



Bestandsaufnahme der Funktionalität und Einsatzmöglichkeiten für APS-Systeme (Advanced Planning and Scheduling)

**Fachhochschule Nordostniedersachsen
Fachbereich Automatisierungstechnik**

vorgelegt von

Christian Goldmann

Matrikelnummer: 130608

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. W. Adami

Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. H. Schleich

24. August 2004



Vorwort

Diese Diplomarbeit ist während meines zweiten Praxissemesters an der Fachhochschule Nordostniedersachsen entstanden. Sie beschreibt APS-Systeme und stellt die Unterschiede gegenüber herkömmlichen älteren Warenwirtschaftssystemen wie PPS dar.

Besonderen Dank möchte ich Herrn Professor Dr.-Ing. Wilfried Adami für die gute fachliche Betreuung und seinen fachlichen Rat aussprechen. Auch möchte ich ihm dafür danken, dass das zweite Praxissemester so schnell umgesetzt werden konnte.

Ich danke auch Herrn Professor Dr.-Ing. Heinrich Schleich für die Übernahme des Korreferats.

Lüneburg, im August 2004

Christian Goldmann



Inhalt:

| | |
|---|----|
| Vorwort | 2 |
| Inhalt: | 3 |
| Abkürzungsverzeichnis / Begriffe | 4 |
| Erklärung zur Diplomarbeit | 7 |
| 1. Einleitung | 8 |
| 1.1 Problemstellung | 9 |
| 1.2 Zielsetzung | 13 |
| 2. Die Wurzeln - frühere Systeme wie MRP und PPS | 14 |
| 2.1 Einführung | 14 |
| 2.2 Material Requirements Planning (MRP) | 15 |
| 2.3 Produktionsplanung und -steuerung (PPS) | 19 |
| 2.4 Ziele von PPS | 21 |
| 2.5 EDV-gestützte Ansätze von PPS sowie deren Aufgaben | 23 |
| 3. ERP | 28 |
| 3.1 ERP – Was ist das? | 28 |
| 3.2 Fortschritt von PPS- / MRP-Systemen zu ERP-Systemen | 31 |
| 3.3 Was soll das System leisten? | 33 |
| 4. APS | 36 |
| 4.1 APS – Was ist das? (Entstehung) | 38 |
| 4.2 Rückblick | 38 |
| 4.2.1 Zeitwirtschaft 1960 | 38 |
| 4.2.2 Materialwirtschaft 1970 | 39 |
| 4.2.3 Synchroner Zeit- und Materialwirtschaft 1980 | 39 |
| 4.2.4 CIM 1990 | 39 |
| 4.2.5 Lean Management 1995 | 40 |
| 4.3 Fortschritt ERP zu APS und dessen Funktion | 41 |
| 4.4 Supply Chain | 46 |
| 4.4.1 Aufgaben von SCM und deren Arten | 49 |
| 4.5 Programmierung /Rechenmethode | 54 |
| 4.5.1 Lineare Programmierung | 54 |
| 4.5.2 Boolesche Algebra | 57 |
| 4.6 Kooperation mit ERP-Systemen | 58 |
| 4.7 Die Planungsverfahren und Grundfunktionen von APS | 58 |
| 4.8 Alternative Arbeitspläne und deren Aufbau | 60 |
| 5. Firmenübersicht | 63 |
| 5.1 Wassermann AG | 63 |
| 5.1.1 Firmengeschichte | 63 |
| 5.1.2 Die Philosophie | 64 |
| 5.1.3 Produkte | 67 |
| 5.1.4 Arbeitsweise / Funktion | 68 |
| 5.2 Zusammenfassung | 71 |
| 6. Quellen / Anhang | 72 |
| 6.1 Anhang | 72 |
| 6.2 Literaturverzeichnis | 77 |
| 6.2.1 Internetadressen | 78 |



Abkürzungsverzeichnis / Begriffe

AFO = Arbeitsfolgennummer

Alternative Arbeitspläne = Herkömmlich Arbeitspläne sind recht starr. Sie sehen nur eine mögliche Arbeitsfolge auf festgelegten Maschinen(gruppen) vor. Ein Werkstück kann jedoch sowohl an einem Bearbeitungszentrum komplett, als auch an herkömmlichen Maschinen (Säge, Fräse, Bohrmaschine) sequenziell gefertigt werden. Zusätzlich lassen sich in einigen Situationen Arbeitsgänge tauschen, wie beispielsweise Bohren und Fräsen. Somit erhält man alternative Arbeitspläne.

APL = Arbeitsplatznummer

APS = Advanced Planning and Scheduling

ATP = Available-to-Promise (berücksichtigt nur Lagerbestände)

BDE = Betriebsdatenerfassung

Bestellbedarf = Nettobedarf

BPR = Business Process Reengineering

Bruttobedarf = Der aus einem Auftrag resultierender Materialbedarf

BV = Bestellvorschlag

bzgl. = bezüglich

CAD = Computer Aided Design

CAM = Computer Aided Manufacturing

CAP = Computer Aided Planning

CAQ = Computer Aided Quality

CIM = Computer Integrated Manufacturing

CNC = Computer Numerical Control

CTP = Capable-to-Promise (zieht zusätzlich die aktuelle Kapazitätssituation mit heran)

DZ = Durchlaufzeiten



EDV = Elektronische Datenverarbeitung

ERP = Enterprise Resource Planning

GANNT-Diagramm = Dieses Diagramm wurde bereits Ende des ersten Weltkrieges von Gantt für den Maschinenbelegungsplan entwickelt und ist der Vorläufer der Verfahren der Netzplantechnik.¹

Interdependenzen = gegenseitige Abhängigkeit

Iterationen = suchen mit Hilfe von Wiederholung der Suchmethodik unter Schrittweiser Verfeinerung der Suchgenauigkeit

Iterationen = schrittweise Rechenverfahren zur Annäherung an die Lösung einer Gleichung

JIT = Just in Time. JIT ist ein Konzept, nachdem alle Ressourcen zur exakten Zeit am richtigen Ort in der benötigten Anzahl verfügbar sind. Die Diskussion über JIT wurde insbesondere durch die Untersuchungen über den Erfolg der fernöstlichen Konkurrenz vor allem in der Automobilindustrie hervorgerufen.

LP = lineare Programmierung

MRP = Material Requirements Planning oder (deutsch) Materialdisposition

MRP II = Manufacturing Resource Planning

NBR = Nettobedarfsrechnung

Netzpläne = Mit der Netzplantechnik werden graphische Ablaufschemata für komplizierte Projekte dargestellt und es werden Termine für die Bereitstellung von Arbeitskräften und anderen Ressourcen errechnet. Ein Netzplan stellt den Ablauf über eine Zeit an einer oder mehreren Maschinen dar. Die Darstellung von Netzplänen erfolgt meist nach dem GANNT-Diagramm.

Nettobedarf = Der vom Bruttobedarf nach Berücksichtigung der Lagerbestände bzw. des Bestellvorlaufs verbleibende Materialbedarf

$$\text{Nettobedarf} = \text{Bruttobedarf} - \text{Lagerbestand} - \text{Bestellbestand}$$

¹ Vgl. Bild 6.4 (Das GANNT-Diagramm nach einer Anwendung) im Anhang



PPS = Produktionsplanung und -steuerung

Primärbedarf = Materialbedarf, der sich direkt aus dem Kundenauftrag ergibt

SC = Supply Chain

SCE = Supply Chain Execution

SCM = Supply Chain Management

SCP = Supply Chain Planning

Sekundärbedarf = Materialbedarf, welcher zur Deckung des Primärbedarfs durch die
Herstellung entsteht, wobei Rohstoffe und Zukaufteile enthalten sind

SM = Simplexmethode

Sukzessivplanung = Planung erfolgt schrittweise, nach und nach und nicht parallel

t_e = Bearbeitungszeit

TQM = Total Quality Management

t_r = Rüstzeit

VDI = Verein Deutscher Ingenieure

WFM = Workflow-Management (damit wird die aktive, auf einem Prozessmodell basierende
Planung, Steuerung und Überwachung von Geschäftsprozessen bezeichnet.)

Workflow = Workflow-Management ist die Unterstützung der Bearbeitung und Steuerung von
Geschäftsvorgängen

z.B. = zum Beispiel



Erklärung zur Diplomarbeit

Name : Goldmann
Vorname : Christian
Matr.-Nr. : 13 06 08
Studiengang : Angewandte Automatisierungstechnik

An den Prüfungsausschuss
des Fachbereichs Automatisierungstechnik
an der Fachhochschule Nordostniedersachsen
Volgershall 1
21339 Lüneburg

Erklärung zur Diplomarbeit

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Lüneburg, den 24. August 2004

Unterschrift



1. Einleitung

Globalisierung und Liberalisierung in Zusammenhang mit einer verkürzten Produktlebenszeit und einem verschärfter Preisdruck erhöhen den Wettbewerb zwischen Produkthanbietern und Dienstleistern. Darum konzentrieren sich die Unternehmen immer stärker auf ihre eigentlichen Kernkompetenzen, somit werden die Kooperation und Koordination zwischen den Beteiligten immer wichtiger. Dies ist der Grund, aus dem immer mehr Unternehmen ihre Geschäftsprozesse über die Grenzen des Unternehmens hinweg neu gestalten.²

Das Ziel ist immer das gleiche: das einer Marktwirtschaft immanente und gleichwohl nötige Bestreben, Gewinne zu erzielen bzw. zu steigern, oder anders ausgedrückt Wachstum und Erfolg. Dazu ist es wichtig, sich immer auf die sich ständig ändernden Parameter des Geschäfts und auf die persönliche Weiterentwicklung des Einzelnen rechtzeitig einzustellen. Einen bedeutsamen Stellenwert nimmt diesbezüglich auch die Fertigung ein, hier muss die Produktion so geplant und gesteuert werden, dass die Kosten gering gehalten werden und das die Unternehmen flexibel in der Fertigung bleiben. In diesem Zusammenhang muss jedoch das Ziel im Auge behalten werden, größtmögliche Produktivität zu erreichen. Um den Ablauf in der Fertigung zu planen, wird hierzu häufig ein Warenwirtschaftssystem eingesetzt (vgl. Kapitel 1.1 Problemstellung). Heute werden meist ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning) eingesetzt, die früher verwendete PPS-Systeme (Produktionsplanung und -steuerung) ersetzt haben. Wahrscheinlich gibt es dabei keinen besseren Indikator für die sich ändernden Prioritäten als die Terminierungsverfahren, welche zur Planung und Steuerung der Produktion genutzt werden.

Bei den Warenwirtschaftssystemen ist in den letzten 20 Jahren ein vollständiger Wandel von der starren Umsetzung der Aufträge in auslastungsoptimierte Produktionspläne bis hin zum kundenzentrierten System erfolgt. Dabei bieten die Systeme heute eine hohe Flexibilität und Produktivität bei kürzesten Reaktionszeiten, was früher schon allein aufgrund der Rechnerleistung nicht möglich war. Heute berücksichtigen Warenwirtschaftssysteme annähernd die tatsächlich begrenzenden Ressourcen, realistische Nebenbedingungen, einen exakten Produktmix und komplexe Prozessmodelle.³

² Vgl. Klaus, O.: Professional Computing 3-2002, S. 1

³ Vgl. Fritsche, B.: Logistik Heute 5-99, S. 50



1.1 Problemstellung

MRP (Material Requirements Planning) plante ursprünglich nur Material ganz ohne Kapazitätsbetrachtung. MRP wurde im Laufe der Zeit zu einer über die Belange der Produktion hinausreichender Anwendung erweitert und erhielt das Kürzel MRP II. MRP II steht nun aber für „Manufacturing Resource Planning“ und entspricht dem deutschen Begriff „Produktionsplanung und -steuerung (PPS)“.

Die Educational Society for Resource Management hat mit ihrer "MRP II"-Definition (Manufacturing Resource Planning) wesentlich zur Verbreitung dieses Planungstyps beigetragen. Später sind betriebswirtschaftliche Gesamtlösungen entstanden, die (bis heute recht unpräzise) als Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme bezeichnet werden und mit ihren Logistik-Modulen auch Funktionen der Produktionsplanung abdecken.⁴

Nachdem MRP II über den ursprünglich gesetzten Standard hinaus ausgeweitet wurde, sprachen die Marketingfachleute der Systemhersteller schließlich von „Enterprise Resource Planning (ERP)“. MRP II und auch ERP sind auf den Standard von MRP aufgebaut. Hinzu gekommen sind integrierte Funktionen für Auftragsverwaltung, Materialwirtschaft, Einkauf usw. Weil aber MRP den genannten Systemen als Basis dient, sind all die Schwächen und Fehler von MRP auch Teil von MRP II oder ERP. Die heutigen Systeme bieten Flexibilität und Produktivität bei kürzesten Reaktionszeiten. Dazu hat man sich von der MRP-Methode, welche auf festen Übergangszeiten basiert, gelöst. Man ist zu netzplanbasierten APS-Systemen (Advanced Planning and Scheduling) übergegangen, welche die tatsächlich begrenzenden Ressourcen, realistische Nebenbedingungen, exakten Produktmix und komplexe Prozessmodelle berücksichtigen können (laut Zusage vieler Hersteller).

Alle bekannten MRP-, PPS- und auch ERP-Systeme beruhen dabei auf einer Sukzessivplanung (vgl. Bild 1.1):

Im Gegensatz zur Simultanplanung plant die Sukzessivplanung schrittweise. Dabei ergibt sich ein Gesamtoptimum nur zufällig, dafür lassen sich mit der Sukzessivplanung noch sehr komplexe Aufgaben lösen.

⁴ Vgl. Hölzer, W.: Advanced Planning and Scheduling Systems: Optimierungsmethoden in der interaktiven Entscheidungsunterstützung auf Basis von ERP und Feinplanung

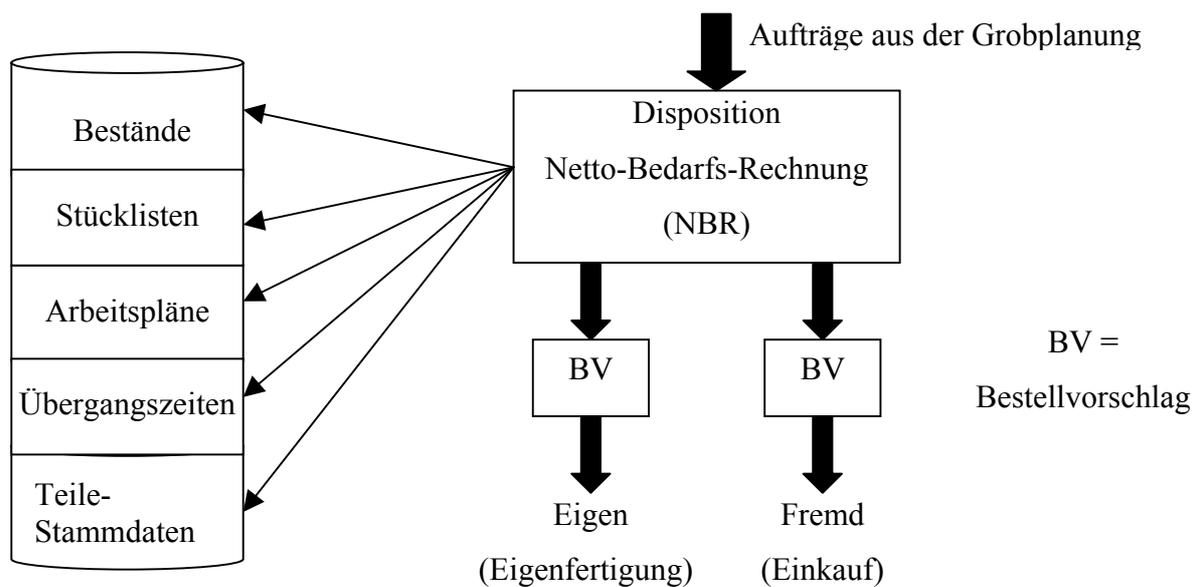


Bild 1.1: Aufbau Nettobedarfsrechnung⁵

Bei den oben genannten Systemen werden zunächst die Nettobedarfe der einzelnen Perioden zu Fertigungsaufträgen zusammengefasst, ohne wirklich die Kapazitätsgrenzen und -auslastungen zu berücksichtigen. Die eigentlichen Kapazitätsgrenzen werden in aller Regel erst in der Kapazitätsterminierung in einem nachgelagerten Planungsschritt berücksichtigt. In diesem Schritt wird bevorzugt das Kapazitätsangebot verändert, z.B. durch Änderung der zeitlichen Zuordnungen von Arbeitsgängen zu einzelnen Betriebsmitteln. Hierbei sind weniger Wechselwirkungen zu berücksichtigen, als bei Veränderungen der Kapazitätsnachfrage, wo beispielsweise die zeitliche Zuordnung von Arbeitsgängen zu einzelnen Betriebsmitteln geändert wird. Dabei kann eine kurze Überschreitung dieser Kapazitätsgrenzen als zulässig angesehen werden, da die Kapazitätsgrenzen im Intervall definiert werden. Durch das Intervall werden die Kapazitätsgrenzen kurzzeitig überschritten, in dieser Zeit wird die Überschreitung der Kapazitätsgrenzen als zulässig angesehen. Dagegen werden in den Pausen die Kapazitätsgrenzen nicht erreicht.

Wenn die in der Kapazitätsterminierung bestehenden periodenabhängigen Kapazitätsbedingungen nicht mehr ausreichen, werden Iterationen in Form des nachfolgenden Suchens einer zulässigen Lösung vorgenommen.⁶

⁵ Helfrich, C.: Praktisches Prozess-Management, S. 132

⁶ Hölzer, W.: Advanced Planning and Scheduling Systems: Optimierungsmethoden in der interaktiven Entscheidungsunterstützung auf Basis von ERP und Feinplanung, S. 1 f.



PPS- bzw. ERP-Systeme unterstützen neben Planungsaufgaben auch Steuerungsaufgaben. Hierzu sind die in der Fertigung einzusetzenden Ressourcen und der Zeitpunkt der Auftragsfreigabe zu bestimmen, sowie eventuelle Entscheidungen zur Reihenfolge- oder Auftragsbearbeitung zu treffen. Häufig werden dabei zur Unterstützung dieser Steuerungsaufgaben sogenannte Leitstand-Systeme eingesetzt. Diese Systeme werden auch von neueren ERP-Systemen benutzt. Mit dessen Hilfe wurden einige Fortschritte erreicht, trotzdem sind folgende für ERP-Lösungen benannte Erfolgsfaktoren unverändert in ihren Auswirkungen:

- Schaffung stabiler organisatorischer Abläufe
- Schaffung stabiler technologischer Fertigungsunterlagen
- Realistische Planung der Durchlaufzeiten

Zurück zum eigentlichen Problem: betrachtet man beispielsweise die Fertigung eines Bauteils an 4 Maschinen, muss in den Arbeitsplänen geplant werden, zu welcher Zeit das Bauteil an der jeweiligen Maschine bearbeitet werden kann. Bild 1.2 zeigt die Plantafel der Maschinenbelegung für die Maschinen A bis D mit einer Belegung von drei Aufträgen.

Im Bild 1.2 ist zu erkennen, dass das Teil 1 bei der Fertigung an allen vier Maschinen bearbeitet werden muss, während zur Herstellung von Teil 2 nur drei Maschinenarbeitsgänge erforderlich sind. Nun ist zu entscheiden, wo Teil 2 gefertigt werden soll. Einer der Bearbeitungsschritte ist sowohl an Maschine A als auch an Maschine D möglich. Es ist also je nach Auslastung der einzelnen Maschine festzulegen, wann und an welcher Maschine Teil 2 gefertigt wird. Dabei ist auch die Fertigungsreihenfolge von diesem Teil und der anderen Teile zu berücksichtigen, da zum Beispiel erst gefräst werden muss, bevor gebohrt werden kann.

Ergeben sich nun Probleme bei der Terminierung, kann zur Verkürzung der Durchlaufzeiten auch auf Alternativarbeitspläne zurückgegriffen werden. Beispiel: Ein Bauteil muss gefräst, gebohrt und gesägt werden, dann stehen folgende Fertigungsalternativen zur Verfügung:



Bearbeitung an einer Maschine, die über alle genannten Funktionen verfügt, oder Fertigung an drei Einzelmaschinen. Es ist auf jeden Fall der Terminplan aller Aufträge und die Reihenfolge der Bearbeitung zu berücksichtigen. Bei der Erstellung der Arbeitspläne sollten beide Möglichkeiten der Fertigung in Betracht gezogen werden. Bis heute kann kein PPS- oder ERP-System mit alternativen Arbeitsplänen operieren. Einige APS-Anbieter versprechen dies jedoch schon als möglich.

Die meisten ERP-Systeme können nur errechnen, wann das Teil gefertigt werden soll, wobei sie häufig mit falschen Ressourcen (Zeit, Maschinenkapazitäten) arbeiten. Ebenso häufig können sie jedoch nicht ermitteln, an welcher Maschine das Teil optimalerweise zu fertigen ist. Die Frage nach der günstigeren Fertigungsmethode, sequentieller Bearbeitung auf Einzelmaschinen oder einem universellen Bearbeitungszentrum, bleibt unbeantwortet.

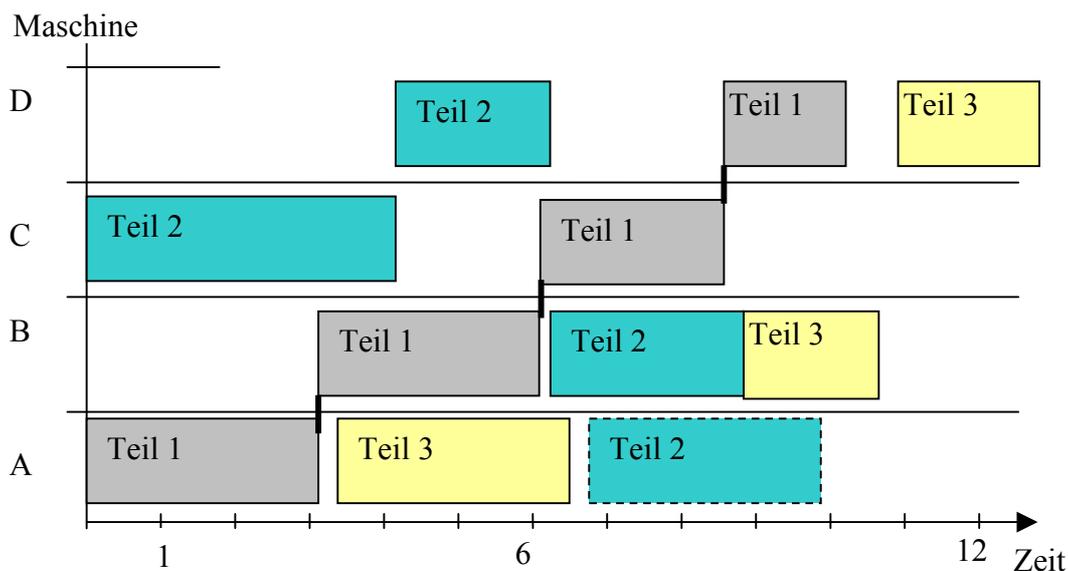


Bild 1.2: Plantafel Maschinenbelegung von Maschine A

Jetzt sprechen bereits einige Softwareanbieter von integrierten APS-Modulen in ihren ERP-Lösungen. Sehr häufig werden Themen wie Supply Chain Management (SCM) und eBusiness in Verbindung mit Advanced Planning and Scheduling (APS) gebracht.⁷ APS-Systeme finden seit etwa 1997 zunehmend Interesse. Mehr dazu in Kapitel 4.

⁷ vgl. Dieboldt, KPMG, 1999



1.2 Zielsetzung

Es ist das Ziel dieser Arbeit, die verschiedenen Planungswerkzeuge (insbesondere APS) näher zu untersuchen und auf die Funktionen und Anwendungsschwerpunkte einzugehen. Dazu bedarf es zunächst einer kurzen Erklärung der zumeist in englischer Sprache verwendeten Begriffe. Nach einer Veranschaulichung der Entwicklung und der Abgrenzung dieser Werkzeuge von den alt bekannten PPS-Systemen (Produktionsplanung und -steuerung) und den neueren ERP-Systemen (Enterprise Resource Planning) wird auf die genauere Funktionsweise der Systeme eingegangen. Zum Schluss werden die erklärten Sachverhalte an branchenunterschiedlichen Unternehmen dargestellt.

Dazu soll unter anderem untersucht werden:

- Welche Konzepte und Funktionen bietet das APS-System (Advanced Planning Scheduling) im Gegensatz zu früheren Systemen wie ERP, PPS, MRP und wo liegen die Unterschiede zwischen den beiden Systemen?
- Was versteht man unter Supply Chain Management (SCM), welche Bedeutung haben dabei die Informationstechnologie und das Advanced Planning System?
- Wie arbeiten APS-Systeme und was für Methoden wenden sie an?



2. Die Wurzeln - frühere Systeme wie MRP und PPS

2.1 Einführung

Ständig neue und meist sehr kurzlebige „Managementphilosophien“, wie das "Business Process Reengineering", „Lean bzw. Agile Management" oder „Total Quality Management", kennzeichnen die geänderten Wettbewerbsbedingungen und somit den Wandel in den heutigen Industriebetrieben. Das ökonomische Prinzip ist die Grundlage aller dieser Konzepte, wobei entweder Zeit-, Kosten- oder Qualitätsaspekte in den Mittelpunkt der Rationalisierungsmassnahmen gestellt werden. Außerdem ist ein wichtiger Wettbewerbsfaktor die Flexibilität eines Unternehmens. Das Ziel der Rationalisierungsmassnahmen bedingt durch den viel diskutierten Wandel weg vom Verkäufer- und hin zum Käufermarkt ist es, eine hohe Anpassungsfähigkeit an veränderliche Rahmenbedingungen und gleichzeitig eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Diese marktbezogene Entwicklung der Industriebetriebe wird unterstützt durch den technologischen Fortschritt, wie z.B. durch den weitverbreiteten Einsatz der Computertechnologie in vielen Unternehmensbereichen.⁸

Von diesen Umstrukturierungsmaßnahmen waren im besonderen Masse die Produktionsprozesse in zahlreichen Betrieben betroffen. Unter den Schlagworten „flexible Automatisierung" und später „Computer Aided Manufacturing (CAM)" wurden zu Beginn der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts computergestützte Produktionstechnologien, wie z.B. Flexible Fertigungssysteme, eingeführt. Mit Hilfe dieser hoch automatisierten Fertigungssysteme, die sich vor allem durch geringe Werkzeugwechselzeiten auszeichnen, sollte eine wirtschaftliche und gleichzeitig flexible Produktion erreicht werden. Der zu Beginn angestrebte hohe Automatisierungsgrad und die daraus resultierenden Produktionsabläufe haben sich jedoch als relativ komplex und schwer steuerbar dargestellt. Aus diesem Grunde hat man Anfang der 90er Jahre damit begonnen, zunächst die organisatorischen Voraussetzungen für einen effizienten Einsatz moderner Produktionstechnologien zu schaffen. Die neuen Fertigungskonzepte haben das Ziel, die Produktionsabläufe zu vereinfachen und die Entscheidungskompetenzen innerhalb der Fertigung zu dezentralisieren, welche unter den Begriffen „Group Technology" oder "Fertigungsinsel-Ansatz" vorgestellt wurden. Diese

⁸ vgl. Höck, M. Produktionsplanung und –steuerung einer flexiblen Fertigung, S.1



Dezentralisierung geschieht, indem der gesamte Produktionsprozess eines Industriebetriebes in mehrere relativ autonome Fertigungsbereiche und Fertigungssegmente aufgespaltet wird, um zügiger auf Störungen in der Produktion oder Änderungen des Marktes reagieren zu können.

Es resultieren neue Anforderungen an die Produktionsplanung und –steuerung (PPS) aus den geänderten technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen des industriellen Fertigungsprozesses. Während klassische 'PPS-Konzepte' wie z.B. der Ansatz von MRP II (Material Requirements Planning II) oder von Just in Time (JIT), vorwiegend an einer Organisationsform der Fertigung ausgerichtet sind, existieren in einer flexiblen Fertigung mehrere, z.T. unterschiedlich organisierte Bereiche, in denen die Produktionsprozesse aufeinander abgestimmt werden müssen. Somit ist ein Informationssystem zu entwickeln, das auf der einen Seite den speziellen Anforderungen der Subsysteme gerecht wird und auf der anderen Seite eine bereichsübergreifende bzw. segmentübergreifende Koordination des Materialflusses ermöglicht. Außerdem sind im Rahmen der Produktionssteuerung verstärkt die technischen Besonderheiten einer computergestützten, flexiblen Fertigung, wie z.B. die variable Zuordnung von Arbeitsgängen und Maschinen, zu berücksichtigen.⁹

2.2 Material Requirements Planning (MRP)

Die Entwicklung von PPS begann mit der Methode „Material Requirements Planning (MRP)“, im Deutschen „Materialbedarfsplanung“ genannt. Schwerpunkt und gleichzeitig Ursprung dieses MRP Konzeptes ist die computergestützte Planung des Materialbedarfs. Hiermit wurde nur der tatsächliche Materialbedarf für den jeweiligen Auftrag geplant, ohne Berücksichtigung der Mindestbestände. Dabei wird der Materialbedarf aus den Stücklisten der Endprodukte von den aktuellen Kundenaufträgen und der Absatz- und Produktionsgrobplanung ermittelt. Anschließend werden daraus die Pläne für die einzelnen Fertigungsaufträge der Unterbaugruppen abgeleitet. Dieser Vorgang zur Ermittlung der Sekundärbedarfe wird der Tiefe der Stücklistenstruktur entsprechend mehrfach durchlaufen. MRP plante ursprünglich nur den Bedarf an Material, ganz ohne Kapazitätsbetrachtung für die im Prozess genutzten Anlagen und Maschinen, also den Primärbedarf (vgl. Bild 2.1).

⁹ vgl. Höck, M. Produktionsplanung und –steuerung einer flexiblen Fertigung, S.1, 2

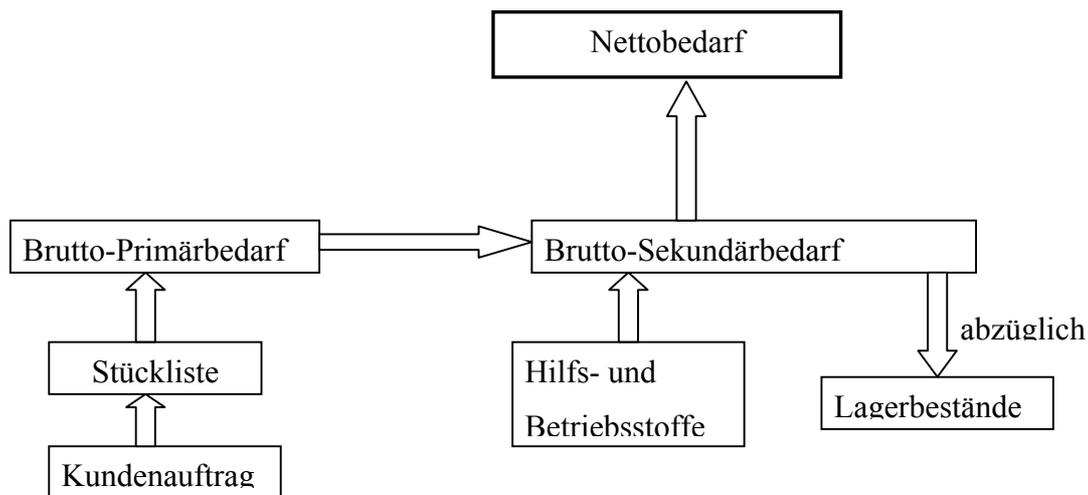


Bild 2.1: Entstehung des Nettobedarfs

Für die Materialplanung muss erst einmal eine Bedarfsermittlung durchgeführt werden. Der Bruttobedarf ergibt sich aus dem Auftrag. Anhand des Auftrags wird mit Hilfe der Stücklisten der Bruttobedarf festgelegt. Beispiel: es liegt ein Auftrag über 5 Werkzeugmaschinen vor. Nun wird die Stückliste betrachtet. Die dort aufgeführten Materialmengen werden mit dem Auftragsumfang (5) multipliziert und es ergibt sich der Bruttobedarf. Von dem Bruttobedarf werden vorhandene Lagerbestände (ohne Mindestlagerbestand) und eventuelle Bestellbestände (von noch offenen Bestellungen) abgezogen. Das ergibt den Nettobedarf, welcher gleich dem Bestellbedarf ist, wie oben in Bild 2.1 dargestellt. Nun muss nur noch das Material rechtzeitig bestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass die verschiedenen Materialien unterschiedliche Lieferzeiten haben.

Mit MRP wurde ein Bauteil erst gefertigt, wenn ein definierter Bedarf vorliegt. Mindestbestände wurden nicht berücksichtigt, somit ist MRP ein Null-Bestandssystem.

In allen Stufen dieses Planungsprozesses wird für jedes Teil eine fixe Vorlaufzeit angenommen, die sich aus Erfahrungswerten oder schlichtem Schätzen ergibt. Hiermit wird eine unbefriedigende (da zu ungenaue) Vorgabe in bezug auf die zu erwartenden Durchlaufzeiten im Planungssystem angenommen. Außerdem will man natürlich jedes Risiko von fehlerhaften Teilen vermeiden. Damit kommt es durch diese vereinfachende Annahme häufig zu falschen Beständen, zu langen Durchlaufzeiten und einer schlechten Synchronisation zwischen den Prozessen.¹⁰

¹⁰ vgl. Fritsche, B.: Logistik Heute, S. 50



Mit MRP wurde ursprünglich nur der Materialbedarf für eine Produktionsperiode geplant. Eine Kapazitätsbetrachtung, insbesondere in bezug auf die unterschiedliche zeitliche Auslastung der einzelnen Produktionsmittel, fand nicht statt. Es wurde mit unbegrenzter Kapazität geplant. Erhielt ein Unternehmen einen Auftrag mit fixer Stückzahl, wurde für diesen Auftrag die Planung für das Material vorgenommen. Anschließend wurde der ermittelte Materialbedarf bestellt. Es wurde jedoch nicht berücksichtigt, wie die Maschinen ausgelastet sind und wann der Auftrag genau gefertigt wird. Somit konnte niemand sagen, zu welcher Zeit das Material tatsächlich benötigt wird. Vor der Fertigungssteuerung müssen im Bereich der Terminierung erst folgende Schritte durchlaufen werden: Terminierung des Durchlaufs- und des Kapazitätsabgleichs.

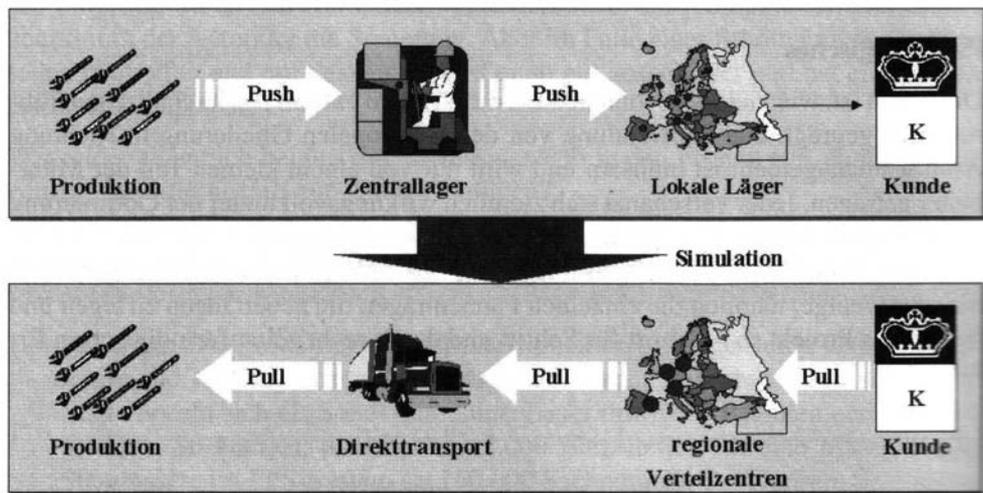


Bild 2.2: Umstellung von der Push- auf eine Pull-Strategie¹¹

MRP arbeitet nach dem Push-Prinzip, d.h. die Aufträge werden durch die Fabrik geschoben. Wie in Bild 2.2 zu sehen, wird hier immer ein Auftrag in die Produktion gegeben. Es wird auch produziert, wenn keine Aufträge vorhanden sind. Im Gegensatz dazu arbeitet JIT meist nach dem Pull-Prinzip, wobei die Aufträge durch die Fabrik gezogen werden (Bild 2.2). JIT¹²

¹¹ Helfrich, C.: Praktisches Prozessmanagement, S. 236

¹² Vgl. Corsten, H.: Dezentrale Produktionsplanungs- und -steuerungs-Systeme, S. 18 ff, S. 39 und Arndt, H.: Supply Chain Management, S. 162 f



kann als ein Konzept definiert werden, dass versucht eine möglichst auftragsgenaue Produktion und Beschaffung zu erreichen. Ordert nun ein Kunde beispielsweise 50 Einheiten eines bestimmten Produktes, so werden nicht 49 oder 51 Stück produziert, sondern eben genau 50. Somit versucht der Prozess bis auf die Minute berechenbar (planbar) zu sein.

Im Laufe der Zeit wurde MRP von der Materialplanung durch weitere Anwendungen wie Kapazitätsbedarfsplanung und Werkstattsteuerung erweitert und es entstand MRP II („Manufacturing Resource Planning“). Später entwickelten sich daraus betriebswirtschaftliche Gesamtlösungen, was als Enterprise Resource Planning (ERP-System) bezeichnet wird. Mehr dazu in Kapitel 3. MRP II integriert die Planungs- und Steuerungsproblematik in den Gesamtzusammenhang einer Logistikkette (vgl. Bild 2.3). Dabei entstand der Gedanke der hierarchischen Planung von der Produktplanung bis zum Vertriebsplan.

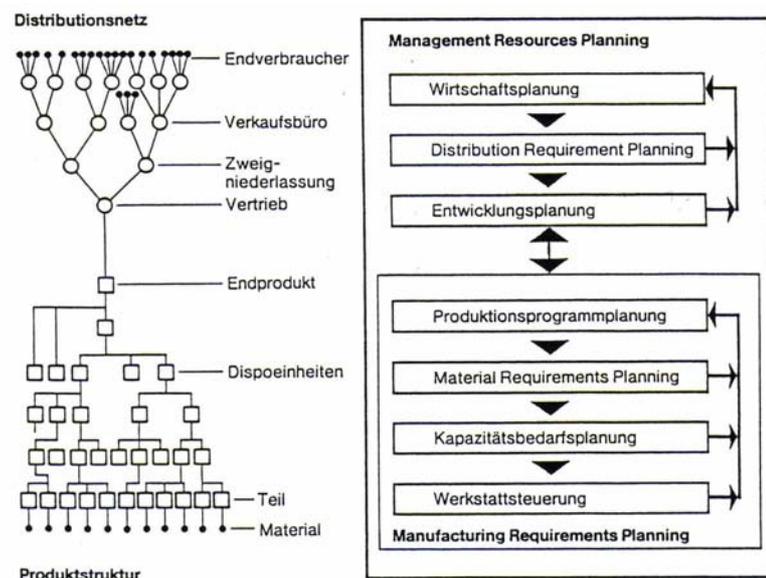


Bild 2.3: MRP II-Konzept¹³

¹³ Scheer, A.-W.: CIM, S. 37



2.3 Produktionsplanung und -steuerung (PPS)

PPS steht für „Produktionsplanung und -steuerung“ und entspricht einigen literarischen Quellen zufolge dem englischen Begriff MRP (Material Requirements Planning). Die Struktur, der am häufigsten eingesetzten PPS Systeme, beruht zumeist auf dem 1978 von O. Wright entwickelten „manufacturing resource planning“-Ansatz (MRP II-Konzept) und ist in Tabelle 2.4 abgebildet.¹⁴

| Aufgabenkomplexe der Produktionsplanung und -steuerung | Teilaufgaben | Daten |
|--|--|--|
| Programmplanung | <ul style="list-style-type: none"> - Produktarten und -mengen für den Planungszeitraum festlegen - Höhe der Endlager (soweit vorhanden) verwalten und festlegen, Übersicht über Ressourcen (z.B. für Kapazitäten) erstellen und - soweit notwendig - über Anpassungsmaßnahmen entscheiden - Konstruktions- und Arbeitsplamtätigkeiten bei kundenorientierter Fertigung planen - Kundenaufträge verwalten und bearbeiten | Stammdaten (Beispiele): <ul style="list-style-type: none"> - Stücklisten - Arbeitspläne - Betriebsmittel - daten (z.B. Kapazitäten, Schichtdauer etc.) |
| Mengenplanung | <ul style="list-style-type: none"> - (Brutto/Netto-)Bedarf an Komponenten festlegen (Sekundärbedarf) - (Brutto/Netto-)Bedarf an Betriebsstoffen bestimmen (Tertiärbedarf) - Bestände an Komponenten und Betriebsstoffen führen und reservieren - Eigenzufertigende Nettobedarfe festlegen (Fertigungsaufträge) - Fremdzufertigende Nettobedarfe bestimmen (Bestellaufträge) - Bestellungen schreiben und überwachen | Bewegungsdaten (Beispiele): Kundenaufträge Lagerbestände |
| Termin- und Kapazitätsplanung | <ul style="list-style-type: none"> - Start- und Endtermine der Fertigungsaufträge bestimmen - Kapazitätsbedarfe ermitteln - Kapazitätsbedarf und Kapazitätsangebot abstimmen - Arbeitsvorgänge auf den Arbeitssystemen zeitlich einplanen | |
| Auftrags- veranlassung | <ul style="list-style-type: none"> - Verfügbarkeitsprüfung für Personal, Maschinen, Komponenten, Werkzeuge, NC-Programme etc. durchführen und notwendige Produktionsfaktoren reservieren - Fertigungsaufträge und Arbeitsvorgänge freigeben - Arbeitsbelege erstellen - Arbeit zuteilen | |
| Auftrags- überwachung und Sichern des Produktionsvollzugs | <ol style="list-style-type: none"> 1. Rückmeldung von IST-Daten <ul style="list-style-type: none"> - auftragsbezogen - maschinenbezogen - mitarbeiterbezogen - materialbezogen 2. Fertigungsfortschritt überwachen und Kapazitätsauslastung überprüfen 3. Liefertermine für Kundenaufträge überwachen 4. Anpassungsmaßnahmen bei Soll-Ist-Abweichungen auslösen | |

Tabelle 2.4: Grundstruktur eines PPS-Systems¹⁵

¹⁴ Wright, O. : The Executive Guide to Successfull MRP II, Englewood Cliffs 1982, S. 41 ff

¹⁵ Corsten, H.: Dezentrale Produktionsplanungs- und -steuerungs-Systeme 1998, S. 14



Schon Ende der 60er Jahre (vgl. Bild 2.5) wurden die ersten einfachen PPS-Systeme bei Unternehmen eingeführt. Diese waren überwiegend auf Serien- und Massenfertigung ausgerichtet. Das diesen Systemen zugrunde liegende MRP II-Konzept ist heute ein anerkannter Standard.

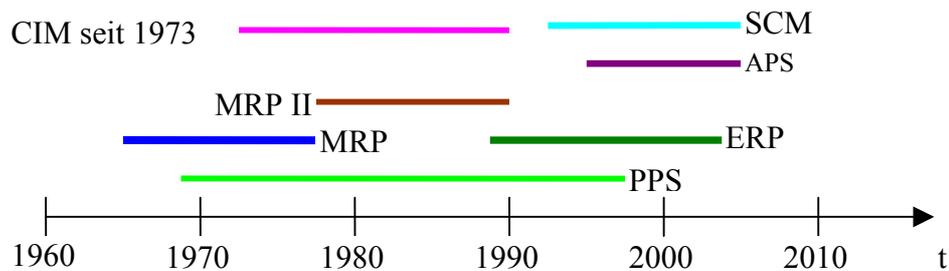


Bild 2.5: Zeitliche Darstellung, wann welches System erstmals in etwa in

In Deutschland ist das produzierende Gewerbe nicht nur durch Grossunternehmen wie DaimlerChrysler, Bayer, Thyssen-Krupp oder Siemens geprägt. Auch für unsere mittelständischen Unternehmen sind konventionelle PPS-Systeme, die auf dem MRP II-Konzept basieren, nicht flexibel genug. Bei PPS-Systemen (Stand 1990) wird eine Funktion nach der anderen ausgeführt (vgl. Bild 2.6). Dabei werden langfristige und kurzfristige Planungen nur geringfügig berücksichtigt. Die Integration anderer Funktionen, besonders bei technischen Systemen der Produktentwicklung und Prozesssteuerung, ist gering.

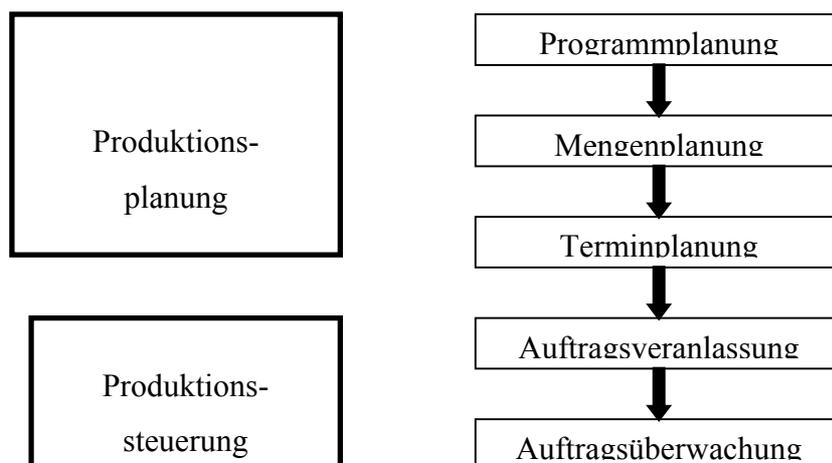


Bild 2.6: Aufbau traditioneller PPS-Systeme¹⁶

¹⁶ Dorninger, C.: PPS- Produktionsplanung und Steuerung, S. 35



In den 80er Jahren wurden für die mittelständischen Unternehmen PPS-Systeme entwickelt. Die Funktionalität dieser Systeme wird im Bereich der Materialwirtschaft recht gut genutzt, dagegen blieben die integrierten zeitwirtschaftlichen Funktionen zumeist unbeachtet. Bei vielen Ende der 90er Jahre eingesetzten PPS-Systemen wird eine Stufenplanungskonzeption verfolgt, um die Problemkomplexität zu reduzieren. Dabei werden bewusst Schnittstellen eingeführt, um Zusammenhänge zwischen Entscheidungsfeldern zu trennen. Dabei lassen sich zwei Ebenen erkennen. In der ersten Ebene wird eine Planungsebene durchlaufen, wo der mengenmäßige Bedarf an Endprodukten mit den zugehörigen Terminen wie auch den Mengen ermittelt wird. Die Daten und Ergebnisse werden der zweiten Ebene zur Verfügung gestellt. Die Schnittstelle zwischen den beiden Ebenen stellt die Auftragsfreigabe dar. Die zweite Ebene ist die Steuerungsebene. Hier wird über die Reihenfolge der Abarbeitung der Aufträge entschieden. Des Weiteren erfolgt eine Feinplanung.¹⁷

2.4 Ziele von PPS

Laut einer Statistik des Instituts der deutschen Wirtschaft aus dem Jahr 1991 lag die Kapazitätsauslastung des verarbeitenden Gewerbes 1980 bei 82,3% und 1990 bei 89,4%. Sie ist also etwas gestiegen.¹⁸ Die Statistik zeigt, dass durch die Einführung von PPS-Systemen die Kapazitätsauslastung etwas verbessert wurde.

Die Ziele der Produktionsplanung und –steuerung sind vielfältig. Einige Ziele können jedoch unter dem Oberziel 'Wirtschaftlichkeit der Produktion' zusammengefasst werden. Dabei soll die Wirtschaftlichkeit, definiert als Quotient aus erbrachter Leistung (Output) eines Unternehmens und den dafür entstandenen Kosten (Input) naturgemäß möglichst hoch sein. Die Produktionsplanung und –steuerung beeinflusst dabei in erster Linie die Kosten. Die Leistung wird hingegen von der herzustellenden Menge bestimmt, welche in der Regel außerhalb der Produktion determiniert wird. Auch die Durchlaufzeiten (DZ) spielen eine Rolle. Die Ziele sind minimale Durchlaufzeiten und minimale Bestände und diese Ziele haben heute meist eine höhere Priorität, als die maximale Auslastung einer Anlage. Erreicht werden können sie mit einer verkürzten Transportzeit und einem vereinfachten Materialfluss. Daraus

¹⁷ vgl. Corsten, H.: Dezentrale Produktionsplanungs- und –steuerungs-Systeme 1998, S. 293 ff

¹⁸ Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft, 1991



folgt, dass die Produktionsplanung und -steuerung das Ziel verfolgt, eine vorgegebene Leistung mit möglichst geringen Kosten zu erbringen um damit eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

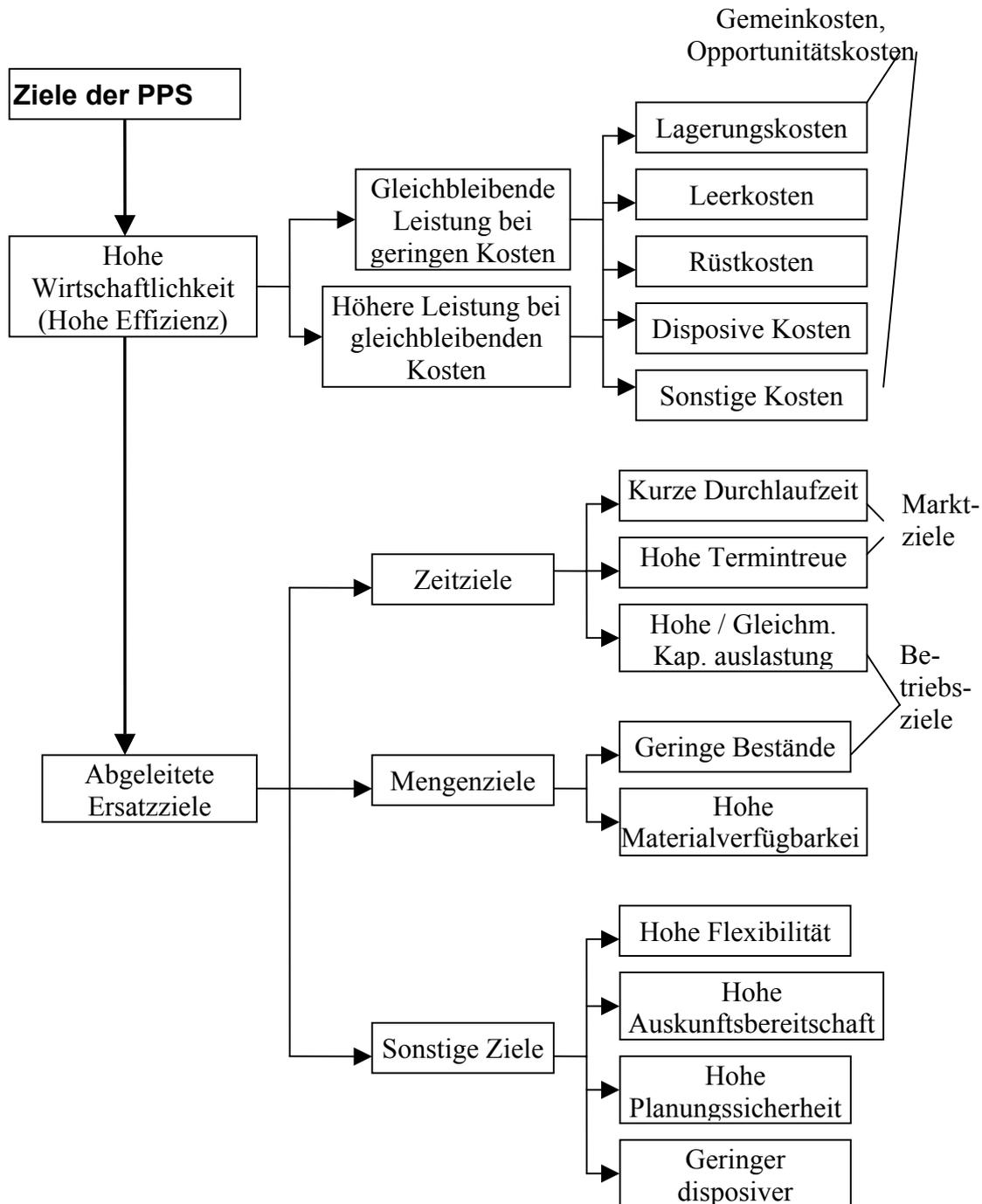


Bild 2.6: Abgeleitete Ersatzziele der Produktionsplanung und -steuerung¹⁹

¹⁹ Ramsauer, C.: Dezentrale PPS- Systeme S. 10



Für Planungs- und Steuerungsprozesse sind Kosten als Zielgrößen nicht ohne weiteres geeignet. Außerdem wäre dann eine ausgefeilte Kostenrechnung nötig, wozu die relevanten Daten von der PPS zur Verfügung gestellt würden. Allerdings ist so eine Kostenrechnung in der Praxis oft nicht verfügbar. Deshalb haben sich sogenannte Ersatzziele durchgesetzt, welche ein Bindeglied zu den Kosten darstellen. Diese Ersatzziele werden nach Zeit-, Mengen- und sonstigen Zielen gegliedert und bilden somit das Zielsystem PPS. Dabei stehen die Ersatzziele in einem mehr- oder minder starken gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis.²⁰

Durch die Verfolgung von Ersatzzielen ergibt sich eine Reduzierung der von der PPS beeinflussbaren Kosten. Dies hat aufgrund der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit eine Steigerung des Deckungsbeitrages bzw. des Gewinnes zur Folge. Eine Messung der Kostenbeeinflussung ist in der Regel nur schwer möglich. Darum stützen sich Investitionsentscheidungen zumeist auf Strategieentscheidungen oder auf Hinweise zur Kosteneinsparung.

PPS-Systeme, die keine integrierte Planung für Material, Personal und Betriebsmittel in jeder Phase anbieten, sind auch nicht in der Lage, die betriebswirtschaftlichen Ziele zu verbessern. Sie verwalten den IST-Zustand mit elektronischen Mitteln, verzichten aber auf eine betriebswirtschaftliche Verbesserung durch straffere Integration der Elementarfaktoren.

2.5 EDV-gestützte Ansätze von PPS sowie deren Aufgaben

Die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) befasst sich mit der gesamten Produktion vom Angebot bis zum Versand. Dabei wird unterschieden zwischen der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung. Die Zusammenhänge sind in Bild 2.7 dargestellt.

²⁰ vgl. Ramsauer, C.: Dezentrale PPS- Systeme S. 7-10

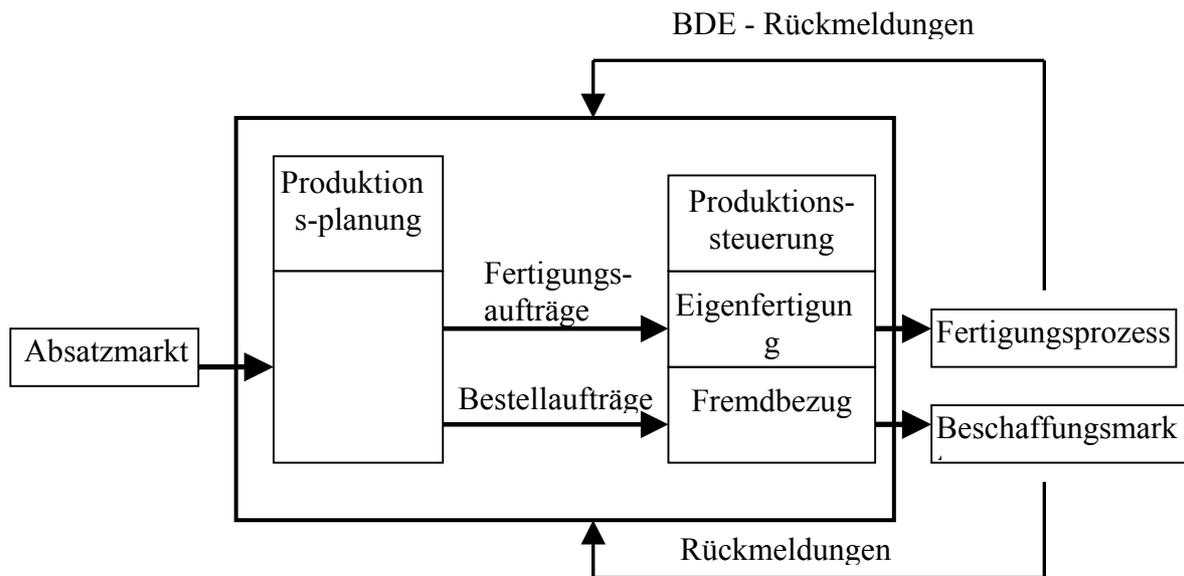


Bild 2.7: Zusammenhang zwischen Produktionsplanung und -steuerung im Überblick²¹

Der Absatzmarkt bestimmt die Anzahl und den Umfang der Aufträge, welche die Grundlage für die Produktionsplanung bilden. Die Produktionsplanung leitet aus den Aufträgen folgende Faktoren ab:

Art und Ausbringungsmenge des zu erstellenden Produktes, sowie den Starttermin der Produktion. Die Mengenplanung gibt dabei die zur Produktion benötigten Teile und Baugruppen an. Dann wird in der Terminplanung überprüft, ob die notwendigen Arbeitsgänge zeitlich und kapazitätsbedingt umsetzbar sind.

Darauf erreicht der Auftrag in die Produktionssteuerung, welche aus 2 parallelen Schritten besteht. Der erste Schritt befasst sich mit dem Beschaffungsmarkt. Er umfasst den Zeitraum, von der Freigabe der Bestellaufträge bis zum Wareneingang. Der 2. Schritt befasst sich mit dem Fertigungsprozess und erstreckt sich von der Freigabe der Fertigungsaufträge bis zur Fertigmeldung. Hier werden die geplanten Fertigungs- und Bestellaufträge freigegeben, die Reihenfolge der Bearbeitung der Fertigungsaufträge festgelegt und den entsprechenden Arbeitsplätzen zugewiesen. Der gesamte Prozess wird überwacht und die IST-Daten der Fertigung werden von einem Betriebsdaten-Erfassungssystem (BDE-System) gesammelt. Treten Abweichungen auf, werden entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet. Bei den fremdbezogenen Teilen wird nur das Lieferdatum festgelegt.

²¹ Dorninger, C.: PPS- Produktionsplanung und Steuerung, S. 34



Eine rationelle Produktionsplanung und -steuerung (PPS) erfordert den Einsatz computergestützter Verfahren, die in ihrer Gesamtheit zusammen mit den jeweils verwendeten Steuerungsregeln ein (edv-gestütztes) PPS-System bilden.

Dabei werden insbesondere Dispositionsabläufe berücksichtigt, wie sie die aktuellen Standardsoftwarepakete zur Produktionsplanung und -steuerung vorsehen. Die heutigen PPS-Systemen unterscheiden sich vor allem darin, nach welchen Kriterien ein Teil der nachstehend aufgezeigten Entscheidungsvariablen der Produktionsplanung und -steuerung festgelegt werden.

In der betrieblichen Produktion umfasst das Gebiet der Produktionsplanung und -steuerung die Gesamtheit von Dispositionen. Die Dispositionen zur Bestimmung eines Absatz- oder Produktionsprogramms sind auf die Ausführung dieses Programms in mengenmäßiger und zeitlicher Hinsicht ausgerichtet. Entsprechend dieser Charakterisierung sind im Rahmen einer umfassenden Produktionsplanung und -steuerung folgende Entscheidungsvariablen zu bestimmen:

- Primärbedarfe sowie entsprechende Produktionsmengen,
- Fertigungsaufträge,
- Bestellaufträge,
- Termine für Auftrag und Arbeitsgang (Grundprinzip knapper Terminplanung).²²

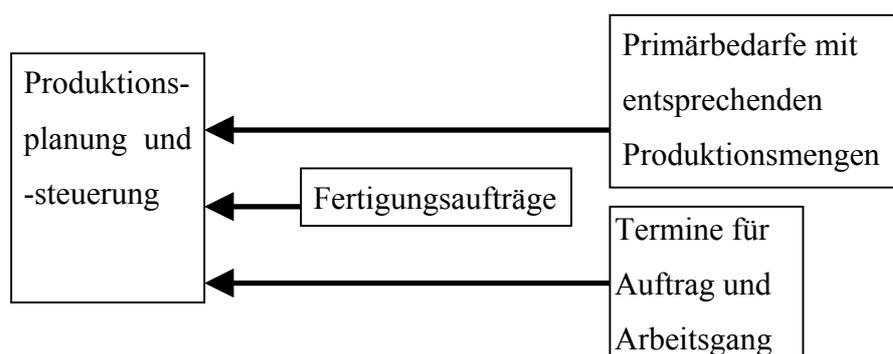


Bild 2.8: Dispositionen zur Bestimmung eines Absatz- oder Produktionsprogramms

²² Glaser, H.: PPS – Produktionsplanung und -steuerung, S. 1



Die geplante Produktionsmenge eines Fertigproduktes stellt einen Primärbedarf dar. Diese Menge ist in einer Periode abzusetzen. Sofern die Lagerhaltung von Material ausgeschlossen wird, stimmen die betreffenden Absatzzahlen der Enderzeugnisse mit den Mengen für die, in der angenommenen Periode zu erstellender Fertigprodukte überein. Wenn nicht, können Primärbedarfe und Produktionszahlen voneinander abweichen. Auch gibt es Abweichungen, wenn man von der Lagerhaltung von Fertigerzeugnissen ausgeht.

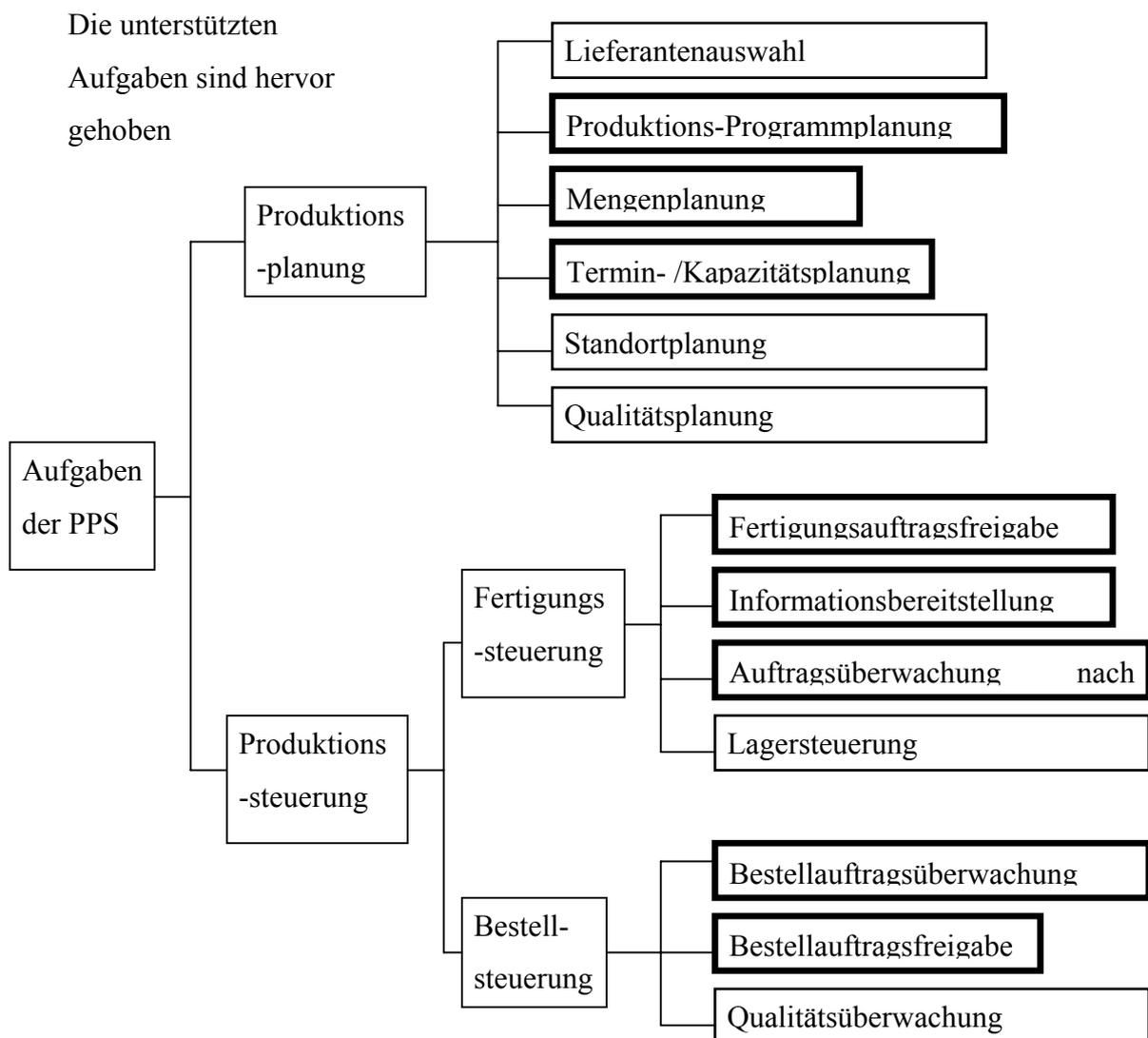


Bild 2.9: Unterstützte Aufgaben durch ein PPS-System²³

²³ modifiziert nach Ramsauer, C.: Dezentrale PPS- Systeme S. 15



Für die Endprodukte und für die in Eigenfertigung zu produzierenden Baugruppen, die in die Endprodukte eingehen, sind ausgehend von den jeweiligen Bedarfsmengen Fertigungsaufträge zu erstellen. Ein Fertigungsauftrag bezieht sich auf die Menge eines Erzeugnisses, welches in einem Stück ohne Unterbrechung bzw. ohne Umrüsten der entsprechenden Maschine zu produzieren ist. Eine solche Menge wird auch als Los oder Losgröße bezeichnet. Das Abarbeiten eines Fertigungsauftrages oder die Fertigstellung eines Loses erfordert meistens die Durchführung mehrerer Arbeitsvorgänge, die an verschiedenen Arbeitsplätzen bzw. mit unterschiedlichen Maschinen auszuführen sind.

Mit jeder Bestellung für einen Auftrag wird die Menge eines anderweitig bezogenen Teils festgelegt, die extern von einem anderem Lieferanten bereitzustellen ist und häufig auch als eine Lieferung anzuliefern ist. Hierbei spricht man von einer Bestell- bzw. Beschaffungsmenge.

Die Ermittlung von Start- und Endterminen schließt bei den Erzeugnissen in Eigenfertigung die Terminierung der Aufträge und Arbeitsgänge ein. Auch ist die Bestimmung von Start- und Endterminen für Arbeitsvorgänge, die mit diesen Aufträgen verbundenen sind, enthalten. Mit einer genauen (Fein-)Terminfestsetzung liegt gleichzeitig die Reihenfolge vor, in der die Fertigungsaufträge an den einzelnen Maschinen bearbeitet werden. Bei Bezugsteilen von außerhalb wird als Auftragstermin der Liefertermin festgelegt.²⁴

²⁴ Vgl. Glaser, H.: PPS – Produktionsplanung und -steuerung, S. 1, 2



3. ERP

Unter Enterprise Resource Planning (ERP) versteht man vollständig integrierte Software-Lösungen für die unterschiedlichsten Unternehmensbereiche, wie z.B. Fertigung, Finanzen, Logistik, Personal, Vertrieb. Sie bieten umfassende Funktionalitäten für alle Bereiche eines Unternehmens und bestehen aus einer Reihe modularer und möglichst einfach zu implementierender Komponenten. Im Bereich der Fertigungsindustrie ist das PPS-System als Kernstück der ERP-Lösung zu sehen.

Eigenschaften von ERP-Systemen²⁵: ERP-Systeme sollten Daten und Funktionen anderer angeschlossener Programme integrieren. Hierbei ist die ERP-Software meist eine Standardlösung, welche speziell auf das jeweilige Unternehmen mit seiner Fertigung angepasst wird. Mit der Anschaffung einer solchen Software gehen Unternehmen meist eine langfristige Bindung an einen Softwareanbieter und dessen Produkt(e) ein. Bei einem Wechsel sind erhebliche Kosten und organisatorische Aufwendungen zu erwarten, da die einzelnen Softwarehersteller mit unterschiedlichen Datenbanken und Strukturen arbeiten. Da auch die Hardware der Systeme häufig unterschiedlich ist, können auch hier Integrationsprobleme auftreten, wie man es vom häuslichen Computer her kennt. Unternehmen sollten daher immer daran denken, dass die IT-Architektur sich kontinuierlich weiterentwickelt und die Software auf einem aktuellen Stand gehalten werden muss.

3.1 ERP – Was ist das?

Es stellt sich folgende Frage:

Kann man das Unternehmen der Zukunft mit einer bereichsübergreifenden DV-System-Lösung, also mit einem ERP-Programm, darstellen?

Bei vielen Unternehmen herrscht teils hohe Unsicherheit, wenn sie die zukünftigen Entwicklungen beurteilen sollen. Auswirkungen einer Veränderung am Absatzmarkt können geringere Stückzahlen je Produktionseinheit sein, da die Vielfalt an Produkten und stärkere kundenspezifische Modifizierung zunimmt. Zur gleichen Zeit steigt der Konkurrenzdruck

²⁵ vgl. Reimers, K.: International Examples of Large-Scale Systems--Theory and Practice I: Implementing ERP Systems in China., S. 335 ff.



durch große Mengen gefertigter Produkte aus Ländern mit niedrigem Kostenniveau und mit hohem technischen Standard stark an. Es bestehen zum Teil auch Überkapazitäten und der Wettbewerb wird zunehmend härter. Dadurch werden die Preise und die Lieferzeiten gedrückt. Auch muss es den Industriebetrieben gelingen, durch schnelle Modifikation der Produkte und Flexibilität in der Fertigung, sich den Kundenwünschen und Marktveränderungen anzupassen und mit ihren Kosten den Marktpreisen zu folgen.

Produktivität und hohe Kapazitätsauslastung waren bis vor wenigen Jahren die Hauptfaktoren. Beim Versuch die Kosten zu senken. Dadurch konnte das relative Anlagevermögen, bezogen auf die Ausbringung des Unternehmens, gesenkt werden. Das kann hohe Lagerbestände an Halb- und Fertigfabrikaten und somit eine hohe Kapitalbindung im Umlaufvermögen zur Folge haben. Somit verstärkt sich die Forderung nach einer bedarfsorientierten Fertigung. Neue technische Lösungen machen es möglich, eine höhere Flexibilität der Fertigungsmittel und somit auch kürzere Durchlaufzeiten bei geringeren Beständen zu erreichen. Dadurch wird das Umlaufvermögen um bis zu 50 % reduziert.

In der Praxis bedeutet das, dass vom Wareneingang bis zum Versand des Produktes der Materialdurchlauf streng kontrolliert werden muss. Das vorhandene Personal und die Fertigungsmittel, sowie die Produktionskapazitäten müssen mit den Kundenbestellungen in Einklang gebracht werden. Die Aufgabe der Logistik ist es, den Materialeinsatz und die Materialbeschaffung so zu steuern, dass ein Optimum erreicht wird. Als optimal wird in diesem Zusammenhang zumeist die sogenannte „just in time-Lieferung“ angesehen. Das bedeutet, dass der Bedarf an selbsterstellten bzw. fremdbezogenen Materialien, Baugruppen oder Halbfertigprodukten jeweils zum Produktionsbeginn zur Verfügung gestellt wird, so dass eine Lagerhaltung praktisch entfallen kann. All das ist Aufgabe von ERP.

Durch den Einsatz automatisierter, flexibler Fertigungseinrichtungen und Mitteln aus der Logistik, sowie eine Weiterentwicklung der Fertigungseinrichtungen, wird mittels Integration der Datenverarbeitung ein Kostenminimum erzielt. Außerdem ergibt sich die Möglichkeit, gleichzeitig die Bestände zu reduzieren und die Auslastung der Maschinen zu optimieren, sowie die Durchlaufzeit eines Produktes durch die Fertigung anzupassen.²⁶

²⁶ Vgl. Ritter, B.: Das ERP-Pflichtenheft, S. 13 ff.

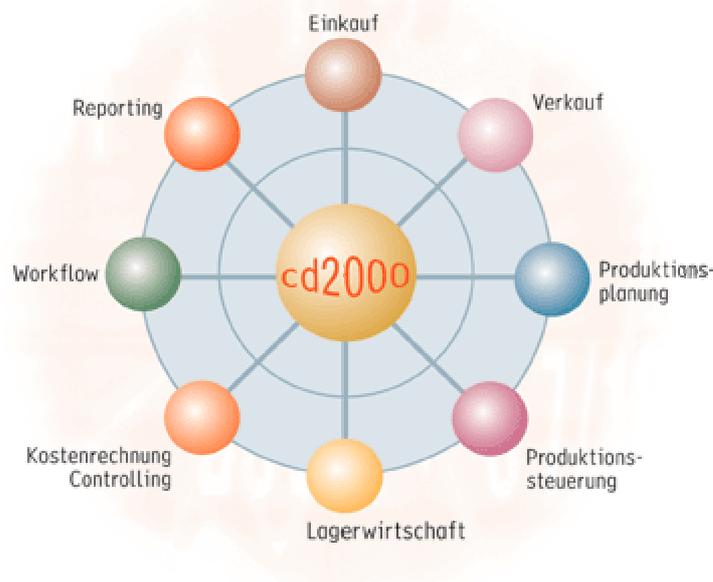


Bild 3.1: ERP-Komplettlösung der Firma r.z.w. cimdata AG

In Bild 3.1 ist das System cd2000 von der Firma r.z.w. cimdata mit einer betriebswirtschaftlichen, geschäftsprozessorientierten, skalierbaren Internet Business Anwendung für mittelständische Unternehmen dargestellt. Die Lösung vereint auf einer Plattform folgende Module:

- Enterprise Resource Planning (ERP),
- Produktionsplanung und -steuerung (PPS),
- Customer Relationship Management (CRM),
- e-Business und
- Supply Chain Management (SCM).

Unternehmen stellen an ERP-Systeme die Anforderung, dass diese möglichst viele Bereiche des Unternehmens abdecken. Es ist heute längst nicht mehr damit getan, dass das System lediglich den Materialbestand verwaltet, es sollte auch aus dem Bestell- und Auftragswesen heraus den Materialbedarf anhand von Stücklisten ermitteln. Im folgenden Schritt müssen die Aufträge geplant und das Material bestellt werden. Das System sollte nun anhand von statischen Plandurchlaufzeiten die Start- und Endtermine für die Fertigung ermitteln. Da ERP jedoch auf dem Ansatz von MRP II basiert, werden dem System unbegrenzte Kapazitäten unterstellt. Bei der anschließenden Fertigung muss sichergestellt werden, dass alle Komponenten zur richtigen Zeit gefertigt werden. Durch die Annahme unbegrenzter



Kapazitäten erhält man jedoch falsche Ergebnisse. Die Fertigprodukte müssen zudem noch im Lager verwaltet werden. Jedes ERP-System hat andere Eigenschaften, somit wird hier von „sollte“ gesprochen. Es gibt keine Richtlinien, die beschreiben, was ein System erfüllen muss.

3.2 Fortschritt von PPS- / MRP-Systemen zu ERP-Systemen

Durch einen automatischen oder manuellen Kapazitätsabgleich wollten einige PPS-Hersteller die Nachteile des MRP-Verfahrens entschärfen. Es wurde nach jedem Lauf von MRP versucht, Überproduktionen an Arbeitsplätzen (mit mehr als 100% Auslastung) durch partielle Korrekturen auf das Limit der Verfügbarkeit der Fertigung zu bringen. Das hatte keine Verbesserung zur Folge, da auch weiterhin vom System angenommen wurde, dass die zur Verfügung gestellte Zeit vollständig produktiv genutzt wird, was wieder zu einer zu optimistischen Kapazitätsaussage führt. Somit ist dieses Verfahren meist nicht befriedigend, da durch die Stufenplanung von Material und Kapazität nacheinander nicht realisierbare Pläne und Abweichungen auftreten. Außerdem ist ein grundsätzlicher Fehler des MRP dadurch noch nicht korrigiert.²⁷ Die PPS-Systeme wurden in den 90er Jahren kontinuierlich erweitert, um möglichst viele Branchen abzudecken. Es wird jedoch alles über MRP oder zu Deutsch PPS koordiniert. All die Schwächen von MRP sind auch Teil von MRP II und ERP. ERP-Systeme haben den Vorteil, zusätzlich zur Materialplanung noch die Kapazitätsplanung durchzuführen. Zusätzlich wurde MRP mit Tools für die Kostenrechnung, später der Finanzbuchhaltung und der Lohnabrechnung erweitert.

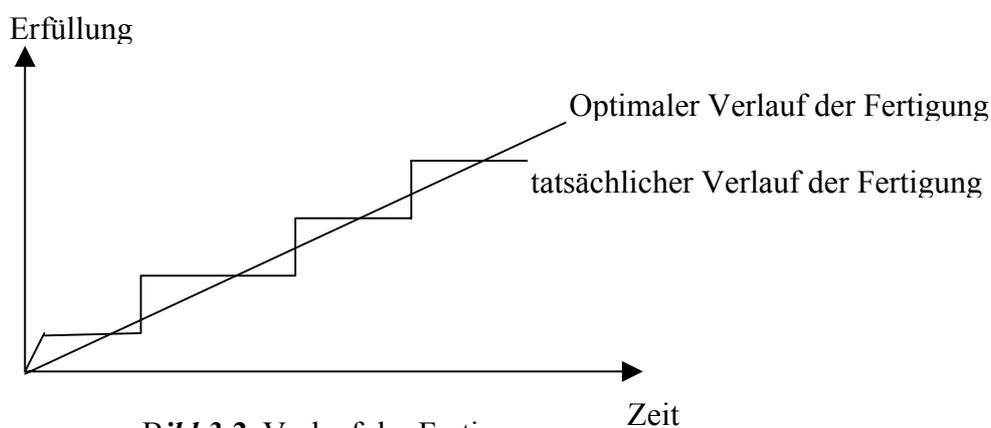


Bild 3.2: Verlauf der Fertigung

²⁷ Vgl. in Logistik Heute: Fritsche. B.: Die Zukunft von PPS und Supply Chain, 05/1999, S. 50



bei Veränderungen der Kapazitätsnachfrage, wie z.B. der Verschiebung der zeitlichen Zuordnung von Arbeitsgängen zu Betriebsmitteln.²⁹

Anzustrebende Ziele bei einem ERP-System sind:

- eine bestmögliche Lieferbereitschaft mit der zugehörigen Logistik,
- eine sehr flexible Fertigung, sowie
- eine kluge Produktpolitik,

und das sowohl in der Material- und Teilwirtschaft als auch im Fertigungsbereich. Diesen Tendenzen zur Folge ergibt sich der Zwang, mittel- und langfristige Änderungen in der Produktionstechnik vorzunehmen. Dabei müssen besonders die Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit in der Flexibilität gesteigert werden.

Kostenreduzierungen in der Produktion können wie folgt erzielt werden:

Bezüglich des Umlaufvermögens sind niedrige Bestände, verbunden mit kurzen Durchlaufzeiten des Materials und eine hohe Flexibilität der Fertigung zu gewährleisten. Im Bezug auf das investierte Kapital ist eine maximale Kapazitätsauslastung der Fertigungsmittel und eine Produktivitätssteigerung anzustreben.³⁰

3.3 Was soll das System leisten?

Viele ERP-Systeme beruhen auf dem Konzept von MRP II, wo Aufträge für immer eine Produktionsstätte geplant werden. Zunächst werden die Primärbedarfe ermittelt, dann anhand von Lagerbeständen der Nettobedarf. Anschließend wird das kurzfristige Produktionsprogramm festgelegt. Nun wird mit Hilfe von ermittelten Durchlaufzeiten die Terminierung der Produktionsaufträge bestimmt. Mit dieser Planung wird weiterhin unterstellt, dass Kapazitäten unbegrenzt verfügbar sind. Dadurch kann keine realistische Aussage über die Tauglichkeit gemacht werden. Zusätzlich sind viele ERP-Systeme rein funktionsorientiert aufgebaut, wodurch die Vorteile der prozessorientierten Organisationsform nur wenig genutzt werden.

²⁹ Vgl. Hölzer, W.: Advanced Planning and Scheduling Systems: Optimierungsmethoden in der interaktiven Entscheidungsunterstützung auf Basis von ERP und Feinplanung

³⁰ Vgl. Ritter, B.: Das ERP-Pflichtenheft, S. 13 ff.



Bild 3.4: Beispiel Einsatzstruktur eines ERP-Systems³¹

Wenn künftige ERP-Systeme dazu beitragen sollen, dass Unternehmen konkurrenzfähig bleiben, dann müssen sie sich den logistischen Herausforderungen stellen. Dazu sind komplexe Organisationsstrukturen und weitere Planungstools zu schaffen, um den Nachteil der bislang unterstellten unbegrenzten Kapazitäten zu beseitigen und es müssen Workflows unterstützt werden. Bieten die heutigen ERP-Systeme das?

An der Technischen Hochschule in Aachen betreibt das Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) zusammen mit der Trovarit AG seit über 15 Jahren Marktstudien über ERP-Systeme und untersuchte 103 Komplettlösungen. Dabei ergab sich folgendes Ergebnis: Bei der Datenverwaltung unterstützen etwa 80 Prozent der betrachteten Systeme eine produktionsstättenbezogene Verwaltung und sind in der Lage, Bewegungsdaten zu Beständen oder Fertigungsaufträgen anzuzeigen. Eine weitere produktionsstättenbezogene Trennung von Stammdaten (Teiledaten, Stücklisten oder Arbeitspläne) kann von 72 Prozent der Systeme dargestellt werden.

Wird nun die Materialbedarfs- und Kapazitätsplanung betrachtet, so wird dies von 75 Prozent der Systeme unterstützt, bezogen auf ein einziges Werk. 55 Prozent bieten darüber hinaus eine produktionsstättenübergreifende Materialbedarfsplanung an, womit sich auch Bestände anderer Werke disponieren lassen. Eine übergreifende Kapazitäts- oder Maschinenbelegungsplanung wird noch von der Hälfte der Systeme unterstützt. Bei 30 Prozent der Systeme ist eine Planung der Lager- und Transportzeiten möglich.

³¹ Einführung in ERP Einführung in ERP Systeme, <http://www.rise.tuwien.ac.at>



Neuere Ansätze zur Planung und Steuerung, welche die Defizite von MRP II überwinden und über die Kernfunktionen von ERP-Systeme hinausgehen, finden sich in Advanced Planning and Scheduling (APS). APS stellt damit Verfahren zur reaktionsschnellen, simulationsgestützten Planung und Steuerung zur Verfügung. Nur etwa 20 Prozent der ERP-Systeme unterstützen diese APS-Mechanismen. Von diesen 20 Prozent der ERP-Systeme berücksichtigen 70 Prozent begrenzte Kapazitäten. Dadurch wird eine aktuelle, realistische Abbildung der inner- und überbetrieblichen Planungssituation erreicht. Zusätzlich lassen sich realistische Lieferterminaussagen bei Anfragen von Kunden treffen. Dabei wird unterschieden zwischen Available-to-Promise (ATP), welches nur Lagerbestände berücksichtigt (rund 60 Prozent der Systeme), und Capable-to-Promise (CTP), das zusätzlich die aktuelle Kapazitätssituation heranzieht (etwa 40 Prozent der Systeme). Der frühestmögliche Liefertermin kann bei 62 Prozent der Systeme bestimmt werden. Schließlich geben etwa 30 Prozent der Anbieter an, Workflow-Management zu unterstützen.³²

ERP-Systeme umfassen Lagerverwaltungssysteme, Kundendatenbanken, Auftragsverfolgungssysteme, Buchhaltung, Schnittstellen für Zulieferer und Kunden und vieles andere mehr. ERP-Systeme funktionieren wie das zentrale Nervensystem. Sie sollten insbesondere

- Informationen über Finanzen,
- personelle Ressourcen,
- Produktion und Vertrieb verknüpfen³³.

ERP-Module sind

1. Logistik (Verwaltung von Adress-, Lager- und Auftragsdaten, Bestellwesen)
2. Finanzwesen (Kostenstellen, Buchungen und Journale, Saldenliste, Gewinn und Verlust-Rechnung, Bilanzerstellung, Jahres/Quartals-Abschlüsse/Umsatzsteuervoranmeldung)
3. Human Resources (Ressourcenplanung, Zeiterfassung, Personalverwaltung)
4. Stammdatenverwaltung (PLZ und Ort, Titel & Anreden, Zahlungsarten, Reports)

³² Vgl. COMPUTERWOCHE Nr. 08 vom 21.02.2003

³³ <http://www.ephorie.de/>



4. APS

Advanced Planning and Scheduling (APS) Systeme erweitern die ERP-Systemen in einigen Funktionen. Sie dienen dazu, die Flexibilität im Produktvertrieb zu erhöhen, indem die Komplexität reduziert und die Versorgungskette besser koordiniert wird. Interne und externe Geschäftsprozesse müssen heute in erfolgreichen Unternehmen optimiert, flexibilisiert und automatisiert werden, um konkurrenzfähig zu bleiben. Informationen aus der eigenen Produktion und Informationen aus der logistischen Kette müssen unternehmensweit, auch über mehrere Standorte hinweg und zunehmend auch für Kunden und Lieferanten aktuell zur Verfügung stehen. Hierzu werden vor allem internetbasierte Technologien verwendet. Im Bereich der Fertigungsindustrie ist das PPS-System als Kernstück der ERP-Lösung zu sehen. Im Gegensatz zu ERP-Systemen ermöglicht die APS-Technologie den Durchlauf alternativer Planungsszenarien und den Einsatz alternativer Arbeitspläne. Während klassische ERP-Systeme zur Ausführung transaktionsorientierter Prozesse und zum Speichern von den daraus resultierenden Daten eingesetzt werden, werden mit APS die ERP-Daten analysiert um Handlungsalternativen zu finden. Hier erlaubt eine graphische Benutzeroberfläche die Eingabe und Veränderung der Daten. Dabei versucht die Software auftretende innerbetriebliche Probleme nicht nur durch Änderung oder Verschiebung von Operationen zu Lasten des Kunden zu lösen (Verschiebung der Lieferung auf einen späteren Termin). Statt dessen berücksichtigt die Software auch mögliche Optimierungen in Richtung der Lieferanten. Beispiel: Eine Produktionsanlage fällt aus. Bei der ERP-Planung würden als Konsequenzen im wesentlichen nur Lieferverzögerungen auftauchen. Dagegen wird bei der taktischen APS-Planung versucht, das Produktionsvolumen der ausgefallenen Anlage auf die übrigen intakten Anlagen zu verteilen, um die Auswirkungen auf den Liefertermin so gering wie möglich zu halten. Auch kann versucht werden, Zukaufteile früher zu beschaffen, falls dies notwendig wird.³⁴

³⁴ Vgl. Gesatzki, R. P.: BearingPoint, SCM Newsletter 12/2002, S. 3 f

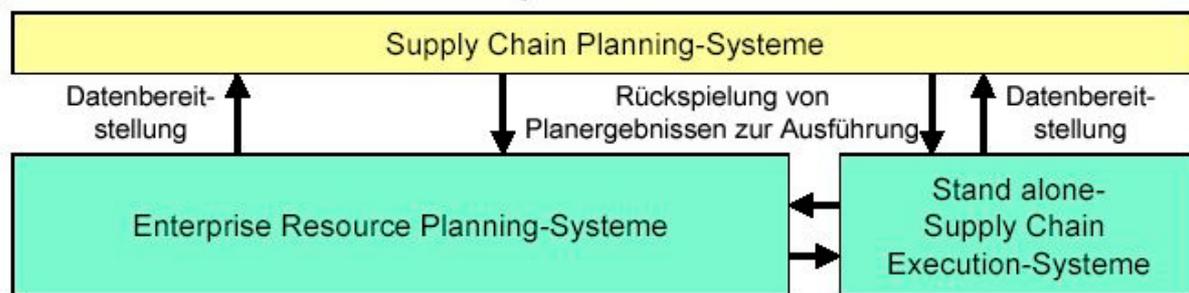


Bild 4.1: Verhältnis von ERP-, APS- und SCE-Systemen³⁵

Die Ergebnisse aus der taktischen Supply Chain Planung müssen für die spätere Verarbeitung in den Execution-Systemen weiter detailliert werden³⁶. Dies geschieht für den Bereich der Fabrikplanung in einem Plant-Scheduling Modul und für die Planung der Transportkapazitäten in einem 'Transportation Planning-Module'. Beim Plant-Scheduling wird die Sollauslastung für die Fabrik auf einzelne Anlagen heruntergebrochen und damit ein detaillierter Produktionsplan erstellt. Der 'Transportations Planer' konsolidiert in Simulationsrechnungen Frachten innerhalb einer gegebenen Netzwerkstruktur und bucht diese auf die Transportkapazitäten. Selbstverständlich kann ein solches Modul nicht nur bei der Distribution, sondern auch bei der selbstorganisierten Beschaffung eingesetzt werden.

Fazit: Advanced Planning-Technologien ermöglichen wesentliche Fortschritte in der Planung von Supply Chains (mehr dazu in Punkt 4.3). Dies gilt insbesondere für komplexe Wertschöpfungsnetzwerke, deren Performance durch eine große Zahl an Interdependenzen gekennzeichnet ist. Trotz aller technologischen Fortschritte ist die Erschließung der Potentiale aber nur unter folgender Bedingung möglich: wenn sich die beteiligten Mitglieder des Wertschöpfungsnetzwerks bemühen, durch unternehmensinterne und unternehmensübergreifende Optimierungen aus den heutigen Schnittstellen in Zukunft Verbindungsstellen werden zu lassen.³⁷

³⁵ Gesatzki, R. P.: BearingPoint, SCM Newsletter 12/2002, S. 1

³⁶ Vgl. Kapitel 4.4.1.1 Supply Chain Planning (Planung)

³⁷ Vgl. Gesatzki, R. P.: BearingPoint, SCM Newsletter 12/2002, S. 5



4.1 APS – Was ist das? (Entstehung)

Der Begriff Advanced Planning and Scheduling (APS) kommt aus dem Amerikanischen und ist in Deutschland erstmals Mitte / Ende der 90er Jahre aufgetaucht. APS ersetzt nicht die in den Unternehmen vorhandenen Systeme z. B. im Bereich Einkauf, Verkauf, Materialwirtschaft, Disposition oder Rechnungswesen, sondern erweitert die vorhandenen Systeme. Es enthält auch nicht die Infrastruktur der Daten (Teile-, Stammdaten, Lieferanten, Kunden, Stücklisten etc.) wie ein ERP-System. Diese Daten bleiben weiterhin ein integraler Bestandteil von ERP-Systemen. APS ist keine Standardlösung, sollte aber auf standardisierten Verfahren und Methoden basieren.³⁸

Die Strategie von APS ist die Planung, Steuerung und Kontrolle der kompletten Warenwirtschafts- und Wertschöpfungskette. Prozesse werden optimiert, Fehlerquoten gesenkt und Kostentreiber aufgedeckt. Dabei soll APS sich in die bestehende Infrastruktur vollständig implementieren. Als Lösung für die rückstandsfreie Produktionsplanung und -steuerung werden verschiedene Systeme angeboten, wie z.B. die entwickelte Lösung WAY von der Firma Wassermann (vgl. Firmenüberblick Kapitel 5).

4.2 Rückblick³⁹

4.2.1 Zeitwirtschaft 1960

In den 60er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts sind ganze Industrien entstanden, welche sich mit Methoden zur Steuerung des Einzelarbeitsplatzes befasst haben. Zu dieser Zeit war das Ziel, die Prozesse so zu gestalten, dass auch der ungelernete Arbeiter in die Lage versetzt wurde, die Produktionsmittel an seinem Arbeitsplatz zu bedienen und gute Qualität zu produzieren. Japanische und später auch amerikanische Firmen erzielten mit Ihrer Gruppenorganisation Erfolge, welche mehr Freiräume für den einzelnen zulassen. Dabei gab es keine Lösung in bezug auf die Terminalsicherheit und bei der Ermittlung der Zeitbedarfe wurden die Zeiten für Wartung und Lagerung etc. nicht berücksichtigt.

³⁸ Vgl. Hölzer, W.: APS-System: Optimierungsmethoden in der interaktiven Entscheidungsunterstützung auf Basis von ERP und Feinplanung 2003, S. 2 ff

³⁹ Vgl. Helfrich, C.: Praktisches Prozess-Management, S. 10 ff



4.2.2 Materialwirtschaft 1970

Während dieser Epoche lernte man, einzelne Arbeitsplätze zusammenzufassen und deren Lagerbestände im gleichen Computerprogramm zu verwalten. Dabei entstanden auch PPS-Systeme, welche Zeit und Material in einem Unternehmen bewirtschaften. Das Ausdrucken von Arbeitsplänen und das Führen der Bestände stand im Vordergrund. Das Problem von PPS-Systemen bei kurzen Planungszyklen war die schnelle Erfassung der Daten und deren Verarbeitung. Bei der Organisation von Material- oder Produktflüssen zwischen zwei oder mehr nachgelagerten Unternehmen traten zudem es auch organisatorische Probleme auf.

4.2.3 Synchroner Zeit- und Materialwirtschaft 1980

Durch schnellere und größere Computer versprach man sich in den 80er Jahren bessere Ergebnisse von PPS-Systemen, hinsichtlich deren Leistungsfähigkeit und der Anzahl der beeinflussbaren Parameter. Auch wurde die synchrone Zeit- und Materialwirtschaft möglich. Der Einsatz von Computern endete jedoch nach der jeweiligen Fertigung eines Bauteils. Es gab erst recht keine Programme, welche über die Firmengrenzen hinaus arbeiteten.

4.2.4 CIM 1990

Das Ziel von CIM war es, das betriebliche Geschehen komplett im Computer zu erfassen. Dabei sollten auch CAD-Systeme und PPS-Systeme kompatibel integriert werden können. Auch der Verkauf wurde miteinbezogen. Jedoch war die Software immer noch nicht in der Lage, zu gestalten und zu steuern, es blieb bei der Verwaltung der Daten. CIM stellte dabei einen sehr hohen Anspruch an die Abbildung der Fertigungsqualität. Das aufgebaute System sollte ohne den Menschen funktionieren, damit war der Menschen mit seinen Fähigkeiten nicht (mehr) gefragt.



4.2.5 Lean Management 1995

Systeme wie PPS und CIM haben eine Gegenbewegung ausgelöst. Durch die damaligen Erfolge japanischer Firmen, versuchte man alles einfacher oder schlanken zu organisieren (Lean = schlank), wobei mit schlank sowohl die hierarchische Breite als auch die Höhe gemeint ist. Dabei wurde jede Tätigkeit hinterfragt, was zur Folge hatte, dass Unternehmen auch Führungsebenen abgebaut haben. Als eines von vielen Beispielen sei die Firma Daimler-Benz in Stuttgart genannt, die sich von 2 Führungsebenen trennte, wodurch die Anzahl der Hierarchien von 7 auf 5 sank.

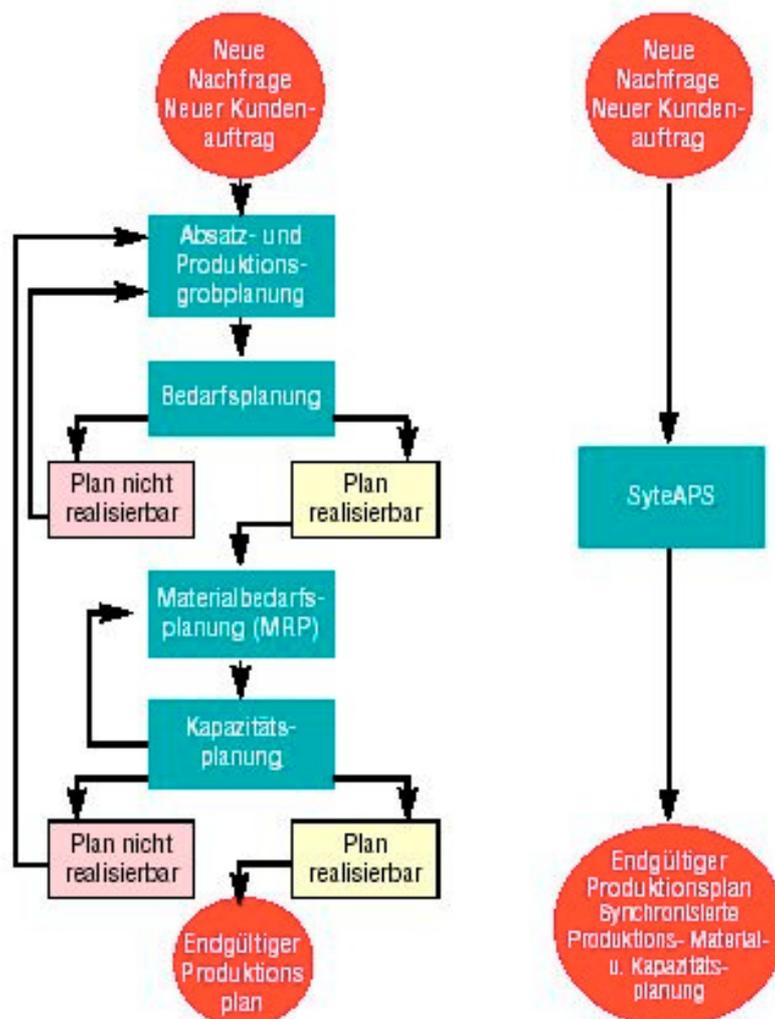


Bild 4.2: Vergleich der traditionellen Verfahren mit APS⁴⁰

⁴⁰ Fritsche, B.: Logistik Heute, S. 55



Damit verringerte sich auch die Anzahl der Schnittstellen, was einen beschleunigten und von weniger Fehlern begleiteten Informationsfluss zur Folge hat. In Bild 4.2 werden traditionelle Verfahren APS gegenübergestellt. Die Abbildung scheint zu beweisen, dass die Materialbedarfsplanung durch den Einsatz von APS stark vereinfacht wird. Dieser Eindruck ist auch nicht ganz falsch, trotzdem bestehen nach wie vor große Diskrepanzen zwischen Theorie und Praxis.

Lean Management heißt auch „Reduzierung der Über-Organisation durch Gruppenorganisation“. Somit war ganz offiziell der Einzelarbeitsplatz nicht mehr Organisationsobjekt. Jetzt wurden die Arbeiter an den Gruppenarbeitsplätzen für ihre Arbeit und ihr Handeln selbst verantwortlich. Lean Management gliedert sich somit wie folgt:

- Konzentration auf Wertschöpfung
- Gruppenorganisation
- Kompetenz vor Ort
- Selbstorganisation
- Selbstinteresse

4.3 Fortschritt ERP zu APS und dessen Funktion

ERP-Systeme optimieren die Geschäftsprozesse, vereinen die Daten unternehmensweit und planen in einer Reihenfolge. APS-Systeme hingegen berücksichtigen alle Einschränkungen wie z.B. Bedarf, Kapazitäten und Material. Sie liefern schnelle Ergebnisse, bieten durch eine graphische Darstellung eine gute Übersicht und nutzen „a dedicated server and in-memory processing (...) to generate production plans cognisant of material, capacity, and other constraints“⁴¹. Das heißt soviel wie: ein engagierter Bediener erzeugt die Produktionspläne vom Material, von der Kapazität und von anderen Begrenzungen und speichert sie. Folglich befinden sich alle für die Planung relevanten Informationen im Hauptspeicher des jeweiligen Rechners. Dadurch kann das System nahezu in Echtzeit auf Änderungen der Vorgaben reagieren. Nun planen APS-Systeme alle Bereiche, wodurch die anfallende Datenmenge sehr groß ist. Um schnell ein Ergebnis zu liefern, arbeitet das System mit gebündelten



Datenmengen. Dazu werden alle zu planenden Bereiche als Netz abgebildet. Zur Berechnung nimmt das System die Objekte aus dem Netz, die für den momentanen Planungszweck entscheidend sind. Hiermit werden die Daten reduziert und der Anwender kann schneller ein Ergebnis erhalten. Somit wird auf die Wünsche der Kunden, wie ständige Verfügbarkeit von Produkten, kurze Lieferzeiten, hohe Liefertreue und gleichbleibend hohe Qualität, besser eingegangen. APS-Systeme ermitteln zusätzlich Engpässe in der Lieferkette und generieren Alternativvorschläge, welche im Fall eines Engpasses angewendet werden können. Ändern sich nun Daten, beispielsweise durch erhöhte Kundenanfragen, werden die Daten aus dem ERP-System übernommen, neu berechnet und wieder in der Datenbank abgelegt.

APS-Systeme besitzen meist keine eigene Datenbasis und sind daher auf externe Systeme angewiesen (vgl. Bild 4.3). Um ohne Beschränkung planen zu können, sind APS-Systeme auch auf die Daten, der an der Supply Chain beteiligten Unternehmen angewiesen. Muss nun ein neuer Plan berechnet werden, fordert das APS-System alle notwendigen Daten von den angeschlossenen ERP-Systemen an. Das können Daten zur Verfügbarkeit von Material und Bauteilen oder Bestelldaten sein. Daraufhin wird die Berechnung durchgeführt, wie oben beschrieben. Nach Abschluss der Berechnungen, schreibt das APS-System die Daten wieder zurück in das ERP-System.⁴²

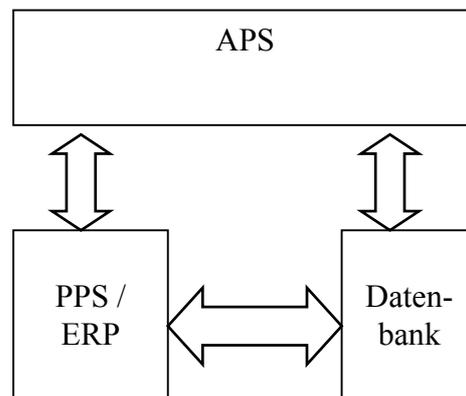


Bild 4.3: Zusammenarbeiten von APS- / ERP-System und der Datenbank

⁴¹ MANUFACTURING SYSTEMS Homepage, Advanced Planning,
<http://www.manufacturingsystems.com/glossary/default.asp>, 25.10.2000

⁴² vgl. Müller, F.: Flexible Koppelung interorganisatorischer Geschäftsprozesse, S. 5 ff



Um heute gewinnbringend produzieren zu können und auf dem Markt Schritt zu halten, ist Termintreue oberstes Gebot. Dafür werden derzeit z.B. ERP-Systeme eingesetzt. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels verschiedener Fertigungsstätten und Lieferanten, sowie der Abhängigkeiten innerhalb des Produktionsplanes, erweist sich das Einhalten von Lieferterminen als schwierig. Hier wird teilweise zur Feinplanung immer noch eine Excel-Tabelle oder gar ein schlichtes Blatt Papier genutzt, da ERP-Systeme häufig damit überfordert sind. Doch was nützt eine komplexe und teure Software, wenn die Termine damit nicht eingehalten werden können? Meist arbeiten Enterprise-Resource-Planning (ERP)-Programme auf der Basis der MRP II- Planung, womit sich der Bedarf an Material und an Fertigungskapazität ermitteln lässt, wie in Kapitel 2.1 beschrieben. Hier wird meist mit falsch angenommener Kapazität (z.B. unbegrenzte Verfügbarkeit von Kapazitäten) und den üblichen Terminierungsverfahren (vorwärts, rückwärts, Engpass) geplant, was einer rein statischen Planung entspricht. Auch werden andere Faktoren wie die aktuelle Auslastung der Maschinen, Krankenstand von Mitarbeitern sowie Engpässe bei Zulieferern nicht berücksichtigt. Mit Hilfe von statischen Plandurchlaufzeiten errechnet das System die Start- und Endtermine für die einzelnen Produktionsaufträge.⁴³ Da ein reibungsloser Produktionsablauf jedoch nie gewährleistet werden kann, ergeben sich bei kurz- und mittelfristigen Planungen oft Terminrückstände bei der Auslieferung der Aufträge.

"Als wir 1994 die verheerende Wirkung von Rückstand erstmals tatsächlich erkannt haben, hat sich unser Weltbild grundlegend verändert." Mit diesem Zitat stellte Otto Wassermann als Gründer der Firma Wassermann AG fest, dass die meisten ERP-Systeme, wie bereits oben erwähnt, mit den Schwachstellen von MRP II und zum Teil falschen Annahmen arbeiten. Durch falsche Angaben kommt es häufig zum Terminverzug. Bild 4.4 zeigt einen neuen Auftrag, welcher gerade vom System eingeplant wurde. Jetzt würde der Einkauf versuchen, die beiden benötigten Teile so schnell wie möglich zu beschaffen, da der Beschaffungszeitpunkt in der Vergangenheit liegt. Letztlich hätte der Auftrag unter den gegebenen Bedingungen gar nicht erst angenommen werden dürfen, da er entsprechend den Berechnungen des ERP-Systems in der verfügbaren Zeit nicht zu fertigen ist.

⁴³ Computerwoche Nr. 34 vom 22.08.2003

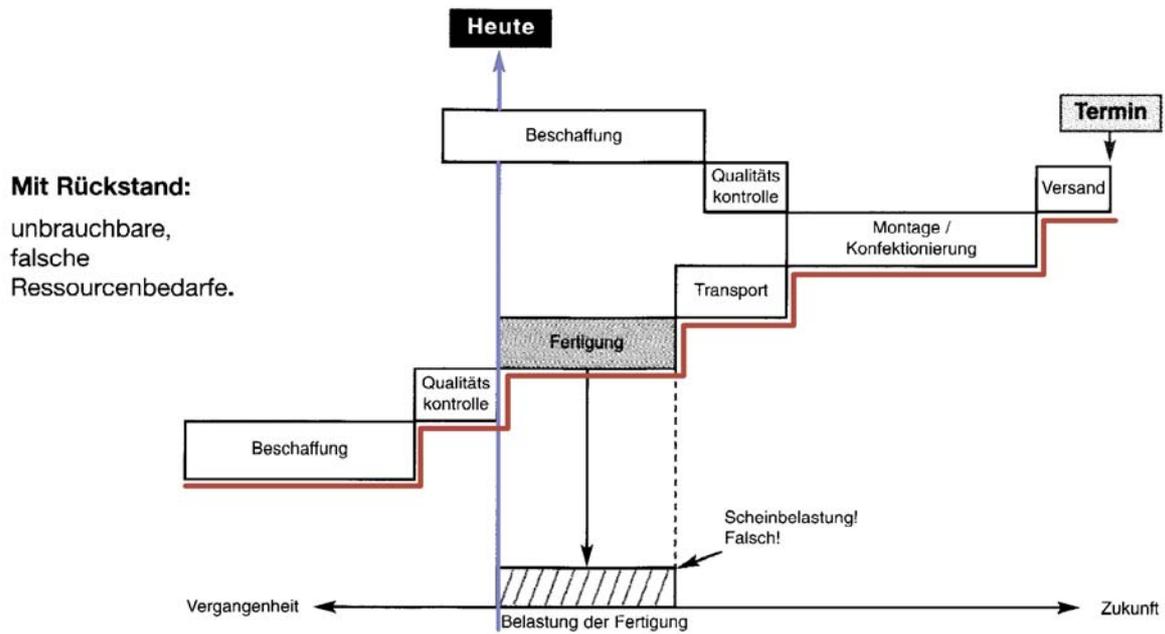


Bild 4.4: Planung mit Rückstand⁴⁴

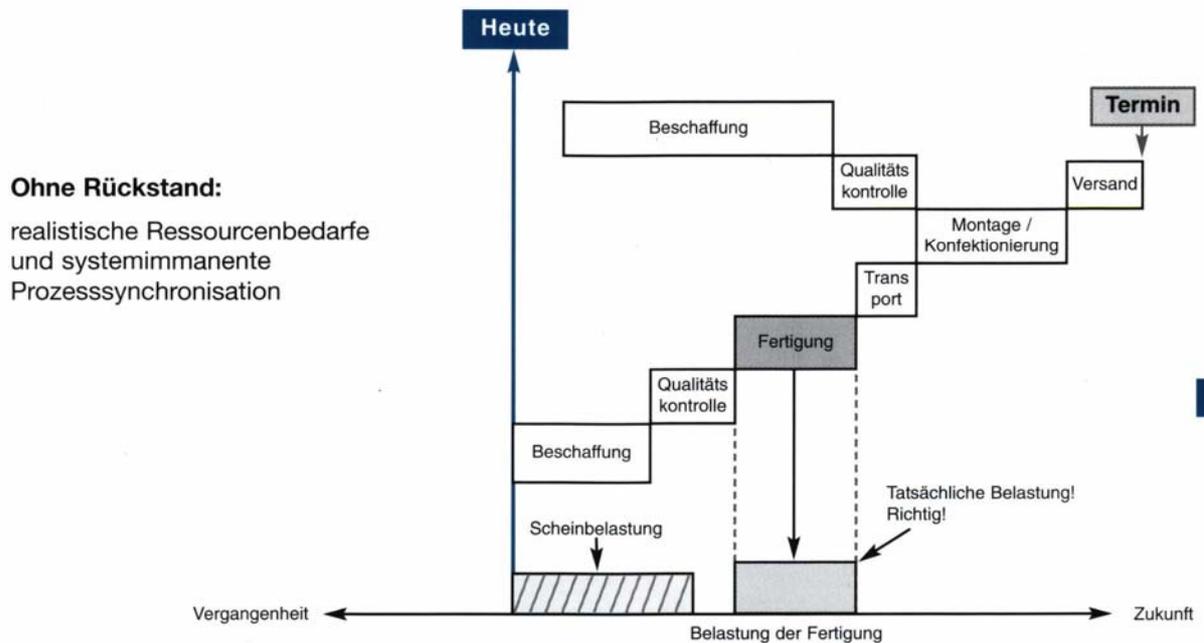


Bild 4.5: Planung ohne Rückstand⁴⁵

⁴⁴ Wassermann AG: Way Supply Chain Simulation, S.7

⁴⁵ Wassermann AG: Way Supply Chain Simulation, S.7



Betrachtet man nun die Bestellung mit einem anderem System, wie in Bild 4.5 dargestellt, erkennt man, dass gar keine rückständige Bestellung mehr vorliegt. Das hier genutzte APS-System hat nun die Planung erneut vorgenommen. Dabei wurden neben allen vorliegenden Aufträgen auch die limitierenden Faktoren, wie Maschinenkapazitäten, eventuelle Stillstandszeiten usw. berücksichtigt. Auch wurden dabei endliche Kapazitäten als Berechnungsgrundlage genutzt. Durch Straffen der Montage, Reduzierung der Liege- und Transportzeiten hat sich ein Auftrag ohne Rückstand ergeben. Jetzt wird nur noch eine Materialart sofort benötigt. Das System ist dabei wie folgt vorgegangen: in Bild 4.4 wurde der kritische Pfad herausgesucht. Dieser befindet sich klar in der unteren Bestellung. Nun wurde für diesen Pfad eine neue Berechnung durchgeführt. Wie nun in Bild 4.5 zu sehen ist, liegt der Pfad jetzt nicht mehr in der Vergangenheit und der nichtkritische Pfad wurde automatisch aktualisiert.

Einige Softwareanbieter haben daraus gelernt und haben bessere Planungswerkzeuge entwickelt, die eng mit den ERP-Systemen zusammenarbeiten. APS-Lösungen erlauben eine Ablaufplanung von Arbeitsschritten, so dass etwa die aktuelle Maschinenbelegung und Verfügbarkeit von Material berücksichtigt werden kann. Dies wird als 'zeitdynamische' Simulation bezeichnet. Hier erhält man mit der Ablaufsimulation zum erstenmal ein realistisches Bild der tatsächlich verfügbaren Kapazität und es werden die Liefertermine besser eingehalten bei kürzeren Durchlaufzeiten. Wie dieses Beispiel zeigt, kann bei der kurzfristigen Steuerung (5-15 Tage) eine hohe Planungsgenauigkeit erreicht werden.

Anzustrebende Ziele bei einem ERP-System sind:

- eine bestmögliche Lieferbereitschaft mit der zugehörigen Logistik,
- eine sehr flexible Fertigung, sowie
- eine kluge Produktpolitik.

Die genannten Ziele sind nicht nur in der Material- und Teilwirtschaft, sondern auch im Fertigungsbereich zu realisieren. Diesen Tendenzen zufolge ergibt sich der Zwang, mittel- und langfristig Änderungen in der Produktionstechnik vorzunehmen.⁴⁶

⁴⁶ vgl. Fritsche, B.: Logistik Heute, S. 50



4.4 Supply Chain

Supply Chain Management (SCM) beschäftigt sich mit der Planung, Steuerung und Kontrolle von Waren-, Informations- und Finanzströmen vom Lieferanten des Rohmaterials bis zum Endverbraucher und ist ein Managementkonzept. Supply Chain, zu deutsch die Versorgungskette, wird gebildet von der Beschaffungs- Produktions- und Distributionslogistik (mehr dazu in Kapitel 4.4.1).

SCM ist die logische Ausweitung von MRP und ERP in bezug auf interne und externe Logistikketten, wie z. B. Kunden, Lieferanten und Distributoren und es ist in den letzten Jahren zu einem zentralen Managementthema geworden. Der folgende Satz scheint mir besonders geeignet, um die Zielsetzung von SCM zu beschreiben: "SCM strebt eine intensive Zusammenarbeit zwischen Unternehmen zur Verbesserung aller innerbetrieblichen und überbetrieblichen Material-, Informations- und Finanzflüsse an"⁴⁷

Mit SCM sollen einerseits die Geschäftsprozesse der Kunden von Firmen und andererseits die Geschäftsprozesse der Lieferanten dieser Unternehmen mit deren eigenen Prozessen koordiniert werden. Wie überall, ist auch im SCM die Abgrenzung gegenüber früheren Ansätzen teils schwierig. SCM stellt also den Knoten oder die Verbindung in einem Netzwerk dar. Dieses Netzwerk besteht somit aus Lieferanten, Produzenten, Händlern und Abnehmern (siehe Bild 4.6). Hierzu zählt auch die interne Logistik in einem Unternehmen.

⁴⁷ Knolmayer, G., Mertens, P., Zeier, A.: Supply Chain Management auf Basis von SAP-Systemen, Perspektiven der Auftragsabwicklung für Industriebetriebe. Berlin et al. 2000.

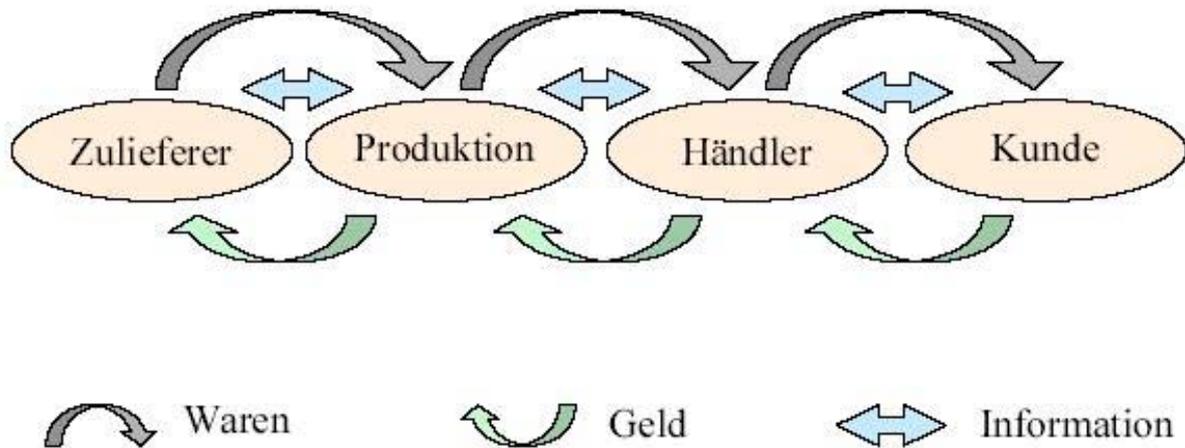


Bild 4.6: SCM- Definition⁴⁸

Das vorrangige Ziel von Supply Chain Management ist es, das Unternehmensnetzwerk hinsichtlich Kosten, Qualität und Zeit ganz zu optimieren. Dieses Ziel wird bei SCM dadurch erreicht, dass sämtliche Material-, Informations- und Finanzflüsse zwischen Unternehmen koordiniert werden. Bei den Lösungen werden alle Stufen der Wertschöpfung vom Rohstofflieferanten bis zum Endverbraucher betrachtet. Dadurch besteht die Möglichkeit, sich von einzelnen Unternehmensbereichen zu lösen und sich zum Kern zu bewegen. Mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien werden Potentiale der Unternehmen erschlossen, was die Wettbewerbsfähigkeit erhöht. Wichtige Wettbewerbsvorteile sind:

- besserer Kundenservice,
- kürzere Produktentwicklungszeiten,
- reduzierte Bestände entlang der Wertschöpfungskette,
- erhöhte Flexibilität.

⁴⁸ modifiziert nach Kuhn, A., Hellgrath, H.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, Berlin 2002, S. 10



Die Betrachtungsschwerpunkte können in folgenden Eigenschaften gesehen werden:

- Logistik beschäftigt sich vor allem mit operativen Gesichtspunkten, während das SCM stärker auch die strategische Ebene einbezieht.
- Logistik beschäftigt sich vor allem mit innerbetrieblichen Flüssen und mit jenen von und zu den unmittelbaren Geschäftspartnern. SCM bezieht weitere Organisationen der Wertschöpfungskette in die Betrachtung ein.
- Während bei der Logistik der Schwerpunkt der Betrachtungen auf dem Materialfluss liegt, haben die neuen Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologien dazu geführt, dass im SCM vor allem auch Möglichkeiten der gemeinsamen Gestaltung von Informationssystemen betrachtet werden. Dazu gehören sowohl die Zusammenarbeit in der Konzeption des Informationsaustausches als auch bei der Umsetzung dieser Konzepte.
- Zusätzlich zu Material- und Informationsflüssen werden beim SCM explizit auch die Finanzflüsse betrachtet.⁴⁹

Optimale Produktions- und Lagerstandorte werden auf strategischer Ebene bestimmt und die zugehörigen internen und externen Prozesse gestaltet. Der Zeithorizont beträgt dabei drei bis fünf Jahre. Der Schwerpunkt ist das Design von Supply Chain im Hinblick auf Kundenbedürfnisse, Absatzmärkte und Kosten. Mit einem Zeithorizont von drei bis sechs Monaten wird versucht, die mittelfristige Planung für das operative Tagesgeschäft vorzunehmen. Die Absatzprognose ist Basis für eine Grobplanung für Beschaffung, Fertigung und Distribution. Dazu werden unterschiedliche Alternativen bezüglich Machbarkeit, Kosten und Lieferzeiten simuliert. Ziel ist die mittel- bis langfristige Programmplanung, welche die gesamte Lieferkette erfasst.

Die notwendige Feinplanung wird auf einer detaillierteren Ebene durchgeführt. Dabei werden produzierbare Auftragsreihenfolgen gebildet, tägliche Lieferungen und Lagerbewegungen koordiniert und Transporte organisiert. Die Ausführung der erstellten Pläne der verschiedenen Planungsebenen bildet die Schnittstelle zum Aufgabenbereich der Produktionsplanung und -steuerung und der Betriebsmitteldatenerfassung.⁵⁰

⁴⁹ Knolmayer, G.: Informationen zum Supply Chain Management im Internet, Schweiz 2000

⁵⁰ vgl. Klaus, O.: Professional Computing 3-2002, S. 1



4.4.1 Aufgaben von SCM und deren Arten

Die Aufgaben von SCM können grundsätzlich in drei verschiedene, zeitlich und logisch aufeinander aufbauende Arten unterteilt werden (vgl. Bild 4.7) und das sind:

1. Supply Chain Management,
2. Supply Chain Planning und
3. Supply Chain Execution

Bei den Aufgaben von SCM wird auch von den 3 Säulen (Ebenen) des SCM gesprochen:

All die logischen Prozesse zwischen Planung, Disposition und Fertigung müssen koordiniert werden. Um dabei die Ziele des SCM zu erreichen, wird ein tragfähiges Fundament benötigt.

Somit gliedern sich die drei Ebenen des Fundaments wie folgt:⁵¹

- Kooperationsmanagement (unternehmensweite Mengen- und Kapazitätsplanung)
- Prozessorientierung
- Informationstechnologie

4.4.1.1 Supply Chain Planing (Planung)

„Das Supply Chain Planning umfasst alle strategischen, taktischen und operativen Planungsaufgaben zur Steigerung der Produktivität eines Liefernetzwerks.“⁵²

Ein Supply Chain Planning (SCP)-System stellt die erweiterten Planungsfunktionalitäten für SCM zur Verfügung und wird als strategische, taktische und operative Planung des Wertschöpfungsnetzwerks verstanden und hat den größten zeitlichen Horizont. Dabei werden durch unterschiedliche zeitliche Planungshorizonte und deren Anforderungen die verschiedenen Planungsstufen gekennzeichnet.

Notwendige Kapazitätszuordnungen zu einem Auftrag werden in der Planung festgelegt. Darum wird der Bereich Planung in folgende Aufgaben unterteilt:⁵³

⁵¹ Vgl. Kuhn, A., Hellingrath, H.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, S. 22 ff

⁵² Fraunhofer Institut, Supply Chain Planning (www. 23.10.00)

⁵³ Vgl. Busch, A., Dangelmaier, W.: Integriertes Supply Chain Management, S 196 ff



1. Bedarfsplanung:

Die Bedarfsplanung plant sowohl den lang- und mittelfristigen als auch den kurzfristigen Bedarf. Der kurzfristige Bedarf wird durch die Auswertung der vorliegenden Bestellungen über die verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette ermittelt. Der Schwerpunkt liegt jedoch auf der langfristigen Bedarfsermittlung. Hier wird aus Sicht der Unternehmen der Absatz von Produktgruppen bzw. –familien für einen längeren Zeitraum von bis zu einigen Jahren ermittelt. Beim mittelfristigen Bedarf hingegen wird der Marktbedarf für den Zeitraum von mehreren Monaten auf der Ebene der Produkttypen ermittelt. Die Ermittlung wird hier unterschieden nach dem expliziten Produkt bzw. Produktgruppen, Einzelkunden oder Kundensegmenten, auch können saisonale Einflüsse mit einfließen.

2. Netzwerkplanung:

Aufgabe der Netzwerkplanung ist die Koordinierung zwischen den Partnern in der Wertschöpfungskette. Die Planung geht hier über einen längeren Zeitraum von ein paar Monaten bis zu einigen Jahren. In den meisten Fällen wird die Verantwortung für die Netzwerkplanung vom stärksten Partner des Produktions- oder Logistiknetzes übernommen, der häufig auch die größte Nähe zum Endkunden und einen großen Anteil an der Wertschöpfungskette hat. Hierbei handelt es sich um eine werksübergreifende Planung, welche die Eingabe für die detaillierten Planungsaufgaben in der Beschaffung, Produktion und Distribution (Deliver) liefert.

3. Produktionsplanung:

Die Produktionsplanung hat die Aufgabe für jede Fertigung einen optimierten Produktionsplan zu erstellen, mit dem Ziel der Steigerung der Lieferbereitschaft, sowie der Termintreue bei gleichzeitiger Optimierung der Auslastung. Der Planungszeitraum liegt hier im Wochen- bis Monatsbereich. Das Ziel ist das Erarbeiten der Mengenbedarfe für die Beschaffung, Kapazitätsbedarfe und ein Produktionsplan, worin die Kapazitäten mit dem benötigten Material für die Aufträge enthalten sind.



4. Beschaffungsplanung:

Hier wird die optimierte Planung der Teileversorgung nach den Ergebnissen der Bedarfs-, Netzwerk- und Produktionsplanung vorgenommen. Dabei ist das Ziel, Material zur richtigen Zeit am richtigen Ort (Maschine) zu haben und gleichzeitig die Bestände niedrig zu halten. Die zeitliche Betrachtung variiert dabei zwischen Tagen bis Wochen.

5. Distributionsplanung:

Aufgabe der Distributionsplanung ist es, die optimierte Planung der Lagerbestände und der Verteilung der Produkte hin zum Kunden in einem Planungszeitraum von Tagen bis Monaten vorzunehmen. Das Ergebnis der Distributionsplanung ist eine optimierte Planung und Kombination um die Nachfrage zu befriedigen. Grund- und Sicherheitsbestände werden dabei berücksichtigt. Die hier ermittelten Daten sind Grundlage für die Feinplanung.

6. Order Promising:

Hier wird geprüft, ob die Anfrage des Kunden erfüllt werden kann. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- schnellst möglicher Liefertermin (Prüfung auf Verfügbarkeit),
- Wunschtermin,
- Wunschliefermenge,
- Prüfung auf Kapazität und Material,
- Konfiguration mit anschließender Prüfung nach Kundenwunsch.

7. Beschaffungseinplanung:

In der Feinplanung der Beschaffung wird die Anlieferungsmenge für einen kurzfristigen Bereich (Tag / Stunden) geplant. Die Planung basiert auf Ergebnissen aus der Beschaffungsplanung und der Produktionsfeinplanung. Dabei wird vom Bruttosekundärbedarf ausgegangen und unter Berücksichtigung der Bestände, der Nettosekundärbedarf ermittelt. Dabei müssen weitere Faktoren wie Rhythmen in der Anlieferung, Wiederbeschaffungszeiten usw. berücksichtigt werden.



8. Produktionsfeinplanung:

Bei der Produktionsfeinplanung wird der Produktionsbereich überwiegend über einen kurzfristigen Zeitbereich geplant, wobei detaillierte Produktionspläne für die Produktionsbereiche erstellt werden. Dagegen wird bei der Produktionsplanung der Produktionsplan auf Werksebene erstellt. Das Ergebnis sind konkrete Fertigungs- oder Montageaufträge, welche bereits terminiert und freigegeben sind. Dazu müssen alle Verfügbarkeiten wie Material, Maschinen und Personal berücksichtigt werden.

9. Distributionsfeinplanung:

Hier besteht die Aufgabe darin, mit einem optimalen Transportmittel unter Berücksichtigung der Touren und der Beladung eine termingerechte Lieferung festzulegen. Dabei wird auf die Distributionsplanung aufgebaut und deren Ergebnis verfeinert, mit dem Ziel, geringe Lieferzeiten und hohe Liefertreue bei gleichzeitig geringen Kosten zu gewährleisten.

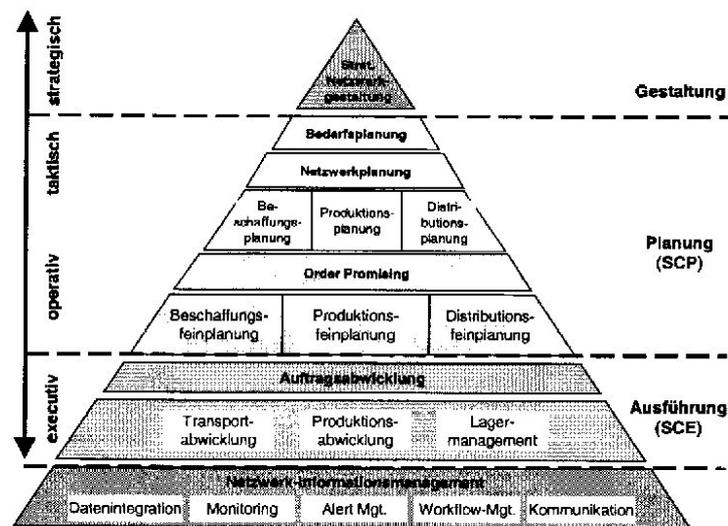


Bild 4.7: Das SCM-Aufgabenmodell⁵⁴

⁵⁴ Busch, A., Dangelmaier, W.: Integriertes Supply Chain Management, S. 195



4.4.1.2 Supply Chain Execution (Ausführung)

Im Gegensatz zu Supply Chain Planning (SCP) werden bei Supply Chain Execution (SCE) Aufgaben, die eine Auftragsabwicklung und eine Kontrolle des Supply Chain ermöglichen, zusammengefasst. Dabei werden mit Supply Chain Execution, die unter Supply Chain Planning erstellten Feinpläne umgesetzt. Dazu greifen diese Systeme auf die Datenbanken, der an der Auftragsdurchführung beteiligten Partner der Wertschöpfungskette zu.

Dies macht deutlich, dass SCE- und SCP-Systeme nicht dazu gedacht sind, Enterprise Resource Planning-Systeme (ERP-Systeme) zu ersetzen. Vielmehr wird bei ERP-Systemen durch gezielte Ergänzungen eine Verbesserung der Planungsfunktionalität hervorgerufen.⁵⁵

Die Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik sind ein großer Teil der Wertschöpfungskette. Das Ziel bei Supply Chain Execution ist eine Verbesserung der Kundenzufriedenheit. Dabei unterscheidet man die Ausführungsaufgaben wie folgt:⁵⁶

| | |
|---------------------------|--|
| 1. Auftragsabwicklung: | Hier sind alle Aufgaben zur Steuerung und Überwachung von Kundenaufträgen und allgemeine Aufgaben, die einen Kundenbezug aufweisen, enthalten. Dabei bildet das 'Order Management' die Schnittstelle zwischen den Produktionsunternehmen und den verschiedenen Vertriebskanälen. |
| 2. Transportabwicklung: | Alle Aufgaben für die Abwicklung, Erfassung und Verwaltung werden hier gebündelt, sowohl auf der Beschaffungs- als auch auf der Distributionsseite. Auch kundenspezifische Wünsche in bezug auf den Transport werden berücksichtigt. |
| 3. Produktionsabwicklung: | Dazu gehört die Erfassung und Verwaltung von Produktionsaufträgen, -daten und -informationen. Diese Aufgabe wird bisher von ERP- / PPS-Systemen übernommen. |
| 4. Lagermanagement: | Die Erfassung oder Buchung und Verwaltung aller Material- und Bestandsbewegungen sind hier inbegriffen. Das Lagerverwaltungssystem übernimmt üblicherweise das Lagermanagement. |

⁵⁵ vgl. Gesatzki, R.-P.: Elemente von Advanced Planning & Scheduling-Systemen zur Optimierung der Supply Chain

⁵⁶ Vgl. Busch, A., Dangelmaier, W.: Integriertes Supply Chain Management, S. 200 f



Auf der Ebene der Supply Chain Execution-Systeme findet man sowohl 'Stand alone-Lösungen' von Spezialanbietern, als auch bekannte Module der Anbieter von ERP-Systemen.

4.5 Programmierung /Rechenmethode

Zur Erstellung von Netzwerkplänen in ERP- / APS-Systemen müssen diese zuerst berechnet werden. Zu diesem Zweck bedient man sich normalerweise mathematischer Funktionen. Es existieren diverse verschiedene Möglichkeiten. Nach eigener Recherche im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit in Vertriebsfirmen von ERP-/ APS-Systemen zu den Berechnungssystemen wurden jedoch überwiegend nur die folgenden zwei Methoden aufgetan:

1. Tool der Firma ILOG
2. Boolesche Algebra (Logische Programmierung mit AND- und OR-Gattern)

4.5.1 Lineare Programmierung

Es wurde während des 2. Weltkrieges an verschiedenen Projekten geforscht, bei denen die Methode der Linearen Programmierung benutzt wurde. 1947 wurden die verschiedenen Gebiete in der linearen Programmierung vereinigt. Es entwickelte sich ein Rechenverfahren, die Simplexmethode, womit wirkungsvoll eine Lösung bestimmt werden kann. Diese Entwicklung fiel mit der Entstehung der digitalen Rechenmaschine zusammen.

Früher war es möglich, Funktionsabläufe selbst zu planen. Als die Systeme dann umfangreicher wurden und es um mehr als nur die Materialdisposition ging, wurden die natürlichen Grenzen der Fähigkeiten einer Person erreicht. Machbar wäre es schon, diese Netzwerke zu organisieren, aber in keiner akzeptablen Zeit.



Die lineare Programmierung⁵⁷ (LP) wurde erstmals 1951 bei der Planung von Öltraffinerien eingesetzt. Des Weiteren wurde die lineare Programmierung für die Bestimmung des Versandplans benutzt. Der Grundgedanke der linearen Programmierung ist es, ein System in eine Anzahl von elementaren Funktionen zu zerlegen, die auch Aktivitäten genannt werden. Eine Aktivität ist eine Art Blackbox, in die Informationen, beispielsweise über Menschen, Material und Maschinen hineingehen und ein Ergebnis wie z.B. eine Versandroute herauskommt (Bild 4.9). Das Verfahren beruht auf der Grundannahme der (A) Proportionalität, (B) Nichtnegativität, (C) Additivität und (D) Linearität.

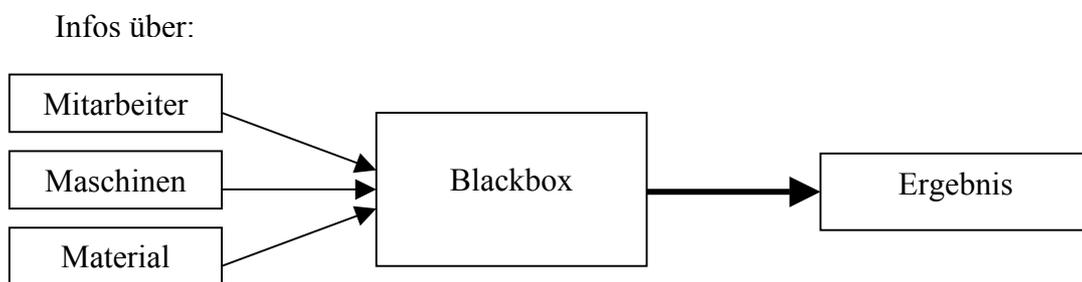


Bild 4.9: Arbeitsweise einer Aktivität

Um nun ein Modell für die lineare Programmierung aufzustellen, geht man folgendermaßen vor: zuerst muss die Aktivitätsmenge definiert werden. Dazu wird das System in alle Elementarfunktionen (Aktivitäten) zerlegt und jeder Aktivität wird eine Einheit zugeordnet. Danach wird die Postenmenge definiert. Hierzu werden die Objekte (Posten) bestimmt, welche durch die Aktivitäten verbraucht oder hergestellt werden und ihnen wird eine Einheit zugeordnet.

Als drittes wird der Input-Output-Koeffizient bestimmt. Dabei wird die Menge von einem Posten festgelegt, welche beim Ausführen von einer Einheit verbraucht oder gewonnen wird. Schließlich wird der äußere Fluss bestimmt. Hierzu wird der Nettoinput oder -output zwischen dem System als Ganzem und der Außenwelt festgelegt. Als letztes werden die Gleichgewichtsbedingungen bestimmt. Dabei wird jeder Aktivität ein nicht negativer Aktivitätsgrad zugeteilt. Danach wird für jeden Posten die Gleichgewichtsbedingungen aufgestellt, welche ausdrückt, dass die Summe der Flüsse dieses Postens zu oder von jeder Aktivität gleich dem äußeren Fluss des Postens ist.

⁵⁷ Die lineare Programmierung befaßt sich mit der Beschreibung der Wechselbeziehungen der Komponenten eines Systems. (Koopmann, T. C.: Lineare Programmierung 1951)



Eine Sammlung von mathematischen Beziehungen ist das Ergebnis der Modellbildung.⁵⁸ Nach dem Einstellen eines Modells geht es nun daran, eine Lösung zu finden. Dabei besteht das mathematische Problem der linearen Programmierung darin, eine Linearform unter linearen Restriktionen zu optimieren. Werden nun die Restriktionen als Ungleichungen aufgeführt, können die Ungleichungen nach dem Hinzufügen einer Schlupfvariablen in eine Gleichung umgewandelt werden. Somit lassen sich alle Probleme der linearen Programmierung auf die gleiche allgemeine Art ausdrücken: "Man bestimme eine Lösung eines Systems linearer Gleichungen in nicht negativen Unbekannten, die eine Linearform minimiert."⁵⁹ Diese algebraische Formulierung heißt auch Standardform oder Normalform des linearen Programmierungsproblems.

4.5.1.1 Simplexmethode (SM)

Bei dieser Form der linearen Programmierung wird unterschieden nach der mit einem normalen Programmierungsproblem in Normalform (x Lösungen und x Unbekannte) beginnender Simplexmethode und dem Simplexalgorithmus. Der Simplexalgorithmus beginnt mit einer kanonischen Form. Bei der Simplexmethode in Normalform wird eine künstliche Variable eingefügt, so dass man ein Problem in kanonischer Form erhält, worauf dann der Simplexalgorithmus angewendet werden kann.

Simplexalgorithmus:

Nehmen wir beispielsweise an, wir hätten ein Kanonisches System, mit den Basisvariablen x_1, x_2, \dots, x_m . Nun werden die Werte für $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_m \geq 0$ gesucht.⁶⁰ Diese werden wie in einem normalen Gleichungssystem ermittelt.

⁵⁸ Vgl. Dantzig, G.: Lineare Programmierung und Erweiterungen 1966, S. 38-42

⁵⁹ Dantzig, G.: Lineare Programmierung und Erweiterungen 1966, S. 68

⁶⁰ Dantzig, G.: Lineare Programmierung und Erweiterungen 1966, S. 110



4.5.1.2 Kanonisches System

Hat man nun ein quadratisches System mit n Gleichungen und n Unbekannten, gibt es eine eindeutige Lösung. Nun werden eine Unbekannte und eine Gleichung aus dem System herausgezogen. Anschließend wird der Vorgang wiederholt und nach $n-1$ Durchläufen sind alle Unbekannten ermittelt. Hat man nun aber n Gleichungen und m Variablen, ist das System nicht ohne weiteres zu lösen. Hier muss versucht werden, dieses System durch ein äquivalentes kanonisches System zu ersetzen (Bild 4.9). Dann lässt sich die Lösung sofort ermitteln.

| Kanonisches System mit x_1, x_2, \dots, x_m als Basisvariablen | | |
|--|--|----------------------|
| x_1 | $+ \bar{a}_{1, m+1} x_{m+1} \cdots + \bar{a}_{1j} x_j + \cdots + \bar{a}_{1n} x_n = \bar{b}_1$ | |
| x_2 | $+ \bar{a}_{2, m+1} x_{m+1} \cdots + \bar{a}_{2j} x_j + \cdots + \bar{a}_{2n} x_n = \bar{b}_2$ | |
| \vdots | \vdots | \vdots |
| \vdots | \vdots | \vdots |
| | $x_m + \bar{a}_{m, m+1} x_{m+1} \cdots + \bar{a}_{mj} x_j + \cdots + \bar{a}_{mn} x_n = \bar{b}_m$ | |
| Basisvariablen | Nichtbasisvariablen (unabhängige Variablen) | Kon- stan- ten |

Bild 4.9: Kanonisches System⁶¹

4.5.2 Boolesche Algebra

Der Name kommt von dem britischen Mathematiker George Boole (1815 – 1864), welcher die Boolesche Algebra entwickelte. Die Boolesche Algebra stellt den Zustand von Elementen dar. Ein solcher Zustand ist binär, kann also die Werte '0' und '1' annehmen, wie beispielsweise ein Schalter. Wird der Schalter eingeschaltet, so wird der Wert '1' angenommen, ist der Schalter aus, erhalten wir den Wert '0'. Die Werte '0' und '1' können auch als falsch (nein) bzw. wahr (ja) interpretiert werden. Damit ist es möglich eine Funktion zu beschreiben und daraus eine Wahrheitstabelle aufzustellen. Auch kann die Boolesche Algebra als logische Verknüpfungen mit den Funktionen 'UND' und 'ODER' zum Zweck logischer Untersuchungen verwendet werden. Die Gleichungen der booleschen Algebra lassen sich wie andere algebraische Gleichungen mit den mathematischen Grundfunktionen, wie Addition und Subtraktion berechnen. Auf die Gesetze und Berechnungsbeispiele der Booleschen Algebra soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden.



4.6 Kooperation mit ERP-Systemen

APS- und ERP-Systeme haben unterschiedliche Schwerpunkte. ERP-Systeme optimieren die Geschäftsprozesse und planen sequentiell. APS-Systeme dagegen berücksichtigen alle Restriktionen in bezug auf Bedarf, Kapazitäten und Material gleichzeitig, liefern die Ergebnisse innerhalb kürzester Zeit und bieten eine globale Sicht auf alle beteiligten Glieder der Supply Chain.

Da APS-Systeme, wie schon erwähnt, meist keine eigene Datenbasis besitzen, sind sie auf externe Systeme angewiesen. Dabei handelt es sich meist um ERP-Systeme, die verwertbare Daten gespeichert haben. Um ohne Einschränkungen planen zu können, sind die APS-Systeme nicht nur auf die Daten des unternehmenseigenen ERP-Systems, sondern auch auf die Daten von ERP-Systemen der an der Supply Chain beteiligten Unternehmen, angewiesen. Soll nun ein neuer Plan berechnet werden, fordert das APS-System alle wichtigen Daten von den angeschlossenen ERP-Systemen an. Dabei kann es sich z.B. um Materialverfügbarkeit, den aktuellen Stand der Vorräte oder um Bestelldaten handeln. Anschließend überführt es diese in das oben genannte Hauptspeicherresidente 'Supply Reality Control'-Modell⁶². Hier findet nun die eigentliche Planung statt. Nach Abschluss dieses Schrittes, wenn also ein durchführbarer Plan vorliegt, werden die Daten wieder zurück in die ERP-Systeme geschrieben, die für die weiteren Ausführungen zuständig sind.

4.7 Die Planungsverfahren und Grundfunktionen von APS

APS-Systeme sind häufig eine Erweiterung zu ERP-Systemen, da sie meist keine eigene Datenbank haben. Sie arbeiten mit den Daten von den ERP-Systemen, verarbeiten diese auch und es werden von APS-Systemen bereichsübergreifend alle Stationen geplant (vgl. Kapitel 5 am Beispiel der Firma Wassermann). Um die dabei anfallenden großen Datenmengen schneller verarbeiten zu können, werden die Daten zusammengefasst. Bei der Planung sollte das Ziel sein, Wünsche der Kunden wie kurze Lieferzeiten, bleibend hohe Qualität und

⁶¹ Dantzig, G.: Lineare Programmierung und Erweiterungen 1966, S. 91

⁶² vgl. Kuhn, A., Hellingrath, H.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, S. 98 ff



ständige Verfügbarkeit zu erfüllen. Die Planung unterstützt das Darstellen von Auswirkungen einzelner Entscheidungen um rechtzeitig Alternativen zu ermitteln, z.B. für den Ausfall einer Maschine. Ein weiteres Merkmal von APS-Systemen ist die Möglichkeit einer langsam wachsenden Planung. Bei früheren Systemen mussten die Pläne immer wieder neu erstellt werden, hier können sie weiter geschrieben werden, da APS-Systeme die Pläne zwischenspeichern. Auch haben APS-Systeme die Möglichkeit mit Ober- und Untergrenzen⁶³ zu arbeiten. Um diese Grenzen zu überwachen, gibt es Frühwarnsysteme. Zudem erhält der Benutzer sofort Alternativen um dem Problem rechtzeitig entgegenzusteuern (Bild 4.10).

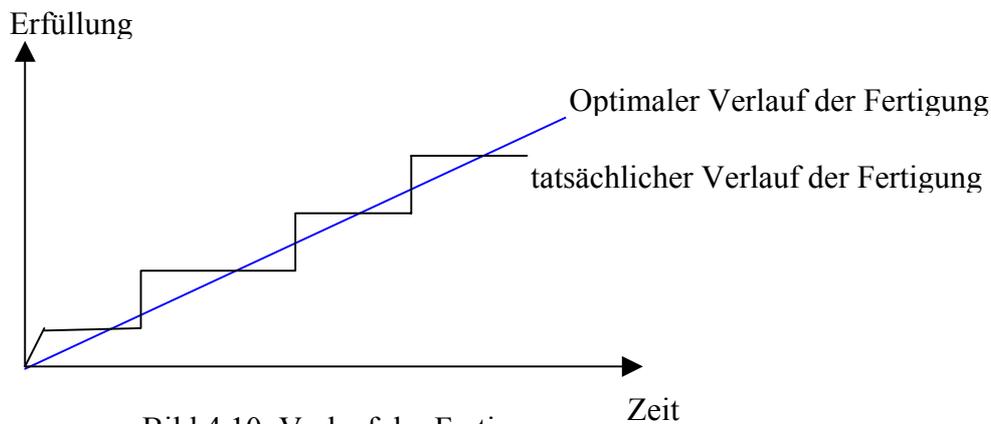


Bild 4.10: Verlauf der Fertigung

Die Supply Chain ist dabei mit allen Details sehr komplex. Da es aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nicht sinnvoll ist, die Komplexität einer Supply Chain zu berücksichtigen, werden Modelle erstellt. Diese sollen die Realität abbilden, wobei aber nur die wesentlichen Objekte und Beziehungen in die Modellbildung einfließen. Auch helfen die Modelle, Beziehungen zwischen Input und Output besser zu erkennen. Nun muss geplant werden. Die Planungsebenen wurden bereits in Kap. 4.4.1.1 ausführlich beschrieben.⁶⁴

Die Planungen dienen auch als Vorlage für Prognosen. Da Prognosen unsicher sind, wird versucht, möglichst früh Engpässe aufzuspüren. Hierzu wird ständig die Differenz von prognostizierten und tatsächlichen Verkäufen überprüft, um mögliche Lieferengpässe frühzeitig erkennen und dementsprechend reagieren zu können. Kommen nun Sonderfaktoren wie Umfragen unter den Kunden hinzu, nützt keine mathematische Formel mehr was, dann ist wieder die Erfahrung eines Planers gefragt.

⁶³ Mit Ober- und Untergrenzen sind Produktionsgrenzen gemeint, z.B. wieviel Produkte darf ich maximal fertigen oder wie viel muss ich mindestens fertigen.

⁶⁴ Vgl. Fleischmann, B., Meyr, H., Wagner, M.: Supply Chain Management and Advanced Planning 2002, S. 72



4.8 Alternative Arbeitspläne und deren Aufbau

Herkömmliche Arbeitspläne haben eine lineare feste Ablaufstruktur. Dadurch sind Änderungen im Ablauf nahezu ausgeschlossen.

Arbeitspläne haben die Aufgabe festzulegen, in welcher Reihenfolge die nötigen Bearbeitungsgänge ausgeführt und wie Teile / Werkstücke gefertigt werden. Abbildung 4.11 zeigt einen Arbeitsplan für einen Tragwagen. Zuerst wird in diesem Beispiel das Rohmaterial mit einem Brennschneider zugeschnitten, dann gebohrt, entgratet und auf Länge gesägt. Im Kopfteil des Arbeitsplans stehen Daten aus dem Teilestammsatz. Darunter in Tabellenform sind die Arbeitsplatznummer (APL), sowie die Arbeitsfolgennummer (AFO), welche die Reihenfolge der Bearbeitung festlegt, aufgelistet. Des weiteren sind die Rüstzeit (tr), die Zeit, welche für die Bearbeitung benötigt wird (te) und die Arbeitsgangbeschreibung (TXT) aufgeführt. Die benötigten Mengen für die Produktion des Bauteils stehen in der Stückliste. Der Arbeitsplan und die Stückliste werden für die Terminierung der Fertigung zusammengeführt, da die Bedarfstermine des Materials von den zeitlich nachfolgenden Arbeitsfolgen abhängen.⁶⁵

| Ressource 1200 Zeichnung 99001200/1 Kurztext Tragwagen | | | | Disponent KE ME stk |
|--|-----|-------|--------|-------------------------------------|
| APL | AFO | tr | te | TXT |
| Brenn-8410 | 05 | 20,00 | 55,32 | Teile gem. Zeichnung brennschneiden |
| Bohr-5010 | 10 | 20,00 | 43,47 | Teile gem. Zeichnung bohren |
| Grat-8415 | 25 | 20,00 | 106,00 | Teile gem. Zeichnung entgraten |
| Säge-2070 | 35 | 10,00 | 12,00 | Teile gem. Vorgabe sägen |
| Mont-1200 | 45 | 30,00 | 100,00 | Teile gem. Zeichnung schweißen |
| Mont-1200 | 50 | 20,00 | 75,00 | Schwinge gem. Zeichnung montieren |
| Lack-8370 | 65 | 10,00 | 20,00 | Teile nach Vorgabe lackieren |
| Mont-1200 | 75 | 50,00 | 700,00 | Teile gem. Zeichnung montieren |
| | .. | | | |
| | .. | | | |

Bild 4.11: Arbeitsplan für einen Tragwagen⁶⁶

⁶⁵ Vgl. Kernler, H.: PPS der 3. Generation, S.38 ff.

⁶⁶ Kernler, H.: PPS der 3. Generation, S.38



Auch bei der Terminierung ist die Zusammenlegung wichtig, da hier die Daten aus beiden Listen benötigt werden. Jetzt werden die Ablaufplanungen errechnet. Dazu wird vom System, welches die Berechnungen durchführt, ein Netzplan aufgestellt. Betrachten wir nun das Beispiel in Bild 4.12: Dort sind die Maschinen A bis F auf der senkrechten Achse und die Zeit auf der waagerechten Achse dargestellt. Nun gilt es für das System die Aufträge I und II so zu planen, dass sie rechtzeitig (weder zu spät noch zu früh) gefertigt werden. Dabei muss unterschieden werden, zwischen Vor- und Rückwärtsterminierung. Bei der Vorwärtsterminierung wird z.B. heute der Auftrag eingeplant und der Produktionsbeginn wäre morgen. Der Auftrag ist dann am Tag X fertig produziert, wird jedoch erst zum Tag Y benötigt. Bei der Rückwärtsterminierung wird von dem Tag an zurück gerechnet, wo das Produkt benötigt wird. Beispiel: ein Werkstück wird am 20. eines Monats benötigt. Nun wird zurückgerechnet, wann spätestens mit der Produktion begonnen werden muss. Bei der Planung für Maschine A muss entschieden werden, welcher der beiden Aufträge zuerst gefertigt wird. Dementsprechend baut sich der Netzplan an den folgenden Maschinen B bis F auf. Daraus ergibt sich eine Vielzahl an Möglichkeiten. Allein bei diesen zwei Aufträgen und einer Maschine gibt es zwei Alternativen. Betrachtet man 3 Aufträge an einer Maschine, ergeben sich bereits 6 unterschiedliche Wege. Bei 4 Aufträgen an nur einer Maschine wären es dann 24 Möglichkeiten (vgl. Tabellen 6.1 im Anhang). Daran ist zu erkennen, dass die Zahl der verschiedenen Lösungen mit den Aufträgen zur Fakultät steigt. Kommen nun weitere Maschinen hinzu, so erhöht sich die Zahl der Möglichkeiten explosiv. Daraus ergibt sich folgende Formel zur Berechnung aller Möglichkeiten:

$(\text{Anzahl der Maschinen} * \text{Anzahl der Aufträge})! = \text{Anzahl der Möglichkeiten}$

All diese Möglichkeiten müssen vom System in möglichst kurzer Zeit betrachtet und ausgewertet werden. Dies erfordert eine große Rechenleistung in kürzester Zeit, da der User ja keine Stunde auf das Ergebnis warten möchte. Um nun die Rechenleistung gering zu halten, haben sich die Softwarehersteller folgendes ausgedacht:



1. die berechneten Lösungen (Netzpläne), auch die Teillösungen, werden gespeichert
2. es wird nur der kritische Pfad eines Netzplanes berechnet (siehe dazu auch Bild 4.4 in Kapitel 4.3)
3. Lossplittung: kleinere Losgröße fertigen
4. bei Ausfall einer Maschine wird zusätzlich auf alternative Arbeitspläne zurückgegriffen (vgl. Abkürzungen)

Leider werden diese Schritte nur von einigen Softwareherstellern vereinzelt angewendet.

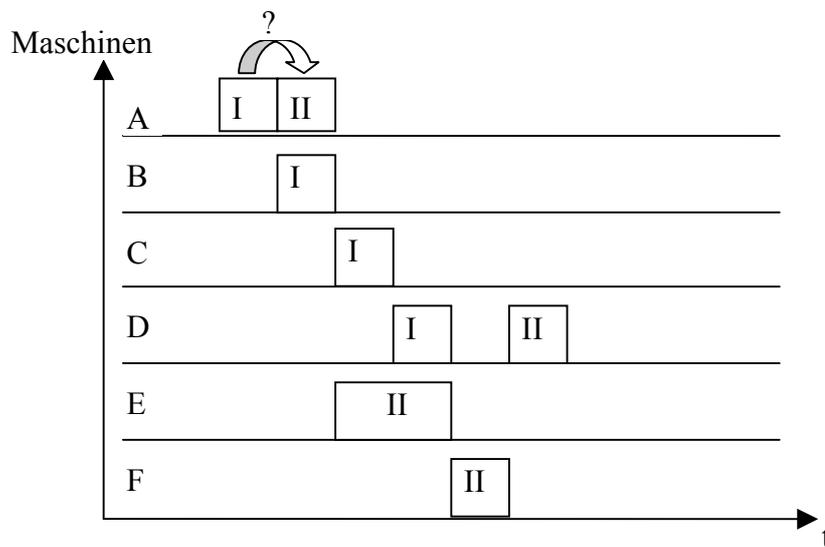


Bild 4.12: Netzplan



5. Firmenübersicht

Im Rahmen dieser Diplomarbeit habe ich einige Firmen besucht, welche ERP- oder APS-Systeme vertreiben. Die dabei gewonnenen Eindrücke von den Unternehmen und insbesondere ihren Produkten waren im direkten Vergleich mal mehr, mal weniger positiv. Als gutes Beispiel möchte ich hier kurz die Firma Wassermann mit Sitz in München vorstellen.

5.1 Wassermann AG⁶⁷

5.1.1 Firmengeschichte

Die Firma Wassermann ist einer der führenden Anbieter von Supply Chain Software um Unternehmensabläufe zu planen, zu steuern und zu optimieren. Zusätzlich ist die Firma in der Branche der Unternehmensberatung tätig. Deren Anteil an der Unternehmensberatung betrug anfangs ungefähr 90 %, reduzierte sich dann aber kontinuierlich bis auf aktuelle 10 %. Das Unternehmen wurde 1983 von Otto Wassermann nach 20 Jahren Erfahrung in der Entwicklung und Implementierung von PPS-Systemen nach seiner eigenen Philosophie gegründet. 1987 kommt dann die eigene Software WAY das erste mal zum praktischen Einsatz. 6 Jahre später deckt die Simulationssoftware WAY den gesamten Leistungsprozess eines Unternehmens ab. Das Leistungsprofil wird 1995 um die unternehmensübergreifende Prozessoptimierung mit beliebig vielen Partnerunternehmen erweitert und Supply Chain Management wird praktiziert. Dabei wird die GmbH zur Wassermann AG. Im Jahre 2000 wird eine Entwicklungstochter in Budapest (Ungarn) gegründet und die Firma Swisslog (Schweiz) beteiligt sich mit 20 % am Unternehmen. Ein Jahr später hat das Unternehmen mit der Konzernmutter Swisslog rund 3800 Mitarbeitern in 26 Ländern und wird zum globalen Supply Chain Solution Provider. Swisslog ist jetzt mit 72,6 % am Unternehmen beteiligt und die vollständige HighWAY Supply Chain Software Suite wird erfolgreich eingeführt. Nach einem Generationswechsel 2002 wird ein Jahr später eine neue Produktlinie der Software WAY eingeführt.

⁶⁷ Vgl. <http://www.wassermann.com>



5.1.2 Die Philosophie

Die Philosophie der Firma Wassermann vermittelt eine einfache Idee davon, wie Industrieunternehmen nach wenigen Monaten deutlich höhere Erträge erwirtschaften können, als dies mit herkömmlichen Methoden möglich ist.

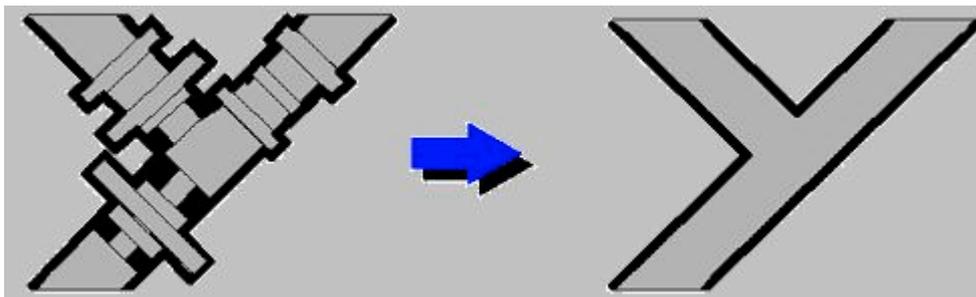
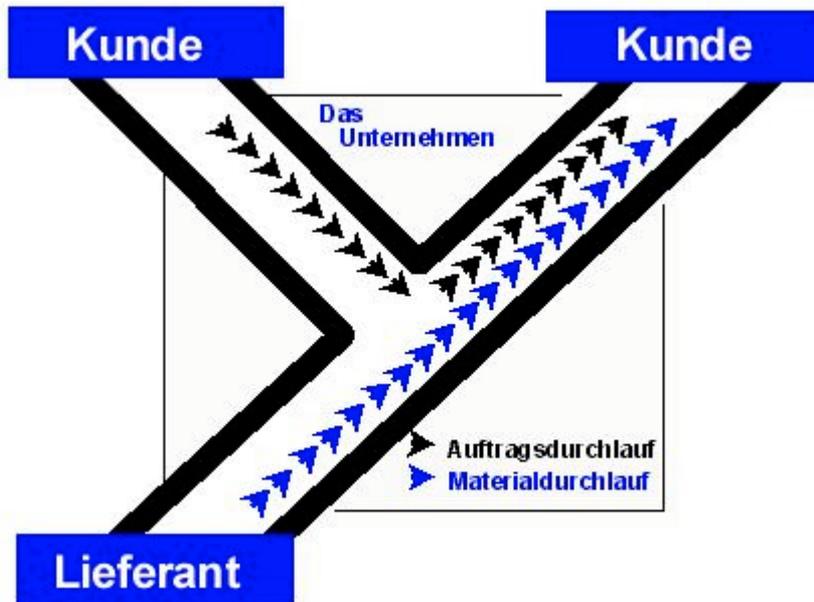


Bild 6.2a: Disharmonische Ressourcen im Durchfluss

Bild 6.2b: Harmonische Ressourcen im Durchfluss ohne Störungen



In Bild 6.2b muss man sich das Y als eine längs aufgeschnittene Pipeline vorstellen, welche aus einem glatten Rohr besteht ohne Engpässe. Dagegen weist das Bild A Engpässe im Rohr auf. Würde es nun gelingen, für den Leistungsprozess die notwendigen Ressourcen wie Menschen, Maschinen, und Material so auszulegen, dass es keine Engpässe mehr gibt, hätte das Unternehmen keine Lieferschwierigkeiten mehr. Es ist nun mal einfacher, Engpässe vor der Entstehung zu beseitigen, als im Nachhinein. Dadurch, dass alle beteiligten Unternehmen termintreu arbeiten, spart das Unternehmen Puffer- und Sicherheitszeiten.

Mit den Produkten der WAY-Familie soll im Voraus sichtbar werden, bei welchen Ressourcen und Terminen Engpässe oder Überversorgungen auftreten werden. Dadurch können zum frühestmöglichen Zeitpunkt gezielt Maßnahmen getroffen werden, damit drohende Engpässe oder Überversorgungen nicht erst auftreten. Das hat zur Folge, dass im gegenwärtigen und künftigen Leistungsprozess termingerecht genau so viele Ressourcen bereitstehen, wie zur Bearbeitung der Aufträge benötigt. Somit wird der äußerst ergiebige "harmonisierte Leistungsprozess" erreicht und es wird erstmals eine rückstandsfreie Produktion erlangt. Dieser Prozess muss jetzt stabilisiert werden (Bild 6.3).

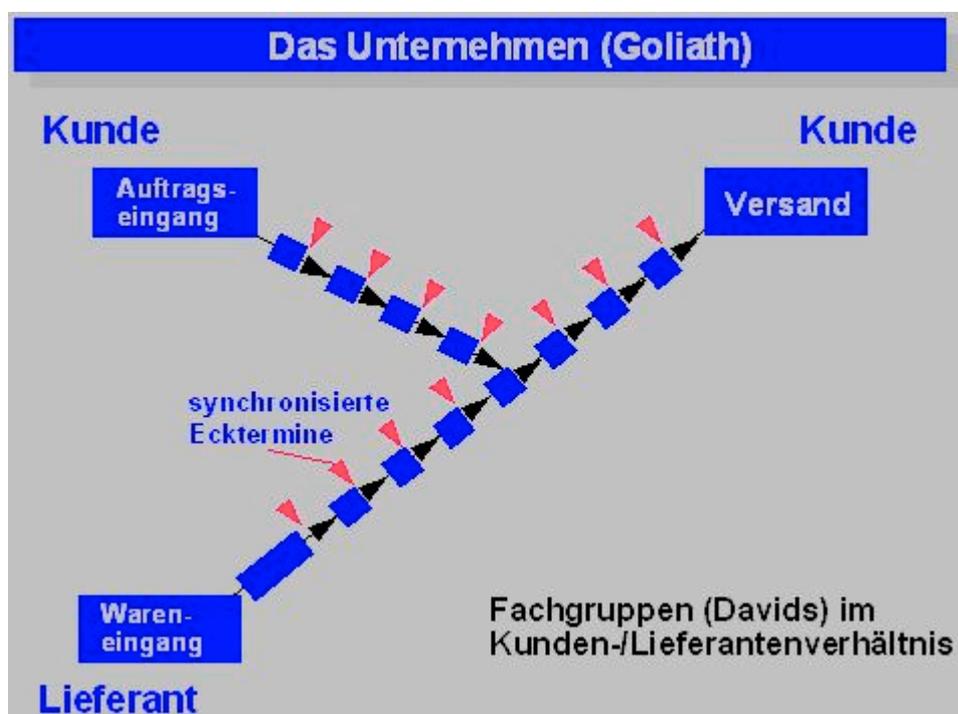


Bild 6.3: Synchronisation im Ypsilon



Folgende Funktionen des Unternehmens sollten hier zusammengefasst werden, um Ressourcen zu sparen: alle für die Kunden zu erbringenden Aktivitäten innerhalb des Leistungsprozesses, im Ypsilon.

Das Supply Chain Management ist verantwortlich für die Termintreue des Unternehmens, für ständig kürzere Durchlaufzeiten und die maximale Höhe der Vorräte. Vorerst geht es nicht darum, das ideal harmonisierte Unternehmen zu erhalten, sondern konsequent in diese Richtung zu arbeiten. Dabei werden oft neue Ertragsreserven entdeckt.

In diesem Zusammenhang hat eine Verkürzung der Durchlaufzeiten folgende Konsequenzen:

- Halbierung der Durchlaufzeiten bedeutet Verkürzung der Lieferzeiten,
- Beschleunigtes und flexibleres Auftreten am Markt,
- der Bestand an aktiven Vorräten geht auf die Hälfte zurück,
- Fehleinschätzungen des künftigen Marktbedarfs werden bei kürzeren Durchlaufzeiten deutlich geringer, was zu weniger Lagerbeständen an Endprodukten führt.

Dies sind bei weitem nicht alle, sondern nur die wichtigsten Aspekte bei kürzeren Durchlaufzeiten. Die Ursachen für die ursprünglichen längeren Durchlaufzeiten sind:

- Delegation von Verantwortung an mehreren Stellen, was zur Folge hat, dass sich niemand konkret für eine Aufgabe verantwortlich fühlt,
- der Mensch erkennt künftige Engpässe zu spät und nicht exakt, die Software schon.

Kommt es heute zu Termenschwierigkeiten bei der Bearbeitung der Aufträge, liegt dies meistens daran, dass beispielsweise ein Material oder eine Baugruppe nicht weiterbearbeitet werden kann. Dies sollte durch eine korrekte Planung mit den aktuellen Ressourcen nicht mehr passieren.



5.1.3 Produkte

Die Firma Wassermann vertreibt eine APS-Software mit den Namen WAY. Die Software wird in 3 Varianten angeboten:

1. WAY SCS (Supply Chain Simulation)
2. WAY RTS (Real Time Simulation)
3. WAY STS (Street Simulation)

Dazu kommen verschiedene WAY-Module

Die WAY Supply Chain Simulation ist ein modernes, internetfähiges Advanced Planning System (APS) zur Planung, Steuerung und Optimierung von Produktionsunternehmen und Supply Chains. Mit der Software kann der gesamte Informations- und Materialfluss eines Unternehmens dargestellt werden, gleich wie viele Unternehmen als Zulieferer und Abnehmer beteiligt sind. Drohende Rückstände, künftige Engpässe und Verschwendungen werden von der Software sofort sichtbar gemacht. Dabei werden konkrete Vorschläge erstellt, um diesen Missständen vorzubeugen, so dass sich auch kurzfristige Termine zuverlässig realisieren lassen.

Die Realtime Simulation WAY RTS der Wassermann AG ist eine integrierte, anwenderfokussierte Supply Chain Simulationssoftware zur Identifizierung und Beseitigung von materialbezogenen und kapazitiven Engpässen innerhalb eines Unternehmensnetzwerks. Unterstützt werden die engpassfreie Planung und Steuerung der Supply Chain-Prozesse von der Beschaffung über Produktion und Distribution bis hin zum Verkauf. Mit Hilfe einer neuartigen Systemtechnologie und einem weiterentwickelten Datenintegrationskonzept verfügen alle Teilnehmer über die Möglichkeit, unabhängig voneinander den aktuellen Zustand der Supply Chain aufzurufen und Veränderungen vorzunehmen. Die Änderungen werden in Echtzeit vorgenommen und stehen jedem Teilnehmer unmittelbar wieder zur Verfügung. So kann schnell auf kurzfristige Marktveränderungen reagiert werden.



WAY-Module zur Ergänzung der WAY Supply Chain Simulation:

- Das Modul WAY ERP-Frontend ist ein Online-Kommunikationsmodul, mit dem der effiziente Informationsaustausch zwischen dem Supply Chain Management und den Supply Chain Teilnehmern sichergestellt wird.
- Ein Optimierer für Prozesskosten ist das Modul WAY Cost Optimizer, welches automatisch die Kostentreiber in den Prozessen identifiziert und die Prozesskostenanalyse unterstützt.
- Mit dem Bestandsoptimierer WAY Inventory Optimizer wird die Realisierung der von der Unternehmensführung geplanten Vorrats- und Lieferpolitik ermöglicht. Die Zielgrößen für Lieferzeit, Lieferbereitschaft und Kapitalbindung in den Vorräten kann bei jedem Teilnehmer der Lieferkette festgelegt werden.
- Strategic WAY ist ein Modul zur strategischen Planung der globalen Ressourcen.
- Das Modul WAY Interfaces stellt die Verbindung zur ERP-Welt dar. Die Interfaces (auf Basis der XML-Technologie) stellen den intelligenten Datenaustausch zwischen einem ERP-System und der WAY Supply Chain Simulation sicher. Die Schnittstellen ermöglichen den Datenaustausch mit verschiedenen ERP-Systemen, wobei es zu vielen ERP-Systemen (z. B. SAP, BaaN, Brain) bewährte Standardverbindungen gibt.

5.1.4 Arbeitsweise / Funktion

Die Software holt sich alle notwendigen Daten zu dem vorliegenden Auftrag. Aus dem erstellten Netzplan sucht die Software nun den kritischen Pfad heraus (Bild 6.4) und betrachtet diesen erst einmal isoliert. Dadurch sinkt die Anzahl der Berechnungsmöglichkeiten enorm wie in Kapitel 4.8 erläutert. Dabei versucht das System eine rückstandsfreie Planung zu erstellen, indem es alle Ressourcen wie Mitarbeiter und Material berücksichtigt. Nun errechnet das System einen neuen Netzplan. Über die dabei verwendeten mathematischen Methoden hielt sich Firma Wassermann bedeckt.

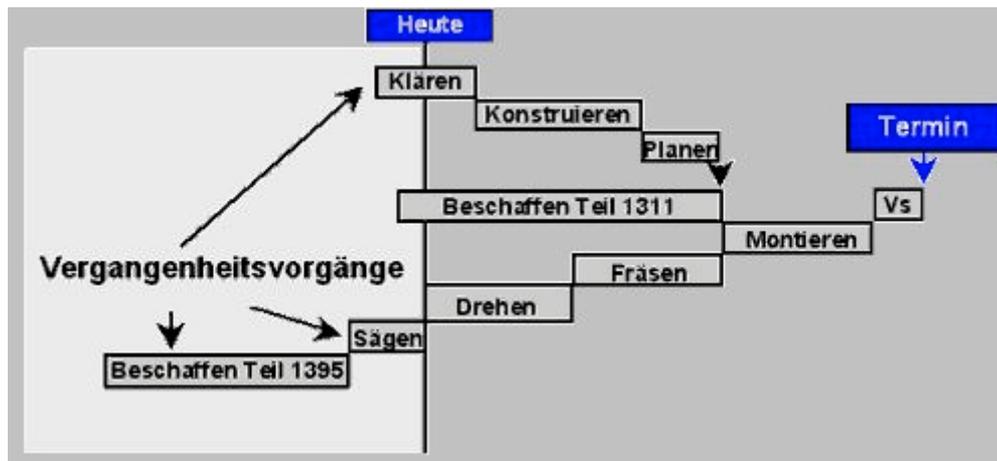


Bild 6.4: Ein Auftrag im Rückstand mit falschen Bedarfsterminen

Rückstandsfreiheit bedeutet, eine Planung ohne Termine, die in der Vergangenheit liegen. Das klingt selbstverständlich, jedoch sieht die Praxis anders aus. Es ist nicht möglich, Dinge in der Vergangenheit zu tun. Demnach ist auch eine Planung in der Vergangenheit nicht möglich. Ein Grund sind falsche Bedarfstermine, wodurch falsche Belastungsprofile entstehen (Bild 6.5). Nun werden die Abläufe aus der Vergangenheit neu in der Gegenwart geplant. Bis zu 95 % der Durchlaufzeiten in Unternehmen sind Liegezeiten. Diese Zeiten werden zur Optimierung der Maschinen genutzt und daraus ergeben sich die tatsächlichen Belastungsprofile. Bild 6.6 zeigt die tatsächliche Belastung bei rückstandsfreier Produktion.

Rückstände und unterschiedliche Prioritäten von Aufträgen zerstören die Prozesssynchronisation, was zu folgenden Problemen führen kann:

- unnötiges Beschleunigen eines Fertigungsauftrages verursacht Kapazitäts- oder Materialengpässe bei anderen Aufträgen
- unnötig lange Kapitalbindung durch erzwungene Liegezeiten
- enormer Steuerungsaufwand durch fehlende Transparenz
- unmotivierter Mitarbeiter



Dies kann vermieden werden, indem der kritische Pfad in Bild 6.4 soweit wie möglich in die Gegenwart verschoben wird. Schließlich wird der neu geplante Prozess von der Software zurück in die Datenbank geschrieben.

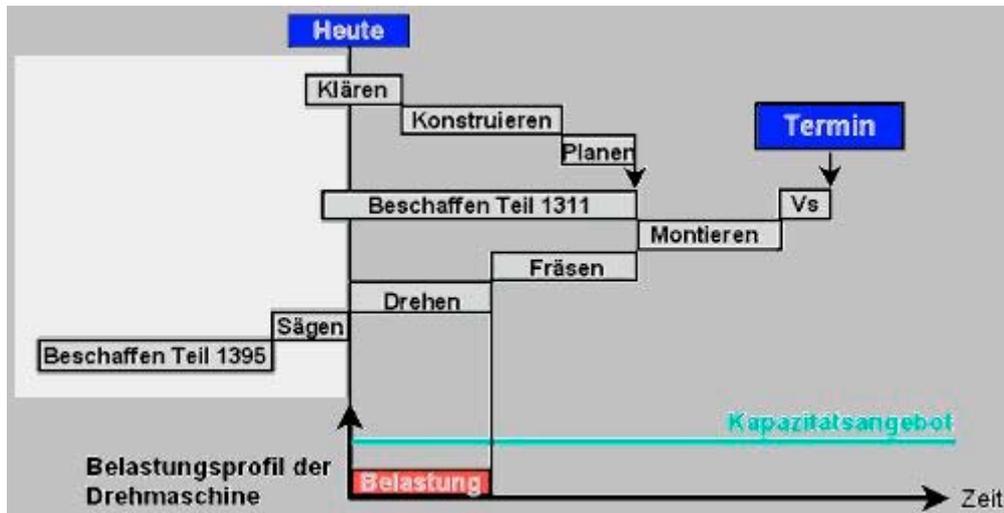


Bild 6.5: Falsche Belastung der Drehmaschine

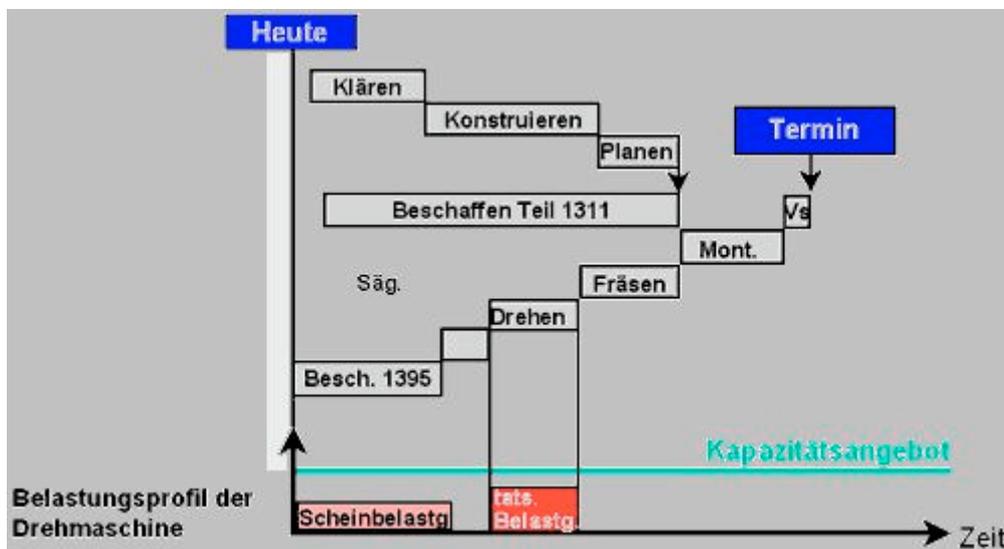


Bild 6.6: Tatsächliche Belastung bei rückstandsfreier Produktion



5.2 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Diplomarbeit war es, die verschiedenen Planungswerkzeuge und Systeme, insbesondere APS, zu untersuchen und die Funktionen näher darzustellen. Hierbei wurde besonderer Bezug auf den Mittelstand genommen.

Zuerst wurden allgemeine Informationen zu den vorhandenen Systemen, wie PPS, MRP, ERP und APS gesammelt, um zunächst einmal die zumeist in englischer Sprache verwendeten Begriffe zu klären. Schließlich wurden die alt bekannten Systeme, wie PPS und MRP erläutert.

Im nächsten Schritt wurde die von drei Firmen angebotene Software präsentiert und erläutert. Nach einer Veranschaulichung der Entwicklung und der Abgrenzung der älteren Werkzeuge zu den neueren ERP- und APS-Systemen konnte in dieser Arbeit auf die genauere Funktionsweise eingegangen werden.

Gerade die erwähnte Ermittlung des Liefertermins ist heute von größter Bedeutung. Hier haben viele Anbieter bei ihrer Software noch einiges nachzubessern, da die Systeme meist mehr versprechen als sie leisten. Ein weiteres Problem ist der Umfang der notwendigen Berechnungen. Dort gibt es inzwischen erste Systeme, die diese Aufgabe wirklich lösen können.

Zum Schluss der vorliegenden Diplomarbeit wurde eine Übersicht der Unternehmen erstellt, welche ERP- und APS-Systeme anbieten. Dabei klingt die Theorie über die APS-Systeme so einfach, nur leider versprechen die Hersteller meist mehr als die Software in der Praxis umsetzen kann.

Ergebnis: APS ist der direkte Ersatz der Planungsmethode in MRP II, ERP und SCM. APS kann als Anwendung eigenständig implementiert werden, in Verbindung mit einem neuen ERP oder als Ergänzung zu bestehenden Managementsystemen. APS ersetzt nicht die transaktionsbasierten Systeme z.B. im Bereich Einkauf, Lagerbestandsführung oder Rechnungsschreibung. Außerdem enthält es nicht die Dateninfrastruktur (Lieferanten, Kunden, Stücklisten etc.), welche weiterhin ein Bestandteil von ERP-Systemen bleiben wird.

APS-Systeme gibt es schon für kleine Unternehmen ab etwa 10 Mitarbeitern. Sinnvoll kann APS für Groß- und mittelständische Unternehmen sein, wenn Unternehmen ihren internen Materialfluss verbessern möchten. Ein solches System ist sinnvoll, bei ständigen Problemen mit der Terminierung der Aufträge.



6. Quellen / Anhang

6.1 Anhang

Die Tabellen 6.1 bis 6.3 beweisen, wie schnell sich die Möglichkeiten der Berechnung vervielfachen, bei nur einem Auftrag mehr in der Produktion (vgl. Kapitel 4.8).

| 1 M 2 Aufträge | |
|----------------|---|
| B | A |
| A | B |

Tabellen 6.1: Kombinationsmöglichkeiten bei einer Maschine und 2 Aufträgen

| 1 M | 3 Aufträge | |
|-----|------------|---|
| A | B | C |
| A | C | B |
| B | A | C |
| B | C | A |
| C | A | B |
| C | B | A |

Tabelle 6.2: Kombinationsmöglichkeiten bei einer Maschine und 3 Aufträgen

| 1 Maschine | | 4 Aufträge | |
|------------|---|------------|---|
| A | B | C | D |
| A | C | B | D |
| A | C | D | B |
| A | B | D | C |
| A | D | B | C |
| A | D | C | B |
| B | A | C | D |
| B | C | A | D |
| B | A | D | C |
| B | C | D | A |
| B | D | C | A |
| B | D | A | C |

Tabelle 6.3: Kombinationsmöglichkeiten bei einer Maschine und 4 Aufträgen

Diese Tabelle zeigt nur die erste Hälfte aller Möglichkeiten.



| Firma, Name, Ort | Internet | Produkt- Name, System | Anwendungsbereich | Sprache | interne Verständigung | Vertrieb | Daten- bank / Sprache | Math. Verfa. | Extra |
|---|---|---------------------------------|--|-------------------|--------------------------|---|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| ABAS Software, Karlsruhe | abas.de | ERP | | | | | Java, Access | | |
| ABS Systemberatung, Bad Teinach- Zavelstein | abs.org | ABS, ERP | Internetshop, Logistik, BW, Disposition, Produktion,, Beschaffung, Controlling, QM (ISO 9000), Planung, E- Commerce, Grob- u. Feinplanung | mehr- sprachig | Briefe, Email, Fax | Angebote, Produkt- konfigurator, Ersatzteile , Service, KIS, Absatz- planung | / 4GL, C, C++ | | Fremd währu ngen |
| bäurer GmbH, Donaueschin gen | baeurer. de | ERP, b2wincar at | Kunststoff, Land und Kommunaltech nik, Maschinen und Anlagenbau, Elektrotechnik | | | | MySQL L, etc... | | Linux, Modul aufbau |
| BDE GmbH, Bocholt | beosys.d e | BEOSYS , ERP/PPS | Konstruktion bis Versand | | | | SQL, Visual Basic, C++ | | |
| BearingPoint GmbH, München | bearingp oint.biz | Supply Chain, ERP, APS | ERP, APS | | | | | | |
| connet AG, Hennef | conet.de | APS | Großunternehm en | | | | | | Zusam menar beit SAP |
| Cosmo Consult AG, Münster | cosmoco nsult.de | ERP | Softwarelösun gen /Produkte auf Basis von Navision | | | | | | |
| Electronic | compet ence- site.de, lw- marcom. ch | ERP, APS | Logistik, Finanzen, Informations- und Finanzflüsse unter Berücksichtigu ng der Marktnachfrag e zu | | | | | | |



| Firma, Name, Ort | Internet | Produkt-Name, System | Anwendungsbereich | Sprache | interne Verständigung | Vertrieb | Daten-bank / Sprache | Math. Verfa. | Extra |
|--|--------------------|--------------------------|---|---------|-----------------------|----------|----------------------|--|--------------------|
| | | | koordinieren. | | | | | | |
| hinrichs+müller, Achim | hinrichsmueller.de | ERP, AMS++ | Maschinen-, Anlagen- und Stahlbauer | | | | SQL | | |
| IAS, Karlsruhe | iascon.de | canias ERP | in Java basiscript | | | | | | |
| infor business solutions, Friedrichsthal | infor.de | ERP/ PPS, APS; infor.com | Ein Leitstand für die grafische Steuerung der Fertigung. FMEA, Einkauf, Vertrieb, e-Shop, Kalkulation | | | | | | Visitenkarte |
| Inform; Aachen | inform-ac.de | FELIOS, TESS | in Ergänzung zu bestehenden PPS/ERP-Systemen | | | | | Fuzzy Logic u. Optimierungsalgorithmen | Visitenkarte |
| integra | integramicro.com | iCOSS | | | | | SQL | | Unix, Linux |
| itelligence, Hamburg | itelligence.de | CRM, APO | Sondermaschinen und Anlagenbau | | | | | | Zusammenarbeit SAP |
| Mapics | mapics.com | ERP II, APS | Liefertermin, Materialverfügbarkeit, Simulation | | | | | | |
| Messonic Software, Scheeßel | mesonic.com | WINLine, CRM Demo-CD | Kl. – mittelständische Betriebe, Finanzbuchh., Warenwirtsch., Kostenrech., Anlagenbuchh., Fertigung, Ressourcen Zusatz: Einkauf, Lager | | | | SQL, Visual Basic | | auch unter Linux |



| Firma, Name, Ort | Internet | Produkt-Name, System | Anwendungsbereich | Sprache | interne Verständigung | Vertrieb | Daten-bank / Sprache | Math. Verfa. | Extra |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|--|----------|-----------------------|----------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | | | | | | | | |
| MPDV Mikrolab, Mosbach | mpdv.de | Hydra | Hydra ist ein Bindeglied zwischen Applikationen (ERP, PPS...) und allen anderen an der Fertigung beteiligten Ressourcen. | | | | | | siehe auch ibn-systeme |
| proALPHA, Weilerbach | proalpha.de | CAD/ERP, APS | IAS, IFRS, Linux, Mitarbeiterplanung, Logistik | Linux, 8 | | | SQL, Progress | Algorithmen von Iwos | Partner : human IT, omeco, Progress |
| ProSes, Pforzheim | proses.de | | | | | | | | gehört zur MES-Gruppe |
| remira Informationstechnik, Dortmund | remira.de | APS LogoSim | Kapazitätsbeschränkungen, Schichtpläne, Stücklisten, Arbeitspläne etc. | | | | | Algorithmen | |
| SAP; Walldorf | sap.de | ERP /APS (APO) | Vertrieb, Disposition, Produktion, Beschaffung, Versand, Controlling, QM, Planung, E-Commerce | | | | | | |
| Schrempp edv, Lahr | schrempp-edv.de | SIVAS, ERP II | Anlagenbau, Variantenfertigung, WWS | | | | Oracle | | |
| Steinhilber / Schwehr, Rottweil | steinhilberschwehr.de | ERP / APS | Partner von Bäurer, Abas, Semiramis, keine eigene Software | | | | | | |



| Firma, Name, Ort | Internet | Produkt-Name, System | Anwendungsbereich | Sprache | interne Verständigung | Vertrieb | Daten-bank / Sprache | Math. Verfa. | Extra |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|---|---------|-----------------------|----------|----------------------|---------------------------------|--------------------|
| tso-data GmbH, Osnabrück | tso.de | | Agrarhandel | | | | Access | | Microsoft Navision |
| Waiblinger Softwarehaus, Waiblingen | | System 5 | Auftrag, Fertigung, Buchhaltung, Löhne, Zeitmanagement | | | | | | DIN ISO 9001 |
| Wassermann, München | wassermann.de | ERP, APS | | | | | ISAM-Datenbank | | |
| | ap-informatik.ch | APS/SCM, P2plus | Produktionsplanung, Kapazitätsplanung, E-Commerce, Ressourcen | | | | | Zeitrechnung mit freien Formeln | |

Tabelle 6.5: Zusammenstellung Unternehmen mit Leistungen von A bis Z



6.2 Literaturverzeichnis

- [01] Arndt, Holger: Supply Chain Management, Gabler Verlag 2004
- [02] Beckmann, H.: Supply Chain Management, Strategien und Entwicklungstendenzen in Spitzenunternehmen, Springer Verlag 2004
- [03] Busch, A. und Dangelmaier, W.: Integriertes Supply Chain Management, Gabler Verlag 2002
- [04] Corsten, D. und Gabriel, C.: Supply Chain Management erfolgreich umsetzen, Springer Verlag 2002
- [05] Corsten, Hans und Gössinger, Ralf: Dezentrale Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme, Kohlhammer Verlag 1998
- [06] Dantzig, George B.: Lineare Programmierung und Erweiterungen, Springer Verlag 1966
- [07] Dorninger, Christian und Janschek, Otto: PPS, Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte, Methoden und Kritik, Ueberreuter Verlag 1996
- [08] Faisst, Richard: Musterpflichtenheft PPS- und Logistik-Systeme, Expert- Verlag 1994
- [09] François, Peter: Flexible Losgrößenplanung in Produktion und Beschaffung, Physica-Verlag 2000
- [10] Gal, Tomas: Grundlagen des Operations Research 1, Springer-Verlag 1989
- [11] Gal, Tomas: Grundlagen des Operations Research 2, Springer-Verlag 1989
- [12] Gal, Tomas: Grundlagen des Operations Research 3, Springer-Verlag 1989
- [13] Glaser, Horst und Geiger, Werner: PPS - Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Konzepte, Anwendungen, Gabler Verlag 1992
- [14] Goldratt, Eliyahu M. und Cox, Jeff: Das Ziel, Campus Verlag 2001
- [15] Gössinger, Ralf: Dezentrale Produktionsplanungs- und -steuerungs -Systeme, Kohlhammer Verlag 1998
- [16] Gumm, Heinz-Peter und Poguntke, Werner: Boolesche Algebra, Wissenschaftsverlag 1981
- [17] Helfrich, Christian: Praktisches Prozessmanagement, Hanser Verlag 2002
- [18] Höck, Michael: Produktionsplanung und -steuerung einer flexiblen Fertigung, Gabler Verlag 1998



- [19] Kernler, Helmut: PPS der 3. Generation: Grundlagen, Methoden, Anregungen, Hüthig Verlag 1993
 - [20] Knöll, H. -D. und Moreton, R.: Optimising – Business Performance with Standart Software Systems, Vieweg Verlag 2001
 - [21] Ramsauer, Christian: Dezentrale PPS- Systeme, Gabler Verlag 1997
 - [22] Reimers, Kai: Management unternehmensweiter und unternehmensübergreifender Informationssysteme -Grundlagen-, SS 2004
 - [23] Ritter, Bernhard: Das ERP-Pflichtenheft, MITP-Verlag 2000
 - [24] Scheer, August-Wilhelm: CIM- Der computergesteuerte Industriebetrieb, Springer-Verlag 1990
 - [25] Scheer, August-Wilhelm: Fertigungssteuerung : Expertenwissen für die Praxis, Oldenbourg Verlag 1991
 - [26] Stadtler, Hartmut und Kilger, Christoph: Supply Chain Management and Advanced Planning, Springer Verlag 2002
 - [27] Wagner, Klaus -W.: Einführung in die Theoretische Informatik, Springer Verlag 1994
- Hagen Szameitpreuß, Diplomarbeit 'Analyse von Geschäftsprozessen und Analyse eines ERP-Systems für ein Unternehmen der Großserienproduktion', Mai 2001
- Adami, Wilfried: Skript Vorlesung Materialwirtschaft, SS 2000

6.2.1 Internetadressen

ftp://wi.oec.uni-bayreuth.de/Seminar/ws0001/05_Frank_Mueller.pdf

[http://dsa.dsc.com.tw/learning/bom/ADVANCED%20PLANNING%20AND%20SCHE
DULING%20IN%20THE%20ON%20LINE%20WORLD.pdf](http://dsa.dsc.com.tw/learning/bom/ADVANCED%20PLANNING%20AND%20SCHE
DULING%20IN%20THE%20ON%20LINE%20WORLD.pdf)

<http://euklid.bauing.uni-weimar.de/papers.php?lang=de&what=119>

<http://thema.aboutit.de/view.php?ziel=/thema/business-process/aps.html>

http://www.ap-informatik.ch/Produkte/Module/APS/APS_Modul.htm

<http://www.apics.org/magazine/archive.htm>

[http://www.bearingpoint.de/media/library_solution_scm/Advanced%20Planning%20und
%20Scheduling%2012_2002.pdf](http://www.bearingpoint.de/media/library_solution_scm/Advanced%20Planning%20und
%20Scheduling%2012_2002.pdf)



<http://www.cio.com/forums/erp/>

<http://www.competence->

[site.de/pps.nsf/0/37953941661df854c1256bc600404bf5?OpenDocument](http://www.competence-site.de/pps.nsf/0/37953941661df854c1256bc600404bf5?OpenDocument)

<http://www.computerwoche.de/index.cfm?pageid=256&category=79&type=detail&artid=62037>

http://www.conet.de/conet/inet/conet/conet_base2004.nsf/CurrentBaseLink/W25WWGJ5521CCHEDE

http://www.conet.de/CONET/INET/CONET/conet_base2004.nsf/vwContentByKey/N25VRJR4220OKOYDE

<http://www.erpsupersite.com/>

<http://www.erpworld.com/>

<http://www.i2.com>

<http://www.iao.fraunhofer.de/d/kontakt/seite.hbs?pageid=44027>

http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/VerwWiss/Ptm_Theorie.htm#gesch

http://www.lw-marcom.ch/de/Artikel/aktuell/020917_sun.pdf

<http://www.manugistics.com>

http://www.mpdv.de/de/ftp/about/Image_MPDV_dt_72_neu.pdf

http://www.mapics.com/worldwide/de/ERP/syteline_aps.asp

http://www.mpdv.de/de/ftp/about/Image_MPDV_dt_72_neu.pdf

<http://www.peoplesoft.com>

<http://www.remira.de/html/aps.html>

<http://www.rise.tuwien.ac.at/courses/eis/download/fohlen/Einf%FCprung.pdf>

<http://www.sap.de>

http://www.wior.uni-karlsruhe.de/LS_Neumann/Forschung/APS_html

<http://www.wassermann.com>

Hinweis: Die Inhalte der Internetseiten, so wie sie in dieser Arbeit zugrunde gelegt wurden, waren am 30.06.2004 noch korrekt verfügbar.