

Entwicklung einer modularen Plattform zur Szenarien-Bewertung für die Supply-Chain in der Elektronikproduktion

Feldmann, K., Schmuck, T.
schmuck@faps.uni-erlangen.de
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS),
Universität Erlangen-Nürnberg
Egerlandstraße 7-9, D-91058 Erlangen

Schaller, A.
PRRC–Europe, Motorola Labs, Advanced Technology
Heinrich-Hertz-Str. 1, D-65232 Taunusstein

Kurzfassung

In diesem Beitrag wird eine entwickelte Plattform vorgestellt, welche es erlaubt, verschiedene Berechnungs- oder Simulationskerne zu integrieren, um eine optimierte Auftragseinlastung verschiedener *Supply-Chain*-Bereiche der Elektronikproduktion zu generieren. Der Fokus liegt hier nicht auf der Optimierung selbst, sondern vielmehr auf der Bereitstellung eines modular aufgebauten Frameworks zur Modellierung, Berechnung, Ergebnisauswertung und insbesondere zur Experimentdurchführung bzw. Szenarienbetrachtung. Durch die Anforderung, einen leichten Daten und Modellaustausch zu garantieren, wurde dabei sehr viel Wert auf die Schnittstellengestaltung gelegt, welche mit Hilfe von XML gestaltet wird.

1 Einleitung

Die Produktion elektronischer Konsumgüter charakterisiert sich durch extrem kurze Lebenszyklen, die Forderung nach minimalen Kosten und die Variantenvielfalt der Produkte. Aber gerade auch die Lieferbereitschaft und die Liefertreue stellen Erfolgsfaktoren für die Hersteller dar, denn diese zeitlichen Faktoren sind ein Maß dafür, ob einem Kunden die Menge an bestellten Produkten termingerecht zur Verfügung gestellt werden kann. Die *Supply-Chain*-Planung kann hier helfen, die Produktionskapazität zu maximieren, die Lieferfähigkeit zu erhöhen und die Koordination zwischen den Produktionsbereichen zu planen.

Das wesentliche Ziel der Entwicklungsarbeit ist es, eine Plattform bereitzustellen, in die verschiedene Berechnungs- oder auch Simulationskerne integriert werden können, die eine optimierte Auftragseinlastung der verschiedenen *Supply-Chain*-Bereiche der Elektronikproduktion generieren. Die umgesetzte Plattform, basierend auf der Programmiersprache „Java“, ist modular aufgebaut und beinhaltet eine einheitliche Datenstruktur. Zudem stellt sie eine anwenderfreundliche Benutzeroberfläche als Mensch-Maschine-Schnittstelle bereit. Eine weitere Funktion dient der graphischen Aufbereitung der vom Berechnungskern bereitgestellten Ergebnisdaten inklusive einer Experimentierumgebung.

Am Beispiel der Mobiltelefonproduktion wurde dazu in einer zweiphasigen Kooperation mit MOTOROLA zunächst hinsichtlich der beschriebenen Aufgabe ein Datenmodell entwickelt, das aus drei Eckpfeilern bzw. Teilmodellen besteht. Das erste Modell legt dabei die einzulastenden Aufträge fest (Order-Modell), das zweite den Aufbau der einzelnen Produkte (Produkt-Modell) und das dritte die Fertigungsstruktur (Fabrik-Modell). Hier wird davon ausgegangen, dass der gesamte Planungsprozess mit Hilfe der explizit ermittelten Schlüsselkennzahlen (KPI's) aus diesen Bereichen initialisiert werden kann.

2 Supply-Chain-Planung aus Sicht der Produktion elektronischer Konsumgüter

Charakterisiert man eine Industriebranche, kann dies anhand der Produkte geschehen. Hierbei ist zum einen ausschlaggebend, um welche Produkte es sich im Sinne der produzierten Stückzahl handelt. Zum anderen ist die Art und Weise sowie der Umfang, mit dem das Produkt nach Kundenwünschen gefertigt wird, zu berücksichtigen.

Betrachtet man das Umfeld der Konsumelektronik näher, kann man die erzeugten Produkte als „*mass customized*“ bezeichnen. Sinngemäß könnte man diesen Begriff mit einer Massenauftragsproduktion übersetzen. Hier ist im Allgemeinen nochmals zwischen *soft customized* und *hard customized* zu unterscheiden.

Im Gegensatz zur Automobilindustrie beispielsweise ist die Elektronikindustrie überwiegend *soft customized*. Das heißt, dass eine Individualisierung erst nach der eigentlichen Produktion stattfindet und sich auf Komponenten wie Gehäuseschalen oder Software konzentriert. Weitere Charakteristika stellen die kurzen Produktlebenszyklen, die sehr unterschiedlichen und ebenso ungewissen Wiederbeschaffungszeiten der Bauelemente, die nahezu tägliche Unter- bzw. Überproduktion sowie die geringere Technikdifferenzierung zu Produkten von Mitbewerbern dar. Gerade aufgrund der geringen Technikdifferenzierung kann nach Porter [1] ein Unternehmen nicht wie früher nur allein durch technische Kompetenz, hohe Produktionskapazität sowie modernes Design einen hohen Gewinn erzielen, sondern muss zudem einen besonderen Schwerpunkt auf den Kundenservice legen, um sich von den Konkurrenz zu abzuheben. Ein wichtiger Faktor stellt hier die Kundenzufriedenheit dar, die beispielsweise mit dem Einhalten von Lieferterminen zu erreichen ist. Dazu muss ein Unternehmen allerdings die Transparenz des Produktionsprozesses und die Auftragsabwicklungszeit erhöhen. Hier kommen grundlegenden Funktionalitäten eines *Supply-Chain-Managements* und der *Supply-Chain-Planung* zum tragen.

Um eine *Supply-Chain* erfolgreich zu beherrschen, sind fünf grundlegende Elemente zu betrachten. Diese setzen sich aus der *Supply-Chain-Strategie*, den *Supply-Chain-Prozessen*, der Organisation, den Informationssystemen und den Kennzahlensystemen (s. folgende Abbildung) zusammen. Diese fünf Elemente sind miteinander verknüpft, d.h. eine Änderung eines Elements kann sich auf andere auswirken. Die Strategiedefinition besitzt dabei eine Schlüsselrolle, da sie den größten Einfluss auf die anderen Bereiche hat. Gründe hierfür sind einerseits die wesentlichen Vorgaben, die sie liefert und andererseits definiert sie wichtige Randbedingungen für die anderen vier Elemente. Eine erfolgreiche Neugestaltung erfordert eine festgelegte Strategie, die über einen längeren Zeitraum evtl. unverändert bleibt. Falls sich die Strategie allerdings häufig ändert, müssen sich ebenfalls alle mit ihr in Verbindung stehenden Elemente anpassen. [2]

Auf Basis der beschriebenen Elemente wurde in diesem Projekt ein Konzept für ein SCP-Werkzeug für die Elektronikindustrie entwickelt und prototypisch umgesetzt. Das SCP-Werkzeug strebt hier nicht die Unterstützung der Erstellung einer langfristigen *Supply-Chain-Strategie* an, sondern konzentriert sich auf die Planungs- und Steuerungstätigkeit in den Produktions- und Distributionsbereichen (*Supply Chain Prozesse*). Die Planungs- und Steuerungstätigkeiten werden weiter durch das integrierte Informationssystem und ein Kennzahlensystem unterstützt.

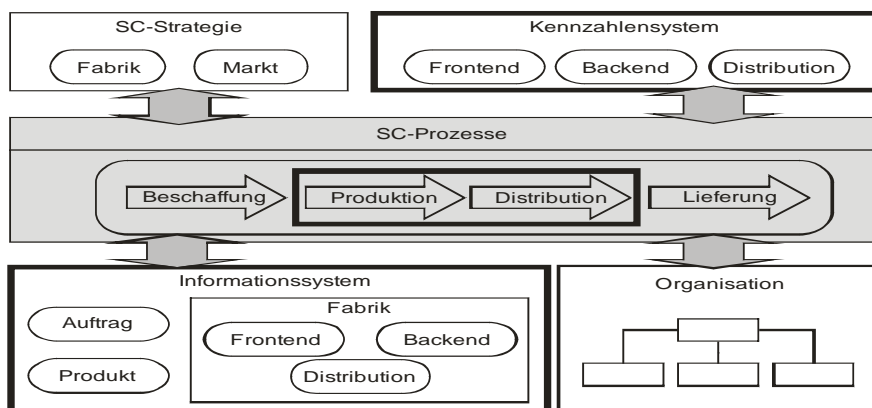


Bild 1: Einordnung der Supply-Chain-Planung

3 Konzept eines rechnergestützten SC-Planungswerkzeugs

3.1 Das Informationssystem

Informationssysteme dienen zur Speicherung, Wiedergewinnung, Verknüpfung und Auswertung von Informationen; sie sind im Allgemeinen auf Basis von Datenbanken oder Dateisystemen aufgebaut. Im Zusammenhang mit dem entwickelten *Supply-Chain-System* verwaltet das Informationssystem die Auftragsdaten, die Produktdaten und Daten über die Produktion und Logistik. Weiterhin unterstützt es bei der Abwicklung der *Supply-Chain-Prozesse*. Das entwickelte Informationssystem basiert auf einem Dateisystem, das zwei Datentypen klassifiziert: analysebezogene und *Supply-Chain-Prozess-bezogene* Daten. Die erhobenen Daten werden hierzu in XML-Dateien abgespeichert und mittels der Anwendung weiter verwaltet. Zur Speicherung, Aktualisierung bzw. Verknüpfung der SC-Prozess bezogenen Daten stehen zwei Module des SC-Planungs-Werkzeugs zur Verfügung: „*Data Input*“ und „*Data View*“.

Die Module „Data Input“ und „Data View“

Für eine Datenerhebung, kommt das „*Data Input*“-Modul zum Einsatz. Dieses Modul sammelt die eingegebenen Auftrags-, Produkt-, Produktions- und Distributionsdaten. Diese werden dann im Informationssystem persistent gehalten. Das „*Data Input*“-Modul wird gemäß der Datentypen der Schnittstellen „*Product Input*“, „*Order Input*“, „*Frontend Input*“, „*Backend Input*“, „*Distribution Center Input*“ und „*Factory build*“ aufgebaut.

Die Schnittstelle „*Product Input*“ ist für die Abspeicherung der produktspezifischen Daten zuständig. Mit Hilfe des Moduls „*Order Input*“ können die Auftragsdaten in der Planung ausgewählt werden, wobei diese auf zwei Klassen verteilt werden.

Die Fabrikdaten enthalten alle Informationen über die Produktion und das *Distributions-Center*. Dabei werden zunächst die „*Frontend Input*“, „*Backend Input*“, und „*Distribution Center Input*“-Module konfiguriert und mit dem „*Factory Build*“-Modul zu einer vollständigen Fabrikstruktur zusammgeführt.

Um bereits vorhandene Daten überprüfen und aktualisieren zu können, steht das „*Data View*“-Modul zur Verfügung. Das „*Data View*“-Modul besteht aus den „*Order Update*“, „*Product Update*“- und „*Factory Update*“-Teilmodulen.

3.2 Planungsprozesse der entwickelten Umgebung

Produktionsplanung

Die Mobiltelefonproduktion kann grundsätzlich in die Bereiche „*Frontend*“ und „*Backend*“ eingeteilt werden. Wird im *Frontend*-Bereich die Bestückung der Leiterplatten mit elektronischen Bauelementen bzw. Bauteilen auf hochautomatisierten Bestückerlinien vollzogen, so geschieht im *Backend*-Bereich deren weitere Montage zu einer kompletten Baugruppe mit Hilfe manueller Tätigkeiten. Bei

der Planung müssen die Produktionslinien so konfiguriert werden, dass Liefertermine eingehalten und eine *Best Practice* der Produktion herausgefunden werden können.

Interessant bei der Produktionsplanung ist die Ermittlung der Gesamtbearbeitungszeit eingelasteter Aufträge sowie die Analyse der Maschinenauslastungen bei bestimmten Auftragseinlastungen. Die Planung beginnt dabei mit einem vom Benutzer ausgewählten Auftrag, der wiederum aus mehreren Kundenaufträgen bestehen kann. Um die Planungsaufgabe zu vereinfachen, werden die Produkte aus den unterschiedlichen Kundenaufträgen klassifiziert und zu Produktfamilien gebündelt. Der klassifizierte Auftrag wird dann mit den Fabrik- und Produktdaten innerhalb der SC-Planung weitergeleitet. Mithilfe des Berechnungsmoduls werden dann die Aufträge *Scheduled* und die Durchlaufzeiten der Produkte sowie die Auslastung jeder eingesetzten Maschine ermittelt. Ist das Ermittelte Ergebnis nicht zufriedenstellend, kann mit dem Analyse-Modul die Konfiguration geändert und die Berechnung nochmals ausgeführt werden. Die Ergebnisse werden anschließend im Kennzahlensystem graphisch aufbereitet und können somit verglichen und gegenübergestellt werden.

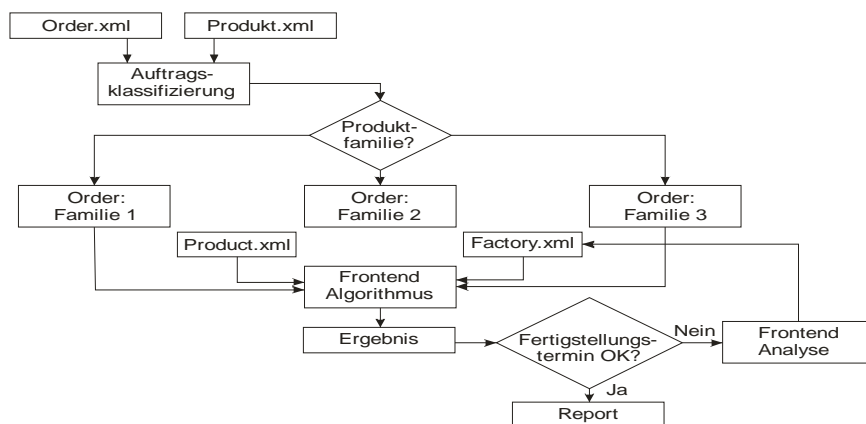


Bild 2: Datenfluss bei der Frontend-Planung

Distributionsplanung

In einem „*Distribution Center*“ werden „*Material Preparation*–“, „*Postponement*–“, „*Flexing*–“ sowie „*Packing*–“ Prozesse durchgeführt, die im Anschluss an die Produktion folgen. Die Distributionsplanung wird anhand der o.g. Prozesse durchgeführt und analysiert, wobei der Planungszeitraum zwischen täglich und monatlich variieren kann.

Die DC-Planung besteht ebenfalls aus einem Berechnungs- und einem Analysemodul. Das Berechnungsmodul ermittelt die Durchlaufzeiten der Aufträge und die Auslastung jedes einzelnen Stationstypen. Die Ergebnisse werden in das Kennzahlensystem weitergeleitet, wo sie graphisch aufbereitet werden.

Ebenso wie bei der Produktionsplanung kann hier durch das Analyse-Modul eine alternative Konfiguration bewertet werden. Diese Konfiguration wird durch die Schnittstellen des Informationssystems in einem XML-Dokument abgespeichert, das ebenso die vorher analysierten „*Frontend*–“ sowie „*Backend*–“ Konfigurationen beinhaltet, womit eine vollständige Konfiguration abgebildet wird.

Eine Besonderheit bietet die monatliche DC-Planung. Hier wird der komplette „*Distribution Center*“ in einer vorher definierten Periode analysiert und die Produktionsmenge jeden Tages auf Basis des ermittelten Kundenbedarfs in dieser Periode geplant. Der hier verwendete Auftrag ist eine Aggregation der täglichen Aufträge. Die Ergebnisse der monatlichen DC-Planung werden in zwei Kategorien geteilt. Die erste ist „*Workload*“, mit der die Auslastung jeder Station betrachtet wird. Die zweite ist „*Inventory*“; hier werden die Produktionsmengen und die Lagerbestände pro Zeitintervall für eine Fabrik und die Lagerbestände am Intervallende ermittelt.

3.2 Das Kennzahlensystem

Bei der Planung werden quantitative Merkmale des Produktions- und Distributionsdurchlaufs ermittelt. Um diese Rohdaten in einem benutzerfreundlichen Format auszugeben, sind diese noch einmal aufzubereiten. Das integrierte Kennzahlensystem hilft hier, die Merkmale zu verdeutlichen und die Bewertungsaufgabe zu erleichtern. Die zentralen Aufgaben sind die automatische Berechnung, die Umwandlung und die graphische Darstellung der Ergebnisse.

Ebenso wie die Planungsprozesse besteht das Kennzahlensystem aus vier Modulen - „Frontend“, „Backend“, „Distribution Center Daily“ und „Distribution Center Monthly“. Die ersten drei Module dienen der Unterstützung der Bewertung der täglichen Produktionsplanung und der täglichen DC-Planung. Die in der Planung ermittelten Zwischenergebnisse werden in der Schnittstelle bearbeitet, um die Auslastung jedes Stationstyps und die gesamte Durchlaufzeit eines eingegebenen Auftrags zu ermitteln. Entsprechend der in der monatlichen DC-Planung definierten zwei Ergebniskategorien können hier zwei Auswertungen durchgeführt werden. Gegenstand ist hier einerseits die Auswertung „DC Workload“, andererseits die Auswertung „DC Inventories“. Die „Workload“-Auswertungen werden gemäß der Stationstypen des „Distribution-Centers“ klassifiziert, bei denen die Auslastung jeder Station angezeigt wird. Bei der „Inventory“-Auswertung wird die tägliche Produktionsmenge auf Basis der ermittelten Absatzzahlen und der konkreten Kundenaufträge angezeigt.

4 Umsetzung des Planungswerkzeugs

Gemäß des in Kapitel 3 beschriebenen Konzepts wurde eine prototypische Anwendung implementiert. Das SCP-Tool wurde mit Hilfe der Programmiersprache „Java“ umgesetzt, da „Java“ eine objektorientierte, plattformübergreifende Programmiersprache ist, die lediglich eine lauffähige Umgebung (*Virtual Machine*) benötigt. Somit konnte die Randbedingung der Betriebssystem-unabhängigkeit erfüllt werden. Eine weitere Bedingung war, dass die konfigurierten Modelle datenbankunabhängig und leicht austauschbar bzw. übertragbar sein sollten. Daher werden sie in XML-Dokumenten persistent gehalten. Die Verwaltung der XML-Dokumente geschieht dabei über die Klassenbibliotheken JDOM.

Im Folgenden soll nun am Beispiel des Distributionscenters die Umsetzung und Realisierung näher dargestellt werden: Den Ausgangspunkt der monatlichen Distributionsplanung stellt die Starteingabemaske dar, auf der wichtige Planungsoptionen bereitgestellt werden; dabei kann ein Anwender die Fabrikkonfiguration und den Auftrag auswählen. Zusätzlich müssen die Planungsperiode und der Starttag der Planung definiert werden. Für die Auswertung ist eine der beiden Kategorien- „Workload“ oder „Inventory“ auszuwählen.

Folgendes Sequenzdiagramm zeigt die Vorgehensweise des Programms bei der Planungsdurchführung für den *Distribution-Center*.

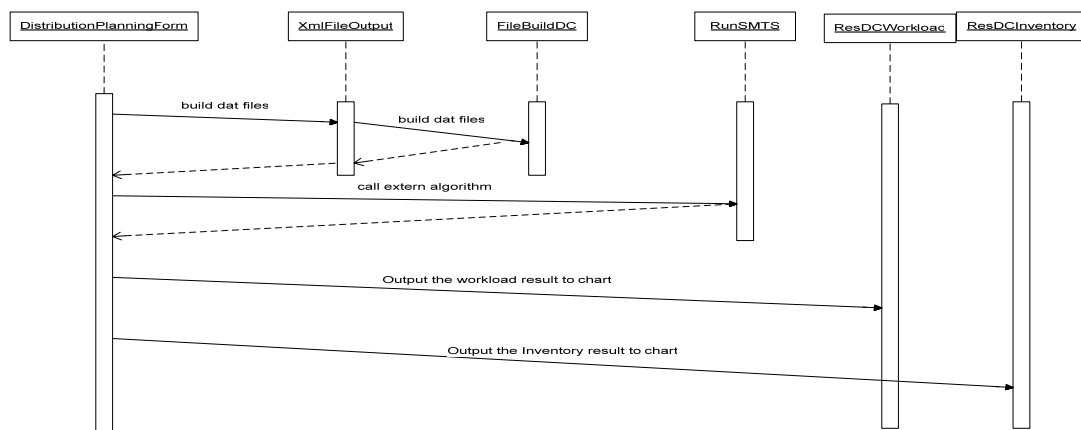


Bild 3: Sequenzdiagramm der monatlichen Distributionsplanungsanalyse

Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, kann der Benutzer mittels des „Analyse“-Moduls eine geänderte Konfiguration des Distribution Centers berechnen lassen. Ausgangspunkt des Analyseprozesses ist ebenfalls die Zugangseingabemaske.

Der im Folgenden abgebildete *Screenshot* zeigt die Eingabemaske für die „Distribution Center Analyse“. Beim Start dieser Eingabemaske wird die von der Zugangseingabemaske ermittelte Fabrikkonfiguration übergeben und entsprechend angezeigt. Zudem bietet sie noch die Möglichkeit, die Kategorie auszuwählen, die für die Ergebnisdatendarstellung relevant ist.

Bild 4: Eingabemaske für die „Distribution Center Analyse“

Die Analyse basiert auf den vom Berechnungsmodul ermittelten Ergebnissen, d.h. der Anwender erkennt die Problemstellung der Konfiguration durch die Darstellung des Kennzahlensystems und ändert dementsprechend auf der Analyse-Eingabemaske die relevanten Parameter der Fabrikkonfiguration. Nach der Modifikation der Fabrikkonfiguration kann der Anwender die Ergebniskategorien auswählen und sich durch Klicken der „Analyse“-Schaltfläche das Ergebnisdiagramm anzeigen lassen. Dieses neue Ergebnisdiagramm kann mit dem vorher vom Berechnungsmodul ermittelten Diagramm verglichen werden. Der Benutzer kann diesen Vorgang durch iterative Verbesserungsschritte wiederholen, bis er ein hinreichend optimales Planungsergebnis erzielt hat. Am Ende kann diese modifizierte Fabrikkonfiguration im XML-Format abgespeichert werden.

Im folgenden ist ein „Inventory“-Diagramm beispielhaft dargestellt, das die quantitativen Merkmale einer Konfiguration des *Distribution-Centers* charakterisiert. Es werden zwei Balken dargestellt; der jeweils erste entspricht der Produktionsmenge und der jeweils zweite der Bedarfsmenge; die Kennlinie stellt dagegen den Lagerbestand dar.



Bild 5: Graphische Auswertung des „Inventory“

5 Literatur

- [1] Porter, M.: Wettbewerbsvorteile, Spitzenleistungen erreichen und behaupten. Frankfurt: Campus, 2000.
- [2] Lawrence, O., u.a.: Supply Chain Management, Strategien, Konzepte und Erfahrungen auf dem Weg zu E-Business Networks, Wiesbaden, Vieweg, 2000.
- [3] Schlögl, W., Integriertes Simulationsdatenmanagement für Maschinenentwicklung und Anlagenplanung, Bamberg, Meisenbach, 2000.