.4 noch genauer betrachtet.

Für das Demand Fulfillment findet also eine Zuteilung von ATP-Mengen auf festzulegende Klassen, wie beispielsweise Regionen, Kundengruppen oder Absatzkanäle, statt.¹³¹ Dieser Prozess der Zuteilung wird Allokationsplanung genannt. Darin findet eine prognosebasierte Beschränkung des Angebots für bestimmte Klassen auf mittelfristiger Planungsebene statt.¹³² Entsprechend werden die resultierenden kontingentierten ATP-Mengen häufig auch allokirtes ATP (aATP) genannt.¹³³ Sinn der Allokation ist, die Bedarfe bestimmter Klassen vor Fehlmengen zu schützen und somit gewünschte Servicegrade für diese Klassen zu erreichen. Dadurch sollen höhere Gewinne als bei einem Order Promising mit reiner First-Come-First-Serve-Strategie (kurz: FCFS) erzielt werden.¹³⁴

Die Allokation von ATP-Mengen ist der mengenorientierten Steuerung aus dem Revenue Management sehr ähnlich.¹³⁵ Die berechneten Kontingente können entweder als Buchungslimits oder Schutzlimits interpretiert werden. Bei Buchungslimits wird bestimmten Klassen die Menge zugeteilt, die sie verbrauchen dürfen. Unter Schutzlimits versteht man die Menge, die nicht durch eine bestimmte Klasse verbraucht werden darf. Die beiden Limits lassen sich also ineinander überführen.

¹²⁹Vgl. dazu unter anderem Pibernik (2005) S. 241.

¹³⁰Vgl. zur Beschreibung des Revenue Management Klein und Steinhardt (2008) S. 5 ff.

¹³¹Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 218.

¹³²Vgl. Meyr (2009) S. 231.

¹³³Vgl. Kilger (2008) S. 394 und Quante et al. (2009) S. 46. Man muss aber darauf achten, dass Pibernik (2005) unter AATP einfach auch Advanced ATP versteht, eine allgemeine Zusammenfassung von fortschrittlicheren ATP-Methoden.

¹³⁴Vgl. Meyr (2009) S. 231.

¹³⁵Vgl. zur mengenorientierten Steuerung u. a. Klein und Steinhardt (2008) S. 77 ff.

Eine wichtige Idee der Allokationsplanung ist das Konzept von hierarchischen Klassen. Die Einteilung in Segmente wird auf Basis einer Rangordnung hinsichtlich relevanter Kriterien vorgenommen. Diese Rangordnung kann auch bei der Bestimmung der ATP-Kontingente berücksichtigt werden. Die Elemente höherer Hierarchieebenen können dann auch auf ATP-Mengen niedrigerer Hierarchieebenen zugreifen.¹³⁶ Entsprechend definierten Zugriffsregeln dürfen die allokierten ATP-Mengen dann im Rahmen eines Order Promising verbraucht werden. Bestimmte Klassen dürfen dann nicht mehr auf die kompletten ATP-Mengen zugreifen, sondern nur noch auf Teile davon.

Die Bestimmung der allokierten ATP-Mengen ist aber nicht trivial. Vor der eigentlichen Allokation müssen geeignete Gruppen oder Segmente festgelegt werden. Diese Segmente stellen ein Klassifikationsschema dar, in das Kunden, Vertriebsregionen oder Absatzkanäle eingeteilt werden können.¹³⁷ Ein weiteres Klassifikationsschema stellen auch Produktgruppen dar.¹³⁸ Dafür müssen zunächst Entscheidungen über die Anzahl und die Zusammensetzung der unterschiedlichen Klassen getroffen werden.¹³⁹ Die Kunden, Regionen oder Produkte innerhalb einer Gruppe sollten möglichst ähnlich sein. Diese Ähnlichkeit kann über einen Wert für die Wichtigkeit eines Objekts ausgedrückt werden.¹⁴⁰ Es wird nun versucht, die Anzahl an Gruppen so zu bestimmen, dass die entstehenden Klassen untereinander sehr verschieden sind, während die Objekte innerhalb einer Klasse sehr ähnlich sind. Im Anschluss an diese Segmentbildung müssen die ATP-Mengen auf die entstandenen Segmente aufgeteilt werden. Eine Möglichkeit der Zuteilung sind einfache Allokationsregeln nach Prioritäten, anteilig nach Prognosen oder nach fixen Anteilen.¹⁴¹ Dabei muss darauf geachtet werden, dass durch die Allokationsplanung nicht ein Shortage Gaming begünstigt wird. Dieses kann in einer Engpasssituation auftreten, wenn Kunden nicht mehr in voller Höhe bedient werden können und die vorhandenen Mengen anteilig nach der Bestellmenge auf die Aufträge aufgeteilt werden. Shortage Gaming bezeichnet dann das Verhalten von Kunden mehr als eigentlich benötigt zu bestellen, um auch bei einer Teillieferung noch ausreichend bedient zu werden.¹⁴² Da das Shortage Gaming eine Ursache des unerwünsch-

¹³⁶Vgl. Fischer (2001) S. 137, Meyr (2009) S. 242 oder Pibernik und Yadav (2009) S. 283

¹³⁷Vgl. Meyr (2008) S. 20.

¹³⁸Vgl. dazu Chen-Ritzo et al. (2011).

¹³⁹Vgl. Meyr (2009) S.233.

¹⁴⁰Vgl. Meyr (2008) S. 20.

¹⁴¹Vgl. Kilger und Meyr (2010) S.221

¹⁴²Vgl. Stadler (2010b) S. 32.

ten Bullwhip-Effekts¹⁴³ darstellt, ist diese Art der Allokationsplanung nicht empfehlenswert. Ein Einblick in die vielfältigen Verfahren zur Allokationsplanung wird in Kapitel 3 gegeben.

Der vorgestellte Prozess der ATP-Allokation findet prognosebasiert statt. Für die ATP-Allokation ist deshalb eigentlich eine sehr gering aggregierte Prognose notwendig. Da eine tagesgenaue Prognose der zu schützenden Nachfrage einer Klasse aber sehr schwer ist, werden die Allokationsmengen häufig auf einem zeitlich aggregiertem Niveau ermittelt. Dabei werden Kontingente nicht für einzelne ATP-Mengen angegeben, sondern für einen längeren Zeitraum bestimmt. So können Monatskontingente festgelegt werden und die ATP-Mengen sind weiterhin tagesgenau.¹⁴⁴ Besonders im CTO-Fall ist die Prognose der Bedarfe einzelner Komponenten aber aufgrund der unsicheren Konfiguration sehr schwierig, weshalb auch die Allokation von Komponentenmengen zu Gruppen kaum möglich ist.

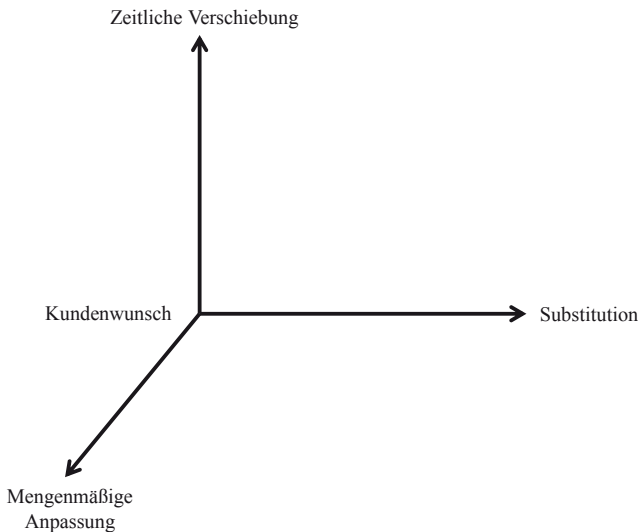


Abbildung 7: Möglichkeiten der Engpassplanung¹⁴⁵

Die vorgestellten Möglichkeiten die Flexibilität der Kunden zu nutzen sind immer Abweichungen vom Kundenwunsch in bestimmte Richtungen. Drei

¹⁴³Vgl. Lee et al. (1997) S. 556 zu Gründen für den Bullwhip-Effekt

¹⁴⁴Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 219.

¹⁴⁵Abbildung in Anlehnung an Kilger und Meyr (2010) S. 226.

Maßnahmen zur Nutzung der internen Flexibilität im Rahmen der Engpassplanung sind in Abbildung 7 dargestellt. Welche der vielen möglichen Maßnahmen tatsächlich genutzt werden, ist letztendlich eine Frage, ob und wie weit vom Kundenwunsch abgewichen werden kann. Sprechen Gründe gegen eine Abweichung vom Kundenwunsch, kann immer noch versucht werden, die unternehmensinterne Flexibilität – in der Abbildung durch die Nutzung zusätzlicher Beschaffungsmöglichkeiten – zu nutzen. Bei der Nutzung der Möglichkeiten sollten ebenfalls die Kosten für die Maßnahmen und deren Nutzen abgewogen werden.

2.4.2 Order Promising

Im folgenden Abschnitt wird die Planungsaufgabe Order Promising für den ATO-Fall näher erläutert. Das Ziel einer raschen Bestimmung zuverlässiger Liefertermine durch das Order Promising wird im ATO-Fall wesentlich von folgenden Faktoren beeinflusst:¹⁴⁶

- Anzahl der Endprodukte und der darin enthaltenen Zwischenprodukte eines Unternehmens,
- Grad der Konfigurierbarkeit der Produkte durch den Kunden im Rahmen der Bestellung,
- Schwierigkeiten bei der Prognose der Kundenbedarfe
- Länge der Produktlebenszyklen,
- Unterschiedliche Wichtigkeit von Kunden (z. Bsp. aufgrund der Art der Geschäftsbeziehung (business-to-business oder business-to-customer) oder unterschiedlicher Zahlungsbereitschaft)
- Durchlaufzeit für Aufträge bis zu deren Erfüllung

Werden viele Komponenten zu einer großen Anzahl an Endprodukten zusammengebaut, führt dies zu einer starken Konkurrenzsituation der zu montierenden Endprodukte um die knappen ATP-Mengen der Komponenten. Besteht zusätzlich noch die Möglichkeit die Endprodukte im Rahmen der technischen Rahmenbedingungen frei zu konfigurieren, erhöht sich die Anzahl herstellbarer Endprodukte noch weiter. Dies führt dazu, dass die Bedarfe an Komponenten schwerer prognostiziert werden können, was

¹⁴⁶Die Herleitung dieser Faktoren beruht auf Kilger und Meyr (2010) S. 207, Ball et al. (2004) S. 456 und Meyr (2003) S. 956

auch bei guter Sicherheitsbestandsplanung Engpässe in der Komponentenverfügbarkeit wahrscheinlich macht. Je kürzer dann noch die Produktlebenszyklen der Komponenten und Endprodukte sind, umso knapper werden Bestände geplant, was zusätzlich Engpässe begünstigt. Wegen unterschiedlicher Prioritäten für Kunden besteht das Problem der Allokationsplanung. Zu guter Letzt erschweren lange Auftragsdurchlaufzeiten die Planung von Lieferterminen zusätzlich. Diese Faktoren führen dazu, dass eine zuverlässige initiale Lieferterminbestimmung im ATO-Fall ein schwieriges Planungsproblem ist.

Trotz der genannten Faktoren war eine lange gängige Methode, die Lieferterminbestimmung auf Basis von Standarddurchlaufzeiten durchzuführen. Das folgende, an Kilger und Meyr (2010) angelehnte, Beispiel soll dieses Vorgehen verdeutlichen. Ein Unternehmen hat für ein Produkt eine Standarddurchlaufzeit von zwei Wochen. Für die Wochen 1 und 2 treffen Kundenaufträge ein, deren Gesamtmenge die Kapazität der jeweiligen Woche übersteigt. Abbildung 8 zeigt diese Situation. Nun werden gemäß einer Standard-MRP-Logik die Kundenaufträge mit den Beständen und geplanten Zugängen abgeglichen. Auftragsmengen, die durch die Bestände und Zugänge der jeweiligen Wochen gedeckt werden können, werden entsprechend für diese Wochen bestätigt. Dies geschieht solange, bis die Bestände und Zugänge aufgebraucht sind. Es wird ersichtlich, dass die eingegangenen Kundenaufträge für die Wochen 1 und 2 nicht in voller Höhe von den Beständen und geplanten Zugängen dieser Wochen gedeckt werden können. Dennoch werden auch diese eingehenden Aufträge immer angenommen. Die Liefertermine werden dann einfach auf Basis der Standarddurchlaufzeit von zwei Wochen festgesetzt, ohne dass eine Überprüfung der Verfügbarkeits-situation nach der Standarddurchlaufzeit durchgeführt wird, was jedoch zu einer Nachfragewelle nach der Durchlaufzeit von 2 Wochen führt.¹⁴⁷

Problematisch dabei ist aber, dass diese Nachfragewelle unter Umständen nicht abgearbeitet werden kann, weil für die Festlegung der Liefertermine nach der Standarddurchlaufzeit keine Restriktionen beachtet wurden. Faktisch existieren jedoch Beschränkungen, die dazu führen, dass die sehr hohe Nachfrage wahrscheinlich nicht entsprechend den getroffenen Lieferterminzusagen erfüllt werden kann.

Deswegen kann ein Order Promising überhaupt nur ansatzweise zuverlässige Ergebnisse liefern, wenn es die Verfügbarkeits-situation des Unternehmens und somit die ATP-Mengen berücksichtigt. Die Verwendung dieser

¹⁴⁷Vgl. zu diesem Problem auch Kilger und Meyr (2010) S. 209

¹⁴⁸Abbildung angelehnt an Kilger und Meyr (2010) S. 209.

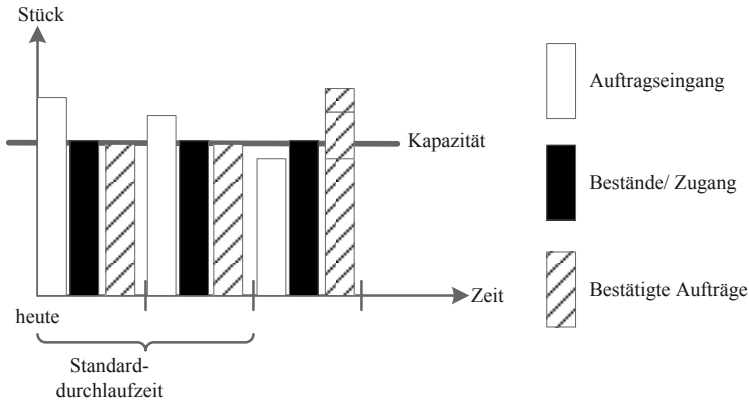


Abbildung 8: Nachfragewelle bei Terminierung nach Standarddurchlaufzeit¹⁴⁸

disponiblen Mengen führt dazu, dass zumindest keine absehbare Überlastung des Systems durch zu frühe oder zu hohe Auftragsbestätigungen erfolgt.

Vorbereitende Schritte für das Order Promising

Vor der Durchführung einer Verfügbarkeitsprüfung auf Basis von ATP-Mengen im Order Promising für neu eintreffende Aufträge sind vorbereitende Prozesse notwendig. Der Ablauf der vorbereitenden Prozesse für das Order Promising ist in Abbildung 9 aufgezeigt. Es lassen sich die zwei Prozesse ATP-Berechnung und Allokationsplanung identifizieren.

Die Berechnung der ATP-Mengen vor dem Eingang von Aufträgen dient der Ermöglichung von schnellen Verfügbarkeitsprüfungen.¹⁴⁹ Die Berechnung der ATP-Mengen für die Materialien und Endprodukte ist ein regelmäßig stattfindender Prozess zur Bestimmung von verlässlichen Informationen über die Verfügbarkeit von Engpassressourcen.¹⁵⁰ Neben der regelmäßigen Neuberechnung der ATP-Mengen sind aber auch andere Planungsanlässe möglich. So sollte nach einer Aktualisierung des Master Plans oder bei

¹⁴⁹Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 506.

¹⁵⁰Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 306.

einer Änderung von bereits getätigten Lieferterminzusagen eine Aktualisierung der ATP-Mengen vorgenommen werden. Die formale Berechnung der ATP-Mengen wurde bereits in Abschnitt 1.2 erklärt.

Im ATO-/CTO-Fall werden ATP-Mengen auf Ebene der Komponenten berechnet, aus denen die Endprodukte in der Endmontage zusammengebaut werden. In diesem Fall ergeben sich die ATP-Mengen in einem kurzfristigen Horizont innerhalb der Wiederbeschaffungszeit aus den physischen Beständen und den bereits angestoßenen Beschaffungs- und Fertigungsaufträgen für die Komponenten.¹⁵¹ Für weiter in der Zukunft liegende Perioden werden zusätzlich geplante Zugänge aus dem Master Planning herangezogen.¹⁵²

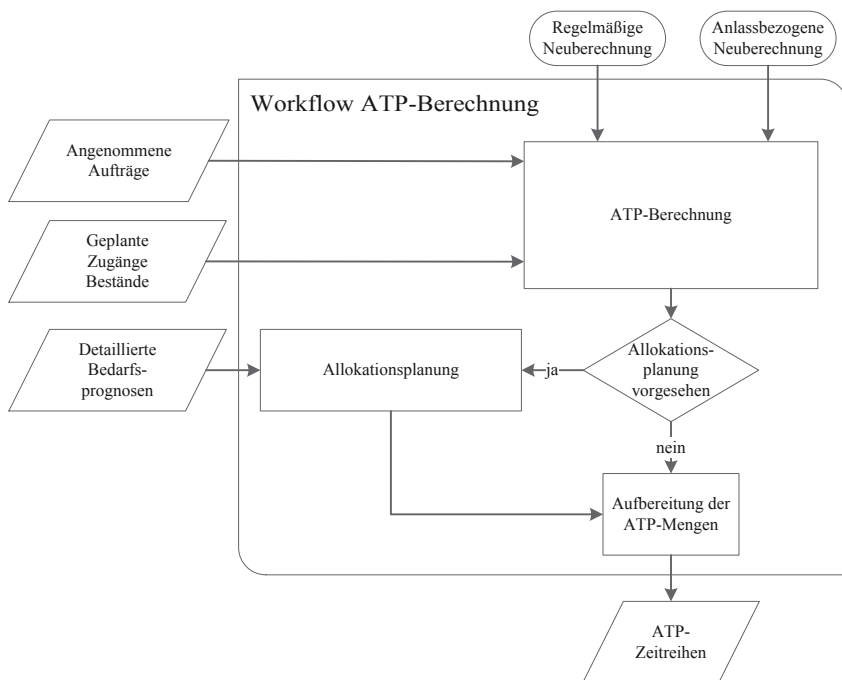


Abbildung 9: Workflow Vorbereitung Order Promising

¹⁵¹Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 506.

¹⁵²Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S.201 und Kilger und Meyr (2010) S. 210.

Ist eine Allokationsplanung vorgesehen, werden auch alle deren Schritte vor dem Order Promising durchgeführt. Die Allokationsplanung dient ja genau dazu, ohne Kenntnis der tatsächlichen Kundenaufträge für Kundengruppen oder Regionen Kontingente zu bilden, um einen bestimmten Servicegrad sicherzustellen und dadurch die erzielbaren Gewinne zu erhöhen.

Die berechneten ATP-Mengen werden speziell für das Order Promising aufbereitet. Die Aufbereitung und Speicherung in speziellen, für den häufigen Zugriff ausgelegten, ATP-Zeitreihen¹⁵³ dienen dazu, die häufigen Datenabfragen beim Order Promising in ihrer Geschwindigkeit zu steigern.¹⁵⁴

Durchführung des Order Promising

Die Abbildung 10 zeigt einen möglichen Ablaufplan für das Order Promising im ATO-Fall. Dabei finden folgende Prozesse statt:¹⁵⁶

1. generelle Überprüfung der Machbarkeit der Aufträge (Bsp. technische Realisierbarkeit bei offener Konfiguration der Endprodukte)¹⁵⁷,
2. Verfügbarkeitsprüfung hinsichtlich benötigter Produkt-, Material- sowie Kapazitätsmengen
3. Terminierung der Aufträge und Festlegung von Lieferterminen und Liefermengen auf Basis der Verfügbarkeit der benötigten Ressourcen (ATP-Mengen),
4. Aktualisierung der ATP-Mengen zur Sicherstellung korrekter ATP-Mengen auch während Rücksprachen mit Kunden,
5. Erstellung von Mitteilungen an die Kunden, wann und in welcher Höhe ein Auftrag erfüllt/ geliefert werden kann,
6. Anstoßen nachfolgender Prozesse zum Start der weiteren Aufgaben im Demand Fulfillment.

Die Hauptaufgabe des Order Promising ist die Festlegung der Liefertermine für neu eintreffende Aufträge. In Abschnitt 2.2 wurde bereits erläutert, welche Ziele dabei verfolgt werden.

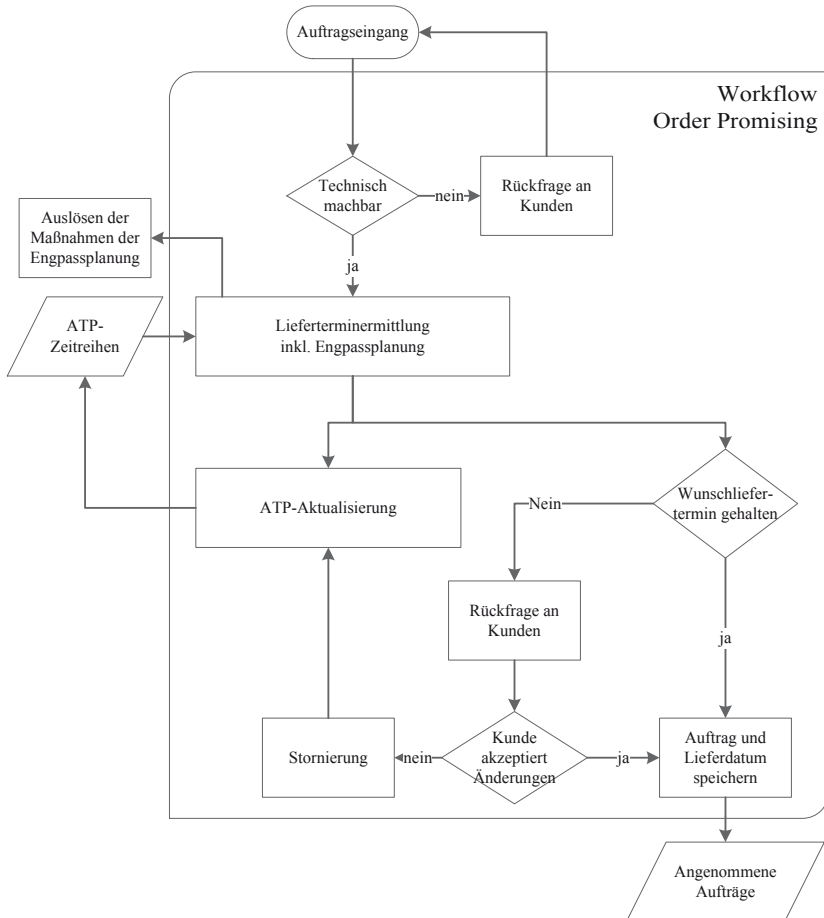
¹⁵³Vgl. Dickersbach (2006) S.15.

¹⁵⁴Vgl. Stürle (2011) S. 53.

¹⁵⁵Abbildung in Anlehnung an Fleischmann und Meyr (2004) S. 304, Klein (2009) S. 52 und Pibernik (2005) S. 247.

¹⁵⁶Vgl. dazu Framinan und Leisten (2010) S. 3082 und Veeramani und Joshi (1997) S. 830.

¹⁵⁷Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 474.

Abbildung 10: Workflow Durchführung Order Promising¹⁵⁵

Unabhängig davon, ob in einem vorgelagerten Schritt allokierte ATP-Mengen gebildet wurden, findet für die Lieferterminbestimmung bei Eingang eines Kundenauftrags (oder im Rahmen des nächsten Batch-Laufs) eine Verfügbarkeitsprüfung von ATP-Mengen statt. Dabei wird analysiert, ob und zu welchem Zeitpunkt ausreichend ATP-Mengen vorhanden sind, um die Aufträge zu erfüllen. Gefundene ATP-Mengen werden dann entsprechend reduziert, sodass für danach eintreffende neue Aufträge die Verfügbarkeitssituation entsprechend korrekt dargestellt werden kann.

Ein einfaches Verfahren für die Verfügbarkeitsprüfung ist eine regelbasierte Suche nach ATP-Mengen.¹⁵⁸ Das Grundprinzip dieses Verfahrens ist, so lange bestimmte Maßnahmen der Engpassplanung in einer definierten Reihenfolge nach ATP-Mengen zu durchsuchen, bis eine Entscheidung getroffen werden kann, ob und wann ein Auftrag erfüllt werden soll.

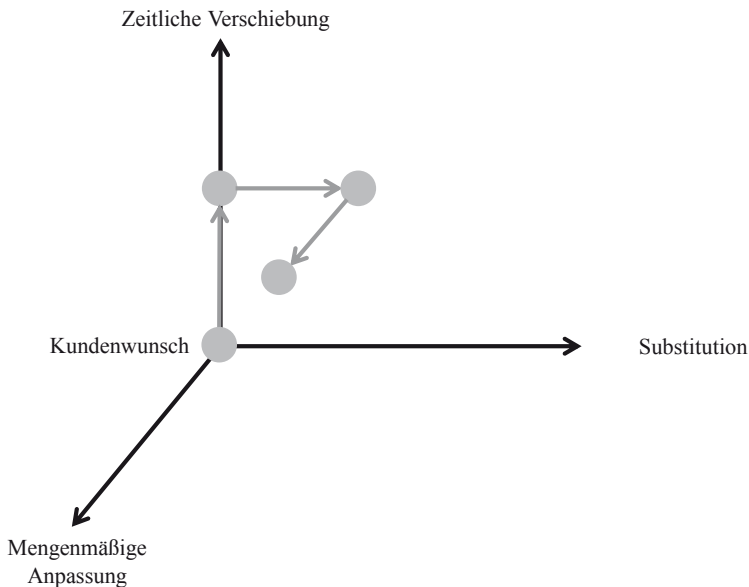


Abbildung 11: Beispiel für regelbasierte Verfügbarkeitsprüfung¹⁵⁹

¹⁵⁸Vgl. zur Beschreibung der regelbasierten Suche und Verfügbarkeitsprüfung unter anderem Kilger und Meyr (2010) S. 225ff und Fleischmann und Geier (2011) S. 205ff.

¹⁵⁹Abbildung in Anlehnung an Fleischmann und Geier (2011) S. 207.

Für den Fall einer Verfügbarkeitsprüfung auf Endproduktbasis ist eine beispielhafte Suchreihenfolge in Abbildung 11 ersichtlich. Dabei wird im ersten Schritt überprüft, ob die ATP-Mengen des gewünschten Produkts ausreichen, um zum Wunschtermin den Auftrag erfüllen zu können. Sollte dies nicht möglich sein, wird für das Wunschprodukt überprüft, ob eine verspätete Lieferung möglich ist. Ist das nicht der Fall, wird überprüft, ob die termingerechte Erfüllung eines anderen Produkts als Substitut möglich ist. Sollten diese Schritte auch nicht ausreichen, um einen Liefertermin zu bestimmen, wird versucht, zusätzliche Mengen des Produkts zu beschaffen. Erst dann muss über eine endgültige Ablehnung entschieden werden. Bei jeder Suchrichtung wird eine Verfügbarkeitsprüfung durchgeführt.

Die Logik der Verfügbarkeitsprüfung als Suche nach ATP-Mengen eines Produkts ist in Abbildung 12 dargestellt. Ausgehend vom Wunschtermin werden die ATP-Zeitreihen nach zeitlich früher gelegenen ATP-Mengen durchsucht. Diese werden dann durch die neu einzuplanenden Aufträge verbraucht. Reicht die zeitlich am nächsten gelegene ATP-Menge (1) nicht aus, um den Bedarf vollständig zu decken, werden noch früher gelegene ATP-Mengen verbraucht. Entsprechend der Definition der ATP-Mengen in Kapitel 2.2 kann ein Auftrag dann zum Termin t bestätigt werden, wenn gilt $cATP_t \geq q$. In Abbildung 12 unten reichen die vor dem Wunschtermin liegenden ATP-Mengen nicht aus, um diese Bedingung zu erfüllen. In diesem Fall geht man vom Wunschtermin in die Zukunft (2), bis diese Bedingung erfüllt und somit ein Liefertermin bestimmt ist, zu dem der Auftrag bestätigt werden kann.

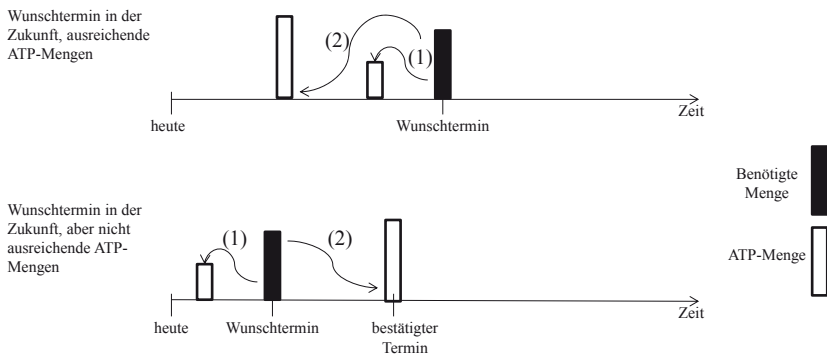


Abbildung 12: Logik einer regelbasierten ATP-Suche¹⁶⁰

Im ATO-Fall werden die ATP-Mengen der Komponenten beim Order Promising überprüft. Der Beginn der Montage eines Endprodukts ist erst dann möglich, wenn die ATP-Mengen aller benötigten Komponenten j ausreichen, um die Komponentenbedarfe $q \cdot a_j$ zu decken. Dabei entspricht a_j dem Gesamtbedarfskoeffizienten von Komponente j aus den Stücklisteninformationen des nachgefragten Endprodukts. Dies ist der Fall, wenn für alle nachgefragten Komponenten j eines Auftrags zum Termin t gilt:

$$cATP_{jt} \geq q \cdot a_j$$

Trotz eines Verbrauchs von ATP-Mengen vollzieht das Order Promising nicht notwendigerweise feste Reservierungen von ATP-Mengen.¹⁶¹ Der Verbrauch von ATP-Mengen für neu eingetroffene Aufträge bedeutet eine Reduzierung der für einen Zeitpunkt verfügbaren ATP-Mengen. Diese Reduzierung dient dazu, das System vor der Generierung unzuverlässiger Lieferterminzusagen zu schützen. Ein wirklich festes Verbinden von ATP-Mengen zu Aufträgen wird „Pegging“ genannt.¹⁶² Diese feste Zuordnung von Beständen oder Zugängen zu Aufträgen bedeutet, dass spezifische Produktstücke reserviert werden. Die feste Bindung von Produkten zu Aufträgen ermöglicht eine komplette Verfolgbarkeit der Aufträge und eine hohe Liefertreue, reduziert aber die Flexibilität und generiert Lagerbestände an reservierten aber nicht nutzbaren Komponenten.¹⁶³

Für das Order Promising lassen sich drei Arten der Durchführung ableiten, die sich in der Geschwindigkeit der Antwort auf neu eingehende Kundenaufträge, einem der Ziele des Order Promising, unterscheiden:

- Online Order Promising,
- Batch Order Promising und
- Hybrides Order Promising.

Diese drei Durchführungsmodi unterscheiden sich in der Art der Prozesse zur Festlegung der Liefertermine. Gemeinsam haben sie aber die Idee der Verfügbarkeitsprüfung auf Basis von ATP-Mengen.

Online Order Promising

Beim Online Order Promising ist das Ziel, eine sehr kurze Antwortzeit zu erreichen, was von den Kunden natürlich gewünscht ist. Wegen der sehr

¹⁶⁰Abbildung in Anlehnung an Fleischmann und Geier (2011) S. 206.

¹⁶¹Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 118.

¹⁶²Vgl. dazu Sürie (2011) S.52 und Dickersbach (2006) S. 26.

¹⁶³Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 118.

kurzen Antwortzeit wird dieses Vorgehen auch Real-time Order Promising genannt.¹⁶⁴ Dabei werden unmittelbar bei Eingang eines neuen Auftrags voraussichtliche Liefertermine und Liefermengen bestimmt und den Kunden mitgeteilt.¹⁶⁵ Dies hat zur Folge, dass für jeden Auftrag einzeln entschieden werden muss, ob die Zuteilung von ATP-Mengen zu diesem Auftrag ökonomisch und unternehmenspolitisch sinnvoll ist.¹⁶⁶

Die einfachste Möglichkeit der Auswahl von Aufträgen ist, neu eintreffenden Kundenaufträgen solange ATP-Mengen zuzuteilen, bis diese ATP-Mengen aufgebraucht sind. Diese *First-come-First-serve*-Strategie (FCFS) führt zwar zu einer Gleichbehandlung aller Aufträge, jedoch wird dabei nicht beachtet, dass Aufträge eine unterschiedliche Bedeutung für das Unternehmen haben können.¹⁶⁷ Gibt es Aufträge mit unterschiedlichen Prioritäten, kann der Fall eintreten, dass ATP-Mengen an Aufträge mit niedriger Priorität vergeben werden und Aufträge mit hoher Priorität nicht mehr erfüllt werden können. Durch die FCFS-Strategie kann dies im Engpassfall passieren. Für zeitlich nacheinander eintreffende Kundenaufträge werden einzeln Liefertermine bestimmt. Treffen dann zunächst viele Kundenaufträge mit niedriger Priorität ein, kann es sein, dass nicht mehr ausreichend ATP-Mengen für Aufträge mit hoher Priorität vorhanden sind und diese Aufträge somit einen späten Liefertermin bekommen oder ganz abgelehnt werden müssen.

Zum Schutz dieser hoch priorisierten Aufträge werden für das Online Order Promising häufig allokierte ATP-Mengen genutzt. Die Definition geeigneter Klassen und die Zuteilung von ATP-Mengen zu diesen Klassen ist aber im ATO/CTO-Fall schwierig. Besonders im CTO-Fall ergibt sich die Problematik unsicherer Nachfrage auf Komponentenebene, weil Konfigurationen der Endprodukte weitgehend frei wählbar sind.

Batch Order Promising

Ein Batch Order Promising bestimmt in bestimmten Zeitintervallen gleichzeitig für alle seit dem letzten Planungslauf eingetroffenen Aufträge geplante Liefertermine und Liefermengen.¹⁶⁸ Sind die Batching-Intervalle beispielsweise einen Tag lang, können über Nacht die Auftragsbestätigungen mit Lieferterminen bestimmt werden. Denkbar ist auch das Batch Order

¹⁶⁴Vgl. Ball et al. (2004) S.457.

¹⁶⁵Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 224 und Pibernik (2005) S. 242.

¹⁶⁶Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S. 198.

¹⁶⁷Vgl. z. Bsp. Kilger und Meyr (2010) S.217.

¹⁶⁸Vgl. Kilger und Meyr (2010) S. 224.

Promising immer dann durchzuführen, wenn eine bestimmte Anzahl neuer Aufträge eingegangen ist.¹⁶⁹

Der Vorteil des Batch Order Promising liegt in der Möglichkeit, eine größere Anzahl neuer Aufträge simultan zu betrachten. Dadurch stehen mehr Informationen über die Gesamtnachfrage zur Verfügung als beim Online Order Promising und es können innerhalb der Menge an neuen Aufträgen im Batch die Auswirkungen von festgelegten Lieferterminen auf die anderen Aufträge unmittelbar berücksichtigt werden.¹⁷⁰

Entsprechend den Unternehmenszielen werden dann die Liefertermine und –mengen für die Aufträge so bestimmt, dass ökonomische und unternehmenspolitische Ziele besser erreicht werden können als beim Online Order Promising. Beim Batch Order Promising können aber den neuen Aufträgen nicht sofort beim Eintreffen Liefertermine mitgeteilt werden, sondern die Antwortzeit ist abhängig von der Länge des Batching-Intervalls, im Allgemeinen also länger als beim Online Order Promising. Im ungünstigen Fall entspricht die Antwortzeit für Aufträge der Länge des Batching-Intervalls. Es muss also abgewogen werden zwischen der Güte der Entscheidungen des Order Promising und dessen Schnelligkeit.

Hybrides Order Promising

Ein Hybrides Order Promising entspricht einer zweistufigen Lieferterminbestimmung. Um die kurze Antwortzeit des Online Order Promising und das bessere Planungsergebnis des Batch Order Promising zu erzielen, kommt eine Kombination der beiden Verfahren zum Einsatz. Dieses hybride Order Promising bestimmt bei Eintreffen eines neuen Auftrags erste Liefertermine und –mengen. Diese werden im Rahmen eines später stattfindenden Batch-Prozesses weiter konkretisiert oder korrigiert.¹⁷¹ Bei dieser Kombination aus Online- und Batch-Strategien sind allerdings die ersten Zusagen nicht unbedingt zuverlässig, sondern werden in einem späteren Repromising korrigiert.¹⁷²

In Kapitel 4.1 wird ein Konzept für ein hybrides Order Promising vorgestellt und untersucht, ob und wie die Zuverlässigkeit dieses Verfahrens gesteigert werden kann.

¹⁶⁹Vgl. Pibernik (2003) S. 351.

¹⁷⁰Vgl. Pibernik (2003) S. 358.

¹⁷¹Vgl. Ball et al. (2004) S. 452.

¹⁷²Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S. 198.

2.4.3 Demand Supply Matching

Im ATO-Fall sind Aufträge nicht mit der Bestimmung eines ersten Liefertermins erfüllt, sondern weitere Prozessschritte müssen bis zur Erfüllung der Aufträge durchgeführt werden. Zwischen Auftragsbestätigung und Lieferung wird zusätzlich zur Distribution die Endmontage geplant und durchgeführt.¹⁷³ In der Zwischenzeit besteht immer die Gefahr, dass sich die Verfügbarkeitssituation an Komponenten oder Kapazität im Vergleich zur Situation beim Order Promising von Aufträgen ändert. Eine pünktliche Erfüllung von Aufträgen zum festgelegten Liefertermin ist nur möglich, wenn rechtzeitig die benötigten Mengen an Endprodukten gefertigt werden. Vor dem Start der Endmontage muss daher sichergestellt sein, dass alle benötigten Komponenten und ausreichend Kapazität für die Montage zur Verfügung steht.

Da im Order Promising meist keine feste Zuordnung von Beständen und Zugängen zu angenommenen Aufträgen stattgefunden hat, muss im Rahmen des *Demand Supply Matching* immer wieder der anonyme Supply mit dem bekannten Demand abgeglichen werden.¹⁷⁴ Dieser Abgleich erfolgt, indem die verfügbaren Bestände und Zugänge sowie Montagekapazitäten auf die angenommenen, aber noch nicht vollständig erfüllten Aufträge aufgeteilt werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass zu keinem Zeitpunkt die vorhandene Verfügbarkeit von Komponenten und Kapazitäten überschritten wird.

Die im Demand Supply Matching festgelegten Zuordnungen der Komponenten zu den Aufträgen determinieren die Liefertermine für die Aufträge. Durch das Demand Supply Matching ist somit eine Überprüfung der Liefertermine möglich, wodurch es sich zur Auftragsüberwachung eignet.¹⁷⁵ Es kann überprüft werden, ob zum bestätigten Liefertermin die benötigten Mengen an Endprodukten verfügbar sein können. Ist das der Fall, müssen bereits getätigte Lieferterminzusagen nicht geändert werden. Anderenfalls werden Änderungen an den Lieferterminen vorgenommen oder es wird versucht durch Engpassmaßnahmen versprochene Liefertermine zu halten. Bestehen Engpässe, die dazu führen, dass getroffene Lieferterminzusagen nicht haltbar sind, ist eine Möglichkeit die Verschiebung von Aufträgen auf einen späteren Liefertermin oder deren Stornierung, was zu einem Repromising führt. Teilweise ist es auch möglich, die Verfügbarkeitssituation so zu ver-

¹⁷³Vgl. Meyr (2003) S. 956.

¹⁷⁴Vgl. zum Demand Supply Matching unter anderem Meyr (2003) S. 956 oder Fleischmann et al. (2010) S.120f.

¹⁷⁵Vgl. auch Klein (2009) S. 107ff.

bessern, dass dadurch unter Umständen möglich, ein Repromising vermieden werden kann.

Denkbare Ereignisse, die zu den erwähnten Änderungen in der Verfügbarkeitssituation führen können, sind:

- ausbleibende Lieferungen bereits eingeplanter Zugänge,
- Reduzierung von verfügbaren Beständen, Zugängen oder Kapazitäten, z. Bsp. durch Inventurkorrekturen oder Korrekturen von Beschaffungsaufträgen,
- Änderungen in den Stammdaten, wie Änderung der Konfiguration eines Auftrags durch Kunden oder Änderungen von Wiederbeschaffungszeiten,
- Eintreffen neuer Aufträge mit hoher Priorität.

Solche Änderungen sind keineswegs außergewöhnlich, sondern treten regelmäßig auf und stellen somit den Alltag in fertigenden Unternehmen dar. So kann es immer vorkommen, dass Materialbestände aufgrund von Qualitätsproblemen für die Montage gesperrt sind oder Maschinen ausfallen, was die Verfügbarkeit senkt. Geplante Lieferungen können wegen unzuverlässiger Lieferzeiten verspätet oder gar nicht eintreffen.¹⁷⁶ Bei CTO können Kunden die ursprünglich bestellte Konfiguration der Endprodukte nach dem Order Promising ändern und dadurch eine vollkommen andere Konkurrenzsituation der Aufträge um die Komponenten erzeugen.

Änderungen der Verfügbarkeitssituation können aber auch darauf zurückzuführen sein, dass in der Zwischenzeit neue Aufträge eingegangen sind. Dies hat zur Folge, dass weitere Aufträge um die verfügbaren Komponentenmengen konkurrieren. Von hoher Bedeutung ist das dann, wenn sich die Aufträge hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für das Unternehmen unterscheiden. In diesem Fall kann ein Anreiz bestehen, die Liefertermine der hoch priorisierten Aufträge zu verbessern, indem eine Verschlechterung der Liefertermine niedrig priorisierter Aufträge akzeptiert wird. Das Demand Supply Matching hat die Einhaltung bereits versprochener Liefertermine zu minimalen Kosten für nötige Maßnahmen im Engpassfall zum Ziel.¹⁷⁷ Zusätzlich ist die Verbesserung bereits getroffener Lieferzusagen ein Ziel des Demand Supply Matching. Eine Verbesserung von Lieferterminen ist dann möglich, wenn der zugesagte Liefertermin in Richtung des Wunschtermins des Kunden verschoben werden kann. Lassen sich Engpässe nur teilweise oder gar

¹⁷⁶Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 120 f.

¹⁷⁷Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 308.

nicht zu akzeptablen Kosten auflösen, kann es nötig sein, dass Abweichungen von bereits zugesagten Lieferterminen entstehen und ein Repromising nötig machen. Die resultierenden Verspätungen sollten jedoch so gering wie möglich gehalten werden.

Zusammenfassend sind die Aufgaben des kurzfristigen Demand Supply Matching:

- die Zuordnung von Komponentenbeständen und –zugängen zu Aufträgen,
- die Zuordnung von Montagekapazität zu Aufträgen unter Sicherstellung der Zuordnung einer ausreichenden Menge an benötigten Komponenten zum Montagetermin für die geplante Montagemenge,
- die Bestimmung von Lieferterminen der Aufträge auf Basis der ermittelten Zuordnungen,
- die Überwachung der Liefertermine der Aufträge mit dem Ziel der Liefertreue,
- die Entscheidung über Maßnahmen für den Engpassfall.

Zwei Planungsanlässe sind für das Demand Supply Matching denkbar. Ein regelmäßiges Demand Supply Matching wird in bestimmten Planungsabständen durchgeführt. In Unternehmen wird das Demand Supply Matching meist jeden Tag durchgeführt, beispielsweise über Nacht. Aber auch eine ereignisbasierte Auslösung einer Neuplanung der Liefertermine durch das Demand Supply Matching ist möglich. Beispiele für derartige Anlässe sind die oben beschriebenen Ereignisse, soweit sie zu starken Änderungen der Verfügbarkeit führen. Durch die ereignisbasierte Neuplanung ist eine schnelle Reaktion auf Störungen und Änderungen der Situation möglich.

Abbildung 13 zeigt die Informationsflüsse des Demand Supply Matchings. Eingangsdaten für den Workflow sind Informationen zu Beständen und geplanten Zugängen von Komponenten sowie Montagekapazitäten.¹⁷⁸ Auf der Seite der Bedarfe werden die Informationen zu Auftragsmengen, Wunschterminen und bestätigten Terminen aller angenommenen, also mit einem Liefertermin versehenen, aber noch nicht erfüllten Aufträge benötigt. Die unter Umständen geänderten Liefertermine müssen in den Auftragsdaten gespeichert werden. Je nach Unternehmenspolitik werden diese Änderungen dem Kunden als Repromising seines Auftrags mitgeteilt oder nur unternehmensintern gespeichert. Das Unterlassen der Mitteilung eines Repromising

¹⁷⁸Vgl. Fleischmann und Meyr (2004) S. 314.

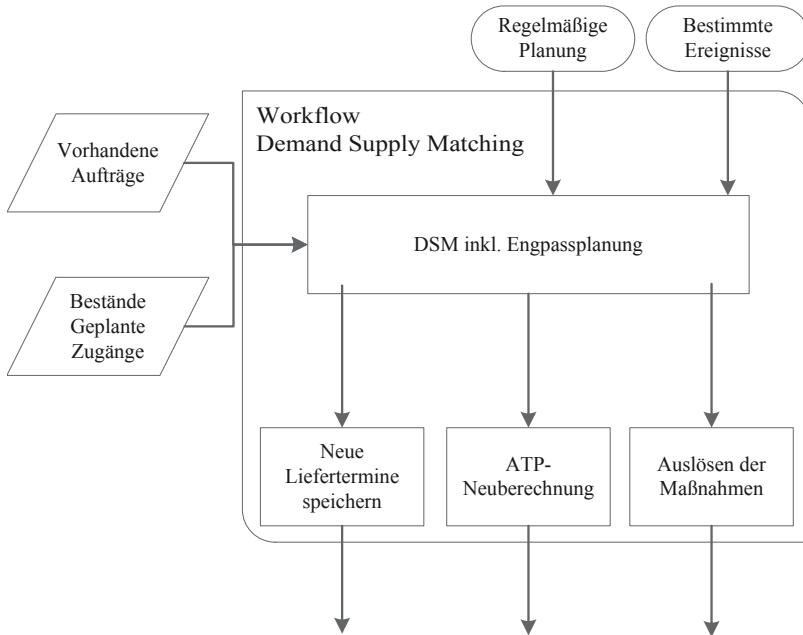


Abbildung 13: Workflow Demand Supply Matching

kann sinnvoll sein, wenn davon ausgegangen wird, dass die Änderung des Liefertermins nur vorübergehend ist oder ohnehin noch zusätzliche Änderungen notwendig werden.

Ein weiteres Ergebnis des Demand Supply Matching sind Maßnahmen der Engpassplanung, die umgesetzt werden müssen, um die festgelegten Liefertermine zu ermöglichen. Derartige Maßnahmen können als Beispiele zusätzliche Beschaffungen von Material und Produkten, die Substitution von Bestandteilen eines Auftrags oder Teillieferungen sein. Diese Maßnahmen müssen entsprechend veranlasst werden, da anderenfalls die geplanten Liefertermine nicht haltbar sein werden. Unabhängig von den genannten Auswirkungen oder dadurch ausgelöst kann es zu veränderten Zuteilungen der knappen Ressourcen auf die Aufträge kommen. Dies hat zur Folge, dass die ATP-Mengen für das Order Promising geändert werden müssen. Dieser Zusammenhang wird nun genauer betrachtet.

2.4.4 Zusammenhang der Planungsaufgaben des Demand Fulfillment

In diesem Abschnitt werden die vorgestellten Aufgaben und Prozesse des Demand Fulfillment in ihren logischen Zusammenhang gebracht. Dabei ist zunächst wichtig, dass die Aufgaben nicht in einem sequenziell ablaufenden Workflow stattfinden, sondern vielfältige Verbindungen zwischen diesen bestehen. Abbildung 14 zeigt die Informationsflüsse zwischen den wesentlichen Prozessen des Demand Fulfillment. Die Daten zu Beständen, geplanten Zugängen und Kapazitäten für die ATP-Kalkulation und das Demand Supply Matching stammen aus einer zentralen Datenquelle zur Lagerhaltung und der Produktionsplanung des Unternehmens. Alle vorhandenen Aufträge mit deren aktuellen Lieferterminen für das Demand Supply Matching werden in einer Auftragsverwaltung gespeichert. In diese Auftragsverwaltung werden auch die aktualisierten Auftragsdaten als Ergebnis des Demand Supply Matching geschrieben. Neue Aufträge erhalten über das Order Promising eine erste Lieferterminzusage und werden bis zur Erfüllung in der Auftragsverwaltung gespeichert. Die Eingangsdaten für das Order Promising neuer Aufträge sind neben dem Wunschtermin die ATP-Mengen. Diese werden im Prozess der ATP-Kalkulation aus den Ergebnissen des Demand Supply Matchings und den Informationen aus der Datenquelle ermittelt. In diesem Prozess kann eine Allokation stattfinden, für die detaillierte Prognosen benötigt werden.

Das Order Promising und das Demand Supply Matching finden nach einem bestimmten Ablaufschema im laufendem Wechsel statt. Während das Demand Supply Matching regelmäßig stattfindet, findet das Online Order Promising unregelmäßig, immer beim Eintreffen eines neuen Auftrags statt. Der Wechsel zwischen Demand Supply Matching und mehrmaligem Online Order Promising bedarf einer koordinierten Informationsweitergabe zwischen den beiden Prozessen. Diese Informationsflüsse zwischen dem Demand Supply Matching und dem Order Promising sind in Abbildung 15 dargestellt. Aktuelle Informationen über die Höhe von Beständen, geplanten Zugängen der Komponenten und geplanten Kapazitäten werden im Demand Supply Matching mit allen bisher bestätigten Aufträgen aus früheren Planungen des Order Promising abgeglichen.

¹⁷⁹Eigene Darstellung in Anlehnung an Fleischmann und Meyr (2003) S. 304, Klein (2009) S. 52 und Sürle (2011) S. 60.

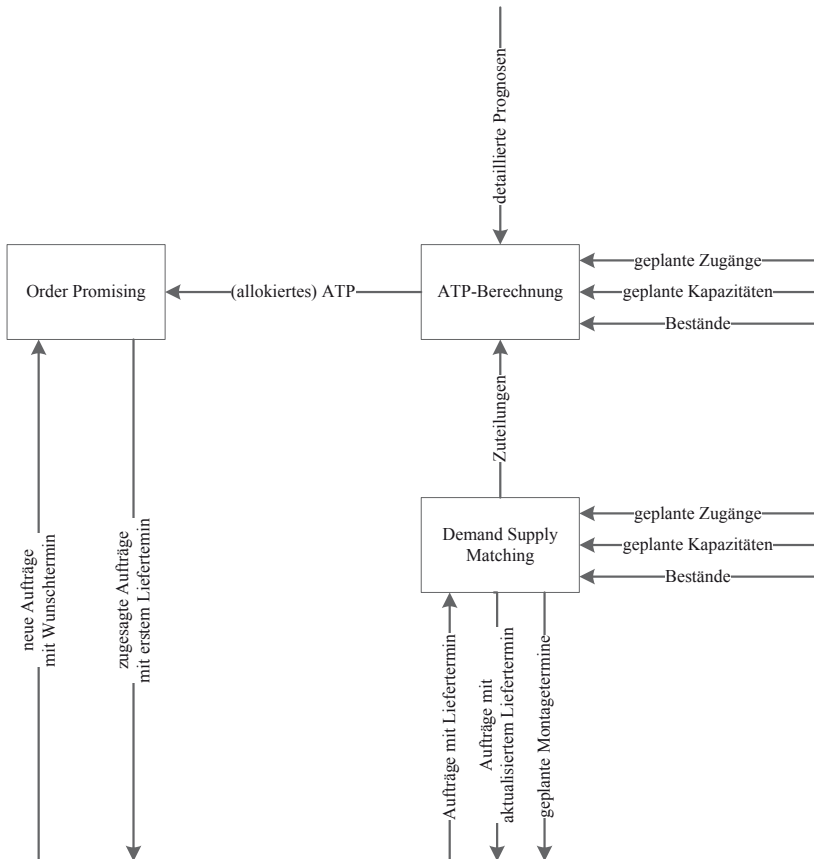


Abbildung 14: Zusammenhang der Aufgaben im Demand Fulfillment¹⁷⁹

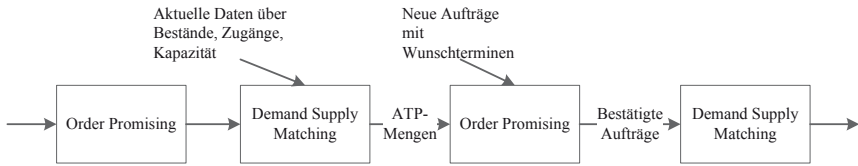


Abbildung 15: Zusammenhang von Demand Supply Matching und Order Promising

In den Abbildungen 14 und 15 ist dargestellt, wie das Order Promising über die Information der ATP-Mengen mit dem Demand Supply Matching verbunden ist. Das Order Promising beachtet die vorgegebenen ATP-Mengen und bestimmt somit auf Basis der bisher für Aufträge getroffenen Lieferzusagen die Liefertermine der neu eintreffenden Aufträge. Das Demand Supply Matching hingegen betrachtet alle getroffenen Lieferterminzusagen unter Beachtung der gesamten Verfügbarkeitssituation und kann die bisherigen Zusagen ändern. Dadurch kann das Demand Supply Matching die ATP-Mengen für das Order Promising ändern, aber auch die Lieferzusagen aus dem Order Promising.

Entscheidungen aus dem Order Promising haben entsprechend Auswirkungen auf das Demand Supply Matching, und umgekehrt. Das Order Promising ändert durch die Lieferterminbestimmung für Aufträge die Ausgangsdaten für das Demand Supply Matching. Durch das Order Promising gelangen neue Aufträge in das System des Demand Fulfillment, so dass für das Demand Supply Matching im Vergleich zu früheren Planungsläufen eine andere Konkurrenzsituation der Aufträge um die vorhandenen Mengen an Komponenten und Kapazitäten entsteht. Diese veränderte Situation muss in erneuten Planungsläufen des Demand Supply Matching beachtet werden.

Das Demand Supply Matching nimmt dafür eine erneute Zuordnung von den vorhandenen Mengen an Komponenten und Kapazitäten zu allen bereits angenommenen Aufträgen vor. Durch zusätzliche Aufträge und geänderte Daten der Komponentenmengen und Kapazitäten können sich bei Betrachtung der gesamten Angebots- und Bedarfssituation andere Zuordnungen von Komponenten und Kapazitäten zu Aufträgen ergeben als in früheren Planungsläufen des Demand Supply Matching oder beim Order Promising einzelner Aufträge. Dies kann dazu führen, dass bereits getrof-

fene Lieferterminzusagen aufgelöst und unerwünschte Repromisings durchgeführt werden müssen.

Das Demand Supply Matching und das Batch-Order Promising weisen zusätzliche Gemeinsamkeiten auf. Beide Aufgaben betrachten eine Menge an Aufträgen und zielen auf die Terminierung der Aufträge unter Beachtung der Verfügbarkeitssituation ab. Während beim Batch-Order Promising jedoch die ATP-Mengen überprüft werden, muss im Rahmen des Demand Supply Matching die gesamte Verfügbarkeit (ATP-Mengen und bereits für Aufträge verbrauchte ATP-Mengen) beachtet werden. Zudem unterscheidet sich die Anzahl der betrachteten Aufträge deutlich. Das Batch-Order Promising bestimmt Liefertermine nur für alle neu eingetroffenen Aufträge im zurückliegenden Batching-Intervall. Das Demand Supply Matching jedoch terminiert alle angenommenen, aber noch nicht erfüllten, Aufträge auf Basis der Verfügbarkeit. Der Umfang der Prüfung und die Problemgröße beim Demand Supply Matching sind somit wesentlich größer als beim Batch-Order Promising. Die Methoden sind aber für beide Aufgaben gleich.¹⁸⁰

In diesem Kapitel wurden die Prozesse des Demand Fulfillment für den ATO-Fall betrachtet und Besonderheiten für diesen Entkopplungspunkt analysiert. Die Besonderheit des Demand Fulfillment im ATO-Fall ist die im Vergleich zu MTS längere Durchlaufzeit, in der Änderungen der Verfügbarkeitssituation an Komponenten und Kapazität entstehen können, die ein Repromising notwendig machen. Freie Konfigurationen im CTO-Fall machen die Prognose von Bedarfen auf Komponentenebene sehr unzuverlässig, was ein Online Order Promising mit vorhergehender Allokationsplanung für Komponenten schwer macht. Der eben erläuterte Zusammenhang zwischen dem Demand Supply Matching und dem Order Promising ermöglicht ein hybrides Order Promising, das in Kapitel 4.1 vorgestellt und in Kapitel 5.4 getestet wird.

2.5 Bezug des Demand Fulfillment zur Supply Chain Planung

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Schnittstellen des Demand Fulfillment mit anderen Planungsaufgaben im Rahmen der Supply Chain Planung bereits mehrfach angedeutet. Die Abbildung 16 zeigt nun detailliert die Zusammenhänge des Demand Fulfillment mit anderen Modulen

¹⁸⁰Vgl. dazu Quante et al. (2009) S. 27.

der Supply Chain Planning Matrix. Diese Zusammenhänge werden im Folgenden genauer betrachtet und die verschiedenen Module und Aufgabenbereiche auch voneinander abgegrenzt.

2.5.1 Bezug zum Demand Planning

Das Demand Planning hat auf zwei Arten Einfluss auf das Demand Fulfillment. Zunächst ist klar, dass das Demand Planning für die Planungsprozesse vor dem Entkopplungspunkt die notwendigen Daten liefert. Dadurch hat die Qualität des Demand Planning maßgeblich Einfluss auf die Datenbasis des Demand Fulfillment. Der direkte Einfluss des Demand Planning auf das Demand Fulfillment ist bei der Allokationsplanung sichtbar. Die Zuteilung der ATP-Mengen zu Kontingenten erfolgt auf Basis prognostizierter Bedarfe für die entsprechenden Klassen. Dafür sind detaillierte Prognosen für die Bedarfe der Klassen notwendig. Deswegen ist die Allokationsplanung auch in Advanced Planning Systemen häufig Bestandteil des Demand Planning.¹⁸²

2.5.2 Bezug zur Lagerhaltung

Abbildung 14 und Abbildung 16 zeigen die besondere Rolle der Lagerhaltung als Datenlieferant für das Demand Fulfillment. Die im Rahmen des Bestandsmanagements erfassten aktuellen Bestände sind ja ein Teil der ATP-Mengen.¹⁸³

Im Bestandsmanagement bestimmte Sicherheitsbestände dienen der Berücksichtigung der Unsicherheiten in der Nachfrage und Wiederbeschaffung. Für das Demand Fulfillment ist es wichtig, dass die ATP-Mengen auch unter Einbeziehung der Sicherheitsbestände berechnet werden, dass diese Sicherheitsbestände also kurzfristig genutzt werden dürfen. Anderenfalls würde man den Sicherheitsbestand zwar anlegen, aber nie nutzen.¹⁸⁴ Leider wird das in Modellen für das Demand Fulfillment nicht immer berücksichtigt.

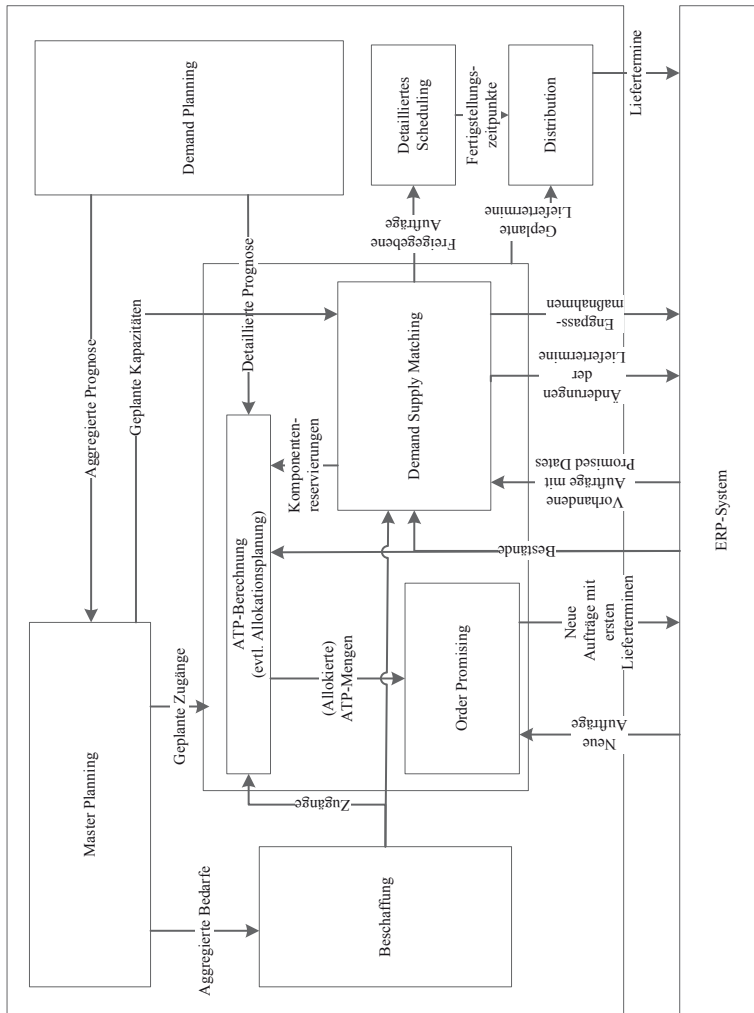
Durch die Festlegung der Sicherheitsbestände im Rahmen des Bestandsmanagement wird gleichsam die Notwendigkeit für das Demand Fulfillment

¹⁸¹Abbildung angelehnt an Sürle (2011) S. 60.

¹⁸²Vgl. Dickersbach (2006) S. 118.

¹⁸³Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S.201.

¹⁸⁴Vgl. Schwendinger (1979) S. 325.

Abbildung 16: Zusammenhänge und Informationsflüsse zwischen Modulen eines APS¹⁸¹

und die ATP-Planung definiert. Zur Vermeidung von zu hohen Fehlmenngen, aber auch zu hoher Bestände, wird im Bestandsmanagement meist auf die Einhaltung von Servicegraden abgezielt. Bei einem α -Servicegrad wird die Höhe der Sicherheitsbestände so festgelegt, dass ein eintreffender Auftrag mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in voller Höhe durch den physischen Bestand gedeckt ist. Hingegen wird durch ein Bestandsmanagement mit einem β -Servicegrad der Anteil der Nachfragemenge definiert, der durch den Bestand zum Zeitpunkt des Eintreffens neuer Aufträge gedeckt ist. Für die Analyse des Demand Fulfillment ist der γ -Servicegrad sehr interessant. Dieser misst die Entwicklung des Fehlbestandes, berücksichtigt also neben der Höhe der Fehlmenngen auch die Wartezeit bis zur Erfüllung der Aufträge.¹⁸⁵ Die Auslegung der Sicherheitsbestände erfolgt dann so, dass im Mittel der festgelegte Servicegrad eingehalten wird. Weil aber ein Servicegrad von 100% zu hohe Sicherheitsbestände erfordern würde oder überhaupt nicht erreichbar ist, werden in der Regel niedrigere Servicegrade angestrebt. Wird also beispielsweise ein α -Servicegrad von 99% angestrebt, dann besteht im Schnitt jeden Tag immer noch systematisch für 1% der neuen Aufträge das Problem, dass die vorhandenen ATP-Mengen nicht ausreichen, um die Aufträge pünktlich zu erfüllen.¹⁸⁶ Auch wenn ein γ -Servicegrad von 99% angestrebt wird, besteht weiterhin das Problem, dass für Aufträge entschieden werden muss, ob sie pünktlich, mit einer bestimmten Wartezeit oder gar nicht erfüllt werden. Durch das Bestandsmanagement wird aber nicht entschieden, welche Aufträge im Falle eines Engpasses von den genannten Maßnahmen betroffen sein sollen. Die Auswahl der Aufträge, die nicht termingerecht erfüllt werden können oder gegebenenfalls sogar abgelehnt werden müssen, ist dann genau die Aufgabe des Demand Fulfillment.

Dabei sollte in Erwägung gezogen werden, dass sich eine Verspätung der Aufträge ergibt, wenn Aufträge die Zugänge verbrauchen, die nach deren Wunschterminen liegen. Diese Zugänge fehlen dann unter Umständen für neu eintreffende Aufträge. Der Verbrauch von Zugängen durch neue Aufträge kann aber dazu führen, dass die Wartezeit für alte Aufträge immer länger wird. Werden hingegen alte Aufträge mit neu eintreffenden Zugängen bedient, hat dies zur Folge, dass für neue Aufträge Fehlmenngen auftreten. Das Demand Fulfillment muss also abwägen, für welche Aufträge eine verspätete Lieferung infrage kommt und für welche Aufträge nur eine Ablehnung bleibt. Durch Anpassung der Beschaffungen kann versucht werden, den Engpässen entgegenzuwirken. Jedoch werden bei Beibehaltung des an-

¹⁸⁵Vgl. zur Bestimmung von Sicherheitsbeständen und Servicegraden unter anderem Tempelmeier (2006).

¹⁸⁶Vgl. dazu Fleischmann und Meyr (2003) S. 309.

gestrebten Servicegrads immer wieder Fehlmengen auftreten, die Aufträgen zugeteilt werden müssen.

Besonders die Bestandsplanung für Komponenten im ATO-Fall verursacht große Probleme. Aufträge können nur dann erfüllt werden, wenn alle benötigten Komponenten verfügbar sind. Je höher aber die Anzahl benötigter Komponenten für einen Auftrag ist, umso unwahrscheinlicher wird die gleichzeitige Verfügbarkeit aller Komponenten und somit auch ein Liefertermin ohne Verspätung.¹⁸⁷ Dieses Planungsproblem wird noch komplizierter, wenn im CTO-Fall zusätzlich auftragsspezifische Konfigurationen möglich sind. Dies erschwert wieder eine verlässliche Bedarfsprognose für Komponenten, was Auswirkungen auf die Sicherheitsbestandsplanung hat.

Ein weiterer Aspekt aus dem Demand Fulfillment ist die Wartezeit des Kunden, die in klassischen Modellen zum Bestandsmanagement meist nicht adäquat abgebildet wird.¹⁸⁸ Wie bereits erläutert wurde, sind Kunden aber bereit bestimmte Verspätungen ihrer Aufträge zu akzeptieren.

Die Notwendigkeit von Ablehnungen und Verspätungen in begrenztem Umfang wird also durch das Bestandsmanagement zu Recht in Kauf genommen. Aber die Frage, wie damit umgegangen werden soll, wird dadurch nicht beantwortet. Das Bestandsmanagement akzeptiert Ablehnungen und Verspätungen von Aufträgen als Möglichkeiten der bei der Engpassplanung angesprochenen internen Flexibilität eines Unternehmens. Das Demand Fulfillment nutzt die externe Flexibilität der Kunden um die Nachfrage anzupassen, während die Verfügbarkeit der Produkte fixiert ist.¹⁸⁹ Methoden des Demand Fulfillment können also versuchen, die Auswirkungen mangelnden Bestandsmanagements abzumildern, indem als Beispiel wichtige Aufträge durch Allokation von ATP-Mengen bedient werden können. Jedoch können Fehlmengen dadurch im Regelfall nicht vermieden werden. Sowohl das Bestandsmanagement als auch das Demand Fulfillment sind somit notwendige Prozesse im Rahmen der Unternehmensplanung und -Steuerung.

2.5.3 Bezug zu Master Planning und Produktionsplanung

Wie man in Abbildung 16 sieht, sind im ATO-Fall die Verbindungen zwischen der Planung der Produktion und dem Demand Fulfillment sehr eng.

¹⁸⁷Vgl. Tempelmeier (2006) S. 40.

¹⁸⁸Vgl. Tempelmeier (2000) S. 374.

¹⁸⁹Vgl. Quante et al. (2009) S. 43

Master Planning und Demand Supply Matching versuchen beide, einen Abgleich zwischen Angebot und Nachfrage zu erreichen. Bei der Verwendung des Begriffes Demand Supply Matching muss aber darauf geachtet werden, dass es sich dabei im Demand Fulfillment um eine sehr kurzfristige Aufgabe handelt. Der Abgleich von Angebot und Nachfrage erfolgt hier im Wesentlichen auf Basis von vorhandenen Beständen und bereits verlässlichen Zugängen. Im Gegensatz zu einem mittelfristigen Demand Supply Matching, wie beispielsweise durch das Master Planning, bestehen hier nur sehr geringe Möglichkeiten, die ATP-Mengen noch zu beeinflussen. Dagegen wird im Master Planning davon ausgegangen, dass sowohl die Kapazitäten als auch die Materialzugänge beeinflusst werden können. Die Aufgabe des Master Planning ist gerade, die Kapazitäten und Produktionsmengen so zu koordinieren, dass die prognostizierten Bedarfe erfüllt werden können.¹⁹⁰ Dabei wird jedoch mit aggregierten Bedarfsdaten und Kapazitätsdaten geplant, da die Qualität der Daten in der mittelfristigen Planung für eine detaillierte Planung nicht ausreichend ist.¹⁹¹ Die zeitliche Granularität der Daten und Entscheidungen ist sehr grob, häufig auf Wochen- oder Monatsbasis.¹⁹² Durch die anschließende Materialbedarfsrechnung wird ermittelt, welche Mengen an einzelnen Komponenten oder Material beschafft werden müssen. Aus diesen Ergebnissen des Master Planning und den tatsächlichen Auftragseingängen bestimmen sich dann die ATP-Mengen.¹⁹³

Die Beachtung knapper Ressourcen im Demand Fulfillment betrifft die Komponenten und die Produktionskapazität. Eine Aggregation von Daten sollte dabei nicht stattfinden, weil dadurch die Genauigkeit der Informationen über die Verfügbarkeitssituation abnimmt. Daher sind die ATP-Mengen meist auf Tagesbasis.¹⁹⁴

Im Gegensatz dazu plant das Demand Supply Matching aufgrund der Kurzfristigkeit der Planungsaufgabe mit sehr detaillierten Daten. Das Demand Supply Matching kann somit als Teil einer kurzfristigen Produktionsplanung angesehen werden.¹⁹⁵ Es bestimmt im ATO-Fall ja letztendlich die Fertigungszeitpunkte der Aufträge, die dann an die Produktionsplanung weitergegeben werden. Diese hat eine noch feinere Granularität für die Planung, nämlich stundengenau oder sogar in kontinuierlicher Zeit.¹⁹⁶ Eine Betrachtung der Verfügbarkeitssituation findet nur grob statt, da davon

¹⁹⁰Vgl. Rohde und Wagner (2010) S. 190.

¹⁹¹Vgl. Rohde und Wagner (2010) S. 185.

¹⁹²Vgl. Rohde und Wagner (2010) S. 192.

¹⁹³Vgl. Fleischmann und Meyr (2003) S. 506.

¹⁹⁴Vgl. Sürle (2011) S.53.

¹⁹⁵Vgl. Quante et al. (2009) S.27.

¹⁹⁶Vgl. Stadler (2010a) S. 236.

ausgegangen wird, dass die vorgelagerten Planungsaufgaben wie das Demand Supply Matching für ausreichende Versorgung der Produktion beziehungsweise keine Überlastung der Produktion sorgen. Fehlende Mengen an Material oder fehlende Kapazitäten werden wieder an hierarchisch höher gelegene Planungsaufgaben weitergegeben werden, die diesen Engpass beheben sollen.¹⁹⁷

Eine wichtige Funktion der Produktions- und Beschaffungsplanung für viele Anwendungsfälle des Demand Fulfillment ist deshalb das Bereitstellen von Informationen über geplante Zugänge an Produkten oder Komponenten. Diese Informationen werden im Rahmen des Demand Fulfillment unter anderem benötigt, um die ATP-Mengen zu ermitteln. Es ist zu beachten, dass zeitnahe Zugänge aus den bereits ausgelösten Fertigungsaufträgen und Beschaffungsaufträgen stammen, die sich aus der kurzfristigen Produktions- und Beschaffungsplanung ergeben. Weiter in der Zukunft liegende Zugänge stammen eher aus dem Master Planning.¹⁹⁸ Es ist für das Demand Fulfillment wichtig, dass die Daten aus dem Master Planning verlässlich sind, weil ja die Aussagen des Demand Fulfillment zu einem großen Teil auf diesen beruhen.¹⁹⁹ Leider ist bei diesen Zugängen die Unsicherheit bezüglich ihrer Realisierung aber größer als bei den davor genannten, kurzfristig bereits veranlassten Zugängen. Andererseits besteht bei den weiter in der Zukunft liegenden Zugängen des Master Planning zumindest zum Teil noch die Möglichkeit, diese im Rahmen des Demand Fulfillment zu beeinflussen und gegebenenfalls zu erhöhen.

Neben der Funktion als Datenlieferant für das Demand Fulfillment bestehen zur Produktionsplanung weitere Schnittstellen. Im Demand Fulfillment besteht häufig die Möglichkeit, direkt auf die Produktionsplanung einzuwirken.²⁰⁰ Im ATO-Fall werden durch das Demand Fulfillment Liefertermine bestimmt, die für die Produktionsplanung die spätesten Fertigstellungszeitpunkte der Aufträge bestimmen. Diese Liefertermine aus dem Demand Fulfillment werden deshalb als Vorgabe an die detaillierte Produktionsplanung weitergeleitet. Diese wiederum legt die genaue Produktionsreihenfolge im Hinblick auf eine kosten- oder zeitorientierte Zielsetzung fest.²⁰¹ Dabei kann es durchaus sein, dass die festgelegten Liefertermine (respektive der daraus ableitbaren spätesten Fertigstellungstermine) nicht mit den Planungsergebnissen aus der Produktionsplanung übereinstimmen. Die Gründe dafür liegen in der Losgrößenbildung und der Reihenfolgeplanung während der Produk-

¹⁹⁷ Vgl. Stadtler (2010b) S.34.

¹⁹⁸ Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S. 201.

¹⁹⁹ Vgl. Silver et al. (1998) S. 541.

²⁰⁰ Vgl. Silver et al. (1998) S. 540.

²⁰¹ Vgl. Stadtler (2010a) S. 240.

tionsplanung.²⁰² Es sollte jedoch vermieden werden, dass sich durch die Produktionsplanung die Liefertermine der Aufträge verspäten. Eine Montage vor dem festgelegten spätesten Montagetermin auf Basis der Ergebnisse des Demand Fulfillment ist bis auf die daraus resultierende Lagerung unproblematisch.

2.5.4 Bezug zum Demand Management und Revenue Management

Abgegrenzt werden muss das Demand Fulfillment vom sogenannten Demand Management. Demand Management beschreibt ganz allgemein die Fähigkeit eines Unternehmens, die Kundenbedarfe zu verstehen und diese mit den Ressourcen eines Unternehmens abzustimmen.²⁰³ Darunter fallen jedoch nicht nur die Prognose von Bedarfen, sondern auch Maßnahmen zur Steuerung der Bedarfe.²⁰⁴

Dazu gehört auch das aus der Airline-Industrie stammende Revenue Management. Es versucht unter dem Ziel der Gewinnmaximierung eine begrenzte Menge an verderblichen Ressourcen auf Kunden unterschiedlicher Klassen oder mit unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften zuzuteilen. Dazu werden Ressourcen reserviert in der Erwartung, dass in der Zukunft gewinnbringendere Kundennachfrage eintrifft.²⁰⁵ Diese Konzepte des Revenue Management werden inzwischen auch auf produzierende Unternehmen angewandt. Die Allokation von ATP-Mengen zu Kundenklassen oder Produktsegmenten entspricht genau diesem Gedanken.²⁰⁶

Eine weitere Möglichkeit der Steuerung der Nachfrage ist, auf Basis der vorhandenen Ressourcen produzierbare Produkte zu ermitteln. Im Rahmen einer ATO-Fertigung können so auf Basis der verfügbaren Vorprodukte die herstellbaren Endprodukte bestimmt werden.²⁰⁷ Wenn im Falle eines Engpasses das ursprünglich gewünschte Produkt gar nicht oder nicht bis zum Wunschtermin verfügbar ist, kann den Kunden anstatt der Wunschkonfiguration eine Alternativkonfiguration angeboten werden. Deswegen wird dieses Konzept auch als available-to-sell bezeichnet. Es ähnelt einem rückwärts gerichteten Material Requirements Planning (reverse MRP).²⁰⁸

²⁰²Vgl. Stadtler (2010a) S. 231.

²⁰³Vgl. Croxton et al. (2002) S. 51.

²⁰⁴Vgl. Rexhausen et al. (2012) S. 269.

²⁰⁵Vgl. Klein und Steinhardt (2008) S. 69ff.

²⁰⁶Vgl. Quante et al. (2009) S. 47.

²⁰⁷Vgl. Ervolina et al. (2009) S.258.

²⁰⁸Vgl. Gupta und Taleb (1994) S.1858.

Zusammenfassend hat das Demand Fulfillment viele Schnittstellen zu anderen Aufgaben bei der Planung einer Supply Chain. Das Demand Planning liefert Prognosen für die Prozesse vor dem Entkopplungspunkt und gegebenenfalls Informationen für die Allokationsplanung im Demand Fulfillment. Das Bestandsmanagement koordiniert die Höhe der Bestände und Zugänge an Komponenten, auf denen die Lieferterminplanung im Demand Fulfillment stattfindet. Das Demand Fulfillment wiederum hat die Aufgabe, auf Engpässe dieser Bestände zu reagieren. Durch die Lieferterminplanung im Demand Fulfillment bei Assemble-to-Order-Fertigung werden für die detaillierte Produktionsplanung die geplanten spätesten Fertigstellungstermine der Endprodukte festgelegt. Ein Aspekt im Demand Fulfillment ist die Auswahl wichtiger Aufträge für das Unternehmen, was einen Bezug zum Revenue Management herstellt. Im folgenden Kapitel werden Kennzahlen vorgestellt, mit denen eine Messung der Qualität des Demand Fulfillment möglich ist.

2.6 Kennzahlen für das Demand Fulfillment

Es stellt sich die Frage, wie man neue Methoden für das Demand Fulfillment oder die Durchführung des Demand Fulfillment in der Praxis bewerten und vergleichen kann. Häufig findet man als Ausdruck für die Qualität des Demand Fulfillment den Begriff des Lieferservice.²⁰⁹ Dieser abstrakte Begriff wird üblicherweise durch mehrere Kennzahlen konkretisiert, welche die Qualität des Demand Fulfillment abbilden und aggregieren.²¹⁰ Mögliche Kennzahlen werden nun vorgestellt, nämlich die Ablehnungsquote, die Lieferfähigkeit, die Lieferzeit und die Liefertreue.

Einige der folgenden Kennzahlen können ereignisbezogen (Anzahl der Aufträge) oder mengenbezogen (Auftragsmengen) betrachtet werden.²¹¹ Neben der Messung von Kennzahlen auf Basis aller Aufträge kann eine Differenzierung der Kennzahlen nach Kundengruppen erfolgen. Die Idee der Kundengruppen ist bereits im Abschnitt 2.4.1 als Grundlage der Allokationsplanung diskutiert worden.

²⁰⁹Vgl. z.B. Günther und Tempelmeier (2007) S. 57 und Pfohl und Zöllner (1991) S. 327.

²¹⁰Vgl. Pfohl und Zöllner (1991) S. 327.

²¹¹Vgl. z.B. Pfohl (2010) S. 37f. und Fischer (2001) S. 108ff.

Ablehnungsquote

Eine Kennzahl ist der Anteil der abgelehnten Aufträge. Werden keine expliziten Ablehnungen für Aufträge ausgesprochen, kann man unter den angenommenen Aufträgen die Aufträge verstehen, die innerhalb eines akzeptablen Zeithorizonts vom Unternehmen an die Kunden geliefert werden können. Aufträge mit einem festgelegten Liefertermin, der sehr weit in der Zukunft liegt, werden somit als abgelehnte Aufträge angesehen. Die Ablehnungsquote entspricht dann letztendlich:

$$\begin{aligned} & \text{auftragsbezogene Ablehnungsquote} \\ &= \frac{\text{Anzahl abgelehnte Aufträge}}{\text{Gesamtanzahl eingegangener Aufträge}} \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} & \text{auftragsmengenbezogene Ablehnungsquote} \\ &= \frac{\text{Gesamtmenge der abgelehnten Aufträge}}{\text{Gesamtmenge der eingegangenen Aufträge}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die Addition der Mengen von Aufträgen für verschiedene Produkte problematisch ist. Um dieses Problem zu umgehen, ist beispielsweise eine differenzierte Betrachtung für Auftragsmengen nach ähnlichen Produktreihen oder nach Kundengruppen denkbar.

Lieferfähigkeit

Ein weiterer Qualitätsaspekt des Demand Fulfillment ist die Frage, wie gut es einem Unternehmen gelingt, die Kundenwünsche bezüglich der Aufträge zu erfüllen. In Abschnitt 2.2 wurde die pünktliche Lieferung als ein Ziel im Demand Fulfillment genannt. Unter einer pünktlichen Lieferung versteht man die Lieferung zum Wunschtermin des Kunden.²¹² Die Kennzahl Lieferfähigkeit misst dementsprechend den Anteil der Aufträge, die zum Wunschtermin bestätigt werden können.²¹³

Unter Lieferfähigkeit versteht man somit die Fähigkeit, Aufträge zu dem Wunschtermin der Kunden bestätigen zu können.²¹⁴

$$\begin{aligned} & \text{auftragsbezogene Lieferfähigkeit} \\ &= \frac{\text{zum Wunschtermin bestätigte Anzahl Aufträge}}{\text{Gesamtanzahl eingegangener Aufträge}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

²¹²Vgl. Poluha (2010) S. 152.

²¹³Vgl. Fischer (2001) S. 109.

²¹⁴Berechnung in Anlehnung an Fischer (2001) S. 109.

auftragsmengenbezogene Lieferfähigkeit

$$= \frac{\text{zum Wunschtermin bestätigte Auftragsmenge}}{\text{Gesamtmenge der eingegangenen Aufträge}} \quad (2.4)$$

Häufig ist eine Bestätigung zum Wunschtermin nicht möglich, aber zu einem Termin, der diesem Wunschtermin sehr nahe liegt. Kunden akzeptieren in der Regel kurze Verspätungen.²¹⁵ Im Fall einer Lieferunfähigkeit zum Wunschtermin interessiert den Kunden besonders, wie lange er warten muss.²¹⁶ Entsprechend kann die Kennzahl Lieferfähigkeit um die Wartezeit der Kunden erweitert werden.

Lieferfähigkeit (X)

$$= \frac{\text{im Zeitraum (Wunschtermin + X Tage) bestätigte Anzahl Aufträge}}{\text{Gesamtanzahl eingegangener Aufträge}} \quad (2.5)$$

Wichtig hierbei ist, dass eine wunschgerechte Zusage eines Liefertermins nicht ausreichend ist, sondern dass die Lieferung auch zu diesem zugesagten Termin stattfinden muss.

Lieferzeit

Eine weitere Kennzahl ist die bereits angesprochene Lieferzeit für den Kunden.²¹⁷ Die Lieferzeit eines Auftrags ist meist als Zeitraum zwischen Eintreffen eines Auftrags und dessen Erfüllung definiert.²¹⁸ Wünscht ein Kunde eine Lieferung zu einem in der Zukunft liegenden Wunschtermin, interessiert ihn eher die Wartezeit nach diesem Wunschtermin. Die Wartezeit des Kunden auf die Erfüllung des Auftrags entspricht dann letztendlich der Verspätung seines Auftrags. Überlegungen zu dieser Kennzahl existieren im Bereich der Warteschlangentheorie²¹⁹, fehlen aber in der Literatur zum Demand Fulfillment weitgehend. Die Wartezeit lässt sich jedoch einfach nach folgender Berechnung ermitteln:

$$\begin{aligned} &\text{Wartezeit} \\ &= \max(\text{zugesagter Liefertermin} - \text{Wunschtermin des Auftrags}; 0) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dabei wird die Wartezeit eines Kunden bei einem zugesagten Liefertermin nach dem Wunschtermin gemessen. Neben der verspäteten Lieferung ist

²¹⁵Vgl. dazu auch Abschnitt 1.4.1

²¹⁶Vgl. Tempelmeier (2006) S. 33.

²¹⁷Vgl. z.B. Pfohl und Zöllner (1991) S. 332 oder Tempelmeier (2006) S. 33ff.

²¹⁸Vgl. z.B. Pfohl und Zöllner (1991) S. 35.

²¹⁹Vgl. z.B. Song et al. (1999) S. 131.

jedoch auch eine zu frühe Lieferung denkbar, die zu Beständen führt. Der Fall der zu frühen Lieferung ist aber für die Kunden weniger kritisch.

Die durchschnittliche Wartezeit der angenommenen Aufträge errechnet sich dann gemäß:

$$\begin{aligned} & \text{mittlere Wartezeit angenommener Aufträge} \\ &= \frac{\sum \text{Wartezeit angenommener Aufträge}}{\text{Anzahl angenommener Aufträge}} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Pünktliche Lieferungen, als Liefertermine am Wunschtermin, verursachen keine Wartezeit bei Kunden, senken aber den genannten Mittelwert der Wartezeit aller Aufträge. Kunden, deren Aufträge nicht zum Wunschtermin erfüllt werden, haben die durchschnittliche Wartezeit:

$$\begin{aligned} & \text{mittlere Wartezeit verspäteter Aufträge} \\ &= \frac{\sum \text{Wartezeit angenommener Aufträge}}{\text{Anzahl verspäteter, angenommener Aufträge}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Liefertreue

Die Fähigkeit einmal zugesagte Liefertermine auch einhalten zu können, wird mit der Kennzahl Liefertreue gemessen. Für die Kennzahl Liefertreue werden die Aufträge erfasst, die den bestätigten Liefertermin tatsächlich halten können.²²⁰ Die Liefertreue hängt davon ab, wie zuverlässig die Liefertermine im Order Promising bestimmt wurden, aber auch ob bei der Durchführung des Demand Fulfillment Änderungen notwendig wurden.²²¹

$$\text{Liefertreue} = \frac{\text{Anzahl zum First Promised Date gelieferter Aufträge}}{\text{Gesamtanzahl angenommener Aufträge}} \quad (2.9)$$

Können erste bestätigte Liefertermine nicht mehr gehalten werden, wird ein Repromising eines Auftrags durchgeführt. Die Vermeidung zu häufiger Repromisings von Aufträgen wurde ja bereits als weiteres Ziel des Demand Fulfillment genannt. Daher ist ein weiteres Qualitätsmaß im Demand Fulfillment die Anzahl der nötigen Repromising für Aufträge. Eine geeignete

²²⁰Vgl. Pfohl (2010) S. 35.

²²¹Vgl. Sürle und Wagner (2010) S. 58, die Berechnung erfolgt in Anlehnung an Fischer (2001) S. 110.

Kennzahl kann dabei die *mittlere Anzahl an Repromisings je Auftrag* sein. Kommt es zu Repromisings von Aufträgen, dann kann zusätzlich die Abweichung der Second, Third oder noch höheren Promised Dates vom First Promised Date ermittelt werden. So kann die Verspätung der tatsächlichen Lieferung eines Auftrags zum First Promised Date mit folgender Formel gemessen werden.

$$\text{Verspätung} = \text{Termin der tatsächlichen Lieferung} - \text{First Promised Date} \quad (2.10)$$

Demnach ergibt sich die Kennzahl der mittleren Verspätung der Aufträge über:

$$\text{mittlere Verspätung} = \frac{\sum \text{Verspätung angenommener Aufträge}}{\text{Anzahl angenommener Aufträge}} \quad (2.11)$$

Die Kennzahlen Lieferfähigkeit oder Liefertreue können auch monetär auf Basis der Kosten oder Umsätze von Produkten bewertet werden.²²² Ebenso können Kosten für die Auftragsabwicklung angegeben werden.²²³

Messung der Verfügbarkeit von Komponenten

Im ATO-Fall werden die Ergebnisse des Demand Fulfillment durch die Verfügbarkeit der Komponenten beeinflusst. Die Verfügbarkeitssituation über alle Komponenten für ein gesamtes System zu bestimmen, ist nicht mit einer einzelnen Kennzahl möglich. Vielmehr müssen mehrere Kennzahlen herangezogen werden, um ein Bild der Gesamtverfügbarkeit zu erhalten.

In Kapitel 2.4.1 wurde der Engpassfall definiert. Davon ausgehend kann nun der Anteil der Komponenten bestimmt werden, die einen Engpass darstellen. Für diese Komponenten reichen die Bestände und geplanten Zugänge innerhalb des Planungszeitraums nicht aus, um den Bedarf zu decken. Der Anteil der Engpasskomponenten lässt sich einfach bestimmen über:

$$\text{Anteil Engpasskomponenten} = \frac{\text{Anzahl Engpasskomponenten}}{\text{Anzahl Komponenten}} \quad (2.12)$$

Zudem kann die Verfügbarkeit für eine Komponente innerhalb des Planungszeitraums ermittelt werden:

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Bestand und Zugänge einer Komponente}}{\text{benötigte Menge einer Komponente}} \quad (2.13)$$

²²²Vgl. Fischer (2001) S. 108ff.

²²³Vgl. Pfohl und Zöllner (1991) S. 333.

Durch diese Darstellung wird jedoch die tatsächliche Verfügbarkeit nur näherungsweise wiedergegeben. Die zeitliche Differenz zwischen Bedarfszeitpunkt und Verfügbarkeitszeitpunkt wird dabei nicht berücksichtigt.

2.7 Planungssituation in der Praxis

Dieser Abschnitt dient dazu, die konkrete Planungssituation des Demand Fulfillment für eine ATO-Fertigung in der Praxis darzustellen. Dazu werden zunächst die Besonderheiten der Computerindustrie dargestellt. Anschließend wird das Demand Fulfillment in der Praxis eines Computerherstellers erklärt. Ausgehend davon werden die Anforderungen an Methoden des Demand Fulfillment bei einer ATO-Fertigung abgeleitet.

2.7.1 Besonderheiten der Computerindustrie

In dieser Arbeit wird die auftragsbasierte Montage von Endprodukten betrachtet. Dafür werden nun die Charakteristika von Computer-Herstellern als spezielles Beispiel einer solchen Branche genauer analysiert. Die folgenden Eigenschaften gelten aber zum Teil auch für andere Bereiche der Elektronik-Industrie.

Ursprünglich wurden PCs von den Computerherstellern mit sehr hoher eigener Wertschöpfung auf Basis von Prognosen hergestellt. Dies hatte zur Folge, dass die hohen Bestände an Endprodukten und deren rasche Alterung wegen kurzer Lebenszyklen zu hohen Kosten bei den PC-Herstellern führten.²²⁴ Deshalb entwickelten Hersteller Geschäftsmodelle, die Computer nur noch auf Basis von Kundenaufträgen zu fertigen, wodurch die Endproduktbestände reduziert werden konnten.²²⁵ Damit verbunden war eine weitgehende Verlagerung der Herstellung von Komponenten für die Computertfertigung an externe Zulieferer.

Ein Computer ist aus zahlreichen Komponenten aufgebaut. Dazu gehören Prozessoren, Speicher oder Peripheriegeräte, aber auch Hauptplatinen und Gehäuse. Diese werden von sehr spezialisierten Unternehmen entwickelt und hergestellt. Die Komponenten werden dann von wenigen großen Computerherstellern zu Endprodukten zusammengebaut und vertrieben.²²⁶

²²⁴Vgl. Dedrick und Kraemer (2010) S. 291ff

²²⁵Vgl. Dedrick und Kraemer (2005) S. 122.

²²⁶Vgl. Dedrick und Kraemer (2005) S. 125.

Dadurch ergibt sich eine typische Supply Chain mit wenigen Partnern. Computerhersteller beziehen die Komponenten von wenigen Zulieferern und fertigen daraus die Endprodukte. Diese werden entweder direkt an die Endkunden geliefert²²⁷ oder über Distributoren und Einzelhändler²²⁸ an die Endkunden verkauft. Die Hersteller erhalten also die Aufträge entweder direkt von den Endkunden oder von den Einzelhändlern.

Das Endprodukt Computer kann entweder als feste Konfiguration oder als offene Konfiguration angeboten werden.²²⁹ Feste Konfigurationen können direkt als Endprodukt mit einer Materialnummer vom Kunden bestellt werden. Offene Konfigurationen hingegen müssen im Auftrag weiter spezifiziert werden. In diesem Konfigurationsschritt müssen Prozessoren, Festplatten, Grafikkarten, Speicher, etc. durch den Kunden bestimmt werden. Lediglich Basiskomponenten wie Gehäuse oder die Stromversorgung haben dann eine feste Materialnummer. Das daraus resultierende Endprodukt hat meist keine eigene Materialnummer, sondern wird häufig durch den Zusatz „configure-to-order“²³⁰ oder kurz „CTO“ markiert. Es ist auch möglich, die Konfiguration durch eine fixierte Zuordnung („hard pegging“) der Materialnummer der Basiseinheit an den Auftrag zu binden, oder eine neue Materialnummer wird für jede Konfiguration angelegt.²³¹

Da bei der festen Konfiguration die Stücklisten für die Endprodukte bekannt sind, können diese prinzipiell als MTS gefertigt werden. Bei offenen Konfigurationen ist die Stückliste erst mit einem konkreten Kundenauftrag bekannt, weshalb nur eine ATO-Fertigung infrage kommt. In dem in Kapitel 5 betrachteten Anwendungsfall beträgt der Anteil konfigurierbarer Teile in der Endfertigung der Computer circa 55% der Stücklistenpositionen. Dies hat zur Folge, dass eine Prognose der genauen Konfigurationen von Endprodukten, wie sie von den Kunden gewünscht werden, nur schwer oder überhaupt nicht möglich ist.

Aufgrund der Gefahr der Überalterung von Endproduktbeständen werden inzwischen sowohl offene als auch feste Konfigurationen nur mit konkretem Auftragsbezug gefertigt.²³²

²²⁷Vgl. Kraemer und Dedrick (2002) S. 2; Dell vertreibt 90% seiner PCs direkt an die Endkunden.

²²⁸Vgl. Kilger (2008) S.382.

²²⁹Vgl. Cheng et al. (2005) S. 41 und Kilger (2008) S. 383.

²³⁰S. Kilger (2008) S. 391.

²³¹Vgl. Kilger (2008) S. 383.

²³²Vgl. Dedrick und Kraemer (2005) S. 122.

Der Fertigungsprozess in der Computerindustrie besteht aus den Schritten des Zusammenbauens der Komponenten und des anschließenden Testens und Verpacken.²³³

Die Wiederbeschaffungszeiten der Computer-Komponenten sind größtenteils sehr lang.²³⁴ Je nach Komponententyp können diese wenige Tage bis zu mehrere Monate betragen.²³⁵ Die Fertigungskapazitäten sind hingegen nur selten knapp oder können sogar teilweise kurzfristig angepasst werden. Daraus ergibt sich, dass die Computerindustrie als *material constrained* bezeichnet wird.²³⁶ Der Hauptengpass liegt hier demnach in der Verfügbarkeit der Komponenten, die kurzfristig nicht geändert werden kann. Die Tabelle 3 fasst die Besonderheiten der Computerindustrie zusammen.²³⁷

Viele Hersteller haben Rahmenvereinbarungen mit Großkunden über die Lieferung großer Auftragsmengen an Endprodukten. Die Abrufe der einzelnen Lieferungen erfolgen jedoch weiterhin über eintreffende Aufträge. Der Zeitpunkt und die Auftragsmenge sind sehr unterschiedlich, weshalb eine Prognose der tatsächlichen Aufträge schwer ist.²³⁸

Deshalb ist eine wichtige Aufgabe der Computerhersteller die Koordination der täglich eintreffenden Kundenaufträge, die in ihrer Konfiguration und Menge sehr unterschiedlich sein können.²³⁹ Die wesentlichen Aufgaben nach Eingang eines Kundenauftrags sind demnach folgende:

- Bearbeitung des Kundenauftrags, Prüfung auf technische Machbarkeit, Bestimmung eines ersten Liefertermins,
- Überwachung und Verwaltung der Kundenaufträge
- Fertigung des Auftrags
- Distribution

Durch die langen Auftragsdurchlaufzeiten im ATO-Fall ist die Bestimmung eines ersten Liefertermins und vor allem das anschließende Halten dieses Versprechens eine schwere Aufgabe. Das Order Promising erfolgt bei Dell beispielsweise in hybrider Form. Dabei wird direkt bei Auftragseingang ein First Promised Date anhand einer Standard-Durchlaufzeit bestimmt.

²³³Vgl. Kilger (2008) S. 384.

²³⁴Vgl. Kilger und Brockmann (2002) S. 142.

²³⁵Vgl. AVNET (2012)

²³⁶Vgl. Kilger (2008) S. 381.

²³⁷Die Überlegungen beruhen auf Kilger (2008) S. 386, Kilger und Brockmann (2002) S. 142, Fleischmann et al. (2010) S. 114 und Dedrick und Kraemer (2005) S. 133.

²³⁸Vgl. Dedrick und Kraemer (2005) S.142.

²³⁹Vgl. Dedrick und Kraemer (2005) S.133.

Aspekt	Besonderheit	Auswirkung auf die Planung
Endprodukte	Hohe Anzahl verschiedener Endprodukte durch viele kundenspezifische Varianten	Auftragsbezogene Fertigung, ATO/CTO
Lebenszyklus	Kurz, schnelle Überalterung	Bestandsplanung und Maßnahmen zur Absatzsteigerung
Wiederbeschaffungszeiten	Lang und unzuverlässig	Sicherheitsbestandsplanung und Demand Fulfillment, da Beschaffung rein prognosebasiert
Kunden	Starke Kundenmacht, Austauschbarkeit der Produkte	Gutes Demand Fulfillment zur Erreichung hoher Servicequalität; Kooperationen mit großen Kunden auch durch Bereitstellung zusätzlicher Services
Nachfrage	konkrete Kundenaufträge	Abgleich von Prognosen und tatsächlichen Aufträgen, Demand Supply Matching
Lieferanten	Starke Konzentration der Anbieter, knappe Versorgungslage	Langfristige Kooperationen, Sicherheitsbestände
Engpässe in der Fertigung	Engpass in der Materialverfügbarkeit, kaum Engpässe in der Fertigungskapazität	Regelmäßiges Demand Supply Matching zur Überprüfung der Realisierbarkeit zugesagter Liefertermine, gegebenenfalls Komponentensubstitution
Fertigung	Fließlinien und Fertigungszellen, Rüstkosten vernachlässigbar	Demand Supply Matching für Grobplanung und Terminierung, Kapazitätsplanung vernachlässigbar

Tabelle 3: Charakteristika der Computerindustrie

Dieses wird nach ein paar Tagen durch einen stattfindenden Batch-Lauf aller eingegangenen Aufträge präzisiert. Dabei kommt es jedoch häufig zu Änderungen der First Promised Dates.²⁴⁰ Dieses Vorgehen entspricht einem online Order Promising mit anschließend stattfindendem Demand Supply Matching. Das Demand Supply Matching kann dabei zu einem Repromising der zugesagten Liefertermine führen, sodass ein Kunde zwei, drei oder noch mehr Liefertermine genannt bekommt.²⁴¹

Die Möglichkeiten im Engpassfall ein Repromising zu vermeiden, sind die Beschleunigung von Zugängen durch Eillieferungen oder die Substitution von Komponenten der Aufträge. Die Möglichkeit der Substitution ist bei der Herstellung von Computern häufig gegeben. Bestimmte Komponententypen können von mehreren Zulieferern oder Herstellern beschafft werden. Dadurch gibt es Komponenten mit denselben Spezifikationen, aber von verschiedenen Herstellern. Beispiele für derartige Komponenten sind Arbeitsspeicher oder Festplatten. Sofern dies in den Konfigurationswünschen nicht ausgeschlossen ist, machen die Hersteller davon Gebrauch, die Komponenten eines Herstellers durch gleichartige eines anderen Herstellers zu ersetzen.²⁴² Eine weitere Möglichkeit der Substitution ist die durch höherwertige Komponenten, das sogenannte Upgrading. Dabei werden Komponenten durch höherwertige, bessere Komponenten ersetzt. Da dies jedoch mit zusätzlichen Kosten für die Hersteller verbunden ist, die nur selten an die Kunden weitergegeben werden können, wird diese Möglichkeit selten genutzt.

Die Anzahl der im System eines Herstellers vorhandenen Aufträge entspricht einem Arbeitsbestand von ca. 5 – 10 Tagen.²⁴³ Dadurch befinden sich Tausende von Kundenaufträgen mit Tausenden benötigten Komponenten im System, die im Rahmen des Demand Supply Matching miteinander abgeglichen werden müssen. Das daraus entstehende Planungsproblem ist sehr groß und schwierig und wird noch komplexer, je mehr Maßnahmen in einem Engpassfall möglich sind.²⁴⁴

Für die unternehmensinterne Planung ist jedoch weniger der Termin des tatsächlichen Eintreffens der Lieferung beim Kunden relevant, sondern eher wann die Montage des Auftrags beginnen muss, damit die Distribution des Auftrags termingerecht durchgeführt werden kann. Dieser distributionsrelevante Termin wird meist als Materialbereitstellungstermin (Materi-

²⁴⁰Vgl. Ball et al. (2004) S. 453.

²⁴¹Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 117

²⁴²Vgl. Kilger (2008) S. 381.

²⁴³Vgl. Kilger und Brockmann (2002) S. 143.

²⁴⁴Vgl. Fleischmann et al. (2010) S. 117.

al Availability Deadline) bezeichnet.²⁴⁵ Zusätzlich muss im ATO-Fall die Standarddurchlaufzeit der Aufträge durch die Endmontage beachtet werden.

Dann ergibt sich der Materialbereitstellungstermin über diesen Zusammenhang:

$$\begin{array}{r} \text{Kundenliefertermin} \\ - \text{Transportzeit} \\ - \text{Transportvorbereitungszeit} \\ - \text{Standarddurchlaufzeit der Endmontage} \\ \hline \text{Materialbereitstellungstermin} \end{array}$$

Für die folgenden Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass die Durchlaufzeit, die Transportzeit und die notwendige Vorbereitungszeit deterministisch sind. Deswegen werden zugesagte Termine für die Kunden im Folgenden aus Sicht des Unternehmens gesehen. Es werden weiterhin die Begriffe First Promised Date oder Liefertermin genutzt, jedoch interpretiert als Materialbereitstellungstermin, also ein *interner Liefertermin* für die Endmontage.

Diese allgemeine Beschreibung der Computerindustrie zeigt die Charakteristik dieser Branche. Nun wird ein Computer-Hersteller vorgestellt, für dessen spezielle Planungssituation in den folgenden Kapiteln Konzepte entwickelt und getestet werden.

2.7.2 Die reale Planungssituation eines Computerherstellers

Das betrachtete Unternehmen ist ein führender Anbieter von Informationstechnik (IT)-Infrastruktur in Europa. Die Geschäftsfelder des Unternehmens sind sowohl die Herstellung und der Vertrieb von Computer-Systemen als auch IT-Dienstleistungen. Das Produktprogramm reicht von Notebooks und Desktop-PCs über Speicherlösungen bis zu Servern. Ein Beispiel für angebotene Dienstleistungen des Unternehmens sind Wartung und Unterhalt der kompletten IT-Infrastruktur von Unternehmen wie Banken oder Versicherungen. Der betrachtete Unternehmensteil ist die Endmontage in einem Werk in Deutschland, im Speziellen das Demand Fulfillment für diesen Standort. An diesem Werk werden Notebooks, Business PCs, Server sowie bestimmte Komponenten (Motherboards) montiert.

²⁴⁵Vgl. Fleischmann und Geier (2011) S. 205.

Die eintreffenden Kundenaufträge können aus mehreren Quellen stammen. Unternehmen bestellen teilweise einzelne Computer oder Server. Es sind aber auch Aufträge mit großen Stückzahlen von mehreren Hundert Computern möglich, beispielsweise wenn die IT-Infrastruktur ganzer Unternehmen ausgetauscht wird. Wunschliefetermine werden teilweise vom Kunden vorgegeben, teilweise auf einen Standardwert von einer Woche ab Auftragseingang festgesetzt. Dies entspricht dem Grundsatz, dass Kunden die Lieferungen zu ihren Aufträgen sobald wie möglich erhalten möchten. Aufträge bestehen meist aus mehreren Auftragspositionen. Die Auftragspositionen stehen entweder für verschiedene Produkte oder auch für verschiedene Wunschliefetermine des gleichen Produkts. Jede Auftragsposition wird im Rahmen des Demand Fulfillment getrennt betrachtet und für jede Auftragsposition wird ein einziger Liefertermin festgelegt. Sollen also Teillieferungen der gesamten Auftragsmenge stattfinden, dann müssen diese in einzelne Auftragspositionen aufgeteilt werden.

Anhand der vorhandenen Datensätze des Unternehmens kann ein Mengengerüst für das Demand Fulfillment erstellt werden.²⁴⁶ Der Auftragsbestand im Planungssystem des Unternehmens umfasst 12.000 bis 15.000 Auftragspositionen. Die Anzahl neu eintreffender Aufträge beträgt ca. 1800 pro Tag. Die Anzahl verschiedener Endprodukte lässt sich nur schwer bestimmen, weil kundenspezifische Konfigurationen jeweils als einzelne Materialnummern angelegt werden. Diese Anzahl verschiedener Materialnummern für Endprodukte in den Kundenaufträgen beträgt mehr als 3.000. Auch die Anzahl der in der Endmontage eingesetzten Komponenten ist sehr hoch. 17.000 verschiedene Materialnummern von Komponenten sind in den Stücklisteninformationen für die Endmontage enthalten. Jedoch werden bei Weitem nicht für alle Materialnummern, wie zum Beispiel für Schrauben oder Typenschilder, die Bestände aufgezeichnet. Bei der Endmontage installierte Betriebssysteme oder andere Software sind zwar auch als Positionen in den Stücklisteninformationen aufgenommen, werden aber natürlich nicht als Bestand geführt. Verfügbarkeiten dieser Materialarten sind im Rahmen des Demand Fulfillment nicht relevant. Dennoch bleibt eine Anzahl von mehreren Tausend Komponenten, deren Verfügbarkeit für die Terminierung von Aufträgen überprüft werden muss. Die Endmontage erfolgt auf mehreren Montagelinien, zu denen bestimmte Produktreihen eindeutig zugeordnet sind. Die gesamte Montagekapazität aller Linien beträgt ungefähr 10.000 Geräte pro Tag.

²⁴⁶Die Daten beruhen auf Datensätzen, die in Kapitel 5.1 nochmals genauer beschrieben werden.

Der Ablauf der Planung des Demand Fulfillment entspricht weitgehend den vorgestellten Abläufen in Abschnitt 2.4. Der Auftragseingang in das Vertriebssystem des Unternehmens löst zunächst eine technische Überprüfung der Konfiguration der Endprodukte im Kundenauftrag aus. Nur technisch zulässige Produktkonfigurationen werden an das Order Promising weitergeleitet, damit dafür erste Liefertermine bestimmt werden. Für technisch nicht zulässige Konfigurationen müssen Gespräche mit Kunden geführt werden, wie die Produkte geändert werden können, damit zulässige Konfigurationen erstellt werden können.

Das Order Promising bestimmt auf Basis von ATP-Mengen der als terminierungsrelevant eingestuften Komponenten die initialen Liefertermine. FTS verfolgt dabei die Strategie, Aufträge mit technisch zulässigen Konfigurationen nicht abzulehnen. Kann der Wunschtermin des Kunden nicht erfüllt werden, dann wird eben ein späterer Liefertermin bestätigt. Die Länge der Verspätung ist dabei nicht begrenzt. Das Order Promising erfolgt dabei durch eine mehrstufige regelbasierte Verfügbarkeitsprüfung, wie sie bereits in Abschnitt 2.4.2 erläutert wurde. Diese ist im Order Promising Modul *global ATP* von SAP APO implementiert.²⁴⁷ Aufträge mit einem zugesagten Liefertermin werden bis zur Montage und anschließenden Distribution im ERP-System verwaltet.

Die Planungsläufe für das Demand Supply Matching finden jeden Tag über Nacht statt. Für das Demand Supply Matching im betrachteten Unternehmen wird das Modul *Capable to Match* des SAP APO eingesetzt. Es dient der Terminierung von vorhandenen Aufträgen, wobei zusätzliche Beschaffungen und weitere Maßnahmen der Engpassplanung berücksichtigt werden.²⁴⁸ Bei der Terminierung werden die Fertigungszeitpunkte der Kundenaufträge unter Beachtung der Komponentenverfügbarkeiten und Fertigungskapazitäten bestimmt. Daraus resultiert schließlich ein möglicher Materialbereitstellungstermin und somit ein Liefertermin. Ziel dabei ist, die komplette Auftragsmenge in einer Lieferung an den Kunden zu verschicken. Die Montage der kompletten Auftragsmenge kann allerdings auf mehrere Termine aufgeteilt werden. Für jeden Termin zur Montage einer Teilmenge muss aber auch die entsprechend benötigte Komponentenverfügbarkeit gewährleistet werden. Diese kurzfristige Lieferterminbestimmung läuft nun folgendermaßen ab:

Zunächst werden sequenziell die zu bearbeitenden Kundenaufträge unter Beachtung sämtlicher Verfügbarkeiten eingeplant. Zur Einplanung werden

²⁴⁷ Vgl. zum Order Promising in SAP APO auch Fleischmann und Geier (2011) S. 205.

²⁴⁸ Zum Ablauf dieses Einplanungskonzepts vgl. auch Hoppe (2007) S. 299 ff und Dickersbach (2006) S. 189 ff.

Prioritäten für die Kundenaufträge vergeben, wodurch die Einplanungsreihenfolge festgelegt wird. Das Ziel bei der Einplanung ist, einen ursprünglich vergebenen Liefertermin für den einzuplanenden Auftrag zu halten. Ist dies nicht möglich, wird versucht, möglichst geringe Verspätungen zu erreichen. Der genaue Einplanungsalgorithmus wird nun erläutert, ist vom Prinzip aber der regelbasierten Verfügbarkeitsprüfung im Order Promising sehr ähnlich. Ausgehend vom Wunschtermin des Kundenauftrags wird durch eine rückwärtsgerichtete Suche nach freien Komponentenmengen gesucht. Wird eine entsprechende freie Menge gefunden, wird diese nun für den Auftrag reserviert und ist somit für andere Aufträge nicht mehr verfügbar. Können bei dieser Rückwärtssuche keine ausreichenden Mengen gefunden werden, beginnt eine vorwärts gerichtete Suche nach einem machbaren Liefertermin. Ausgehend vom Wunschtermin wird nun in die Zukunft gerichtet nach den benötigten Komponenten gesucht. Der Zeitpunkt, zu dem alle Komponenten in ausreichender Menge reserviert wurden und die Fertigung möglich ist, ist der Termin, ab dem der Auftrag montiert werden kann, letztendlich bestimmt sich daraus also der Liefertermin. Danach findet wieder eine rückwärtsgerichtete Suche statt, bei der die zeitpunktnächsten Komponentenmengen gesucht und für den Auftrag reserviert werden. Auch hier findet wieder eine regelbasierte Suche für den Engpassfall statt. Dabei werden entsprechend vordefinierter Suchreihenfolgen verschiedene Substitutionsmöglichkeiten oder Beschaffungsmöglichkeiten für Komponenten durchsucht. Entsprechend der Suchreihenfolge wird jeweils die Maßnahme der Engpassplanung genutzt, die als erste gefunden wurde und erfolgreich ist.

Aufgrund der sequenziellen Einplanung und somit nicht simultanen Betrachtung aller Aufträge und aller Alternativen zur Engpassplanung kann für spät eingeplante Aufträge (Aufträge mit niedriger Einplanungspriorität) der Entscheidungsspielraum sehr eingeschränkt sein. Dies führt dazu, dass diese einen sehr schlechten Liefertermin zugeteilt bekommen. Um die Auswirkungen dieses Vorgehens abzumildern, wurde ein zusätzliches Verfahren zur Verbesserung dieser ersten Planung implementiert. Nach Einplanung aller Aufträge und Festlegung der entsprechenden Liefertermine und Reservierungsmengen wird ein Verbesserungslauf gestartet. Dazu werden die fixierten Reservierungen für die Aufträge zunächst wieder gelöst und es wird für einzelne Aufträge versucht, durch Tauschoperationen von Reservierungsmengen zwischen Aufträgen, den Liefertermin zu verbessern, d. h. ihn in Richtung des Wunschliefertermins zu verschieben.

Im Unternehmensumfeld ist die Suche nach Verbesserungen aufgrund der hohen Anzahl an Aufträgen und vieler Alternativen natürlich sehr rechen- und zeitintensiv. Der Zeitrahmen für die Ersteinplanung beträgt weniger als

eine Stunde, während die Verbesserung der Planungsergebnisse mit mehreren Stunden deutlich länger dauert.

2.7.3 Anforderungen an Methoden des Demand Fulfillment bei ATO-Fertigung

Im Folgenden werden die besonderen Anforderungen an das Demand Fulfillment für die vorgestellte Planungssituation bei einer ATO-Fertigung, insbesondere der eines Computer-Herstellers, analysiert.

In Abschnitt 2.2 wurde gezeigt, dass Lieferterminzusagen auf Basis der verfügbaren Ressourcen eines Unternehmens erfolgen müssen. Das bedeutet für das Order Promising und das Demand Supply Matching, dass bei der Festlegung eines geplanten Liefertermins gewährleistet sein muss, dass die Verfügbarkeiten der Komponenten zum Zeitpunkt der Endmontage die Bedarfe für die Komponenten in der Stückliste eines Endprodukts decken. Zusätzlich muss ausreichend Kapazität für die Montage vorhanden sein. Die Bestimmung der Liefertermine ist also *gleichzeitig* von der Verfügbarkeit gemeinsamer Komponenten und gemeinsamer Montagekapazitäten abhängig. Die Beziehungen zwischen den benötigten Ressourcen und den Aufträgen sind sehr vielfältig und müssen unbedingt beachtet werden. Die zu montierenden Endprodukte bestehen aus mehreren verschiedenen Komponenten, wobei die Komponenten auch in verschiedene Endprodukte einfließen. Dadurch ergeben sich *viele-zu-viele-Beziehungen zwischen Komponenten und Aufträgen*.

Die Struktur der Entscheidungen im Demand Fulfillment muss in den entsprechenden Methoden geeignet abgebildet werden. Werden die Liefertermine auf Ebene der Aufträge bestimmt, müssen für die Planung der Montage notwendige Ressourcen auf Komponenten- und Montagekapazitätsebene den Aufträgen zugeordnet werden. In der Praxis handelt es sich bei der Endmontage jedoch um tausende relevante Komponenten. Methoden für das Demand Fulfillment müssen deshalb die Verfügbarkeit einer großen Anzahl an Ressourcen überprüfen können.

Neue Methoden für das Demand Fulfillment bei ATO-Fertigung sollten zusätzlich in der Lage sein initiale Lieferterminzusagen für neu eintreffende Aufträge zu bestimmen und deren Liefertermine in dem relativ *langen Zeitraum zwischen Order Promising und Lieferung* durch regelmäßige Durchführung von Planungsläufen des Demand Supply Matching zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Im Engpassfall von Komponenten oder Kapazitäten muss durch den Einsatz geeigneter Maßnahmen ver-

sucht werden, die Engpässe zu beheben oder davon betroffene Aufträge auszuwählen. Die Ziele dieser Planungsaufgaben wurden in Abschnitt 2.4 diskutiert. Gerade bei der regelmäßigen Durchführung des Demand Supply Matching muss darauf geachtet werden, dass die zugesagten Liefertermine der Aufträge relativ stabil sind, also Repromisings von Lieferterminen möglichst vermieden werden.

Abschnitt 2.7.2 hat gezeigt, dass Methoden des Demand Fulfillment, besonders im Rahmen des Demand Supply Matching, für den praktischen Einsatz in Unternehmen mit einer großen Anzahl an Aufträgen umgehen müssen. Im untersuchten Fall der Computer-Herstellung liegt die zur Verfügung stehende Rechenzeit für die Planung der Liefertermine tausender Aufträge im Bereich von ungefähr 5 Stunden. Für das Order Promising ist eine kurze Antwortzeit zu erzielen, wobei dennoch zuverlässige Lieferterminzusagen generiert werden sollen.

Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen der Computerindustrie und den abgeleiteten Anforderungen an Planungsmethoden wird nun eine Analyse der Literatur zum Demand Fulfillment durchgeführt. Dabei wird untersucht, welche Arbeiten die vorgestellten oder damit verwandten Planungsprobleme behandeln. Anschließend werden eigene Konzepte für die vorgestellten Planungsprobleme erarbeitet und getestet.

Demand Fulfillment bei Assemble-to-Order-Fertigung
Analyse, Optimierung und Anwendung in der
Computerindustrie

Geier, S.

2014, XIV, 214 S. 43 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-04878-5