

Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Peter Mertens

Alexander Schaub, Alexander Zeier

Eignung von
Supply-Chain-Management-Software
für unterschiedliche
Betriebstypen und Branchen -
untersucht am Beispiel
des Produktionsprozessmodells
zum System SAP APO

Herausgeber:

Prof. Dr. Dieter Bartmann
Prof. Dr. Freimut Bodendorf
Prof. Dr. Otto K. Ferstl
Prof. Dr. Armin Heinzl
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Peter Mertens
Prof. Dr. Elmar Sinz
Prof. Dr. Rainer Thome



FORWIN-Bericht-Nr.: FWN-2000-004

- © FORWIN - Bayerischer Forschungsverbund Wirtschaftsinformatik,
Bamberg, Bayreuth, Erlangen-Nürnberg, Regensburg, Würzburg 2000
Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere ist die Überführung in maschinenlesbare Form sowie
das Speichern in Informationssystemen, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Einwilligung
von FORWIN gestattet

Zusammenfassung

Supply Chain Management richtet den Fokus weg von unternehmensinternen hin zu unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen in der gesamten Logistikkette. Durch eine überbetriebliche Koordination von Informations-, Material- und Finanzflüssen soll eine Situation zwischen den beteiligten Unternehmen entstehen, in der alle Glieder der Wertschöpfungskette besser gestellt werden. Um trotz großer Datenmengen von einer Sukzessiv- zu einer Simultanplanung von Materialien und Kapazitäten übergehen zu können, sind hierzu schlanke Datenstrukturen erforderlich. Das Produktionsprozessmodell (PPM) im Advanced Planner and Optimizer (APO) der SAP AG als Kombination von Stückliste und Arbeitsplan zielt genau darauf ab. Da ein Einsatz des APO für Unternehmen unterschiedlicher Branchen möglich sein soll, wird gleichzeitig in einem betriebstypologischen Ansatz untersucht, wie flexibel die Strukturen sind, um branchenübergreifende Funktionen abzubilden und Anforderungen zu erfüllen.

Stichwörter: Supply Chain Management, SAP APO, Simultanplanung, Produktionsprozessmodell, betriebstypologische Analyse, branchentypische Funktionen.

Abstract

Supply Chain Management shifts focus away from company-internal to company-spanning business processes along the entire logistics path. A win-win situation for all members of the value-creation chain is to be achieved by globally coordinating streams of information, resources and capital. Because of the large quantities of data, an efficient and uncluttered data structure is essential to the change from a successive to a simultaneous planning of material and capacity. The Production Process Model (PPM) of the SAP Advanced Planner and Optimizer (APO) as a combination of routing and bill of material takes exactly this approach. Because an implementation of the APO system is intended to be possible in many industrial sectors, this study also presents a typological investigation of the flexibility of the data structure and its ability to handle the functions and requirements of different industries.

Keywords: Supply Chain Management, SAP APO, simultaneous planning, Production Process Model, typological analysis, industry typical functions.

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	AUFBAU	1
2	UMFELD	2
2.1	SAP ADVANCED PLANNER AND OPTIMIZER	2
2.1.1	Architektur	2
2.1.2	Core Interface	3
2.2	PRODUKTIONSPROZESSMODELL (PPM).....	4
2.2.1	Struktur des Produktionsprozessmodells	5
2.2.2	Schnittstelle zum R/3	8
2.2.3	Verwendung des Produktionsprozessmodells	8
2.2.4	Branchenspezifische Eignung des Produktionsprozessmodells.....	9
3	BETRIEBSTYOLOGISCHE ANALYSE DES PRODUKTIONSPROZESSMODELLS	12
3.1	ERZEUGNISSPEKTRUM.....	13
3.1.1	Analyse	13
3.1.2	Merkmalsabhängige Planung.....	14
3.1.3	Bewertung.....	15
3.2	ERZEUGNISSTRUKTUR.....	15
3.2.1	Analyse	15
3.2.2	Produktvariantenstruktur	17
3.2.3	Bewertung.....	19
3.3	AUFTRAGSAUSLÖSUNGSART	19
3.3.1	Analyse	19
3.3.2	Pufferbestimmung.....	21
3.3.3	Bewertung.....	22
3.4	FERTIGUNGSART	23
3.4.1	Analyse	23
3.4.2	Blockplanung.....	24

3.4.3	Bewertung.....	25
3.5	FERTIGUNGSABLAUFART.....	25
3.5.1	Analyse	25
3.5.2	Bewertung.....	28
3.6	FERTIGUNGSSTRUKTUR	28
3.6.1	Analyse	28
3.6.2	Bewertung.....	28
3.7	INTENSITÄT DES FAKTOREINSATZES.....	29
3.7.1	Analyse	29
3.7.2	Bewertung.....	29
3.8	STRUKTUR DER WERKSTOFFBEARBEITUNG.....	30
3.8.1	Analyse	30
3.8.2	Bewertung.....	31
3.9	ERGEBNIS DER UNTERSUCHUNG	31
3.10	HERSTELLUNG DES BRANCHENBEZUGS.....	32
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	35
	LITERATURVERZEICHNIS	36

1 Einleitung

Ein Anliegen von FORWIN sind Untersuchungen mit dem Ziel, Mittelwege zwischen Individual- und Standard-Software zu finden. Als Kristallisationspunkte bieten sich Branchen und Betriebstypen an. Ein Teilprojekt hat das Lieferketten-Management (SCM) zum Gegenstand. In diesem Bericht studieren wir einschlägige Fragen, die sich zum Produktionsprozessmodell (PPM) der SAP-Software APO (Advanced Planner and Optimizer) ergeben.

1.1 Problemstellung

Ein Softwaresystem zur Planung und Steuerung der gesamten Logistikkette ist der Advanced Planner and Optimizer (APO) der SAP AG, Walldorf. Um auf unterschiedliche Belange der Supply-Chain-Glieder eingehen zu können, sind im APO abstrakt formulierte Datenmodelle erforderlich, die in der Lage sind, verschiedenartige Geschäftsprozesse abzubilden. Eines davon, das Produktionsprozessmodell, steht im Mittelpunkt dieser Arbeit.

Damit Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftszweige den APO einsetzen können, muss er branchenspezifische Besonderheiten berücksichtigen. Dazu war das Produktionsprozessmodell daraufhin zu untersuchen, wie gut es die Anforderungen verschiedener Branchen zu erfüllen vermag.

1.2 Aufbau

Mit einem Überblick über den Advanced Planner and Optimizer der SAP AG und über das Produktionsprozessmodell (PPM) schafft Kapitel 2 für den Leser die Grundlagen, um die im Hauptteil folgenden Ausführungen nachvollziehen zu können.

Kapitel 2.2 untersucht, ob das PPM abstrakt genug formuliert ist, um den Anforderungen verschiedener Branchen zu genügen. Das PPM fasst alle Elemente der Produktion zusammen. Das PPM – auch als Produktionsvorschrift oder -plan bezeichnet – legt fest, welcher Input auf welche Weise zu bearbeiten ist, um ein gewünschtes Ergebnis zu erzielen.

Kapitel 3 beschreibt die Branchen und betriebstypologische Eignung des PPMs. Abschließend fasst Kapitel 4 die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und endet mit einem Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen.

2 Umfeld

Da dieser Bericht in Kooperation mit der SAP AG entstand, ist es an dieser Stelle sinnvoll, das Umfeld und die Rahmenbedingungen zu beschreiben.

2.1 SAP Advanced Planner and Optimizer

Im Geschäftsjahr 1998 begann SAP mit der Entwicklung einer neuen Advanced-Planning-and-Scheduling (APS)-Software, dem Advanced Planner and Optimizer, als eigenständige Lösung im Bereich Supply Chain Management. Derzeit sind etwa 180 Mitarbeiter allein mit der Weiterentwicklung des APO beschäftigt. Diese Anstrengungen zeigen das erwartete enorme Wachstumspotenzial in diesem Marktsegment.

Der APO strebt durch hochaktuelle Transaktionsdaten eine nahtlose Integration zu Online-Transaction-Processing (OLTP)-Systemen an. Die liveCache-Technologie ermöglicht es, die Logistikkette eines Unternehmens zeitnah – SAP verwendet auch den Begriff „in Echtzeit“ – zu planen, zu steuern und zu überwachen. Zur strategischen, taktischen und operativen Planung der Supply Chain bietet der APO ein umfangreiches Paket moderner Planungsfunktionen, wie z. B. Standortplanung, Lieferantenauswahl oder Produktionsplanung und -steuerung. Er ist eine Komplettlösung für eine enge Interaktion und synchronisierte Steuerung der gesamten Supply Chain vom Lieferanten bis zum Endverbraucher und kann so beispielsweise dazu beitragen, den Lagerbestand der gesamten Lieferkette zu reduzieren. Desgleichen können auftretende Ausnahmesituationen, wie z. B. Lieferprobleme eines Geschäftspartners, frühzeitig erkannt und bearbeitet werden. Ausgereifte Simulationsfunktionen verbessern die Entscheidungsqualität.

2.1.1 Architektur

Der Aufbau des APO ist in Bild 1 dargestellt. Mit dem *Supply Chain Cockpit* kann die gesamte Logistikkette aus der Vogelperspektive in einer grafischen Oberfläche betrachtet, gesteuert und simuliert werden. Das Bedarfsplanungsmodul *Demand Planning (DP)* ermittelt und analysiert Nachfragemuster, um präzise Absatzprognosen zu erzeugen. *Supply Network Planning (SNP)* erstellt auf taktischer Ebene Pläne zur Synchronisierung des gesamten Logistiknetzes. Übersteigt beispielsweise die Nachfrage das Angebot, so berücksichtigt das System Bedarfprioritäten und verteilt das Angebot nach festgelegten Kriterien. Mithilfe verschiedener Optimierungstechniken bzw. Heuristiken kann das Modul *Produktions- und Feinplanung (Production Planning and Detailed Scheduling, PP/DS)* den Ressourceneinsatz effizienter gestalten und zeitgenaue Produktionspläne erzeugen. Im Unterschied zur herkömmlichen Produktionsplanung des R/3 besitzt der APO ausgefeilte Optimierungs- und Heuristikalgorithmen (*APO-Solver*). Verlässliche Lieferzusagen können durch die *Globale*

Verfügbarkeitsprüfung (Global Available-to-Promise, ATP) getroffen werden. Verfügbare Methoden sind hierbei Produktsubstitution, Auswahl alternativer Standorte und Zuordnung knapper Produkte zu bestimmten Kunden. Der Aufruf dieser Funktionen kann *in Echtzeit* erfolgen, so dass beispielsweise ein Verkäufer bei Auftragsannahme zuverlässige Aussagen über den Liefertermin treffen könnte.

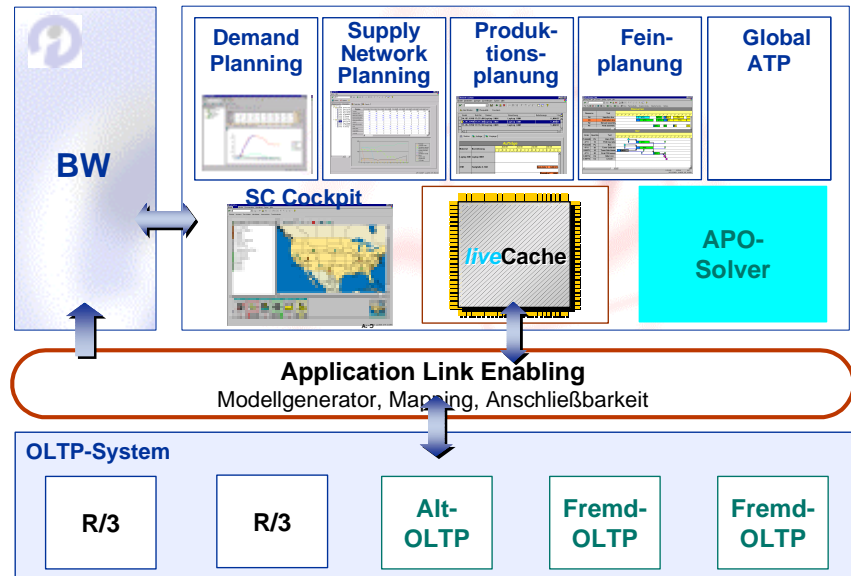


Bild 1 Architektur des APO (in Anlehnung an [SAP99d, 2])

Das *Business Information Warehouse (BW)* führt Versand-, Auftrags- und Kostendaten aus unterschiedlichen Quellen zusammen und stellt sie der Bedarfsplanung unter Angabe der zu Grunde liegenden Zeiträume zur Verfügung. Ein APO-System ist zwar eigenständig lauffähig, kann sein ganzes Anwendungsspektrum aber erst in Verbindung mit einem R/3-System oder einem OLTP-System anderer Anbieter entfalten. Die verschiedenen Systeme gilt es über *Application Link Enabling (ALE)* auf geeignete Weise zu integrieren.

2.1.2 Core Interface

Das Core Interface (CIF) ist eine Schnittstelle mit der Aufgabe, die Kommunikation und Integration von APO- und R/3-Systemen zu gewährleisten. Dies geschieht in Form einer engen Kopplung. Aus der komplexen und umfangreichen Datenmenge im R/3 sollen nur diejenigen Objekte an den APO übertragen werden, die in den schlanken Datenstrukturen des APO für die jeweiligen Planungs- und Optimierungsprozesse gebraucht werden.

Zu den zentralen Aufgaben des CIF gehört es, Quell- und Zielsysteme in komplexen Systemumgebungen zu bestimmen, den APO mit relevanten Stamm- und Bewegungsdaten initial zu versorgen, Änderungen (Transaktionsdaten) automatisch weiterzuleiten sowie Planungsergebnisse an das R/3-System zurückzugeben.

Eine Besonderheit stellt die bereits erwähnte enge Kopplung von APO und R/3 dar. Sie wird durch eine schnelle und fehlertolerante Kommunikationstechnik ermöglicht. Die Datenübertragung erfolgt über so genannte Queued-Remote-Function-Call (QRFC)-Bausteine. Diese garantieren, dass aktualisierte Daten *unmittelbar* übertragen werden. Im

Fälle eines fehlerhaften Datentransfers (z. B. unterbrochene Netzwerkverbindung) gehen die Änderungen nicht verloren, sondern werden so lange in eine Warteschlange (Queue) gestellt, bis die Übertragung fehlerlos durchgeführt ist. Um einen konsistenten Zustand des Zielsystems zu gewährleisten, werden alle abhängigen Objekte miteinander verknüpft und nach dem Transaktionsprinzip erst dann festgeschrieben, wenn alle Objekte erfolgreich transferiert sind.

Mit dieser Technik ist der APO in der Lage, *in Echtzeit* über die gesamte Logistikkette zu planen. Da eine im R/3-System vorgenommene Änderung eines Kundenauftrags innerhalb weniger Sekunden im zugeordneten APO-System registriert wird, können die verschiedenen APO-Planungsmodule auf stets aktuelle Daten zugreifen. Diese Konstruktion geht deutlich über das hinaus, was derzeit auf dem Markt als „SCP-ERP-Integration“ [SAP99a] bekannt ist, und hebt sich somit markant von anderen APS-Systemen ab, die in der Regel eine batchorientierte Verarbeitung haben, d. h. Änderungen nicht sofort, sondern periodisch übermitteln.

2.2 Produktionsprozessmodell (PPM)

Um *in Echtzeit* planen zu können, sind im APO deutlich schlankere Datenstrukturen vorhanden als im R/3-System. Das R/3 besitzt so vielfältige Funktionen, dass in seinen Datenstrukturen wesentlich mehr Informationen benötigt werden als im APO. So sind im APO weder die traditionelle Stückliste noch ein herkömmlicher Arbeitsplan als Stammdatenobjekte vorzufinden, obwohl sie die wesentlichen Informationen für eine Produktionsplanung enthalten. Der APO fasst diese beiden Konstrukte im so genannten *Produktionsprozessmodell* zusammen.

Der APO deckt mit seinen Modulen viele Funktionen herkömmlicher Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS-Systeme) ab. Wurde in PPS-Systemen früher nach dem Prinzip der Sukzessivplanung vorgegangen, so strebt man jetzt eine simultane Betrachtung aller verwendeten Ressourcen an [Bich92, 8; Schn98, 9 u. 21]. Das PPM synchronisiert sämtliche als Einheit zu planende Elementarfaktoren in einer gemeinsamen Datenbasis und ist von seiner Struktur her in etwa mit dem Materialflussplan von Bichler vergleichbar.

Erst dieses kombinierte Datenmodell unterstützt ausreichend bzw. ermöglicht nach Bichler wichtige Konzepte, wie z. B. kunden-, fließ- und gruppenorientierte sowie Just-in-Time (JIT)-Fertigung [Bich92, 65-89]. Mithilfe des PPM kann jedes Produkt, jede Maschine und Arbeitskraft zeitgerecht und prozessgenau eingeplant werden. Die simultane Betrachtung aller Ressourcen soll eine detaillierte Planung ermöglichen und eine Verbesserung logistischer Kennzahlen, wie Durchlaufzeit, Lagerbestand oder Maschinenauslastung, in Aussicht stellen.

Zum Verständnis der weiteren Ausführungen ist eine klare Vorstellung vom Begriff des PPM grundlegend. Deshalb beschreiben die folgenden Abschnitte den Aufbau eines PPM sowie seine Einbettung in die APO-Architektur.

2.2.1 Struktur des Produktionsprozessmodells

Das PPM fasst alle Elemente der Produktion zusammen und legt fest, welcher Input auf welche Weise zu bearbeiten ist, um ein gewünschtes Ergebnis zu erzielen. Dafür kombiniert es Stückliste und Arbeitsplan in einem Konzept. Die Stückliste liefert zum einen die Information, welcher Output produziert wird, und zum anderen, welche Werkstoffe und Komponenten in das Endprodukt bzw. die Endprodukte eingehen. Aus dem Arbeitsplan werden die benötigten Arbeitsgänge und deren Reihenfolge sowie die erforderlichen Betriebsmittel und -stoffe bzw. menschliche Arbeitsleistungen in das PPM übernommen.

Um nicht von der im APO üblichen Konvention abzuweichen, seien im Folgenden sowohl die Werkstoffe, welche in das Endprodukt einfließen, als auch die aus dem Produktionsprozess entstehenden Erzeugnisse als „Produkte“ bezeichnet. Diese begriffliche Gleichstellung ist damit zu rechtfertigen, dass auch eigengefertigte Güter wieder Input für innerbetriebliche Produktionsprozesse sein können. Eine weitere Bezeichnung, die vor allem im R/3-System Verwendung findet, ist „Material“. Der Begriff „Produkt“ ist weiter gefasst als der Begriff „Material“, da unter „Material“ lediglich körperliche Gegenstände subsumiert werden, der Begriff „Produkt“ zusätzlich nicht stoffliche Dinge, wie z. B. Dienstleistungen, einschließt.

Bild 2 zeigt, aus welchen Komponenten ein PPM im Detail besteht. Die bisherigen Ausführungen haben das PPM bewusst auf den Produktionsplan (1) reduziert. Diese Definition stimmt aber nicht mit seiner eigentlichen Verwendung im APO überein. Das PPM bestimmt, an welcher Produktionsstätte (2) in welcher Menge (3) ein Produkt (4) zu einem bestimmten Zeitpunkt (5) auf welche Weise (1) gefertigt werden kann. Auch wenn das PPM über eine Produktionsvorschrift hinausgeht,

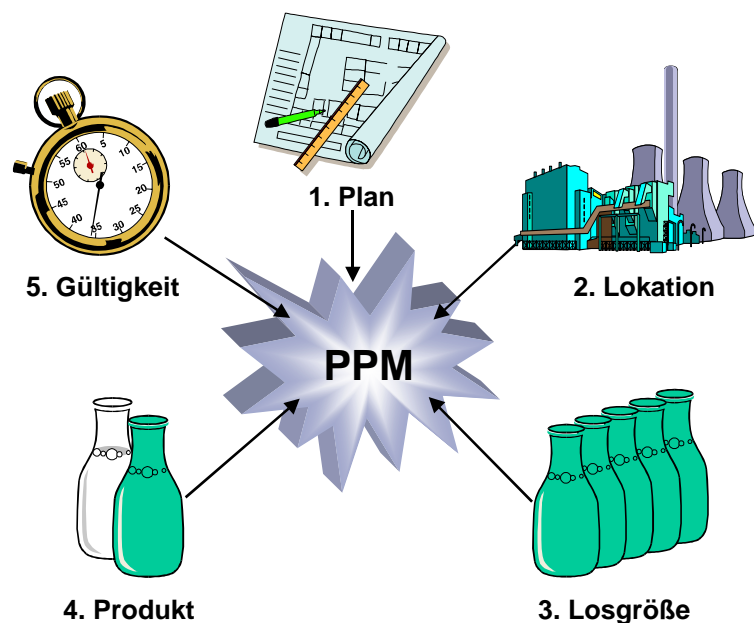


Bild 2 Elemente eines PPM

soll in dieser Arbeit unter PPM weiterhin genau diese verstanden werden, da die weiteren Ausführungen auf die übrigen Elemente (2-5) nicht nennenswert eingehen.

Bild 3 stellt zum einen den prinzipiellen Aufbau eines Produktionsplans (= PPM) dar und zeigt zum anderen, ob die verschiedenen Teilobjekte (Vorgang, Aktivität, logische Komponente, Input- und Outputprodukt, Modus und Ressource) aus einem Arbeitsplan oder einer Stückliste abgeleitet werden. Danach besteht jedes PPM aus mindestens einem Vorgang, der wiederum mindestens eine Aktivität enthält. Ein Vorgang umschreibt häufig einen einzelnen Produktionsschritt, z. B. Bohren. Dieser untergliedert sich nicht selten in mehrere Tätigkeiten (Aktivitäten), wie z. B. Rüsten, Produzieren, Abrüsten, Warten oder Transport.

Die in den Herstellungsprozess eingehenden bzw. in ihm produzierten Sachgüter bildet das PPM mithilfe so genannter logischer Komponenten ab. Diese stellen einen Platzhalter für Produktvarianten dar. Zur Auswahl der richtigen Alternative sind jeweils bei Verwendung anfallende Kosten, benötigte Menge, Gültigkeitszeitraum etc. anzugeben. Dieser Aufbau ermöglicht eine relativ einfache Änderung von Erzeugnissen bzw. Stücklisten im Zeitablauf. Ein Beispiel hierzu:

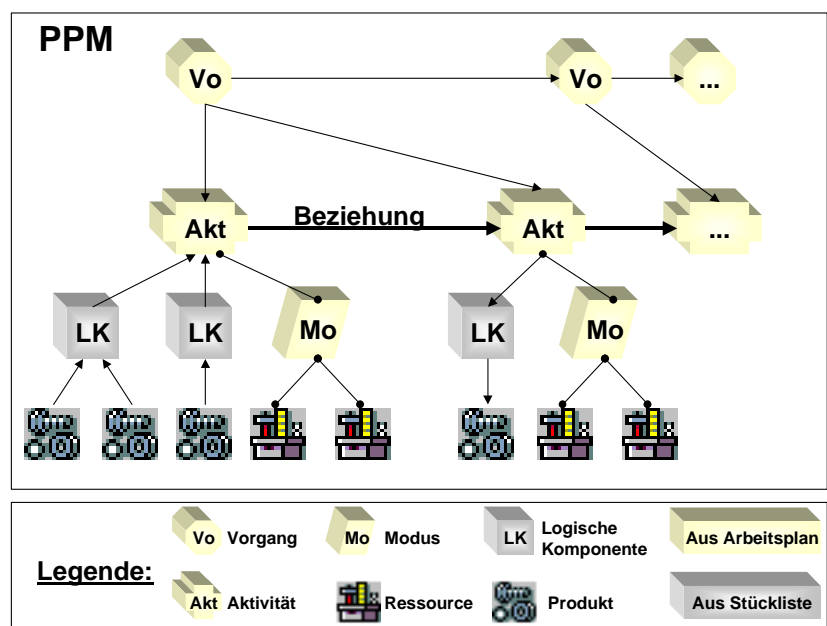


Bild 3 Struktur eines PPM

Beim Zusammenbau von PCs werden verschiedene Komponenten, wie z. B. ein Prozessor, benötigt, die in relativ kurzer Zeit durch leistungsfähigere Nachfolgeprodukte ersetzt werden. Um zu definieren, dass bis zum 2000-04-30 nur 400-MHz-Prozessoren und ab diesem Zeitpunkt 450-MHz-Prozessoren verwendet werden sollen, sind der logischen Komponente „Prozessor“ im PPM lediglich zwei alternative Inputprodukte mit den in Bild 4 dargestellten Gültigkeitsbereichen zuzuordnen.

Um Transformationsprozesse durchführen zu können, sind Betriebsmittel oder menschliche Arbeitsleistung erforderlich. Diese Ressourcen werden über so genannte Modi den einzelnen Aktivitäten zugeführt. Jeder

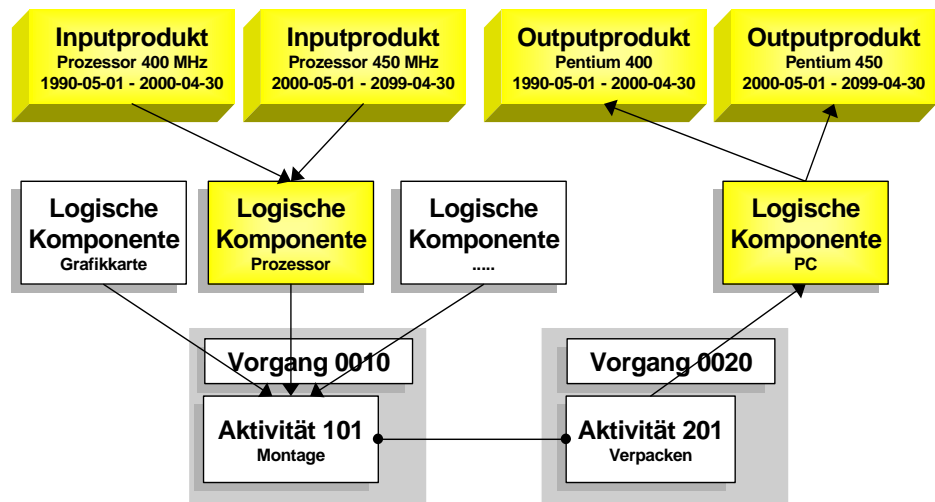


Bild 4 Beispiel PC-Montage

Aktivität ist mindestens ein Modus mit jeweils mindestens einer Ressource zugeordnet, wobei zur Ausführungszeit immer nur ein Modus aktiviert werden kann. Unter verschiedenen Modi kann man sich alternative Fertigungstechnologien vorstellen.

Die Herstellung von Plexiglas bei der Röhm GmbH, Darmstadt, umfasst drei Produktionsschritte. Zuerst ist eine Kunststofflösung vorzubereiten, die dann mithilfe von Gießlinien zu fertigen Plexiglasplatten verarbeitet wird. Im letzten Schritt werden die Platten in Spezialöfen vollständig polymerisiert. Zur Vorbereitung der Lösung im ersten Produktionsschritt (Aktivität) stehen sieben verschiedene Kessel zur Verfügung. Das PPM dieser Produktionsstufe enthält entsprechend sieben Modi mit je einem Kessel als Ressource [Rich99, 50-79].

Modi und Ressourcen können auch dazu verwendet werden, zwischen einer teuren und einer billigen Produktionsvariante zu unterscheiden. Dies sei an folgendem Beispiel veranschaulicht:

In einer Produktionshalle stehen zwei Maschinen, die zur Durchführung einer identischen Operation verwendet werden können. Maschine 1 ist älteren Jahrgangs und langsamer, aber kostengünstiger. Maschine 2 hingegen ist aufgrund modernster Technologie sehr schnell, allerdings kostenintensiver. Nun können in einem PPM zwei Modi angelegt werden. Der eine

Modus verwendet die schnellere und teurere, der andere die langsamere und günstigere Maschine. Die bei der Einplanung zu erfolgende Modusauswahl ist abhängig von der Verfügbarkeit der Ressourcen sowie von den in der Planung vorgegebenen Zielen (minimale Kosten, Durchlaufzeit etc.).

2.2.2 Schnittstelle zum R/3

Häufig werden PPMs nicht komplett personell angelegt, sondern über das CIF von dem angeschlossenen R/3-System automatisch in den APO übertragen (vgl. Kapitel 2.1.2). Im APO bestehen zwar allgemein schlankere Datenstrukturen, doch da der APO keine Untermenge des R/3 ist, sind nicht alle Informationen, die sich im PPM hinterlegen lassen, auch im R/3-System vorhanden. Um PPMs intensiv nutzen zu können, müssen die nicht übertragenen Daten nach einer automatischen Generierung von PPMs entweder personell nachbearbeitet oder über kundenspezifische User-Exits automatisch gefüllt werden. Durch User-Exits können Kunden über eigene Programmierung individuelle Regeln in den Prozessablauf integrieren.

Ein Pilotkunde des APO ist die Wacker Siltronic AG, Burghausen, ein Unternehmen der Halbleiterindustrie. Wacker stellt im Wesentlichen Wafer aus Silizium her. Das bereits seit längerem eingesetzte R/3-System überträgt die Stammdaten, welche der APO zur strategischen, taktischen und operativen Planung verwendet, in regelmäßigen Abständen in den APO und legt dabei anhand aller zulässigen Produktvarianten ca. 3000 verschiedene PPMs an. Fehlende Informationen, wie z. B. anfallende Kosten von Modi und Produkten, müssen personell nachbearbeitet werden. Diese Kosten stellen bei einem SNP- oder PP/DS-Planungslauf eine Belastung der Zielfunktion dar, falls das betrachtete Objekt in der Planung berücksichtigt wird. Bei Anlage eines Auftrags im R/3-System ist so sichergestellt, dass das PPM zur Herstellung der vom Kunden geforderten Variante im APO bereits vorhanden ist [Wojt99].

2.2.3 Verwendung des Produktionsprozessmodells

Jedes PPM ist für ein bestimmtes Planungsmodul des APO definiert. Man kann zwischen PPMs für Supply Network Planning und solchen für die Produktions- und Feinplanung trennen. Der Unterschied liegt in den Aufgaben und Zielen der beiden Module begründet. Während SNP eine Planung auf zeitlich aggregierter Basis (so genannte „Buckets“) verfolgt, kommt eine Erstellung exakter und bis zu sekundengenauer Produktionspläne dem PP/DS-Modul zu. Dementsprechend erfordert ein SNP-PPM weniger Detailinformationen als ein PPM für PP/DS.

Grundlage von SNP sind nicht Einzelbedarfe, sondern Periodenbedarfe. Die Betrachtung verdichteter Informationen zeigt sich in SNP-PPMs insofern, als jeder Vorgang lediglich eine Aktivität und Aktivitäten stets nur einen Modus haben. Dies ist damit zu erklären, dass SNP

hauptsächlich den Materialfluss entlang der Supply Chain optimieren will. Dazu reichen über Zeiteinheiten zusammengefasste Bedarfe vollkommen aus. Im Wesentlichen kommt es darauf an, Engpässe zu erkennen und sie durch Umplanung zu beseitigen. Deshalb sollten SNP-PPMs nur solche Aktivitäten enthalten, welche kritische Ressourcen verwenden. Zudem sind lediglich Ende-Start-Beziehungen zugelassen. PP/DS zielt dagegen auf eine exakte und detaillierte Terminierung von Aktivitäten im Produktionsprozess ab. Dabei können die einzelnen Arbeitsschritte sekundengenau aufeinander abgestimmt werden. Hierzu ist das gesamte Funktionsspektrum, welches das PPM zu bieten hat, auszureizen.

Im PPM sind die folgenden für PP/DS und SNP relevanten Parameter festgelegt:

1. Input, Output und Ausschuss von Produkten
2. Ressourcenverbrauch
3. Erforderliche Produktionsdauer sowie Zeiteinschränkungen und Abhängigkeiten
4. Kosten

In PP/DS-PPMs sind je Aktivität mehrere Modi und Produktvarianten zulässig. Die Auswahl einer Alternative erfolgt bei einem PP/DS-Planungslauf anhand der vorab festgelegten Zielparame-ter. So werden nicht generell die kostengünstigsten Kombinationen ermittelt, sondern – je nach Parametereinstellung – solche mit kurzer Durchlaufzeit, minimalen Rüstkosten oder anderen Kenngrößen. Durch Gewichtung ist eine Kombination von Zielen möglich. Das dargestellte Beispiel verwendet das Optimierungsverfahren „Constraint Propagation“. Damit lassen sich Engpassressourcen vorrangig verarbeiten. Die Planung aller übrigen Produktionsfaktoren richtet sich nach den von den Engpässen gelieferten Nebenbedingungen.

2.2.4 Branchenspezifische Eignung des Produktionsprozessmodells

Wie alle anderen Produkte von SAP ist auch die APS-Software SAP APO als Standardlösung konzipiert. Zielgruppen sind deshalb nicht lediglich Unternehmen ausgewählter Wirtschaftszweige; vielmehr soll der APO möglichst viele Anforderungen verschiedener Branchen an ein APS-System abdecken. Um in seiner Gesamtheit branchenübergreifend zu sein, müssen seine Kernelemente prinzipiell branchenunabhängige Merkmale aufweisen. Das Produktionsprozessmodell als Basis einer simultanen Ressourcenplanung soll deshalb daraufhin analysiert werden, ob es den Anforderungen verschiedener Industriezweige gerecht wird. Ergebnis der Untersuchung ist eine Aussage über die Eignung des PPM und der damit einhergehenden Funktionen im APO für unterschiedliche Branchen. Zunächst soll der Untersuchungsbereich dieser Arbeit auf solche Branchen eingeschränkt werden, die dem produktionswirtschaftlichen Sektor zuzurechnen sind. Dies hat den Grund, dass Unternehmen dieser Branchen, also z. B. Betriebe der Automobil-, Metall-, Lebensmittel-, Elektronik-

, Luftfahrt-, chemischen oder pharmazeutischen Industrie, einen typischen Produktionsprozess mit einer Verwendung von Stücklisten und Arbeitsplänen aufweisen. Im Bank- oder Versicherungsgewerbe beispielsweise sind äußerst selten Stücklisten oder Arbeitspläne anzutreffen. Demzufolge ist auch eine Verwendung des PPM als Kombination eben dieser beiden Objekte in diesen Industriezweigen von untergeordneter Bedeutung. Dies heißt jedoch nicht, dass die Abläufe dieser Unternehmen nicht über das PPM abgebildet werden könnten. Über den allgemeinen Begriff „Produkt“ und die Anordnung von Arbeitsschritten im PPM ließen sich problemlos auch Dienstleistungen beschreiben.

Um zu einer Aussage zu gelangen, inwiefern das Produktionsprozessmodell des APO die Abläufe von Betrieben des Produktionssektors ausreichend abbilden kann, ist eine grundlegende Analyse der hierbei typischen Geschäfts- bzw. Produktionsprozesse Voraussetzung. Zunächst stellt sich jedoch die Frage, ob die Einteilung von Unternehmen nach Branchen eine umfassende Analyse des PPM erleichtern kann. Wie bereits ausgeführt, beschreibt das PPM im Kern die drei Elemente der Produktion, nämlich Input, Output und den Transformationsprozess.

In der betriebswirtschaftlichen Literatur existieren zahlreiche Ansätze, Input, Output und Transformationsprozess durch zugeordnete Merkmale und deren Ausprägungen zu charakterisieren. Zu nennen ist beispielsweise die Fertigungsablaufart, die sich nach Schomburg in Baustellen-, Werkstatt-, Gruppen-/Linien- und Fließfertigung unterteilen lässt [Scho80, 78-84] und vertieft auf den Transformationsprozess eingeht. Werden mehrere Merkmale mit ihren jeweiligen Ausprägungen nebeneinander gestellt, ist von einer Typologisierung zu sprechen. So stellen Glaser et al. in ihrer Arbeit durch eine Zusammenstellung sinnvoller Merkmalsausprägungen nicht weniger als 64 elementare Betriebstypen vor [GlGe92, 377-423].

Bei dem Versuch, Branchen mit der Methode der Typologisierung näher zu beschreiben, ist eine Überschneidung auftretender Merkmale zu beobachten [GlGe92, 377-423; Scho80, 94-120]. Anschaulich bedeutet dies, dass beispielsweise Massenfertigung nicht nur in einer einzigen Branche aufzufinden ist, sondern die Fertigungsart vieler Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftszweige sein kann. Genauso ist eine Herstellung nach den Prinzipien der Fließfertigung keinesfalls das Kennzeichen lediglich einer Branche. Es erscheint nun für diese Arbeit sehr zweckmäßig, nicht die Geschäftsprozesse einer Branche nach der anderen zu untersuchen, sondern zuerst in einem allgemeinen, branchenunabhängigen Ansatz ausgewählte relevante Merkmale und deren Ausprägungen im Hinblick auf das PPM zu analysieren und zu bewerten, um dann in einem zweiten Schritt ein Verfahren vorzustellen, das auf den im ersten Teil gewonnenen Erkenntnissen aufbaut und mit dem eine Eignung des PPM für verschiedene Industrien herzuleiten ist. Akin geht in seinem Aufsatz sehr ausführlich auf die Vorzüge eines typologischen Ansatzes ein. Danach

stellt eine Einteilung von Unternehmen nach Branchen eine Klassifikation dar. Diese hat im Gegensatz zu einer Typologisierung allerdings nur einen einstufigen Charakter [Akin96, 19-20], der sich bei Branchen häufig auf eine Betrachtung des Outputs beschränkt (Automobil-, Öl- und Stahlbranche). Diese Gruppierung von Unternehmen lässt keinesfalls den Schluss zu, dass deren Produktionsprozesse prinzipiell identisch ablaufen. Nichtsdestoweniger ist eine Aussage über den typischen bzw. vorwiegend auftretenden Produktionsprozess in einer Branche denkbar und soll als Abschluss der in Kapitel 4 vorgenommenen betriebstypologischen Analyse versucht werden. Als Hilfsmittel zur Darstellung bietet sich ein bei anderen Autoren ebenfalls verwendeter morphologischer Kasten an, womit die ausgewählten Merkmale und Ausprägungen übersichtlich visualisiert werden können.

3 Betriebstypologische Analyse des Produktionsprozessmodells

Der in dieser Arbeit analysierte Problemkreis befasst sich mit dem Produktionsprozessmodell des APO. Insofern sind alle die betriebstypologischen Merkmale relevant, die sich direkt oder indirekt auf die Struktur von Herstellungsprozessen und somit auf das PPM auswirken. Die Auswahl der in dieser Schrift untersuchten Merkmale erfolgt anhand der in den folgenden Kapiteln dargestellten Nähe zum PPM. Die Bezeichnungen der Merkmale und ihrer Ausprägungen sind im Wesentlichen auf Schomburg und Hoitsch zurückzuführen [Scho80, 32-120; Hoit93, 11-19]. Da der begrenzte Umfang dieser Schrift eine lückenlose Analyse sämtlicher in der Literatur anzutreffender Merkmale nicht zulässt, seien nur solche ausgewählt, die in direktem Zusammenhang mit dem Produktionsprozessmodell stehen.

Bild 5 stellt acht betriebstypologische Merkmale mit ihren Ausprägungen in Form eines morphologischen Kastens zusammen. Sie werden in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels näher beleuchtet, um zu einer Aussage zu gelangen, wie geeignet das

Merkmale	Merkmalsausprägung			
Erzeugnisspektrum	Erzeugnisse nach Kundenspezifikation	Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	Standarderzeugnisse ohne Varianten
Erzeugnisstruktur	Einteilige Erzeugnisse	Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	Mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur	
Auftragslösungsart	Produktion auf Bestellung mit Einzelauftrag	Produktion auf Bestellung mit Rahmenauftrag	Produktion auf Lager	
Fertigungsart	Einzel-fertigung	Serien-fertigung	Massen-fertigung	
Fertigungsablaufart	Baustellen-fertigung	Werkstatt-fertigung	Gruppen-/Linien-fertigung	Fließ-fertigung
Fertigungsstruktur	Fertigung mit geringer Tiefe	Fertigung mit mittlerer Tiefe	Fertigung mit großer Tiefe	
Intensität des Faktoreinsatzes	Arbeitsintensive Produktion	Betriebsmittelintensive Produktion	Werkstoffintensive Produktion	Energieintensive Produktion
Struktur der Werkstoffbearbeitung	Synthetische Produktion	Analytische Produktion	Durchlaufende Produktion	Umgruppierende Produktion

Produktionsprozessmodell des Systems APO ist, Abläufe verschiedener Produktionsunternehmen mit den dargestellten Merkmalsausprägungen sinnvoll abzubilden. Im Falle nicht abgedeckter Funktionen können Vorschläge für eine Erweiterung des Datenmodells des APO gemacht werden.

Die folgenden Abschnitte untergliedern sich in eine Analyse der vom PPM abzubildenden Merkmalsausprägungen, Bezugnahme und Abgrenzung zu verwandten Themen (wo angebracht) und eine abschließende Bewertung des Produktionsprozessmodells für das untersuchte Merkmal.

3.1 Erzeugnisspektrum

Das Erzeugnisspektrum drückt den Standardisierungsgrad der von einem Unternehmen hergestellten Erzeugnisse aus. Hierbei reicht das Spektrum von individuell gefertigten bis hin zu hochgradig standardisierten Produkten.

3.1.1 Analyse

Hochgradig standardisierte Produkte erleichtern eine Produktionsplanung und -steuerung, weil für den Produktionsablauf wichtige Detailinformationen in der Regel frühzeitig bekannt sind und somit eine langfristig zuverlässige und stabile Planung ermöglichen. Der Grad des Kundeneinflusses kann als Maß für das Fehlen erzeugnisbezogener Stammdaten (Produktstämme, Stücklisten, Arbeitspläne) bei der Auftragsannahme angesehen werden [Scho80, 42]. Insofern birgt eine breite und variantenreiche Produktpalette erhebliche Schwierigkeiten. Gerade in der Elektronik-, Metall-, Papier- oder auch der Automobilindustrie müssen die Hersteller in besonderem Maße die Wünsche ihrer Kunden in die hergestellten Produkte mit einfließen lassen. Zur Verdeutlichung mag die Aussage eines BMW-Produktionsleiters dienen [SAP99c, 9]:

„1998 haben wir genau 1,2 identische Fahrzeuge produziert.“

Die genannten Industrien benötigen außer der Produktnummer zusätzliche *Merkmale*, um ein Produkt eindeutig identifizieren zu können. Dies ist angebracht, da die Anzahl gültiger Merkmalskombinationen zu einer derartigen Fülle unterschiedlicher Merkmalswerte führen kann, dass deren Anzahl im Falle einer Eingliederung in den Produktstamm modernste Rechnersysteme weit überfordern würde.

Merkmale lassen sich zusätzlich zu Stammdaten verwenden, um Produkte klassifizieren und spezifizieren zu können. Das R/3-System von SAP stellt dafür ein Modul zur Variantenkonfiguration bereit, über das eine Zuordnung von Produkten, Merkmalen und Merkmalsausprägungen getroffen werden kann. Im APO heißt die entsprechende Komponente „Merkmalsabhängige Planung“.

3.1.2 Merkmalsabhängige Planung

Das Hauptziel der merkmalsabhängigen Planung ist eine Reduzierung der Stammdaten, indem ähnliche Objekte über eine Klassifizierung in einem Stammdatensatz gebündelt werden. Die Unterschiede zwischen gleich klassifizierten Objekten resultieren sich aus den Ausprägungen der zur Klasse gehörenden Merkmale.

Bei einer Stammdatenverwaltung ohne Einbezug von Merkmalen ergeben sich bei dem in Bild 6 dargestellten Beispiel aus drei Merkmalen mit jeweils drei Ausprägungen $3^3 = 27$ verschiedene Kombinationen, also 27 Datensätze. Wird das Produkt Stoff klassifiziert, ist nur ein Stammdatensatz erforderlich, der dann allerdings bei Anlegen eines Auftrags immer mit den ent-

sprechenden Merkmalsausprägungen zu belegen ist. Ohne die Klassifizierung würde in vielen Unternehmen, z. B. in der Automobilindustrie, die Anzahl möglicher Kombinationen so groß sein, dass moderne EDV-Systeme weit überfordert wären. Eine Klassifikation von Objekten ermöglicht es zudem, dass Anforderungen (Aufträge) nicht eine konkrete Merkmalskombination (rot, M und Seide) aufweisen müssen, sondern dass mehrere Ausprägungen gleichzeitig erlaubt sind (blau oder gelb, beliebige Größe und Baumwolle).



Bild 6 Merkmale der Klasse „Stoff“

Ein Problem besteht bei vielen konfigurierbaren Produkten darin, dass bewertete Merkmale nicht zusammenpassen. So ist es z. B. unmöglich, ein Cabrio mit Schiebedach zu produzieren. Um die Konsistenz der Produkte zu gewährleisten, kann an Merkmalen *Beziehungswissen* hinterlegt werden, über das sich Abhängigkeiten zwischen Merkmalen einrichten lassen. Der APO zeigt sich an dieser Stelle besonders flexibel, da einer Erstellung auch komplexer Abhängigkeitsregeln durch einfache Regeldefinitionen oder darüber hinaus durch so genannte Makros kaum Grenzen gesetzt sind. Makros sind in der SAP-Programmiersprache ABAP/4 zu formulieren. Mit ihrer Hilfe können Beziehungen zwischen einzelnen Merkmalen programmiert werden.

Über das in Kapitel 2.1.2 beschriebene CIF lassen sich vom R/3 alle für die merkmalsabhängige Planung erforderlichen Daten und Datenstrukturen in den APO übertragen. Die Schnittstelle erlaubt allerdings keinen bidirektionalen Datenaustausch, so dass im APO veränderte Klassen und Merkmale nicht automatisch ins R/3-System transferiert werden können. Der APO verwendet Merkmale derzeit nur in der Produktions- und Feinplanung, nicht aber im SNP-Modul. Die merkmalsabhängige Planung ist sehr stark mit dem Produktionsprozessmodell integriert und verknüpft, indem Aktivitäten und

Ressourcen eines PPM ebenso wie Produkte klassifiziert werden können. Dies ist unter anderem für die in Kapitel 3.4.2 behandelte Blockplanung erforderlich.

3.1.3 Bewertung

Durch die Möglichkeiten der merkmalsabhängigen Planung ist ein Einsatz des APO für Unternehmen aller Erzeugnisspektren denkbar. Der APO ist damit gut ausgestattet, eine Produktion variantenreicher bzw. vollständig kundenspezifischer Produkte zu unterstützen.

Das folgende Beispiel der Klöckner Pentaplast GmbH zeigt, dass die merkmalsabhängige Planung des APO nicht immer verwendet werden muss, sondern dass es aufgrund der vollständigen Integration zwischen APO und R/3 genauso gut möglich ist, die Variantenkonfiguration des R/3 zu benutzen.

Die Produktion der Klöckner Pentaplast GmbH, eines Herstellers von Kunststoff-Folien aller Art mit Sitz in Montabaur, ist einzuordnen als eine Fertigung nach Kundenspezifikation. Die variantenreiche Produktpalette besteht aus etwa 20.000 verschiedenen Erzeugnissen. Zum Auftragszeitpunkt ist das Endprodukt in seinen vielfältigen Merkmalen, wie z. B. Breite, Farbe, Dicke oder Dehnbarkeit, vollständig vom Kunden spezifiziert. Allerdings treten auch nach Auftragseingang wöchentlich zwischen 200 und 300 Änderungswünsche seitens der Kunden auf, die dann mit eingearbeitet werden müssen. Der Auftragseingang wird in einem R/3-System abgewickelt und die Auftragsdaten werden zwecks einer Bedarfs-, Grob- und Feinplanung in den APO übertragen. Dazu werden PPMs dynamisch aus den im R/3 vorhandenen Arbeitsplänen und Stücklisten generiert [Wojt99].

3.2 Erzeugnisstruktur

„Die Erzeugnisstruktur gibt im produktionswirtschaftlichen Sinn die Beziehungen und die Verhältnisse von Produktionsinput in Form von Repetierfaktoren und Produktionsoutput in Form von Produkten wieder“ [Loos97, 149]. Sie reicht von einfachen bis zu komplexen Produkten.

3.2.1 Analyse

Die Komplexität der Erzeugnisstruktur ist durch die Anzahl der auf einer Stücklistenebene verwendeten Komponenten und die Stücklistentiefe bestimmt. Mit der grafischen PPM-Pflege sind alle Elemente einer Stufe der Erzeugnisstruktur auf einen Blick sichtbar. Alle in die Produktion eingehenden und die aus der Produktion resultierenden Produkte werden auf einer Ebene der Map dargestellt.

Da die Erzeugnisstrukturen in Branchen mit sehr kurzen Produktlebenszyklen, wie z. B. der Computerindustrie, relativ häufig anzupassen sind, wird dort eine einfache und übersichtliche

Pflege sehr begrüßt. So ändern sich z. B. die Komponenten eines PCs deutlich schneller als die Zutaten einer Tube Zahnpasta. Um diese schnelllebige Produktentwicklung elegant zu modellieren, gibt es im Produktionsprozessmodell die Möglichkeit zur Einstellung zeit- und versionsabhängiger Planparameter. Damit können folgende Größen sehr einfach an zeitliche Anforderungen angepasst werden:

1. Input, Output und Ausschuss von Produkten
2. Ressourcenverbrauch
3. Erforderliche Produktionsdauer sowie Zeiteinschränkungen und Abhängigkeiten
4. Kosten

Versionsabhängig bedeutet, dass die Parameter zu Simulationszwecken verändert und benutzt werden können, ohne die „echten“ Produktivwerte zu überschreiben.

Auf dem Markt für PC-Prozessoren herrschen sehr kurze Produktzyklen vor. Bild 7 zeigt, wie mithilfe der zeitabhängigen Planparameter eine rasche Produktweiterentwicklung modelliert werden kann. Das abgebildete PPM beschreibt die Produktion von zehn Prozessoren. Diese sind anfangs durchweg mit 400 MHz getaktet. Innerhalb eines halben Jahres werden sie allmählich durch die nächste Prozessorgeneration mit 450 MHz Taktfrequenz ersetzt. Die Lernkurve beschreibt die durch die Planparameter definierte Entwicklung. Auf diese Weise kann eine „lernende Produktion“ dargestellt werden, z. B. auch dann, wenn der Ausschuss von Produkten im Laufe der Zeit kontinuierlich abnimmt, weil die Arbeiter in der Produktion mit wachsender Erfahrung immer weniger Fehler machen.

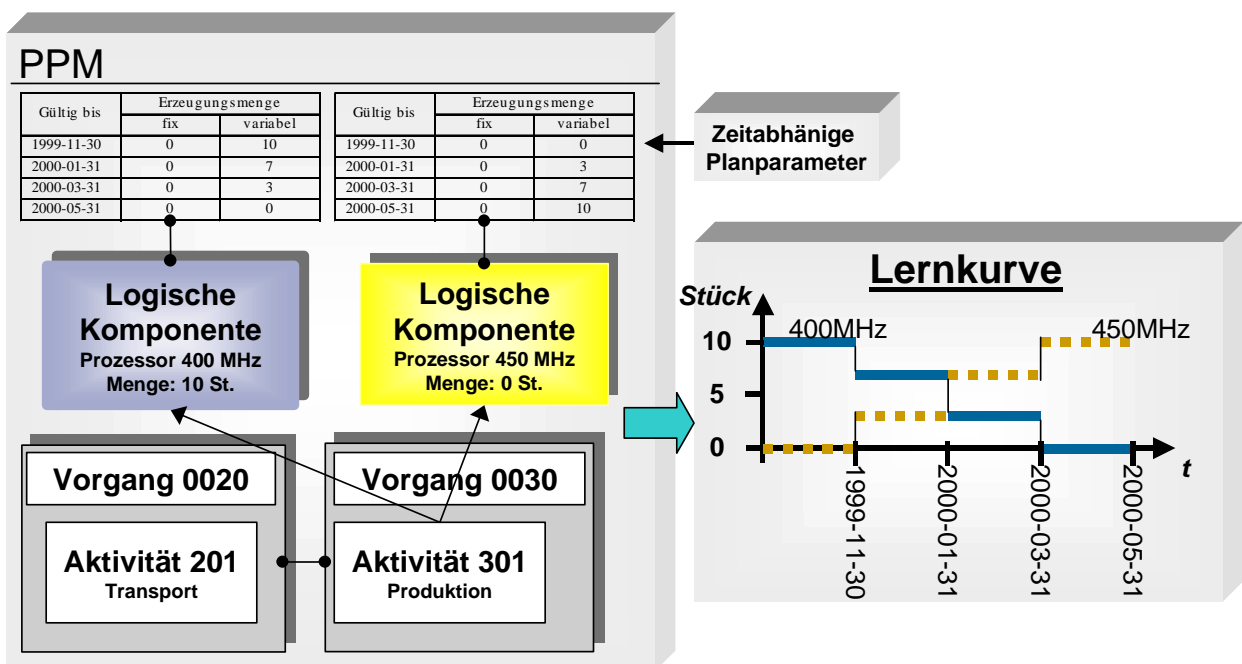


Bild 7 Beschreibung einer Lernkurve durch Einstellung zeitabhängiger Planparameter

Im Fall einer mehrstufigen Stückliste erweist sich auch die grafische PPM-Pflege als unzureichend für einen guten Überblick. Dies liegt darin begründet, dass in der Regel je Produktionsstufe ein PPM angelegt wird. Da die PPM-Pflege (noch) nicht in der Lage ist, mehrere PPMs simultan anzuzeigen, bleibt dem Benutzer ein Blick auf die gesamte Stücklisten- und Produktionsstruktur verwehrt. Ein Lösungsansatz für dieses Problem besteht darin, die aus der Branchenlösung Automotive stammende Produktvariantenstruktur in den APO zu integrieren.

3.2.2 Produktvariantenstruktur

So umfassend der Abdeckungsgrad betriebswirtschaftlicher Funktionen des SAP R/3-Systems auch sein mag [Brau99, 8], so weist das herkömmliche R/3-Stücklistenwesen doch folgende Mängel auf [SAP98, 5]:

1. Die Abbildung komplizierter und variantenreicher Produkte ist nicht immer optimal möglich.
2. Unübersichtliche Zusammenhänge zwischen mehrfach verwendbaren Baugruppen in komplexen Komponenten erschweren eine effiziente Handhabung.
3. Die Auflösung umfangreicher Strukturen bereitet oft Performanceprobleme.
4. Die Möglichkeiten, Sichten zu definieren, sind nicht immer ausreichend, um Produktstrukturen effizient auszuwerten.

Um diesen Problemen zu begegnen, hat SAP die Produktvariantenstruktur (PVS) entwickelt. Die PVS soll Grundlage einer einheitlichen Produktstammdatenstruktur sein, auf die alle Bereiche eines Unternehmens oder einer Supply Chain zugreifen können. Der Fokus liegt hierbei auf dem Produktentwicklungsmanagement und der Produktionsplanung. Die PVS besteht aus folgenden drei Ebenen (Bild 8):

1. *Produktbeschreibung*: Dargestellt als eine Hierarchie von Klassen, werden Produkte mithilfe von Ausprägungen ihrer Eigenschaften formal beschrieben. Eigenschaften können entlang der Hierarchie vererbt werden. Der hierarchische Aufbau ermöglicht eine übersichtliche Darstellung komplexer Produktfamilien, wie z. B. eine Zuordnung von Golf und A3 zur Kompaktklasse.
2. *Sicht*: Die Definition spezieller Sichten ermöglicht verschiedene Blickwinkel auf die Produktstruktur. Auf diese Weise können beispielsweise Produkte für die Mitarbeiter der Konstruktion oder der Fertigung unterschiedlich dargestellt werden.
3. *Struktur*: Dies ist der zentrale Bereich der PVS. Hier wird die Zusammensetzung von Produkten oder Produktfamilien abgebildet. Kernelement der Strukturebene ist ein Knoten, der entweder eine Komponente (Räder) oder eine Funktion (Lenkung) des Produktes darstellt. Jedem Knoten ist eine konkrete Variante der jeweiligen Komponente bzw. Funktion zugeordnet. Die Knoten der Strukturebene bilden im Allgemeinen

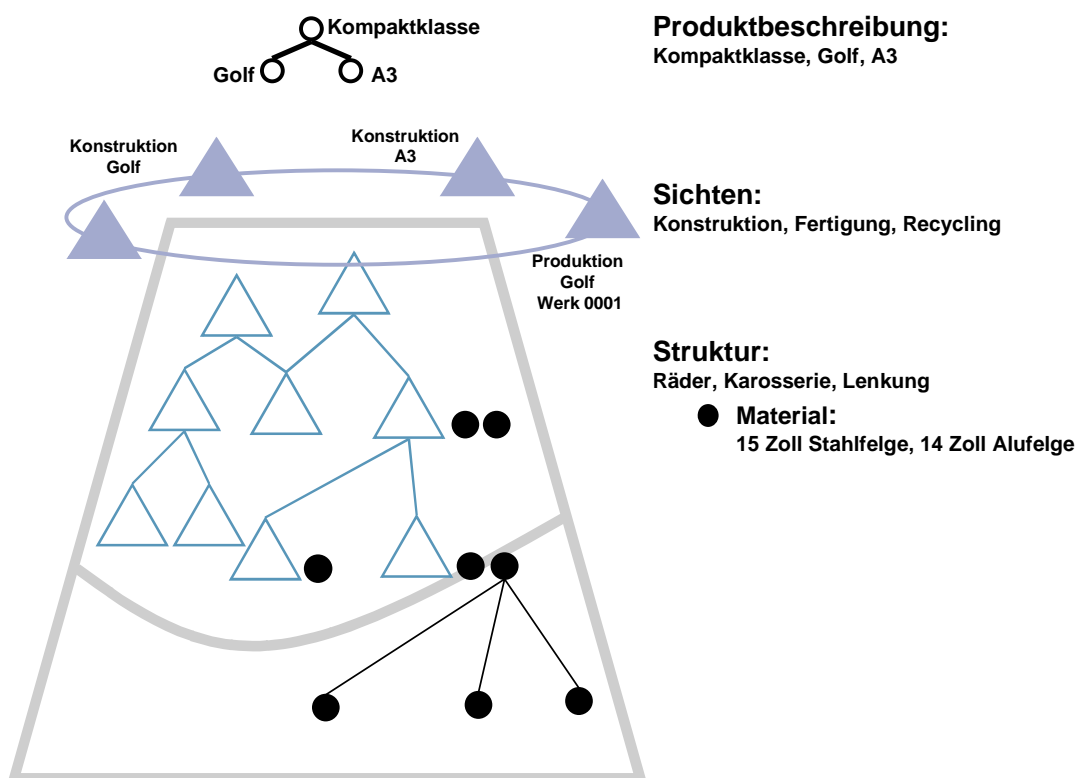


Bild 8 Ebenen der PVS [SAP99b, 4]

mehrstufig hierarchische oder netzartige Strukturen. In Bild 8 sind Komponenten durch Dreiecke und ihre Varianten durch Punkte dargestellt.

Die PVS ist vollständig mit der herkömmlichen Produktstückliste integriert. Ein Knoten der Strukturebene mag z. B. eine Produktstückliste enthalten. Diese dagegen kann selbst nur andere Produktstücklisten, aber keine PVS-Strukturknoten umfassen. Üblicherweise werden Standardkomponenten mithilfe des herkömmlichen Stücklistenwesens und variantenreiche Produkte mithilfe der PVS abgebildet.

3.2.3 Bewertung

Im Bereich einer einfachen Erzeugnisstruktur ist der APO mit der grafischen PPM-Pflege gut ausgestattet. Ist die Stücklistenstruktur des Erzeugnisses jedoch mehrstufig, so kann von einer übersichtlichen und hilfreichen Pflege keine Rede mehr sein. In diesem Sinn machen die Bestrebungen, die PPM-Pflege und die PVS im APO zu vereinigen, große Hoffnung, die fehlende Unterstützung zu gewährleisten. Auch Ansätze, Beziehungen zwischen Aktivitäten unterschiedlicher PPMs zu ermöglichen, erscheinen viel versprechend.

3.3 Auftragsauslösungsart

Das Merkmal der Auftragsauslösungsart „beschreibt die Bindung der Produktion an den Absatzmarkt“ [Scho80, 48] und tritt in den drei Ausprägungen Einzelauftrags-, Rahmenauftrags- und Lagerfertigung auf. Es bezieht sich in erster Linie auf die Art der Auslösung des Primärbedarfs.

3.3.1 Analyse

Nach der Wesensart eines Rahmenauftrages steht das Produktionsprogramm bei Fertigung auf Bestellung mit Rahmenaufträgen für einen mittel- bis langfristigen Zeitraum fest. Bei der typischerweise in Betrieben der Konsumgüterindustrie auftretenden Lagerfertigung [Kurb95, 195] ist der Planungszeitraum noch weiter gefasst. Die Produktionsplanung, d. h. Produktgestaltung, Menge und zeitliche Verteilung der Produktion, beruht bei der Lagerfertigung auf Absatzprognosen [Hoit93, 13]. Das Produktionsprogramm kann sehr wohl saisonalen oder sonstigen Schwankungen unterliegen, ist aber im Allgemeinen als stabil anzusehen, so dass nur selten kurzfristige Änderungen von Stücklisten oder Arbeitsplänen zu berücksichtigen sind.

Bei Fertigung nach Rahmenaufträgen gilt für den Zeitraum des Rahmenvertrages, der z. B. in der Automobilindustrie nicht selten mehrere Jahre beträgt, Ähnliches wie für Lagerfertiger, d. h. kurzfristige Anpassungen sind nur sporadisch vorzunehmen. Zudem ist bei einer vom Kundeneinfluss weitgehend unabhängigen Produktionsstruktur weniger eine besonders kurze Durchlaufzeit als eine kostenminimale und verschwendungsarme Produktion mit einer hohen

Auslastung der vorhandenen Ressourcen als wesentlich anzusehen [Kurb95, 197]. Diese Art der Planung wird mit den im PPM eingebetteten Informationen, wie z. B. fixe und variable Kostenanteile, Ausschuss oder Bearbeitungszeiten, im APO gut unterstützt.

Anders verhält es sich dagegen bei einer Fertigung auf Bestellung nach Kundenauftrag (Auftragsfertigung). Hier bildet der vorliegende Auftragsbestand die Grundlage der Produktion, der sich auch kurzfristig erheblich ändern kann bzw. erst kurzfristig zu Stande kommt. Richtlinien für die Produktion werden maßgeblich von den Belangen der Kunden mitbestimmt [Scho80, 50]. Nach Kurbel ist Kundenauftragsorientierung ein verbreitetes Merkmal mittelständischer Betriebe, kommt aber durchaus auch in Großunternehmen vor. Eine Erklärung hierfür kann im zunehmenden Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten gesehen werden. Durch den Machtgewinn der Kunden können sich Unternehmen nur dann gegen Konkurrenten behaupten, wenn sie den Bedürfnissen der Kunden möglichst weit entgegenkommen [Kurb95, 195].

Bei der vornehmlich in der Investitionsgüterindustrie vorkommenden [Kurb95, 195] auftragsbezogenen Fertigung ergibt sich eine „andere Struktur des Zielsystems“ [Kurb95, 197] als bei Lagerfertigern. Bei Auftragsfertigung steht im Gegensatz zu einer reinen Programm- oder Lagerfertigung nicht eine möglichst kostengünstige Produktionsdisposition (gute Kapazitätsauslastung, wirtschaftliche Losgrößen oder niedrige Lagerbestände) im Vordergrund, sondern Termineinhaltung und eine möglichst hohe Kundenzufriedenheit [Kurb95, 197]. Sie orientiert sich in ihrer reinen Form prinzipiell an Just-in-Time [Bich92, 48]. Dies wirkt sich maßgeblich in den Anforderungen an die Planung aus: So wird bei der Zielsetzung „kostenminimale Produktion“ die Verschiebung eines zugesagten Termins nicht so hoch bewertet wie bei einer Planung mit dem Ziel „maximale Termintreue“.

Besonders im Falle der Auftragseinzelfertigung, wie z. B. im Sondermaschinenbau, ist für die Planung die Kenntnis zeitkritischer Aktivitäten besonders bedeutsam, wohingegen bei Lagerfertigung mehr ein Blick auf Engpässe der Ressourcen und deren Abgleich für eine möglichst hohe Kapazitätsauslastung relevant sind. Unter einer zeitkritischen Aktivität ist ein Produktionsschritt zu verstehen, dessen Verschiebung eine Verzögerung des Liefertermins in gleichem Maße nach sich zieht.

Im APO-Release 2.0A findet keine Berücksichtigung eines kritischen Pfades von Aktivitäten statt. Vielmehr wird vornehmlich eine Optimierung der Ressourcenauslastung vorgenommen. Dabei werden Aktivitäten auf die zugeordneten Ressourcen so eingeplant, dass möglichst alle Liefertermine eingehalten werden können. Die z. B. aus Engpassressourcen resultierenden Nebenbedingungen sind bei der Planung zu berücksichtigen und können dazu führen, dass sich nicht alle Tätigkeiten zum angeforderten bzw. gewünschten Zeitpunkt ausführen lassen, sondern dass sie vielmehr umdisponiert werden müssen. Würde die Planung Kenntnis über vorhandene Puffer einzelner Aktivitäten haben, könnte sie in manchen Fällen vermeiden, dass sich die Durchlaufzeit erhöht und damit der zugesagte Liefertermin gefährdet wird. Eine Verzögerung von Tätigkeiten ohne freie Puffer sollte man möglichst verhindern. Zur Illustration dient folgendes in Bild 9 dargestellte Beispiel:

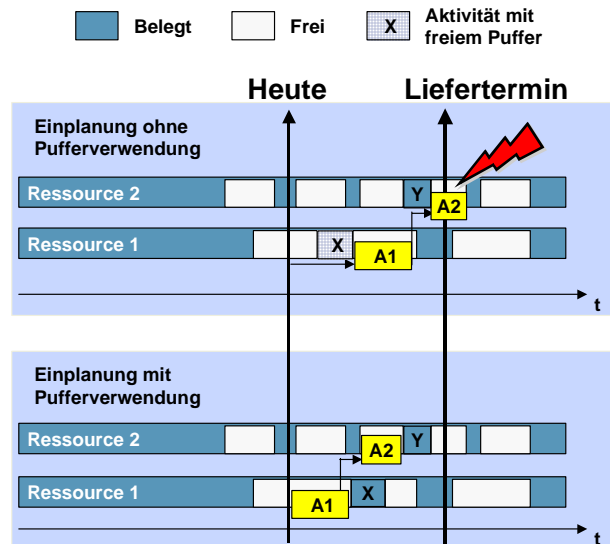


Bild 9 Bessere Einhaltung von Lieferterminen durch Verwendung von Puffern

Eine Tätigkeit A1 ohne freien Puffer kann nicht durchgeführt werden, weil die benötigte Ressource von einer Tätigkeit X mit freiem Puffer belegt ist. So verschiebt man A1 auf einen späteren Zeitpunkt, braucht dabei aber ihren Gesamtpuffer vollständig auf. Kann die folgende Aktivität 2 auch nicht wie gewünscht eingeplant werden, so ist der Liefertermin nicht mehr einzuhalten. Hätte man allerdings im ersten Schritt nicht Aktivität A1 verschoben, sondern den freien Puffer von Tätigkeit X aufgebraucht, dann könnte in der dargestellten Konstellation der Liefertermin problemlos gehalten werden.

Aus diesem Grund wird von den Autoren eine Erweiterung des PPM-Datenmodells vorgeschlagen, um eine bevorzugte Einplanung kritischer Aktivitäten im Falle der Auftragsfertigung zu ermöglichen. Dies kann über eine frühzeitige Ermittlung von Puffern einzelner Aktivitäten geschehen.

3.3.2 Pufferbestimmung

Zur Ermittlung der Puffer einzelner Tätigkeiten bietet sich die Metra-Potenzial-Methode (MPM) an. Sie bringt die Aktivitäten unter Beachtung der bestehenden Beziehungen in eine zeitliche Abfolge und bestimmt folgende 3 Pufferarten:

1. Gesamtpuffer
2. Freier Puffer

3. Unabhängiger Puffer

Um Puffer zu ermitteln, sind zuvor die Beziehungen anderen Typs entsprechend umzurechnen. Eine eingehende Beschreibung der Vorgehensweise ist in [MeHa96, 78-142; Schw94, insbesondere 151-162] zu finden.

Prinzipiell können die Puffer einer Aktivität jederzeit bestimmt werden. Im PPM ist die Dauer eines Arbeitsschrittes jedoch an den Modus gekoppelt. Dies liegt daran, dass ein Modus nur eine Alternative von Ressourcen repräsentiert, mit denen sich ein Produktionsschritt vollziehen lässt. Dabei besteht die Option, dass jede Fertigungsvariante unterschiedliche Ressourcen verwendet, die für ein und dieselbe Aktion unterschiedlich viel Zeit benötigen (vgl. Kapitel 2.2.1). Da zum Ausführungszeitpunkt stets genau ein Modus je Aktivität ausgewählt wird, ist die Bestimmung der Puffer immer abhängig von diesem aktiven Modus.

Die Puffer lassen sich entweder zur Laufzeit der Planung oder unabhängig davon bestimmen. Im zweiten Fall müsste für alle möglichen Kombinationen von Aktivitäten und Modi die Bestimmung der Puffer erfolgen. Die Ergebnisse sind in einer Tabelle abzuspeichern, so dass sie jederzeit z. B. vom PP/DS-Modul abrufbar sind. Allerdings kann die Zahl der möglichen Kombinationen zwischen Modi und Aktivitäten sehr groß werden. Bei Wacker (vgl. Abschnitt 2.2.2) beispielsweise besteht ein PPM aus ca. 70 bis 80 Aktivitäten mit je 4 Modi. Rein rechnerisch ergibt sich eine mögliche Anzahl von 4^{70} bis 4^{80} , also $1,4 \cdot 10^{42}$ bis $1,5 \cdot 10^{46}$ Kombinationen. Diese Menge ist mit keiner derzeit denkbaren Hardware zu bewältigen. Angenommen, es könnten pro Sekunde 10.000.000 Kombinationen errechnet und abgespeichert werden, so würde es im Falle der 70 Aktivitäten $4,4 \cdot 10^{27}$ Jahre dauern, bis alle Kombinationen bearbeitet wären. Aus diesem Grund kann eine Bestimmung der Puffer aller Kombinationen nicht generell erfolgen. Dagegen ergeben sich bei einer einfachen Fertigungsstruktur Mengen, die problemlos berechnet und abgespeichert werden können.

Um für diese Problematik automatisch eine Entscheidung treffen zu können, mag man z. B. festlegen, dass je PPM nur eine begrenzte Anzahl von Kombinationen berücksichtigt wird. Der Grenzwert sollte über die APO-Konfiguration unternehmensspezifisch einstellbar sein. Findet ein Planungslauf statt, kann für die ausgewählte Kombination in der betreffenden Tabelle nachgelesen werden, ob die Puffer bereits berechnet wurden. Wenn nicht, erfolgt die Berechnung der Puffer zur Laufzeit in Abhängigkeit von der Zielsetzung der Planung, also lediglich beim Anstreben maximaler Termintreue.

3.3.3 Bewertung

Bei einer Produktion auf Lager ergeben sich relativ wenig Anforderungen an das PPM. Dagegen findet die Auftragsfertigung, speziell z. B. im Schiffbau, im Hinblick auf

Einhaltung der Liefertermine keine optimale Unterstützung, da ein kritischer Pfad nicht ermittelt und bei der Einplanung von Aktivitäten nur implizit überprüft wird, ob sich Liefertermine verschieben könnten. Gerade vor dem Hintergrund, dass vorwiegend Betriebe mit kundenorientierter Fertigung vorzufinden sind [Kurb95, 195], sollte das Datenmodell des PPM an dieser Stelle noch erweitert werden.

3.4 Fertigungsart

Das Merkmal der Fertigungsart „charakterisiert die Häufigkeit der Leistungswiederholung“ [Scho80, 68] und weist die Ausprägungen Einzel-, Serien- und Massenfertigung auf.

3.4.1 Analyse

Es ist eine starke Korrelation zwischen der Einzelfertigung, der Fertigung nach Kundenspezifikation (Merkmal Erzeugnisspektrum, Kapitel 3.1) und der Auftragsfertigung (Merkmal Auftragsauslösungsart, Kapitel 3.3) festzustellen [Hoit93, 344 u. 424]. Teilweise gleichen sich für diese Ausprägungen die Anforderungen an das PPM. So wird bei Einzelfertigung der Vorbereitungsgrad möglichst gering gehalten und technische Unterlagen (Stücklisten, Arbeitspläne etc.) werden aus Aufwandsgründen auf ein Mindestmaß beschränkt [Scho80, 69]. Zeitliche und qualitative Spielräume in der operativen Produktionsplanung und -steuerung sind bei dieser Fertigungsart naturgemäß stark eingeengt [Vahl97, 274]. Zudem ist in verschiedenen Branchen ein Trend festzustellen, nach dem sich Unternehmen immer mehr auf eine minimale Losgröße und eine Verkürzung der Durchlaufzeit „auf Basis der Netzplantechnik“ konzentrieren [Mert97, 137 u. 153].

Bei Serien- und Massenfertigung hingegen wird auf eine besonders hohe Auslastung der Ressourcen und Fertigungsmittel großen Wert gelegt [Scho80, 76]. Dabei bildet die Ermittlung der optimalen Losgröße ein typisches Problem [Sche94, 389]. Eine möglichst klare Sicht auf die Betriebs- und Fertigungsmittel ist daher angebracht.

Colgate-Palmolive, Weltmarktführer im Bereich der Zahnpflegeprodukte, ist mit der betriebenen Serienfertigung als ein typischer Vertreter der Konsumgüterindustrie anzusehen. Aufgrund hoher hygienischer Anforderungen an die Herstellung von Körperpflegeprodukten verursacht die Reinigung der verwendeten Betriebsmittel große Umrüstkosten in Form langer Umrüstzeiten. Insofern legt Colgate-Palmolive besonderen Wert auf eine Optimierung der Losgrößen. Normalerweise werden die Anlagen während einer Schicht nicht umgerüstet [KnMe99, 163-168].

Wie das Beispiel Colgate-Palmolive zeigt, ist für eine Produktion nach den Prinzipien der Serienfertigung eine Zusammenfassung von Produkten mit ähnlichen Eigenschaften auf besonders rüstintensiven Anlagen charakteristisch. Im APO gibt es für diese Anforderungen, die typischerweise auch in Betrieben der Metall- und Papierindustrie auftreten, im Bereich

der merkmalsabhängigen Planung (vgl. Kapitel 3.1.2) ein Modul Blockplanung, das Produktionsaufträge auf Betriebsmittel zusammenführt.

3.4.2 Blockplanung

In einer vorgelagerten Planung ist zu definieren, welche Arten von Produkten bzw. welche Produkte mit welchen Eigenschaften zu Blöcken zusammenzufassen sind. In der Prozessindustrie bezeichnet man diese Blöcke als Kampagnen.

Blöcke werden im APO als Bestandteil der Ressourcen – hier eher im Sinne von Betriebsmitteln – verwaltet. Sie sind definiert als zeitlich veränderliche Ausprägungen der Merkmale einer Ressource und werden bei der Einplanung einer Aktivität mit den Merkmalsausprägungen verglichen, die bei der Aktivität standardmäßig eingestellt sind. Bei fehlender Übereinstimmung ist es nicht möglich, die Aktivität zu diesem Zeitpunkt auf dem Betriebsmittel einzuplanen. In der derzeitigen Form geht die Blockplanung von Ressourcen aus, die Merkmale in einem bestimmten Intervall verarbeiten können (z. B. Produktbreite: 1,2 m bis 1,35 m). Hingegen sind pro Outputprodukt im PPM exakte Bewertungen (z. B. Produktbreite: 1,27 m) definiert.

Die Blockplanung stützt sich auf folgende Funktionen:

1. *Stammdatenpflege für die Blockplanung*: Bei der Blockplanung sind einerseits die Ressourcen und andererseits die Produktionsprozessmodelle relevant. Um festzulegen, welche Aktivität auf welcher Ressource ausgeführt werden kann, müssen beide identisch klassifiziert sein. Dazu gibt es im APO ein umfangreiches Merkmals- und Klassensystem, über das Eigenschaften verschiedener Objektarten (Ressourcen, Aktivitäten, Produkte) abgebildet werden können. Obwohl eine Blockplanung prinzipiell auch von den Inputkomponenten eines PPM abhängig sein könnte, werden derzeit nur die Bewertungen der Outputkomponenten als Quelle herangezogen.
2. *Pflege der Blockdefinitionen*: Die Definition eines Blockes besteht aus einem Gültigkeitszeitraum und der einer Ressource zugeordneten Blockgrunddefinition. Diese stellt die mit einem eindeutigen Namen versehene Menge aller Merkmalsanforderungen zu der dem Block zu Grunde liegenden Klasse dar. Zur leichten Pflege und Definition von Blöcken gibt es eine grafische Oberfläche in Form eines Gantt-Diagrammes.
3. *Produktionsplanung mit Blöcken*: Grundsätzlich müssen klassifizierte Aktivitäten vollständig innerhalb eines *identisch* klassifizierten Blocks liegen. Sowohl bei Neudefinition von Blöcken als auch bei Einplanung klassifizierter Aktivitäten wird sichergestellt, dass dem oben genannten Grundsatz entsprochen wird. Schwieriger ist die Änderung von Blockdefinitionen: Verkürzt sich z. B. ein Block, so müssen evtl. nachgelagerte Blöcke vorgezogen und die eingeplanten Aktivitäten entsprechend ver-

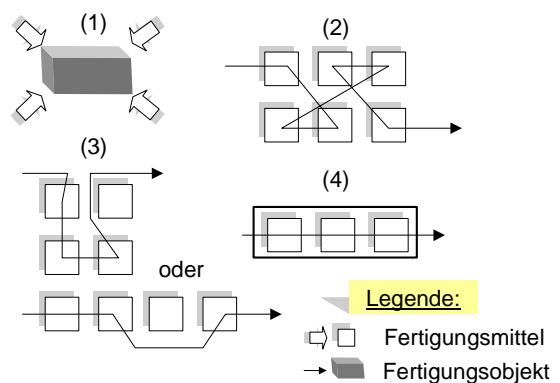
schoben werden. Hierzu gibt es ein ausgefeiltes Regelsystem, das eine sinnvolle Blockplanung sicherstellt.

3.4.3 Bewertung

Serienfertiger werden durch die Blockplanung gut unterstützt. Zusätzlich wird im APO ab Release 3.0A eine Funktion zur Abwicklung einer Serienfertigung verfügbar sein. Diese kann mithilfe eines Planungstableaus Fertigungslinien in der Produktions- und Feinplanung beplanen und über den PP/DS-Optimierer verschiedene Zielstellungen (totale Durchlaufzeit, Rüstzeiten, Rüstkosten, maximale Verspätung, durchschnittliche Verspätung, Gesamtkosten) zur Umdisposition von Aufträgen berücksichtigen. Für Einzelfertiger, z. B. im Apparate- und Vorrichtungsbau, in der Labortechnik oder im Reparaturdienst, ist trotz fehlender Stücklisten [Mert97, 137] ein Einsatz des APO unter Nutzung von Produktionsprozessmodellen denkbar. Allerdings ist durch die starke Korrelation zur Produktion auf Bestellung mit Einzelauftrag auch hier noch Verbesserungspotenzial auszuloten. Massenfertiger hingegen sind mit dem PPM gut bedient, ihre zumeist stabile Produktionsplanung durchzuführen.

3.5 Fertigungsablaufart

Die Fertigungsablaufart ist Gegenstand vieler produktionswirtschaftlicher Betrachtungen und wird häufig auch als Organisation der Fertigung bezeichnet. Sie beschreibt, an welchen Prinzipien sich die Fertigung eines Unternehmens ausrichtet. Bild 10 zeigt die prinzipiellen Unterschiede der Ausprägungen. Danach werden bei Baustellenfertigung (1) die Fertigungsmittel an das Fertigungsobjekt herangeführt; die Werkstattfertigung (2) zeichnet sich durch eine Bündelung von Fertigungsmitteln mit gleichartigen Arbeitsverrichtungen zu Betriebsabteilungen aus. Bei der Gruppen- und Linienfertigung (3) hingegen sind einzelne Maschinen physisch zusammengefasst und stellen eine in sich flexible Bearbeitungseinheit her. Die Fließfertigung (4) ist durch eine feste Verkettung einzelner Arbeitsstationen gekennzeichnet.



3.5.1 Analyse

Die Organisationsform der Fertigung hat großen Einfluss auf die Variabilität der einzelnen Produktionsschritte. Von der Baustellen- bis zur Fließfertigung nimmt der Grad der Flexibilität zur Änderung der Ablauffolge ab. Im PPM des APO gibt es die Möglichkeit, zwischen Aktivitäten vier Arten von Beziehungen zu definieren. Zur Analyse der Fertigungsablaufprinzipien erscheint eine nähere Betrachtung dieser Beziehungen angebracht.

Bild 10 Fertigungsablaufart [Scho80, 93]

Bei Fließfertigung ist durch die feste Anordnung der Betriebsmittel die Reihenfolge der Produktionsschritte relativ starr. Dies wirkt sich insofern auf die Beziehungen zwischen den Aktivitäten aus, als jede Aktivität in der Regel genau eine Nachfolger- und eine Vorgängeraktivität besitzt. Zu erkennen ist dies bei der prozessorientierten Sicht daran, dass jede Aktivität nur einen eingehenden und einen ausgehenden Pfeil besitzt. Ein Gantt-Diagramm weist keine überlappenden oder parallel ablaufenden Aktivitäten auf. Vornehmlich nach dem Fließprinzip wird z. B. im Bereich der kontinuierlichen wie auch der diskontinuierlichen Prozessfertigung produziert. Hier ist die Ablauffolge meist aus technischen Gründen vor Beginn der Produktion genau festgelegt [Loos97, 55-56].

Dagegen gibt es sehr häufig genaue zeitliche Vorgaben und Beschränkungen, welche den Ablauf der Aktivitäten bestimmen. Gerade im Bereich der Prozessindustrie sind Zwischen- und Endprodukte oft nur von begrenzter Haltbarkeitsdauer und müssen deshalb innerhalb einer bestimmten Zeit weiterverarbeitet werden. Das ist z. B. bei Monomeren in der chemischen Industrie der Fall. Durch den instabilen Zustand der Zwischenprodukte ist es nicht möglich, den Produktionsablauf zu jedem beliebigen Zeitpunkt zu unterbrechen [Loos97, 23].

Genau zeitliche Restriktionen sind nicht nur ein Phänomen der Prozessfertigung, sondern allgemein der Fließfertigung. Dies liegt naturgemäß an der erforderlichen zeitlichen Abstimmung der Arbeitsschritte auf den durch die Fertigungslinie verbundenen Arbeitsstationen, um einen gleichmäßigen Takt zu ermöglichen. So ist beispielsweise Arbeitern an einem Fließband die Bearbeitungszeit für jeden Arbeitsschritt genau vorgegeben. Die Beziehungen zwischen den einzelnen Arbeitsschritten könnten im PPM problemlos mithilfe von Start-Start-Beziehungen modelliert werden.

Eine Besonderheit ist bei der Automobilfertigung zu beobachten: Dort gibt es spezielle Taktungsalgorithmen, die anhand bestimmter Restriktionen (Mengen-, Abstands-, Block- oder Positionsrestriktionen) die verschiedenen Ausstattungen der zu fertigenden Fahrzeuge auf eine Art und Weise kombinieren, dass jeder Arbeiter im Durchschnitt mit der ihm zugedachten Bearbeitungszeit auskommen kann. Sollen z. B. 10 von 100 Fahrzeugen mit Klimaanlage ausgestattet werden, so sind diese 10 Fahrzeuge mit Klimaanlage nicht direkt hintereinander zu fertigen, da der Einbau einer Klimaanlage mehr Zeit erfordert, als dem Bearbeiter von der Taktzeit her zugeteilt ist. Aber in Kombination mit den Fahrzeugen ohne Klimaanlage kann sich eine zeitlich ausgewogene Mischung ergeben [Wern99].

Bei Werkstattfertigung hingegen stehen die einzelnen Arbeitsschritte charakteristischerweise in keiner so starr festgelegten Abfolge. Häufig ist eine Zuordnung zu den verschiedenen Bearbeitungsstationen flexibel, d. h., die Planung kann anhand der momentan verfügbaren Kapazität z. B. wählen, ob ein Werkstück erst in der Dreherei oder erst in der Bohreerei

bearbeitet werden soll. Ein Blick auf die prozessorientierte Sicht des PPM wird den Grad der Flexibilität der Fertigung dadurch zeigen, wie viele Aktivitäten mehrere Nachfolger und Vorgänger haben. Schneller ins Auge fällt der Unterschied zur Fließfertigung allerdings beim Gantt-Diagramm, da die Aktivitäten nicht lediglich hintereinander, sondern auch übereinander (parallel) dargestellt sein können. Für die Baustellenfertigung gilt Ähnliches wie für die Werkstattfertigung, da die einzelnen Bearbeitungsschritte teilweise voneinander unabhängig sind bzw. parallel ausgeführt werden können.

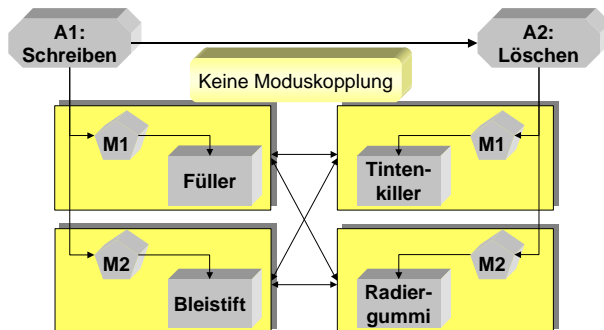


Bild 11 Einstellung ohne Moduskopplung

Bei einer Gruppen- oder Linienfertigung, aber auch in der Fließfertigung bestehen zwischen den zur Fertigungsline gehörenden Ressourcen und Arbeitsstationen relativ starke Verknüpfungen. Ressourcen werden gruppiert, um zusammen in einer definierten Abfolge eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Dabei können auch Alternativgruppen bestehen, die – vielleicht unter anderen Parametern (Kosten, Dauer etc.) – ebenso in der Lage sind, die geforderte Leistung zu erbringen. Um diese Zusammenfassung von Ressourcen möglichst einfach abzubilden, gibt es im PPM die Möglichkeit zur Moduskopplung:

Das in Bild 11 und Bild 12 in einem Ausschnitt dargestellte PPM hat die beiden Aktivitäten A1 und A2 zum Schreiben sowie Löschen. Beide Tätigkeiten haben je zwei alternative Modi zur Auswahl. Man kann zum einen mit Füller oder Bleistift schreiben, zum anderen löscht man entweder mit Tintenkiller oder Radiergummi. In diesem Fall macht eine Kopplung der Modi, wie in Bild 12 gezeigt, Sinn, da ein Tintenkiller nur die von einem Füller geschriebene Tinte entfernen kann. Stellt man bei diesem PPM keine Moduskopplung ein, so kann es durchaus sein, dass im Laufe der Planung für Aktivität A1 der Füller und für A2 der Radiergummi ausgewählt wird. Moduskopplung verhindert diese unsinnige Konstellation.

3.5.2 Bewertung

Bei der Fließfertigung zeigt sich das PPM mit seinen vielfältigen Möglichkeiten zur Moduskopplung und zur Einstellung von Beziehungen zwischen Aktivitäten sehr flexibel. Ein Manko ist, dass in der aktuellen Version des APO Beziehungen nur zwischen Aktivitäten des gleichen PPM eingestellt werden können. Im Rahmen der Werkstatt- und Baustellenfertigung treten vielfältige Beziehungen zwischen einzelnen Tätigkeiten auf. Aufgrund der in Kapitel 3.3 beschriebenen Mängel ist auch hier in Bezug auf die Nutzung von Puffern Verbesserungspotenzial zu vermerken.

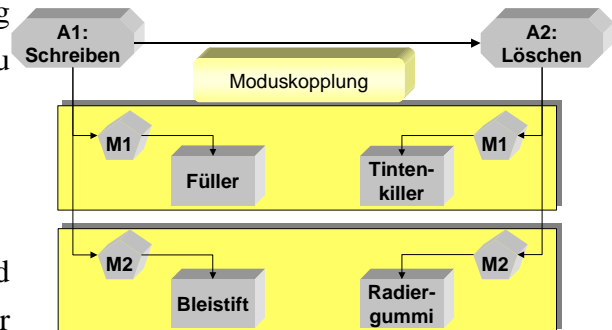


Bild 12 Einstellung mit Moduskopplung

3.6 Fertigungsstruktur

Die Fertigungsstruktur beschreibt den Grad der Fertigungstiefe. Diese kann anhand zweier Kriterien bestimmt werden: Zum einen ist sie abhängig von der Zahl der Fertigungsstufen und zum anderen von der Anzahl aufeinander folgender Arbeitsvorgänge im Fertigungsprozess [Scho80, 90].

3.6.1 Analyse

Die Zahl der Fertigungsstufen ist sehr stark mit dem Merkmal der Erzeugnisstruktur (Kapitel 3.2) verknüpft und soll an dieser Stelle deshalb nicht weiter untersucht werden. Die Zahl von Fertigungsschritten ist jedoch nicht direkt von der Stufigkeit einer Stückliste abhängig. Folgendes Beispiel stellt diesen Zusammenhang dar:

Bei der Wacker Siltronic AG ist zur Herstellung von Silizium-Produkten eine sehr komplexe Fertigungsstruktur erforderlich: Zwar besteht eine durchschnittliche Stückliste nur aus etwa 2 bis 4 Komponenten, jedoch sind nicht weniger als 70 bis 80 Produktionsschritte zur Fertigstellung der Enderzeugnisse erforderlich [Wojt99].

3.6.2 Bewertung

Für eine Darstellung einer hinsichtlich der Fertigungs- bzw. Stücklistenstufen komplexen Fertigungsstruktur ist das PPM ähnlich zu bewerten wie beim Merkmal der Erzeugnisstruktur. Das heißt, dass bei mittlerer bis hoher Fertigungstiefe durchaus noch Verbesserungspotenzial zu vermerken, eine Bearbeitung einfacher Strukturen jedoch ausreichend möglich ist. Hingegen ist das PPM besonders durch die grafische PPM-Pflege durchweg geeignet, einfache und komplexe Fertigungsstrukturen im Sinne der Anzahl aufeinander folgender Produktionsschritte zu modellieren und abzubilden.

3.7 Intensität des Faktoreinsatzes

Die Intensität des Faktoreinsatzes kann vier Ausprägungen haben: arbeits-, betriebsmittel-, werkstoff- und energieintensive Produktion. Sie drückt aus, welche Kostenfaktoren den größten Anteil am gesamten „Herstellkostenvolumen“ [Hoit93, 13-14] haben.

3.7.1 Analyse

Das Produktionsprozessmodell des APO sieht einen allgemeinen Ressourcenbegriff vor, der nicht nur Maschinen und Werkzeug umfasst, sondern ebenso menschliche Arbeitsleistung. Für eine Modellierung betriebsmittel- bzw. arbeitsintensiver Produktion sind der Modus und die Ressourcen gemäß den gegebenen Anforderungen zu konfigurieren. Dort können für eine Aktivität alternative Modi eingerichtet und u. a. verschiedene Kostensätze und Pausenzeiten gepflegt werden. Beispielsweise in der Stahlproduktion ist eine extrem betriebsmittelintensive Produktion mit fixkostenträchtigen Hochöfen vorzufinden. Eine optimale Auslastung dieser teuren Betriebsmittel ist besonders wichtig. Auch eine energieintensive Produktionsweise ist leicht über die Modi nachzubilden: Über die Einstellung fixer sowie variabler (Betriebs-)Kosten kann der Aufwand für die verbrauchte Energie berücksichtigt werden.

Fertigt ein Unternehmen mit sehr hoher Werkstoffintensität, so ist weniger eine optimale Kapazitätsauslastung bedeutsam, sondern vielmehr eine möglichst verschwendungsarme Produktion in Form einer kostengünstigen Auswahl von Inputprodukten. Verbrauch und Ausschuss von Produkten werden im PPM bei den Alternativkomponenten eingestellt. Des Weiteren kann man für jedes Inputprodukt Kosten editieren, über die sich z. B. bei überlappenden Gültigkeitszeiträumen eine dynamische Auswahl der aktuell zu verwendenden Komponente treffen lässt. Mithilfe der Einstellung zeitabhängiger Planparameter sind Lernkurven (Bild 7, Kapitel 3.2) zur Modellierung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses in der Fertigung abbildbar, beispielsweise eine Reduzierung des Ausschusses teurer Komponenten durch einen effizienteren Herstellungsprozess im Laufe der Zeit.

3.7.2 Bewertung

Es ist festzustellen, dass das PPM die Anforderungen aller vier Merkmalsausprägungen gleichermaßen gut abbilden kann. Dies ist besonders darauf zurückzuführen, dass das PPM bzw. die Ressourcen allgemein und abstrakt genug definiert sind, um verschiedenen Anforderungen gerecht zu werden. Zudem ist im PPM die Möglichkeit vorgesehen, Kosten für Modi bzw. logische Produkte anzugeben. Aufgrund der Unterteilung in fixe und variable Anteile besteht hier ein großer Spielraum zur Abbildung von Kostenverläufen.

3.8 Struktur der Werkstoffbearbeitung

Die Struktur der Werkstoffbearbeitung beschreibt das zahlenmäßige Verhältnis zwischen Input und Output. Gemäß Bild 13 gliedert es sich in folgende Ausprägungen: Synthetische Produktion (1) fügt mehrere Elemente zu einem Endprodukt zusammen und ist typisch für den Maschinenbau. Das Gegenstück dazu bildet die für die Ölindustrie charakteristische analytische Fertigung (2), die ein Inputmaterial in mehrere Endprodukte aufspaltet. Die durchlaufende Fertigung (3) verändert das eingehende Objekt, die umgruppierende Produktion (4) ist eine Kombination aus analytischer und synthetischer Fertigung.

3.8.1 Analyse

Bei den Ausprägungen (2) und (4) gehen mehrere Güter aus dem Produktionsprozess hervor. Diese Art der Umwandlung wird auch als Kuppelproduktion bezeichnet und ist vorwiegend in Unternehmen der verfahrenstechnischen Industrie mit Misch- und Aufspaltungsvorgängen anzutreffen. Kaum zu beobachten ist diese Form der Fertigung in einer stückorientierten, diskreten Herstellung, wie z. B. der Automobilindustrie. Die Tatsache, dass sich die große Mehrheit betriebswirtschaftlicher Literatur über Produktionsplanung und -steuerung mit den Anforderungen stückorientierter und nicht prozessorientierter Fertigung auseinandersetzt [Loos97, 1-19], mag als Erklärung dafür dienen, dass die für die stückorientierte Fertigung untypische Kuppel- bzw. analytische Produktion vielen PPS-Systemen „Planungs- und Kalkulationsprobleme“ [Loos97, 45] bereitet.

Das PPM im APO ist so allgemein formuliert, dass es sowohl für die Anforderungen der stückorientierten als auch der prozessorientierten Fertigung geeignet ist. Im PPM kann über die Definition mehrerer logischer Output-Komponenten eine Kuppelproduktion modelliert werden. Mit Blick auf die volle Bedeutung des PPM (Bild 2, Kapitel 2.2.1) sei an dieser Stelle erwähnt, dass bei einem Produktionsplan zur Herstellung mehrerer Outputprodukte (Kuppelproduktion) für jedes Enderzeugnis ein PPM existieren kann, sofern der Plan (Nummer (1) in Bild 2) von den Planungsalgorithmen für die Herstellung jedes der Kuppelprodukte auswählbar sein soll. Es kann aber auch sein, dass ein Nebenprodukt in der Hauptsache mit dem PPM eines anderen Plans gefertigt wird.

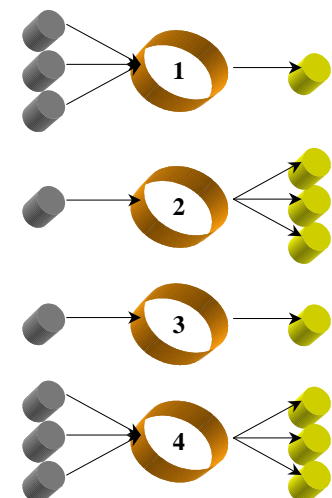


Bild 13 Struktur der Werkstoffbearbeitung

Insbesondere die chemische Industrie weist noch verschiedene andere Eigenheiten auf, wie z. B. zyklische Materialflüsse, die herkömmlichen PPS-Systemen große Probleme bereiten. Hier zeigt

sich das PPM zumindest im Rahmen der Modellierung sehr flexibel. Fraglich ist allerdings, ob alle Planungsalgorithmen des APO mit zyklischen Materialflüssen umgehen können.

3.8.2 Bewertung

Auch wenn – wie bereits erwähnt – viele PPS-Systeme mit den speziellen Anforderungen der Prozessindustrie, insbesondere der chemischen Industrie, Schwierigkeiten haben, so weist das PPM und damit der APO hier deutliche Anzeichen einer branchenübergreifenden Ausrichtung auf. Das PPM kann somit Unternehmen mit jeglicher Struktur der Werkstoffbearbeitung umfassend unterstützen.

3.9 Ergebnis der Untersuchung

Anhand der in den vorigen Kapiteln angestellten Analyse der Merkmale von Bild 5 kann das Ergebnis der Untersuchung wiederum in Form eines morphologischen Kastens (Bild 14) dargestellt werden. Hin und wieder fließen auch Umstände in die zweistufig vorgenommene Bewertung mit ein, die nicht allein auf das PPM zurückreichen, sondern auf weitere im APO vorhandene Funktionen eingehen. Ein „☺“ steht hierbei für eine gute Abdeckung seitens des PPM, ein „☹“ weist daraufhin, dass sich in diesem Bereich noch relativ großes Verbesserungspotenzial ausschöpfen lässt.

Insgesamt deckt das PPM die meisten Anforderungen gut ab. Dies liegt daran, dass das PPM abstrakt formuliert ist und die erforderliche Allgemeinheit größtenteils aufweist. Das folgende Kapitel versucht in einem letzten Schritt, die aus der typologischen Analyse gewonnenen Erkenntnisse in einen Branchenbezug zu setzen.

3.10 Herstellung des Branchenbezugs

Wie bereits in Kapitel 2.2.4 dargelegt, kann man nicht davon ausgehen, dass Unternehmen ein und derselben Branche auch identische Produktionsprozesse haben. Will man dennoch eine Branche mithilfe ausgewählter Merkmale typologisch einordnen, so wird es schwer sein,

Merkmal	Merkmalsausprägung				Bewertung
Erzeugnis-spektrum	Erzeugnisse nach Kundenspezifikation 😊	Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten 😊	Standarderzeugnisse mit Varianten 😊	Standarderzeugnisse ohne Varianten 😊	😊
Erzeugnis-struktur	Einteilige Erzeugnisse 😊	Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur 😐	Mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur 😐		😐
Auftragsaus-lösungsart	Produktion auf Bestellung mit Einzelauftrag 😐	Produktion auf Bestellung mit Rahmenauftrag 😊	Produktion auf Lager 😊		😊
Fertigungs-art	Einzel-fertigung 😐	Serien-fertigung 😊	Massen-fertigung 😊		😊
Fertigungs-ablaufart	Baustellen-fertigung 😐	Werkstatt-fertigung 😐	Gruppen-/Linien-fertigung 😊	Fließ-fertigung 😊	😊
Fertigungs-struktur	Fertigung mit geringer Tiefe 😊	Fertigung mit mittlerer Tiefe 😐	Fertigung mit großer Tiefe 😐		😐
Intensität des Faktor-einsatzes	Arbeits-intensive Produktion 😊	Betriebsmittel-intensive Produktion 😊	Werkstoff-intensive Produktion 😊	Energie-intensive Produktion 😊	😊
Struktur der Werkstoff-bearbeitung	Synthetische Produktion 😊	Analytische Produktion 😊	Durchlaufende Produktion 😊	Umgrup-pierende Produktion 😊	😊

Bild 14 Ergebnis der betriebstypologischen Analyse

Unterschiede zwischen einzelnen Branchen scharf abzugrenzen. Loos beispielsweise stellt in seiner Arbeit alle Merkmalsausprägungen zusammen, die auf Unternehmen der chemischen Industrie zutreffen, und kommt zu dem Ergebnis, dass fast alle im morphologischen Kasten aufgeführten Ausprägungen auch in der chemischen Industrie bedeutsam sind [Loos97, 66]. Die Typologisierung einer weiteren Branche würde unweigerlich zu enormen Überlappungen führen, die den Zweck der Einordnung fragwürdig erscheinen lassen.

Um festzustellen, inwiefern das in Kapitel 3.9 dargestellte Ergebnis der betriebstypologischen Analyse auf eine einzelne Branche anwendbar ist, bietet sich folgendes Verfahren (Bild 15) an: Jeder Branche ist eine Menge von Unternehmen zugeordnet. Jedes einzelne dieser Unternehmen weist eine bestimmte Kombination von Merkmalsausprägungen (Typologie) auf, mit der über einen Vergleich mit dem Ergebnis in Kapitel 3.9 eine Bewertung des Unternehmens getroffen werden kann. Aus der Summe der Bewertungen mehrerer Unternehmen

einer Branche kann eine Gesamtbewertung der Branche getroffen werden. Die Bewertung einer Branche erfolgt also nicht direkt, sondern erst über eine typologische Einordnung einzelner ihr zugehöriger Unternehmen. Im Folgenden wird der Ablauf für ein Unternehmen der Stahlbranche exemplarisch dargestellt.

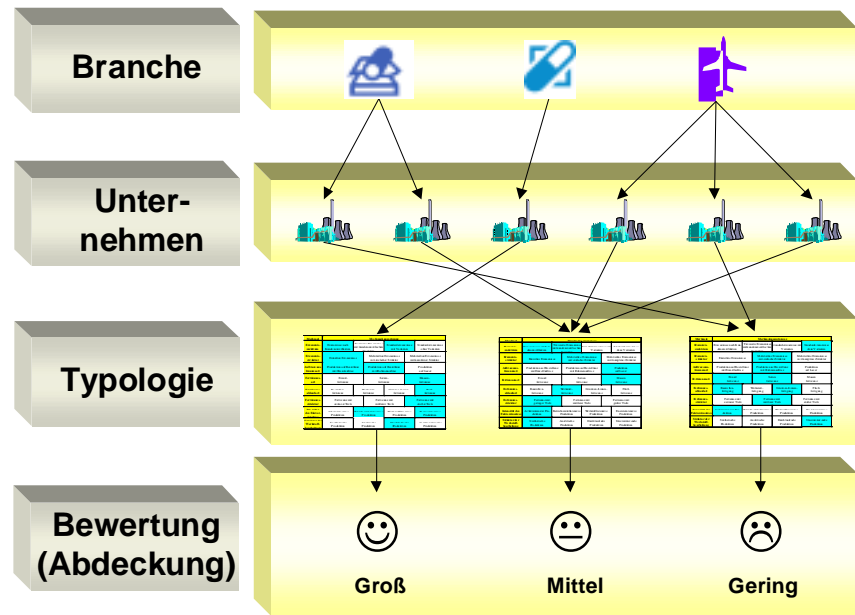


Bild 15 Verfahren zur Bewertung von Branchen

Die Salzgitter AG ist das zweitgrößte Stahl erzeugende Unternehmen in Deutschland.

Bild 16 stellt die Ausprägungen der Salzgitter AG in dem bereits bekannten morphologischen Kasten dar.

Das Erzeugnisspektrum umfasst sowohl Standarderzeugnisse mit Varianten als auch Erzeugnisse nach Kundenspezifikation, z. B. speziell für Kunden der Automobilindustrie angefertigte Bleche. Gerade aufgrund der Anforderungen der Automobilindustrie sind auch in der Stahlbranche mehr und mehr Züge einer JIT-Fertigung zu beobachten, allerdings existieren auch viele Rahmenaufträge. Die Erzeugnisstruktur ist vorwiegend einteilig (Stahlrohre, Wellbleche etc.), die Struktur der Fertigung kann allerdings als tief bezeichnet werden, da bis zu elf Fertigungsstufen zu durchlaufen sind. Die Stahlindustrie ist durch teure Produktionsanlagen, wie z. B. Hochöfen, mit einem hohen Energiebedarf gekennzeichnet. Um die Rüstkosten möglichst gering zu halten, werden eine Großserien- und Massenfertigung angestrebt. Der Fertigungsablauf kann als Fließfertigung (ohne Zeitzwang) angesehen werden, da ein Abweichen von einer bestimmten Abfolge von Arbeitsschritten kaum möglich ist. Die Struktur der Werkstoffbearbeitung ist vorwiegend durchlaufend, da die Eingangs-

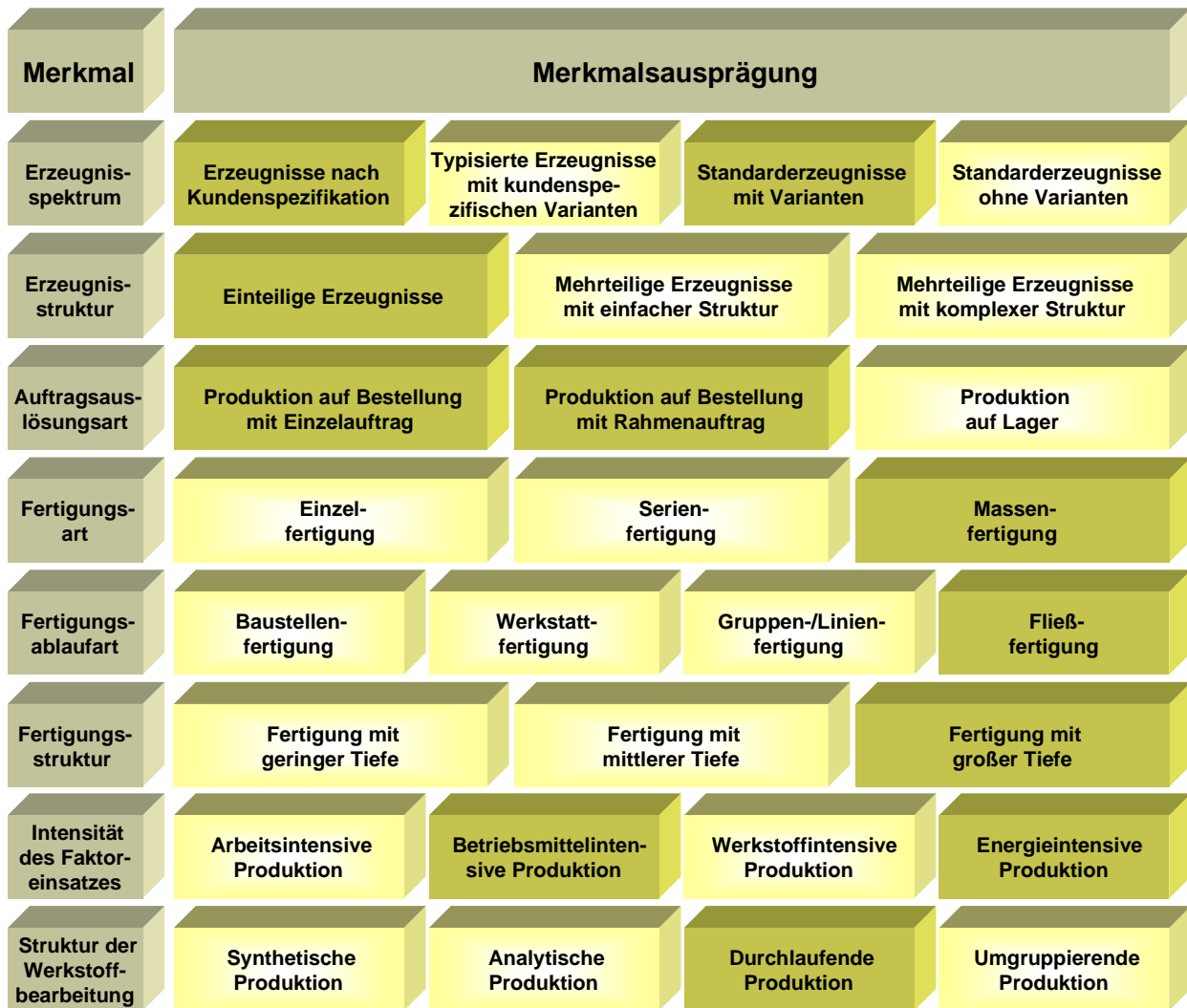


Bild 16 Morphologie der Salzgitter AG

materialien hauptsächlich durch chemische oder physikalische Prozesse verändert werden, wie z. B. im Bereich der Oberflächenveredlung durch Verzinkung [KnMe99, 180-185; Pfad99].

Bei einem Vergleich von Bild 14 mit Bild 16 zeigt sich, dass lediglich die Fertigungsstruktur (hohe Tiefe) und die Auftragsauslösungsart (Einzelaufträge) noch besser unterstützt werden könnten. Ansonsten ist der APO bzw. das PPM gut für die Produktion der Salzgitter AG geeignet. Eine Bewertung der gesamten Stahlbranche ist erst nach Bewertung weiterer Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges möglich.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Unsere betriebstypologische bzw. branchenspezifische Analyse zeigte: Es ist möglich, mithilfe eines PPMs auch eine komplizierte Standardsoftware wie den APO so allgemein zu halten, dass die Produktionsprozesse von Unternehmen unterschiedlichen Typs und verschiedener Branchen abgebildet werden können. Dennoch zeigten sich Chancen, Standardsoftware noch besser an die Besonderheiten der Betriebe zu adaptieren. Hier liegt eine umfangreiche Aufgabe vor der Wirtschaftsinformatik.

Eine umfassende Analyse des APO-Systems einschließlich seiner Module scheint ein reizvoller Ansatz zu sein, die gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen und auszubauen.

Literaturverzeichnis

- [Akin96] *Akin, Bülent*: Formale Fundierung typologischer Forschung in der Betriebswirtschaftslehre – Ein Ansatz zur Vereinheitlichung aus fächerübergreifender Sicht. Diskussionspapier Nr. 9602, Universität Mannheim, 1996.
- [Bich92] *Bichler, Klaus et al.*: Logistikorientiertes PPS-System; Konzeption, Entwicklung und Realisierung. Gabler, Wiesbaden 1992.
- [Brau99] *Braun, Marc*: Ausdifferenzierung eines Componentware-PPS-Systems in Richtung auf Branchen und Betriebstypen. Dissertation, Erlangen 1999.
- [GlGe92] *Glaser, Horst; Geiger, Werner et al.*: PPS – Produktionsplanung und -steuerung; Grundlagen – Konzepte – Anwendungen; 2. Auflage. Gabler, Wiesbaden 1992.
- [Groß74] *Große-Oetringhaus, Wigand*: Fertigungstypologie unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsablaufplanung. In: *Kosiol, Erich et al. (Hrsg.)*: Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse, Band 65. Duncker & Humblot, Berlin 1974.
- [Hoit93] *Hoitsch, Hans-Jörg*: Produktionswirtschaft, 2. Auflage. Vahlen, München 1993.
- [KnMe99] *Knolmeyer, Gerhard; Mertens, Peter et al.*: Supply Chain Management auf Basis von SAP-Systemen: Perspektiven der Auftragsabwicklung für Industriebetriebe. Springer, Berlin 1999.
- [Küpp79] *Küpper, Hans-Ulrich*: Produktionstypen. In: *Kern, Werner (Hrsg.)*: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Poeschel, Stuttgart 1979, Sp. 1638-1647.
- [Kurb95] *Kurbel, Karl*: Produktionsplanung und -steuerung, Methodische Grundlagen von PPS-Systemen und Erweiterungen, 2. Auflage. In: *Endres, Albert et al. (Hrsg.)*: Handbuch der Informatik, Band 13.2. Oldenbourg, München 1995.
- [Loos97] *Loos, Peter*: Produktionslogistik in der chemischen Industrie – Betriebstypologische Merkmale und Informationsstrukturen. In: *Scheer, August-Wilhelm (Hrsg.)*: Schriften zur EDV-orientierten Betriebswirtschaft. Gabler, Wiesbaden 1997.

- [MeHa96] *Meyer, Manfred, Hansen, Klaus*: Planungsverfahren des Operations Research für Wirtschaftswissenschaftler, Informatiker und Ingenieure, 4. Auflage. Vahlen, München 1996.
- [Mert97] *Mertens, Peter*: Integrierte Informationsverarbeitung 1, Administrations- und Dispositionssysteme in der Industrie, 11. Auflage. Gabler, Wiesbaden 1997.
- [Neub98] *Neubauer, Georg*: Prozeßorientierte Auswahl von PPS-Systemen. In: *Uhlmann, Eckart (Hrsg.)*: Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin. Berlin 1998.
- [Pfad99] Persönliche Auskunft von Herrn Andreas Pfadenhauer, SAP AG.
- [Rich99] *Richter, Marco*: Modellierung von Fertigungsprozessen mit SAP APO PP/DS. Diplomarbeit, TU-Darmstadt 1999.
- [SAP98] SAP AG: System R/3 Produktvariantenstruktur (PVS). Informationsbroschüre der SAP AG, Walldorf 1998.
- [SAP99a] *Schneider, Ralph*: Weitsicht, die sich auszahlt – SAP Advanced Planner & Optimizer (APO) Release 2.0. In: SAPINFO (1999) 61, S. 37-39.
- [SAP99b] *Kern, Thomas*: SAP Automotive, PVS: Product Variant Structure, RPM: Rapid Planning Matrix. <http://wwwint01.wdf.sap-ag.de/sapphire/nice/pdf/r08.pdf>, Präsentation auf der Sapphire in Nizza 1999, Abruf am 1999-10-18.
- [SAP99c] *Widera, Arnold*: Automotive und New Dimension / APO – Standardsoftware im 21. Jahrhundert. Präsentation auf der CeBIT, 1999.
- [SAP99d] *Diener, Albrecht; Kühn, Martin*: SAP Advanced Planner and Optimizer. http://wwwint01.wdf.sap-ag.de/germany/pdf/diener_albrecht.pdf, Präsentation beim SAP APO Infotag 1999, Abruf am 1999-10-19.
- [Schä69] *Schäfer, Erich*: Der Industriebetrieb - Betriebswirtschaftslehre der Industrie auf typologischer Grundlage, 1. Auflage. Westdeutscher Verlag, Köln 1969.
- [Sche94] *Scheer, August-Wilhelm*: Wirtschaftsinformatik, Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 5. Auflage. Springer, Berlin 1994.

- Schn98 *Schneider, Herfried*: Produktionsplanung und -steuerung: Erkenntnisstand und Entwicklungstendenzen – Literaturstudie. In: *Schneider, Herfried (Hrsg.)*: Schriften zum Produktionsmanagement, Nr. 4. Ilmenau 1998.
- [Scho80] *Schomburg, Eckart*: Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau. Dissertation, Aachen 1980.
- [Schw94] *Schwarze, Jochen*: Netzplantechnik – Eine Einführung in das Projektmanagement, 7. Auflage. NWB, Berlin 1994.
- [Vahl97] *Bloech, Jürgen; Ihde, Gösta B. (Hrsg.)*: Vahlens Großes Logistik-Lexikon. Vahlen, München 1997.
- [Wern99] Persönliche Auskunft von Herrn Bernd Werner, SAP AG.
- [Wojt99] Persönliche Auskunft von Herrn Andreas Wojtyczka, SAP AG.