

Computergestützte Bearbeitung von betrieblichen Abläufen kennen

Computerunterstützte Tätigkeiten durchdringen mehr und mehr alle Bereiche der Produktionstechnik.

Mit diesem Lernmodul erhalten die zukünftigen Informatikerinnen und Informatiker einen Überblick über das computergestützte Ingenieurwesen sowie die auf dem Markt verbreiteten CAX-Systeme.

Schwerpunktmäßig wird die Produktionsplanung und -steuerung mit ihren Zielen und Merkmalen sowie in ihrem prinzipiellen Ablauf dargestellt.

Dabei wird auch auf technologische Größen wie Losgrößen, Terminierung und Kapazitätsauslastung Wert gelegt.

Mit einem Labor zum Kennenlernen eines PPS-Systems wird diese Zielstellung weiter unteretzt.

Alle notwendigen Informationen und Arbeitsunterlagen sind in diesem Lernmodul enthalten.

Dieses Lernmodul ist im häuslichen Studium zu erarbeiten.

Der benötigte Zeitaufwand liegt bei ca. 15 Stunden.

Zusätzlich finden im Begleitunterricht 5 Stunden Festigung und Vertiefung fachspezifischer und fächerübergreifender Zusammenhänge sowie die Beschreibung typischer Aufgaben und Problemstellungen statt.

In diesen 5 Stunden ist das Labor „PPS“ im Umfang von ca. 3 Stunden integriert.

LERNMODUL 6

Ziele

Ausgangssituation

Planung

Fallbeispiel**Vorbereitung der weiteren computergestützten Arbeit in der Firma Muster**

Sie sind als angehender Informatiker in der Fa. Muster beschäftigt und Mitglied einer Projektgruppe zur Firmenerweiterung.

Die Fa. Muster stellt im wesentlichen Präzisionsdrehteile her und will den Produktionsumfang auf der Basis von Verträgen mit neuen Partnern aus der Automobilbranche verdoppeln.

Ausgehend von der konkreten Situation der Fa. Muster

- einige Prozesse (Betriebsmittelverwaltung, Bestellwesen, Abrechnung) in der Firma laufen schon computergestützt,
- die PC-Arbeitsplätze sind vernetzt und
- es besteht außerdem eine Vernetzung mit den Firmenpartnern

steht vor der Projektgruppe die Aufgabe, bezogen auf das Teilesortiment

- die computerunterstützte Konstruktion für den Werkzeugbau,
- ein Qualitätsmanagement-System verknüpft mit einer computergestützten Arbeits- und Ablaufplanung sowie
- ein PPS-System basierend auf einem CAQ-Konzept

einzuführen.

1 CAX-Systeme	4
1.1 Arten von CAX-Systemen	4
1.2 Aufgaben der computergestützten Konstruktion	6
1.3 Überblick über die computergestützte Arbeitsplanung	9
1.4 Aufgaben der computergestützten Qualitätssicherung	11
2 PPS-Systeme	15
2.1 Merkmale, Ziele und Aufgaben	15
2.2 Auftragserarbeitung	24
2.3 Durchlaufplanung	28
2.4 Kapazitätsauslastung	32
2.5 PPS-Konzeptionen	35
Lösungsanhang	47

Inhaltsverzeichnis

Lernbereich**1 CAX-Systeme****1.1 Arten von CAX-Systemen**

Die Menge von Informationen in einem Unternehmen fließt von den produktdefinierenden Bereichen Entwicklung, Konstruktion und Arbeitsvorbereitung in die Fertigungsbereiche.

Zur Erreichung von Wettbewerbsvorteilen sind wesentliche Unternehmensziele:

- die **Erhöhung der Produktqualität**
- die **Verkürzung der Durchlaufzeiten**
- die **Flexibilität der Fertigung**

Besonders hoch ist das Rationalisierungspotenzial in den produktdefinierenden Bereichen. Hier kann der Einsatz von CAX-Systemen (CAD, CAM usw., CA = engl. „computer aided“) einen wichtigen Einfluss auf die Durchsetzung dieser Zielstellungen haben. Die Anwendung von CAX-Systemen ist die Voraussetzung für ein **integriertes informationstechnisches Gesamtkonzept** eines Unternehmens.

Folgende Vorteile können aus dem Einsatz abgeleitet werden:

- exaktere Gestaltung und Auslegung von Produkten durch neue, nur mit Rechnerunterstützung mögliche Verfahren (wie dreidimensionale Modellierung, schnellere Berechnungen ...)
- schnellere und exaktere Erstellung norm- und fertigungsgerechter Unterlagen
- flexiblere Konstruktion und Fertigung
- schnellere Reaktion auf Kundenwünsche
- Vereinheitlichung der Arbeitsergebnisse
- Entwicklung und Bewertung mehrerer Lösungsalternativen
- Nutzung der Daten der Konstruktion für die Fertigung

Folgende Arten von CAX-Systemen haben sich entwickelt und führen bei ihrer komplexen Anwendung bis zum **Integrationskonzept CIM** (Computer Integrated Manufacturing), der rechnerintegrierten Produktion.

CAD - Computer Aided Design, rechnerunterstütztes Konstruieren

Entwicklung und Konstruktion arbeiten daran, neue, verbesserte oder abgewandelte Produkte zu kreieren. Im Ergebnis dieses Prozesses entstehen geometrische, numerische und technologische Daten zu den Einzelteilen des konstruierten Erzeugnisses (Zeichnungen, Berechnungen, Werkstoffe, Toleranzen usw.), Erzeugnisstrukturdaten (Stücklisten) und unter Umständen auch experimentelle Ergebnisse (z.B. Messprotokolle) und ergänzende Textinformationen (Bedienungs-, Wartungs-, Reparatur- und Montageanleitungen).

Rechnerunterstütztes Konstruieren bedeutet im Prinzip, die zur Verfügung stehenden informationstechnischen Hilfsmittel zur Lösung aller bei der Konstruktion anstehenden Teilaufgaben optimal zu nutzen. CAD-Systeme beschränken sich heute noch überwiegend auf die geometrisch gestaltende Konstruktion. Zunehmend gibt es aber Bemühungen zur Integration auch anderer, nicht primär geometrischer Funktionen in die CAD-Systeme. Das betrifft z.B. Entwurf und Berechnung, Entwicklung von wissensbasierten Systemen zur Unterstützung der dem Entwerfen und Ausarbeiten vorgelagerten Konstruktionsphase Konzipieren. Letztlich ist es das Ziel, die im CAD erzeugten Daten so aufzubereiten, dass sie den Informationssystemen der anderen Funktionsbereiche (CAP, CAM, CAQ und PPS) direkt zugänglich sind und nicht erst aufbereitet und umgeschlüsselt werden müssen.

CAE - Computer Aided Engineering, rechnerunterstütztes Auslegen

Während man das rechnerunterstützte Konstruieren der geometrieorientierten Aufgabenstellung zuordnet, versteht man unter CAE das **rechnerunterstützte Auslegen von technischen Produkten** im Rahmen der Entwicklung und Konstruktion. Beim CAE geht es demnach um die rechnerunterstützte Lösung von Berechnungsaufgaben (Nachrechnen bestimmter Kenngrößen, Dimensionierung von Konstruktionsparametern mit verschiedenen Berechnungssystemen) und um die Lösung von Optimierungsproblemen zur Erfüllung von Zielfunktionen.

Funktionell besteht damit eine enge Beziehung zwischen CAD und CAE, da die im CAD erstellte Konstruktion Basis für CAE ist, bzw. im CAE gewonnene Erkenntnisse Rückwirkungen auf CAD haben (z.B. Änderungen der Geometrie auf Grund von Berechnungsergebnissen).

CAP - Computer Aided Planning, rechnerunterstützte Arbeitsplanung

Bei der rechnergestützten Arbeitsplanung geht es darum, den Tätigkeitsbereich unter Nutzung informationstechnischer Hilfsmittel zu bewältigen. Außerdem soll der Datenfluss von der Konstruktion in die Arbeitsplanung und dann weiter in die Fertigungsbereiche, die Montage und die Qualitätssicherung optimiert werden.

Die aus der Konstruktion resultierenden geometrischen, numerischen, technologischen und strukturellen Daten werden in der Arbeitsplanung in **Organisations- und Steuerdaten** für die Fertigung, Montage und Qualitätssicherung umgesetzt. Im Einzelnen sind die erforderlichen Fertigungs-, Montage- und Prüfverfahren, die Betriebsmittel, die Arbeitsfolgen sowie die sich daraus ergebenden Zeiten und Materialien festzulegen. Das Ergebnis dieses Prozesses sind Arbeitspläne und, soweit sich rechnerunterstützte Fertigungs-, Montage- und Qualitätssicherungsprozesse anschließen, auch NC-, Roboter- und Prüfprogramme.

CAQ - Computer Aided Quality Assurance, rechnergestützte Qualitätssicherung

Die Begriffe, Ziele und Konzepte im Bereich Qualitätssicherung haben sich in den letzten Jahren sprunghaft entwickelt, da die Qualität von Produkten und Dienstleistungen ein entscheidender Wettbewerbsfaktor geworden ist. Aus der international wirksamen Normenfamilie ISO 9000 ... 9004 haben sich zahlreiche Aktivitäten entwickelt, die einen großen Einfluss auf CAQ haben.

Stand lange die Qualitätsprüfung im Vordergrund, also die nachträgliche Feststellung zu den Qualitätsparametern eines Erzeugnisses, haben heute **Qualitätslenkung** und **Qualitätsplanung** eine wichtige Position im betrieblichen Qualitätswesen eingenommen.

- Qualitätslenkung bedeutet, dass Qualitätsaspekte in die Steuerung des Fertigungsprozesses einfließen und die Ergebnisse der Qualitätsprüfung innerhalb eines Regelkreises in den Fertigungsprozess einfließen.
- Qualitätsplanung wird bereits im Produktentstehungsprozess wirksam, d.h. bereits Entwicklung und Konstruktion werden in die Qualitätssicherung eines Unternehmens einbezogen.

Rechnergestützte Qualitätssicherung bedeutet, dass bei der Lösung aller im Rahmen der Qualitätssicherung durchzuführenden Aufgaben geeignete informationstechnische Hilfsmittel eingesetzt werden. In der Praxis ist die Durchsetzung im Bereich der Qualitätsprüfung (Prüfplanung, Prüfdurchführung, Prüfauswertung und statistische Prozesskontrolle (SPC)) weitgehend gegeben. In weit geringerem Maße aber ist das für die Qualitätsplanung der Fall.

CAM - Computer Aided Manufacturing, rechnergestütztes Fertigen

Der Begriff rechnergestütztes Fertigen (Montage eingeschlossen) umfasst neben der rechnergestützten Arbeitsplanung und Qualitätssicherung auch die Steuerung von Werkzeugmaschinen, Handhabungsgeräten (Robotern) und Prüfmitteln, die Verwaltung der zugehörigen Betriebsmittel sowie die Steuerung der Lager- und Transportsysteme. Teilweise werden auch dispositive Aufgaben dem CAM-Bereich zugeordnet (Feinterminierung und dispositive Fertigungssteuerung).

Unter diesen Voraussetzungen geht es bei CAM im Wesentlichen um die Umsetzung der in der Arbeitsplanung erstellten Organisations- und Steuerdaten im konkreten Fertigungs- und Prüfprozess. Dabei spielt die Technik und Steuerung der Werkzeugmaschinen, Handhabungsgeräte und Prüfeinrichtungen eine dominierende Rolle. Teilaufgaben von CAM sind die Verwaltung von NC- und anderen Programmen, die Verwaltung von Maschinen, Werkzeugen und Prüfmitteln, die Lagersteuerung, die Materialfluss-Steuerung, die Qualitätsprüfung und -lenkung sowie die Instandhaltung. CAM kann komplex aber auch dezentralisiert eingesetzt werden. Beim dezentralen Einsatz werden die einzelnen Funktionen von mehreren voneinander unabhängigen Computern gesteuert.

1.2 Aufgaben der computergestützten Konstruktion

Eine Rechnerunterstützung beim Konstruieren bietet sich vor allem für die formalgeistigen, manuell-schematischen und algorithmischen Tätigkeiten an. Im Entwicklungs- und Konstruktionsprozess treten diese vor allem in den Phasen **Entwerfen und Ausarbeiten** bei **Varianten- und Anpassungskonstruktionen** verstärkt auf. So waren die ersten informationstechnischen Unterstützungssysteme für den Konstruktionsprozess auf formalgeistige Tätigkeiten in den Phasen Entwerfen und Ausarbeiten gerichtet. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der rechnerunterstützten Konstruktion.

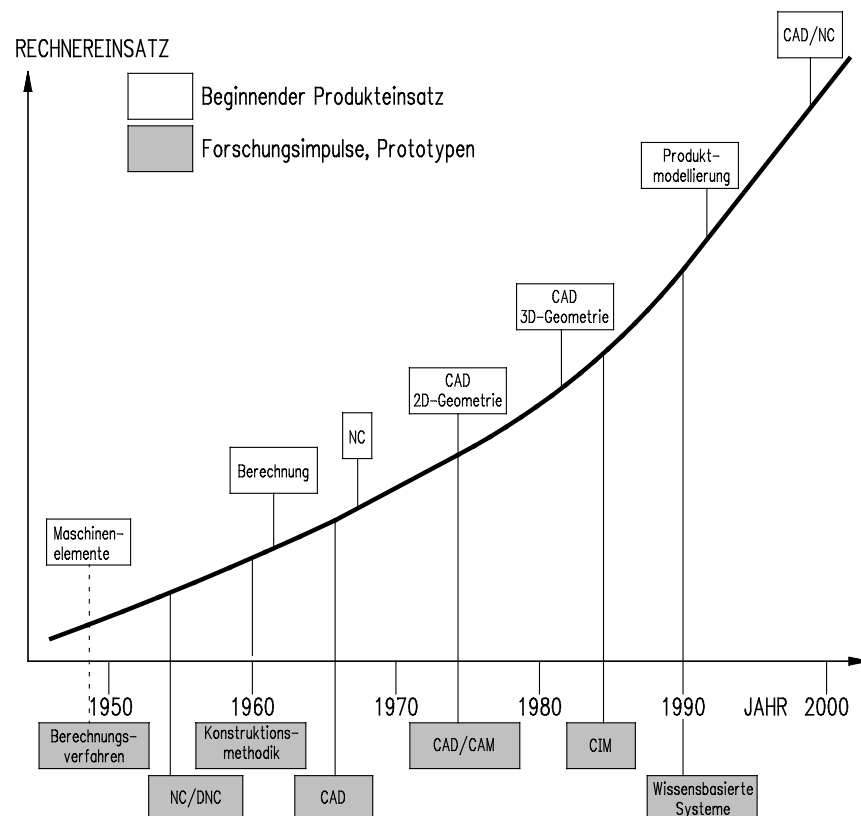


Abbildung 1 Entwicklung der Rechnerunterstützung für Konstruktion und Fertigung

Ein wesentlicher Schritt in dieser Entwicklung war die Fähigkeit der CAD-Systeme zur **Geometriemodellierung**. Sie war die Voraussetzung zur Einführung der Rechen-technik in Verbindung mit entsprechender Anwendungssoftware als Hilfsmittel für den Konstrukteur. Auch heute liegen die Schwerpunkte der CAD-Technik für die Konstruktion auf dem Gebiet der Geometriedatenerfassung und -verarbeitung. Eine weitere Domäne der Rechnerunterstützung ist die Verwaltung und Bereitstellung von großen Informationsbeständen.

Die Rechnerunterstützung hat sich durch CAD-Systeme besonders bei der Variantenkonstruktion erfolgreich durchgesetzt. Die Tatsache, dass ein Computer sich im Prinzip nur dazu eignet, die ihm in Form eines Programms vermittelten formalgeistigen Operationen wiederholt auszuführen, wirft die Frage auf, nach welchem Konzept Neu- bzw. Anpassungskonstruktionen mit Rechnerunterstützung durchgeführt werden können. Das lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Zur Bearbeitung beliebiger Neukonstruktionen können nur die übergeordneten Gemeinsamkeiten sämtlicher Entwürfe des Maschinenbaus im Voraus programmiert und im Rahmen der CAD-Systeme bereit gestellt werden.
- Die übergeordneten Gemeinsamkeiten aller Entwürfe (bezogen auf 2D-Systeme) sind die allgemeinen **Geometrieelemente** Punkt, Strecke, Kreis, gegebenenfalls ergänzt durch einige oft vorkommende **Geometriemakros** wie Gewinde, Wellenelemente, Einstiche usw. (siehe Abbildung 2)
- Das CAD-System muss Operatoren zum Erzeugen, Modifizieren, Verknüpfen, Trennen und Löschen der genannten Geometrieelemente beinhalten.
- Die genannten Operatoren dürfen nicht in Form von geschlossenen Programm- bausteinen vorliegen, sondern sie müssen im Rahmen eines **interaktiven Dialoges** zwischen Konstrukteur und Rechner frei abgerufen werden können.
- Um die Akzeptanz und die Wirtschaftlichkeit des gesamten Verfahrens sicherzu- stellen, müssen erhebliche Anforderungen an die Form und die Geschwindigkeit des interaktiven Dialoges gestellt und von ihm erfüllt werden.

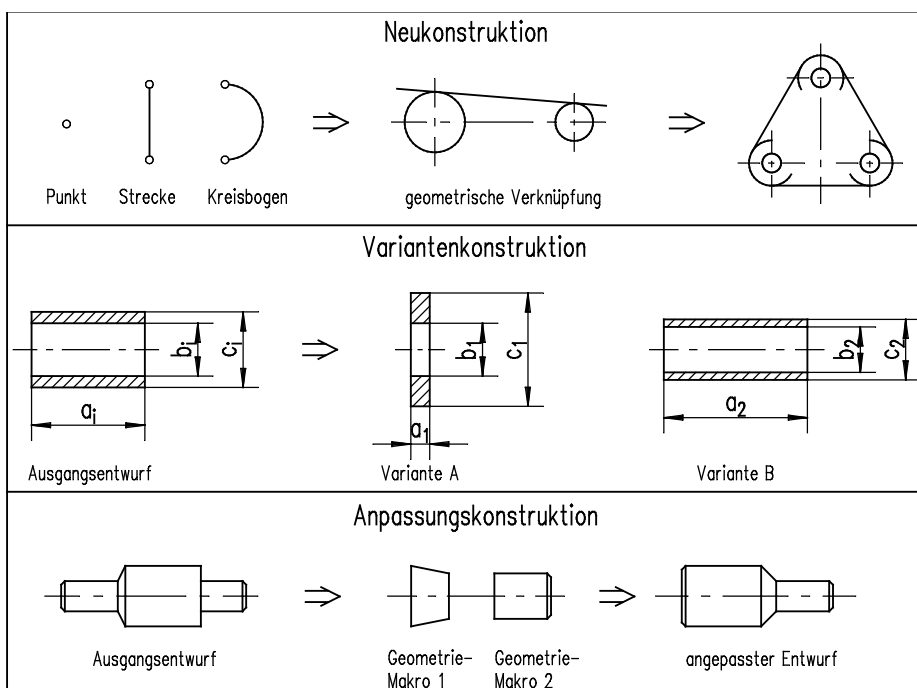


Abbildung 2 Neu-, Varianten- und Anpassungskonstruktion mit CAD im Vergleich

Der interaktive Dialog zwischen Konstrukteur und Rechner wird heute üblicherweise mit einer **grafikorientierten Menütechnik** realisiert. Auf Grund der in den letzten Jahren ständig gestiegenen Leistungsfähigkeit der Hardware hat sich die Dialoggeschwindigkeit auch für den dreidimensionalen Dialogbereich ständig erhöht. Hinzu kommt, dass die Konkurrenz auf dem CAD-Markt die Anbieter dazu gezwungen hat, immer komfortablere Benutzeroberflächen zu entwickeln. Beispiele dafür sind:

- Flexiblere, nicht an eine starre Reihenfolge gebundene Eingabedialoge. Das System erkennt anhand der Eingabe selbst, was gemeint ist
- Intelligente Vorbelegungsstrategien für Parametereingaben, z.B. automatische Übernahme von Parameterwerten in den nächsten gleichartigen Befehl
- Definitionsmöglichkeiten für häufig vorkommende benutzerspezifische Befehlssequenzen
- Bereitstellung einer **elektronischen Skizzentchnik** mit anschließendem automatischen Ausrichten (Trimmen) der skizzierten Geometrieelemente
- Bei **dreidimensionalen CAD-Anwendungen** Einsatz spezieller Grafikprozessoren, die in der Regel fließende, fast filmartige Bewegungen des dargestellten Objektes ermöglichen

Zum heutigen Zeitpunkt sind in der Praxis die Anwendungen der zweidimensionalen CAD-Systeme den dreidimensionalen CAD-Systemen zahlenmäßig noch deutlich überlegen. Dafür gibt es neben den höheren Kosten sicher eine Reihe weiterer Gründe:

- Einfache Umsetzung der bisherigen Arbeitsweise am Zeichenbrett auf den Computer
- Beschränkungen der modellierbaren Geometrien
- Die Bedienung der dreidimensionalen Systeme wird oft als schwieriger empfunden

Basis der Bauteil-, Baugruppen- und Produktmodellierung mit einem zweidimensionalen CAD-System ist in der Regel ein **kartesisches (x/y-) Koordinatensystem**. Bei vielen Systemen ist eine Umschaltung auf **Polarkoordinaten** möglich. Auf das zu Grunde liegende Koordinatensystem beziehen sich die Positionierungen und Orientierungen aller Zeichnungselemente. Es wird als **globales Koordinatensystem** bezeichnet. Davon zu unterscheiden sind lokale Koordinatensysteme, deren Ursprünge als Referenzpunkte zu einzelnen Geometrieelementen gehören.

Beim dreidimensionalen Modellieren liegt in der Regel ein **dreidimensionales kartesisches Koordinatensystem** zu Grunde, das auf dem Grafikbildschirm angezeigt wird. Bei manchen CAD-Systemen ist die Umschaltung auf **Zylinderkoordinaten** und/oder **Kugelkoordinaten** möglich. Auch im dreidimensionalen Fall beziehen sich die Positionierung und die Orientierung auf das globale Koordinatensystem. Bei einigen 3D-Systemen werden auch Arbeitskoordinatensysteme angeboten, sodass der Bearbeiter nach freier Wahl mit unterschiedlichen Koordinatensystemen arbeiten kann.

1.3 Überblick über die computergestützte Arbeitsplanung

Historisch ist die Entwicklung der rechnerunterstützten Arbeitsplanung mit der Entwicklung von Sprachen zur Programmierung von Werkzeugmaschinen verbunden. Heute versteht man unter CAP die Beschleunigung und Erleichterung aller Tätigkeiten der Arbeitsplanung (Abbildung 3).

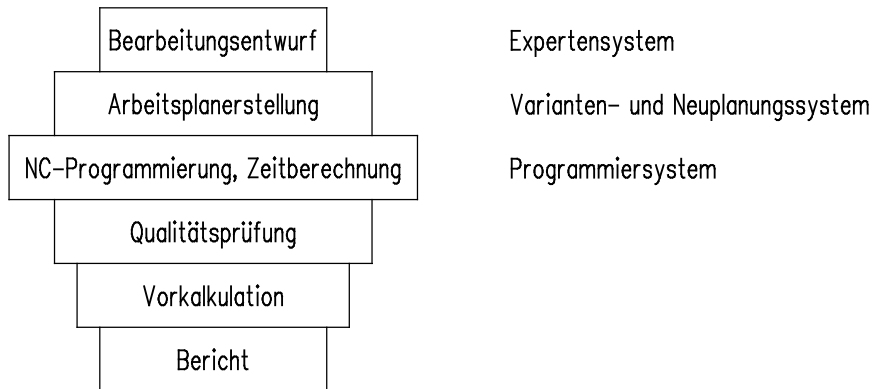


Abbildung 3 CAP-Systempyramide

Damit verbunden ist die automatisierte Erstellung der aus der Arbeitsplanung resultierenden Ergebnisse (erweiterte Stücklisten, Arbeitspläne, NC-Programme).

Die **informationstechnischen Unterstützungssysteme** für die Arbeitsplanung lassen sich grob unterscheiden in **Arbeitsplanverwaltungssysteme** und **Arbeitsplanerstellungssysteme**.

- **Arbeitsplanverwaltungssysteme** sind Systeme, die auf einem Klassifizierungssystem beruhen, mit dem einmal erstellte Arbeitspläne verschlüsselt, gespeichert und wieder aufgerufen werden können, um durch aktuelle Daten geändert oder ergänzt zu werden. Eine Unterstützung bei der inhaltlichen Bearbeitung der Arbeitspläne erhält der Arbeitsplaner nicht.
- **Arbeitsplanerstellungssysteme** sind Systeme, die es ermöglichen, den Arbeitsplaner bei der Erstellung und Änderung von Arbeitsplänen inhaltlich zu unterstützen. Ähnlich wie in der Konstruktion (Varianten-, Anpassungs- und Neukonstruktion) kann hier unterschieden werden in Varianten-, Anpassungs- und Neuplanung.

Bei der **Variantenplanung** wird aus einem vorher erstellten Standardarbeitsplan für eine bestimmte Baugruppe, ein Einzelteil oder ein Produkt durch Einsetzen neuer Parameter der so genannte Variantenarbeitsplan erstellt. Bei der **Anpassungsplanung** (auch Ähnlichkeitsplanung genannt) wird ein neuer Arbeitsplan aus bereits schon vorhandenen Arbeitsplänen entwickelt. Dabei werden aus dem Gesamtbestand der Arbeitspläne ähnliche Lösungen gesucht, analysiert, einzelne Teilschritte extrahiert und aus Teilplänen ein Gesamtplan gestaltet. Diese Schritte können durch Dialogeingaben oder einen Planungsalgorithmus ausgeführt werden. Voraussetzung ist eine Klassifizierung der Arbeitspläne nach Ähnlichkeitsmerkmalen.

Neuplanungssysteme arbeiten nach dem Generierungsprinzip. Hier wird jeder Arbeitsplan neu erstellt. Im einfachsten Fall geschieht das durch Abruf vordefinierter „Makros“ (Standardvorgänge, typische Arbeitsgänge usw.) für einzelne Arbeitsvorgänge oder Arbeitsvorgangskombinationen. Diese werden mit Parametern versorgt und zu einem Arbeitsplan zusammengestellt. Inhaltlich enthalten diese Makros Angaben zu den Betriebsmitteln, Werkzeugen, zu Schnittwerten sowie Zeit- und Kostenfaktoren.

Eine weitgehende Unterstützung des Bearbeiters ist dann gegeben, wenn das Planungssystem, ausgehend von möglichst wenig Eingabedaten, auf Grund von hinterlegten Generierungsvorschriften die Arbeitsvorgangsfolge weitgehend selbstständig ermittelt. Im Idealfall muss dem System dazu nur eine Beschreibung des Bauteiles bzw. der Baugruppe vorgeben werden.

Noch einen Schritt weiter geht der Ansatz, die Formelemente nicht mehr durch den Bearbeiter vorzugeben, sondern sie aus dem CAD-System direkt zu übernehmen. Diese Variante erfordert **wissensbasierte Methoden** zur Erkennung der im CAD-Modell enthaltenen Formelemente.

Wie auch bei den CAD-Systemen gibt es eine Vielzahl CAP-Systeme auf dem Markt. Sie arbeiten alle nach einer der oben beschriebenen Strategien. Zum Teil handelt es sich um reine CAP-Systeme, in vielen Fällen sind sie mit CAD- und CAM-Systemen gekoppelt.

In der folgenden Tabelle sind die Merkmale dreier CAP-Systeme zusammengefasst.

	AUTAP RWTH Aachen	CAPSY TU Berlin	DREKAL Univ. Hannover
Einsatzbereich	Rotations- und Blechteile Technologien Drehen und Stanzen	Rotationsteile Technologien Drehen und Bohren	Rotationsteile (Einzel- und Kleinserienfertigung)
Eingangsdaten	Werkstückbeschreibung durch Formelemente	Werkstückbeschreibung der Roh- und Fertigkonturen mit Zusatzangaben	Werkstückbeschreibung durch Fertigungselemente
Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> - automatische Ermittlung der Arbeitsgangfolge nach dem Generierungsprinzip - Bestimmung der Rohteilabmessungen - automatische Zuordnung der Fertigungsmittel - Berechnung von Vorgabezeiten - NC-Programmierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung der Arbeitsvorgangsfolge im Dialog nach dem Generierungsprinzip - Festlegung der Fertigungsmittel und Fertigungshilfsmittel im Dialog - grafische Stimulation zur Dialogunterstützung - Berechnung von Vorgabezeiten - Kostenvorkalkulation - NC-Programmierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung der Arbeitsvorgangsfolge im Dialog und z.T. auch nach dem Generierungsprinzip - Festlegung der Fertigungsmittel und Fertigungshilfsmittel im Dialog - Berechnung von Schnittwerten und Vorgabezeiten - Kostenkalkulation - Zeiten- und Kostenvergleichsrechnung
Ergebnisse	Arbeitspläne Fertigungsanweisungen NC-Programme Werkzeugeinrichtpläne	Arbeitspläne Fertigungsanweisungen Spannpläne NC-Programme Kostenvorkalkulationen	Arbeitspläne Kostenvorkalkulationen
Arbeitsweise/ Struktur	<ul style="list-style-type: none"> - Verarbeitung weitgehend automatisch - übergeordnete Planungslogik in Programmbausteinen abgelegt - Anpassung durch anwenderspezifische Zusammenstellung der Programmbausteine und durch Einfügen spezifischer Daten und Regeln 	<ul style="list-style-type: none"> - Verarbeitung im Dialog - Steuerprogramm ruft separate Bausteine für verschiedene Bearbeitungsverfahren auf - Einzelbausteine nach Funktionen hierarchisch gegliedert - Anpassung durch anwenderspezifische Dateien 	<ul style="list-style-type: none"> - Verarbeitung im Dialog - geschlossenes Programmsystem - Anpassung durch anwenderspezifische Dateien

Tabelle 1 Übersicht der Arbeitsplanerstellungssysteme AUTAP, CAPSY, DREKAL

1.4 Aufgaben der computergestützten Qualitätssicherung

Der Begriff „Rechnergestützte Qualitätssicherung CAQ“ hat sich mit der Einführung der Normenreihe **ISO 9000 ... 9004** als Sammelbegriff für die gesamten computerunterstützten Maßnahmen im **Qualitätsmanagement** (QM) der Unternehmen durchgesetzt. Weil einheitliche Vereinbarungen zu Beschreibungen von CAQ-Systemen sowohl bei den Anbietern als auch bei den Anwendern fehlen, gibt es erhebliche Unsicherheiten über den geforderten Leistungsumfang, die Aufgaben und die Ziele dieser Systeme. Im Komplex mit anderen CAX-Systemen und einer geeigneten Netzwerk-konfiguration sind gute Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz gegeben.

Bevorzugte **Einsatzgebiete** für die Rechnerunterstützung im Qualitätswesen sind:

- Qualitätsprüfung am gefertigten Erzeugnis
- QM-Maßnahmen mit indirektem Produktbezug
- Prüfmittelverwaltung
- Dokumentationsaufgaben
- Realisierung statistischer Methoden
- Zuverlässigkeitsberechnungen
- Aufbereitung von Qualitätsdaten und deren Visualisierung
- Qualitätsdatenauswertung bis zum Qualitätsbericht

Heute ist die Gestaltung eines CAQ-Systems vorwiegend eine organisatorische Aufgabe, die größere Unternehmen aus eigener Kraft und kleine/mittlere Unternehmen mithilfe von Softwarehäusern lösen. Die Aufgabengebiete im Qualitätsmanagement lassen sich zum Beispiel in einem Drei-Ebenen-Modell nach drei Schwerpunkten gliedern: **Qualitätsplanung**, **Qualitätslenkung** und **Qualitätsprüfung**.

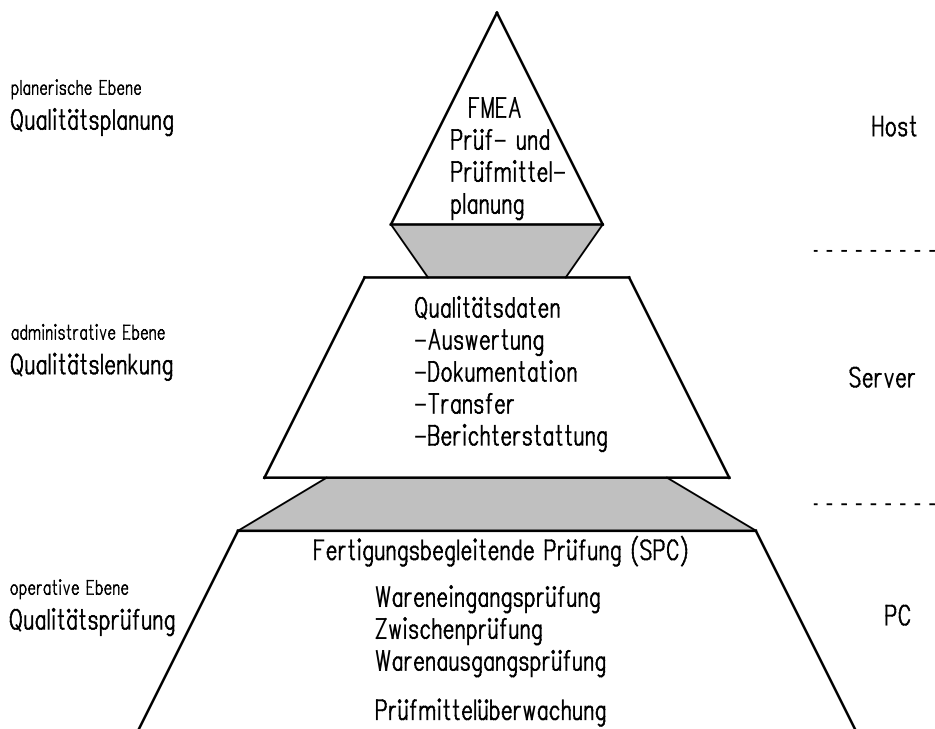


Abbildung 4 Drei-Ebenen-Modell des Qualitätsmanagements

Das Drei-Ebenen-Modell ist in der Praxis weit verbreitet - oft ist diese Struktur, je nach Unternehmensstruktur und Komplexität der Aufgaben, auch vereinfacht oder aufwändiger aufgebaut.

Rationelle CAQ-Lösungen erfordern in zunehmendem Maße auch die Verknüpfung hausinterner Systeme untereinander und mit externen, z.B. mit Kunden und Lieferanten. Ein typisches Beispiel dafür ist die Automobilindustrie. Ohne CAQ-Systeme auch bei den Zulieferern geht dort nichts mehr.

Ein CAQ-System besteht aus folgenden Komponenten:

- Hardware
- Periphere Einheiten (Sensoren, Messgrößenverarbeiter usw.)
- Anwendersoftware (Prüfprogramme, Programme für statistische Analysen, Steuerungsprogramme usw.)
- Datenbanken zur Speicherung und Bereitstellung von Daten
- Netzwerke und Schnittstellen zur Fertigung

Die betriebliche Einführung eines CAQ-Systems stellt hohe Forderungen an das Projektmanagement. Einbezogen werden müssen die Fachleute aus den Bereichen Datenverwaltung, Qualitätswesen, Konstruktion und Fertigungsablaufplanung. Die Einführung soll schrittweise erfolgen:

- **Vorstudie** mit dem Schaffen der organisatorischen Voraussetzungen, der Zielstellung für CAQ und der Aufdeckung der Potenziale
- **Sollkonzept** mit der Ist-Aufnahme zum QM-System und der Auftragsabwicklung, der Erarbeitung eines Sollkonzepts und der Vorauswahl eines CAQ-Systems
- **Systemauswahl** mit der Erstellung eines Kriterienkataloges, einer Markt-Analyse, der Kosten/Nutzen-Analyse und der Feinauswahl des CAQ-Systems
- **CAQ-Einführung** mit der Einführungsplanung, der Erarbeitung des Maßnahmenkataloges der Projektplanung und der Systemeinführung

Besonders problematisch ist die Systemauswahl. Eine Analyse der verfügbaren Systeme zeigt, dass nur 60 % aller Wünsche, die an das System gestellt werden, maximal erfüllt werden. Das zeigt, dass es ein „bestes“ System nicht gibt.

Weiterhin gibt es beträchtliche Lücken bei der automatischen Generierung und der dialoggestützten Dateneingabe, die nur für ca. 40 % der gewünschten Funktionen angeboten wird. Die restlichen Daten müssen manuell eingegeben werden. In der Regel wird die Einführung von CAQ-Systemen im Unternehmen nur unter Hinzuziehung neutraler Berater möglich sein.

Die Einführung eines CAQ-Systems ist eine Investition und als solche unter Kosten/Nutzen-Aspekten zu beurteilen. Während die Kosten relativ klar erfassbar sind, ist der Nutzen weniger präzise darstellbar. Die Einführung eines CAQ-Systems ist deshalb für kleine und mittlere Betriebe aus heutiger Sicht schwer zu entscheiden. Im Unternehmen können jedoch bestimmte Vorgänge, die zum Qualitätswesen gehören, separat rechnergestützt bearbeitet werden.

Das betrifft z.B. folgende Schwerpunkte:

- **Qualitätskontrolle bei der Erzeugnisentwicklung**
Durch die Verknüpfung zahlreicher Unternehmen und durch das Produkthaftungsgesetz von 1990 werden an die Unternehmen Forderungen gestellt, denen sie den Einsatz bestimmter Qualitätstechniken entgegenstellen. In diesem Zusammenhang sind Techniken zu nennen wie die **FMEA** (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse), die Fehlermöglichkeiten und Risikobereiche in der Produktentwicklung analysiert. Eine weitere Qualitätstechnik ist die **Fehlerbaumanalyse (FBA)**, die mögliche Fehler ermittelt und die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens berücksichtigt.

- **Prüf- und Qualitätsplanerstellung**

Analog zur computerunterstützten Arbeitsplanung (CAP) ist auch die automatische oder teilautomatische Erstellung von Prüf- und Qualitätsplänen möglich. Dabei kann auf **Ähnlichkeitsplanung** oder **Neuplanung** orientiert werden.

- **Prüfprogrammerstellung**

Zunehmend werden computergesteuerte Prüfstände und Prüfautomaten in der Fertigung eingesetzt, für die entsprechende Software ähnlich der Steuerungssoftware von NC-Maschinen entwickelt werden muss.

- **Qualitätsprüfung**

Computerunterstützte Qualitätsprüfung kann sich auf Bauteile, Baugruppen, Funktionseinheiten und Gesamterzeugnisse beziehen. Möglich ist die Total- und die Stichprobenprüfung. Der Prüfvorgang kann automatisch oder im Dialog mit dem Bearbeiter erfolgen. Er kann sich auf den Wareneingang, die Fertigung und den Warenausgang beziehen. Durch die computergestützte Qualitätskontrolle kann die Qualitätssicherheit erheblich erhöht werden.

- **Statistische Prozesskontrolle (SPC)**

Während sich die Qualitätskontrolle auf das Ergebnis des Fertigungsprozesses bezieht, konzentriert sich die Prozesskontrolle auf den Fertigungsprozess selbst. Sie soll Mängel im Prozess, die zu Fertigungsfehlern führen, aufdecken und so den Prozess sicherer machen. Der **sichere Prozess** ist heute die Schwerpunktaufgabe der modernen industriellen Fertigung. Schwerpunkte der Prozesskontrolle liegen in der Erfassung von Prozessdaten durch Sensoren und ihre Verarbeitung im Computer, in der Online-Verbindung zur NC-Steuerung der Bearbeitungsmaschinen und in der Korrektur der Maschinensteuerung.

Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren auf dem Gebiet der computergestützten Qualitätssicherung bedeutende Fortschritte gemacht werden. Sie ist zusammen mit den anderen CAX-Systemen Voraussetzung für die Durchsetzung der rechnerintegrierten Produktion CIM.

AufgabenAufgabe 1

Welche Vorteile hat der Einsatz von CAx-Systemen und wofür ist er Voraussetzung?

Aufgabe 2

Erläutern Sie den Unterschied zwischen Neu-, Varianten- und Anpassungskonstruktion bezüglich der rechnergestützten Konstruktion!

Aufgabe 3

Nennen Sie Beispiele für moderne, komfortable Benutzeroberflächen bei CAD-Systemen!

Aufgabe 4

Welche Unterteilung gibt es für die CAP-Systeme? Nennen Sie Schwerpunkte ihres Inhalts!

Aufgabe 5

5.1 Welche Möglichkeiten gibt es, CAP-Systeme weiter zu vervollkommen?

5.2 In welchem Bereich können vollautomatisch Arbeitspläne erstellt werden?

Aufgabe 6

Nennen Sie Beispiele für die Rechnerunterstützung im Qualitätswesen!

Aufgabe 7

Was versteht man unter statistischer Prozesskontrolle?

2 PPS-Systeme

Lernbereich

2.1 Merkmale, Ziele und Aufgaben

In einem Produktionsunternehmen dient die Produktionsplanung und -steuerung der vorausschauenden Gestaltung und Lenkung der Be- und Verarbeitungsvorgänge an Verbrauchsfaktoren mit dazugehörigen Transport- und Lagervorgängen zum Zweck der Produkterstellung.

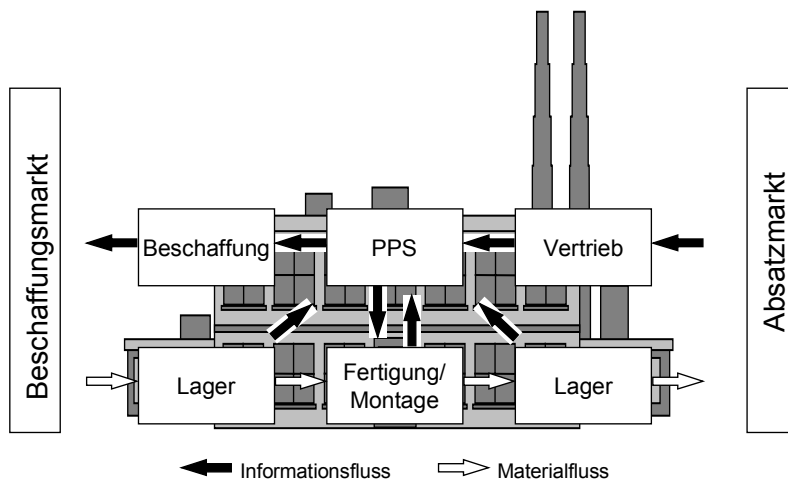


Abbildung 5 Stellung der PPS im Produktionsprozess

Die Tätigkeiten der Produktionsplanung und -steuerung sind die wesentlichen Elemente der dispositiven Auftragsabwicklung im Produktionsunternehmen. Somit steht die PPS im Zentrum des Informationsflusses zwischen dem Beschaffungsmarkt dem Unternehmen und dem Absatzmarkt (vgl. Abbildung 5). Die Aufgabe besteht darin, die Planung, Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe von der Angebotsbearbeitung bis hin zum Versand unter Mengen-, Termin- und Kapazitätsaspekten durchzuführen. Das erfordert, dass die betrieblichen Funktionen eng miteinander verzahnt werden, um Informationen zwischen allen Funktionen in alle Richtungen schnell auszutauschen.

Die Produktionsplanung und Produktionssteuerung wird durch die **Kombination der elementaren Produktionsfaktoren** menschliche Arbeit, Betriebsmittel und Material auf der Basis der Vorgaben aus dem Fertigungsprogramm und der Arbeitsplanung zur Leistungserstellung des Unternehmens realisiert. Merkmal dieses Prozesses ist eine hohe Komplexität, die in folgenden Ursachen begründet ist:

- Vielzahl von zu berücksichtigenden Faktoren
- Abhängigkeiten zwischen den Faktoren
- Parallelität zur Fertigung
- Sicherung der Wirtschaftlichkeit
- Verarbeitung großer Datenmengen

Die **Ziele** der Produktionsplanung und -steuerung leiten sich direkt aus den Unternehmenszielen ab. Über die rechnergestützte Bearbeitung dieses Prozesses sollen folgende Ziele erreicht werden:

- kurze Durchlaufzeiten für die Aufträge im Betrieb, um kurze Lieferzeiten, eine transparente Fertigung und einen schnellen Kapitalumschlag zu garantieren
- die Einhaltung vereinbarter Termine, um Kunden zufrieden zu stellen und Geld zu sparen (Konventionalstrafen, Zinsverluste)
- bessere und gleichmäßigere Kapazitätsauslastung und eine kostenminimierte Fertigung, um den wirtschaftlichen Nutzen zu erhöhen
- Optimierung der Bestände, um die Fertigung zu sichern und die Kosten für die Lagerhaltung zu senken
- Schnelle, vollständige und korrekte Informationen über den Arbeitsfortschritt in allen betroffenen Abteilungen wie z.B. der Entwicklung, der Konstruktion, der Arbeitsvorbereitung, der Materialwirtschaft und natürlich in der Fertigung

Ein wesentliches Ziel der Produktionsplanung und -steuerung ist die Suche nach einem **relativen Optimum** zwischen konkurrierenden Zielen, die sich zum Beispiel aus Gegensätzlichkeiten zwischen kurzen **Durchlaufzeiten**, **gleichmäßiger Kapazitätsauslastung** und **Termineinhaltung** ergeben. Die Planung und Steuerung der Produktion muss auf Grund einer möglichst transparenten und vollständigen Informationslage Entscheidungen treffen, die für das Unternehmen als Ganzes richtig erscheinen.

In der Produktionsplanung und -steuerung sind eine Reihe von Aufgaben integriert, die zueinander in bestimmten Abhängigkeiten stehen. Das betrifft die **Auftragserarbeitung** am Anfang der Produktionsplanung, aus der sich die Fertigungsaufträge ergeben.

- Über die **Durchlaufterminierung** werden Anfangs- und Endtermin für die Fertigung eines Erzeugnisses, Halbfabrikats oder Bauteils festgelegt.
- Bei der **Kapazitätsauslastung** wird auf eine möglichst große Zielannäherung orientiert, über die **Werkstattsteuerung** muss schließlich die Fertigung realisiert werden.
- Daraus resultiert, dass die Werkstätten selbst mit allen Daten und Informationen versorgt sein müssen.
- Außerdem muss die Produktionsplanung und -steuerung die Unternehmensleitung mit allen notwendigen Informationen versorgen, die diese hinsichtlich ihrer Aufgabenstellung benötigen.

Die Produktionsplanung und -steuerung umfasst also drei Tätigkeitsbereiche:

- die **Produktionsplanung**, die ausschließlich die Planung der Steuerung der Produktion beinhaltet
- die **Veranlassung** der Fertigungssteuerung, welche die Aufgabendurchführung der Fertigung mit allen erforderlichen Prozessen auslöst
- die **Überwachung** der Fertigung, die sich auf die terminliche Kontrolle bezieht

Die genannten Tätigkeitsbereiche sind nicht scharf gegeneinander abgrenzbar. Die Funktionen der Produktionsplanung und -steuerung sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Produktionsplanung und Steuerung		
Bestell- und Lagerwesen	Fertigungsplanung	Fertigungssteuerung
<ul style="list-style-type: none"> • Lieferantenauswahl • Bestellauslösung • Lagerbewegungsrechnung • Bestellüberwachung • Inventur • Wareneingang • Lagerung 	<p>Planung des Fertigungsablaufs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planung der Fertigungsverfahren/ der Arbeitsgänge und -abläufe • Erstellung und Pflege der Arbeitspläne und der sonstigen Arbeitsunterlagen • Planung der Durchlaufzeiten und der Vorgabezeiten • Stücklistenstellung und Pflege • Kostenplanung/Kostenkalkulation <p>Planung des Bedarfs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personalplanung • Betriebsmittel- und Betriebsmittelstandhaltungsplanung • Materialplanung <p>Sonstiges</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertigungsstatistiken erstellen • Maßnahmen der Fertigungsrationisierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialbedarfsermittlung • Beschaffungsrechnung und Bereitstellung • Erstellung der Auftragsbegleitunterlagen • Auftragsfreigabe • Maschinenbelegung/ Arbeitsverteilung • Durchlaufterminierung • Kapazitätsterminierung • Fertigungsüberwachung/ Betriebsdatenerfassung

Tabelle 2 Die Teilfunktionen der Produktionsplanung und -steuerung

Die PPS-Systeme in Deutschland sind fast ausschließlich so aufgebaut, dass die einzelnen Fertigungsorte bzw. die Fertigungsstufen ihre Anweisungen von einem Zentralrechner oder Leitstand bekommen. Das Prinzip ist in Abbildung 6 dargestellt.

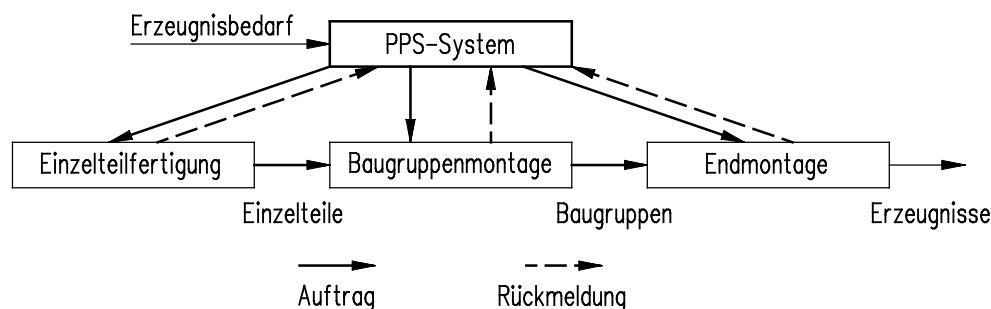


Abbildung 6 PPS-System mit zentraler Steuerung

Weitere wichtige Merkmale der Produktionsplanung und -steuerung sind

- der Kalender,
- die Planungsstufen und
- die Aktualität.

Der **Kalender** ist das Maßsystem für den Zeitablauf. Dabei muss die unterschiedliche Anzahl der Arbeitstage pro Jahr berücksichtigt werden. Die **Planungsstufen** gliedern sich in kurz-, mittel- und langfristige Planung. Die **Aktualität** spielt besonders für die kurzfristige Planung, die Veranlassung und die Überwachung der Fertigung eine Rolle.

Die Bereitstellung von zielgerichteten Daten (Informationen) als wichtigste Voraussetzung für die Wirksamkeit eines PPS-Systems

„Bei uns ist alles anders“ ist häufig die Auffassung, wenn in einem Unternehmen die Abläufe reorganisiert oder EDV-Technik zur Unterstützung der Auftragsabwicklung eingeführt werden sollen. Das ist im Detail sicher richtig, letztendlich lassen sich jedoch alle Informationen auf sehr ähnliche Datenstrukturen zurückführen.

Daten der Auftragsabwicklung

In der Regel besteht jedes zu fertigende Erzeugnis aus mehreren Vorprodukten. Dabei werden gleichzeitig viele identische Vorprodukte in unterschiedlichen Endprodukten verwendet.

Für jedes Erzeugnis bestehen Vorschriften für die Fertigung, die häufig als Arbeitspläne vorliegen. Ein Erzeugnis kann nach mehreren alternativen Arbeitsplänen gefertigt werden.

Ein Arbeitsplan kann wiederum aus mehreren Arbeitsgängen bestehen, die sequenziell ausgeführt werden. Arbeitsgänge können jeweils auf alternativen Maschinen bzw. Maschinengruppen ausgeführt werden. Je nach Erzeugnis ist unter Umständen die Verwendung unterschiedlicher Werkzeuge notwendig.

Der Umfang und die Komplexität der Produktionsdaten erfordert eine sorgfältige Planung der Datenverwaltung, damit

- die Erfassung,
- die Speicherung und
- die Aktualisierung

der Daten effizient bearbeitet werden können.

Die Daten der Auftragsabwicklung können in zwei Gruppen aufgeteilt werden:

- **Grunddaten** - Strukturinformationen über die Zusammensetzung der zu fertigenden Erzeugnisse (Stücklisten), die Fertigungsvorschriften für die selbst zu fertigenden Teile (Arbeitspläne) und die Personal- und Maschinenausstattung (Kapazitäten). Informationen über den Kundenstamm gehören ebenso dazu wie die der Lieferantenseite. Grunddaten haben eine längere zeitliche Gültigkeit und verhalten sich auftragsneutral.
- **Bewegungsdaten** - Daten, die mit der Durchführung von Produktionsaufträgen verbunden sind. Sie betreffen Kundenaufträge, Fertigungsaufträge, Beschaffungsaufträge, und die Lagerbestände. Bewegungsdaten sind in der Regel auftragsabhängige Daten.

Grunddaten werden durch einen laufenden Änderungsdienst aktualisiert, während Bewegungsdaten auf Grund aktueller Ereignisse erzeugt, verändert oder archiviert werden.

Für die Zuordnung von Daten zu einer dieser Gruppen ist der Produktionstyp eines Unternehmens entscheidend. Die oben vorgenommene Unterscheidung trifft eher für einen Wiederholfertiger zu. Bei Einmalfertigung sind Stücklisten und Arbeitspläne auftragsabhängige Daten. In diesem Falle werden solche Grunddaten häufig als Grundlage für die Erstellung der Auftragsdaten genutzt und dienen so als so genannte Standarddaten.

Der Gesamtbereich der Auftragsabwicklung kann in die Funktionen

- Produktionsprogrammplanung,
- Mengenplanung,
- Kapazitätswirtschaft und
- Auftragssteuerung.

unterteilt werden.

Alle Funktionen der Auftragsabwicklung greifen auf Grunddaten zu, die das auftrags- und bewegungsneutrale Datengerüst eines Unternehmens bilden.

Grunddaten

In Abbildung 7 sind alle Grunddaten, die in der Auftragsabwicklung benötigt werden, zusammengestellt.

Stammdaten <ul style="list-style-type: none">• Teiledaten• Kundendaten• Lieferantendaten• Lagerortdaten• Personaldaten• Arbeitsplatzgruppendaten• Betriebskalenderdaten• Kostenstellendaten		Strukturdaten - Zuordnungsdaten <ul style="list-style-type: none">• Stücklistendaten• Arbeitsplandaten• Kundenstrukturdaten• Lieferantenstrukturdaten• Kundenkonditionendaten• Lieferantenkonditionendaten• Strukturspezifische Texte• Zuordnungsspezifische Texte	
Grunddatenverwaltung			
Produktions- programmplanung	Mengenplanung	Kapazitäts- wirtschaft	Auftrags- steuerung

Abbildung 7 Grunddaten der Auftragsabwicklung

Sie lassen sich unterscheiden in:

- **Stammdaten:** Daten, die selbstständig, ohne Beziehung zu anderen Daten, eindeutig aussagefähig sind. Dies sind zum Beispiel Kundendaten, Teiledaten und Personaldaten.
- **Strukturdaten:** Daten, die Beziehungen zwischen Stammdaten gleicher Art herstellen. Typisch hierfür sind Erzeugnisstrukturen (Stücklisten), Aufgabenstrukturen (Arbeitspläne) und Kapazitätsstrukturen (Kostenstellenpläne).
- **Zuordnungsdaten:** Daten, die Beziehungen zwischen Daten unterschiedlicher Art herstellen. Als Beispiel ist hier die Zuordnung von Teilen zu Arbeitsplatzgruppen über die Arbeitsvorgangsdaten zu nennen.

Die Grunddaten liefern die Basis für die Auftragsabwicklung und müssen dementsprechend immer aktuell vorhanden sein. Auch dann, wenn sie zurzeit nicht in einem Auftrag verwendet werden.

Stammdaten

Im Zentrum der Produktion steht das Produkt und seine einzelnen Elemente. Daher sind die zentralen Stammdaten in der Auftragsabwicklung die Teiledaten. Alle Funktionsbereiche eines Unternehmens haben in irgendeiner Form mit Teilen zu tun. Der Begriff Teil soll hierbei stellvertretend für alle Dinge stehen, die mit dem Erzeugnis in

Verbindung gebracht werden. Er umfasst einerseits die Enderzeugnisse sowie Baugruppen und Teile, aus denen diese zusammengesetzt sind. Andererseits umfasst er alle Unterlagen, die mit Teilen in Verbindung gebracht werden sollen. Primär sind dies Zeichnungen, Stücklisten und Arbeitspläne. Aber auch Normen, Spezifikationen und teilespezifische Kataloge. Letztlich sind in der Teiledaten auch Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Betriebsmittel (z.B. Vorrichtungen und Werkzeuge) zu finden.

Als Stammdaten ist die Teiledaten auftragsneutral, das heißt sie enthält nur Teile, deren Verwaltung infolge häufiger Wiederverwendung bzw. wegen ihres allgemein gültigen Charakters auftragsneutral zu gestalten ist.

In älteren Dateisystemen war es üblich, alle Teiledaten in nur einem Satz abzuspeichern. In relationalen Datenbanken werden die Daten in Tabellen organisiert und über Beziehungen zwischen den Tabellen verknüpft. So lassen sich die Daten strukturiert in mehrere Gruppen aufteilen. Folgende Tabelle zeigt dazu ein Beispiel.

Identifikationsdaten	Ordnungsdaten	Konstruktionsdaten	Dispositionsdaten	Bedarfsdaten
<ul style="list-style-type: none"> • Sachnummer • Zeichnungsnummer • Sonstige Unterlagennummern 	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Klassifikationen • ABC-Klassifikationen • Normierte Benennungen • Teileart • Statusdaten 	<ul style="list-style-type: none"> • Funktion • Form • Abmessungen • Werkstoff • Gewicht • Physikalische Eigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsart • Dispositionsart • Dispositionsstufe • Ersatzteileart • Ausschussfaktor • Losgrößenverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Bedarfsart • Akkumulierter Bedarf • Akkumulierter gedeckter Bedarf
Bestandsdaten	Absatzdaten	Beschaffungsdaten	Produktionsdaten	Kalkulationsdaten
<ul style="list-style-type: none"> • Akkumulierte Bestände • Akkumulierte reservierte Bestände • Mindestbestand 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkaufspreis • Rabatte • Bonuskonditionen • Mindestverkaufsmenge • Verpackungsmengen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einstandspreise • Wiederbeschaffungsfrist • Bestellmengen Grenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlaufzeiten • Durchlaufzeiten • Verfahrensvarianten • Teilefamilienkennung 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialkosten • Lohnkosten • Maschinenkosten • Auftragswiederholkosten • Lagerkostensatz

Tabelle 3 Datengruppen der Teiledaten

Ähnlich lassen sich auch die anderen Stammdaten wie Kunden, Lieferanten, Kapazitäten unterteilen.

Strukturdaten

Mit der Stückliste, also mit der Abbildung der Erzeugnisstruktur, steht auch bei den Strukturdaten das Erzeugnis im Mittelpunkt. Sie bildet das System zur wechselseitigen Abgrenzung von Erzeugnissen, Baugruppen, Einzelteilen und Halbzeugen. Die Stückliste bildet somit die Basis für die erzeugnisabhängigen Mengen- und Terminrechnungen in der Auftragsabwicklung.

Es werden drei wesentliche Grundformen von Stücklisten unterschieden:

- Mengenübersichtsstückliste,
- Strukturstückliste und
- Baukastenstückliste.

Bei einer Mengenübersichtsstückliste werden alle zu einem Erzeugnis gehörenden Untergruppen und Teile summarisch geführt. Die Erzeugnisstruktur ist nicht ersichtlich und nicht reproduzierbar.

In der Strukturstückliste werden alle zu einem Erzeugnis gehörenden Gruppen und Teile strukturiert aufgeführt. Die zugehörigen Mengenangaben beziehen sich jeweils auf die übergeordnete Gruppe. Somit geht die Gliederung des Erzeugnisses aus der Strukturstückliste deutlich hervor. Die Materialbedarfsermittlung und die Terminierung sind mithilfe der Strukturstückliste stufenweise durchführbar.

Die Baukastenstückliste ist eine einstufige Stückliste. Zur Beschreibung eines mehrstufig gefertigten Erzeugnisses ist ein Satz von mehreren Baukastenstücklisten erforderlich. Jede Baukastenstückliste enthält nur die Teile der unmittelbar untergeordneten Stufe. Infolge dieser Übersichtlichkeit ist die Baukastenstückliste für die Verwendung als Arbeitsunterlage die geeignetste Form. Sie enthält jeweils nur die Angaben, die in der entsprechenden Fertigungsstufe benötigt werden.

Zur Verdeutlichung sind in Abbildung 8 die drei geschilderten Formen der Stückliste vergleichend dargestellt.

Sach-Nr.: 10 Benennung: Getriebe kpl.							
Ebene							
1	2	3	4	5	Stück	Sach-Nr.	Benennung
X					1	13	Oberteil kpl.
	X				1	46	Mittelkasten
	X				1	32	Antriebswelle kpl.
		X			1	98	Zahnrad
		X			1	40	Welle kpl.
			X		1	71	Welle
			X		1	73	Passfeder
			X		1	75	Schraube
		X			2	52	Lager
	X				1	88	Oberkasten
	X				8	27	Schraube
X					8	27	Schraube
X					1	18	Antriebswelle kpl.
	X				1	40	Welle kpl.
	X				1	71	Welle
	X				1	73	Passfeder
	X				1	75	Schraube
X					1	11	Unterkasten
X					1	15	Vorgelege kpl.
	X				1	77	Welle
	X				1	94	Zahnrad
	X				1	79	Zahnrad
	X				3	49	Lager

Strukturstückliste

Sach-Nr.: 10 Benennung: Getriebe kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	
1	1	11	Unterkasten	
2	1	13	Oberteil kpl.	
3	1	15	Vorgelege	
4	1	18	Antriebswelle	
5	16	27	Schraube	
6	1	32	Antriebswelle	
7	2	40	Welle kpl.	
8	1	46	Mittelkasten	
9	3	49	Lager	
10	4	52	Lager	
11	2	71	Welle	
12	2	73	Passfeder	
13	2	75	Schraube	
14	1	77	Welle	
15	1	79	Zahnrad	
16	1	81	Zahnrad	
17	1	88	Oberkasten	
18	1	94	Zahnrad	
19	1	98	Zahnrad	

Mengenübersichtsstückliste

Abbildung 8 Stücklistenformen

Sach-Nr.: 10 Benennung: Getriebe kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	Eigene Stückl.
1	1	13	Oberteil kpl.	X
2	8	27	Schraube	
3	1	18	Antriebswelle	X
4	1	11	Unterkasten	
5	1	15	Vorgelege kpl.	X

Sach-Nr.: 13 Benennung: Oberteil kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	Eigene Stückl.
1	1	46	Mittelkasten	
2	1	32	Antriebswelle	X
3	1	88	Oberkasten	
4	8	27	Schraube	

Sach-Nr.: 18 Benennung: Antriebswelle kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	Eigene Stückl.
1	1	40	Welle kpl.	X
2	1	81	Zahnrad	
3	2	52	Lager	

Sach-Nr.: 15 Benennung: Vorgelege kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	Eigene Stückl.
1	1	77	Welle	
2	1	94	Zahnrad	
3	1	79	Zahnrad	
4	3	49	Lager	

Sach-Nr.: 32 Benennung: Antriebswelle kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	Eigene Stückl.
1	1	98	Zahnrad	
2	1	40	Welle kpl.	X
3	2	52	Lager	

Sach-Nr.: 40 Benennung: Welle kpl.				
Pos.	Stück	Sach-Nr.	Benennung	Eigene Stückl.
1	1	71	Welle	
2	1	73	Passfeder	
3	1	75	Schraube	

Baukastenstücklistensatz

Zuordnungsdaten

Um eine m:n Beziehung zwischen zwei Grunddaten herzustellen, ist es erforderlich, diese mithilfe von Zuordnungsdaten zu verknüpfen. Solche Zuordnungen kommen im Verlauf der Auftragsabwicklung häufig vor. Die Datenstrukturen des auftragsneutralen Arbeitsplanes liefern ein gutes Beispiel.

Die Zuordnung von Teilen zu Arbeitsplätzen und umgekehrt von Arbeitsplätzen zu Teilen stellt die Abbildung 9 dar.

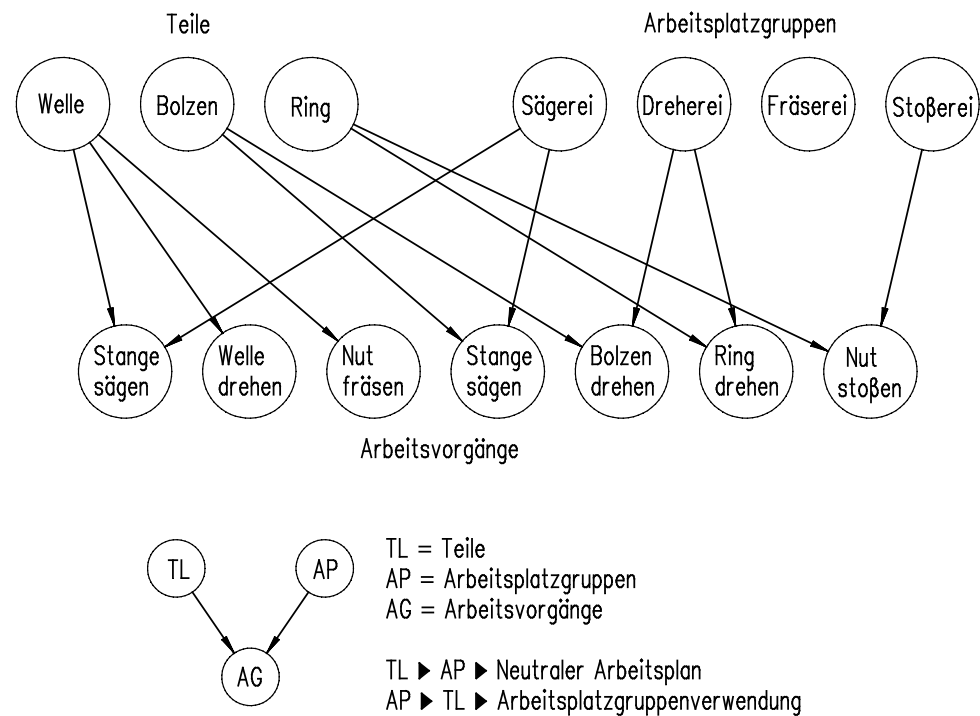


Abbildung 9 Datenstrukturen des auftragsneutralen Arbeitsplanes

Ein Teil wird in unterschiedlicher Arbeitsfolge an unterschiedlichen Arbeitsplatzgruppen gefertigt. Diese Seite der Beziehung ergibt den Arbeitsplan.

$$\text{Welle} \begin{pmatrix} \text{drehen} \\ \text{sägen} \\ \text{fräsen} \end{pmatrix} = \text{Arbeitsplan}$$

Umgekehrt werden in einer Arbeitsplatzgruppe die Arbeitsvorgänge unterschiedlicher Teile durchgeführt. Diese Seite der Beziehung liefert der Arbeitsplatzverwendungsnachweis.

$$\text{sägen} \begin{pmatrix} \text{Welle} \\ \text{Bolzen} \\ \text{Ring} \end{pmatrix} = \text{Arbeitsplatzverwendungsnachweis}$$

Dieser Nachweis ist insbesondere dann wichtig, wenn infolge einer Änderung bei einer Arbeitsplatzgruppe mehrere Arbeitspläne anzupassen sind.

Bei den Arbeitsplandaten wird zwischen den Arbeitsplankopf und Arbeitsvorgangsdaten unterschieden. Im Arbeitsplankopf sind diejenigen Daten zusammengefasst, die für alle Arbeitsvorgänge des Planes gleichermaßen gelten.

Dies sind z.B.:

- Art des Arbeitsplanes (Serien-, Ersatzteil-, Anlauf-Arbeitsplan);
- Stückzahl;
- zu Grunde liegendes Rohmaterial;
- Abmessungen des Rohmaterials;
- Datum der Erstellung;
- Sachbearbeiterhinweise;
- Änderungsdatum;
- Prüfvorschrift;
- Ein- und Aussteuerungshinweise (z.B. an Lager 4711);
- ...

Bei der in obiger Abbildung dargestellten Datenstruktur müssen diese Daten als Bestandteil der Teiledaten in die entsprechende Satzart aufgenommen werden.

Es würde den Rahmen dieser Lehreinheit sprengen, weitere Zuordnungsstrukturen zu beschreiben. Beispiele sind:

- **Verkaufskonditionen** (Beschaffungskonditionen) - Ein Kunde (Lieferant) hat n Konditionen für unterschiedliche Teile und ein Teil wird zu n Konditionen zu (von) unterschiedlichen Kunden (Lieferanten) geliefert;
- **Personalzuordnung** - Produktionskostenstellen gliedern sich zum einen in n Arbeitsplätze, zum anderen werden den Kostenstellen n Personen zugeordnet.

Exemplarische auftragsneutrale Datenstrukturen sind in Abbildung 10 dargestellt.

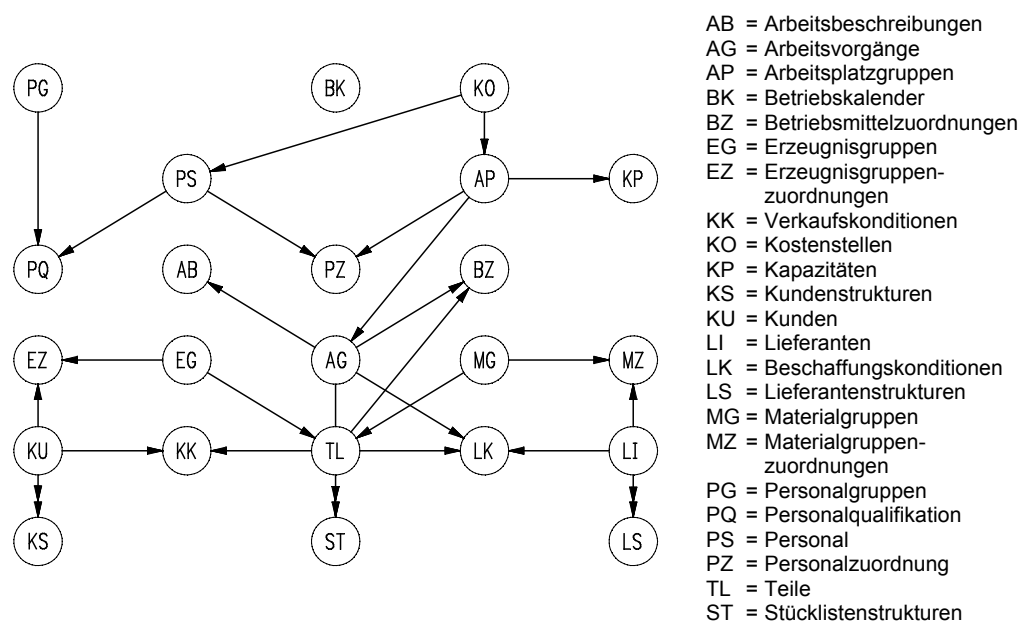


Abbildung 10 Datenmodell der auftragsneutralen Grunddaten

Für jedes Unternehmen sind diese Strukturen zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen bzw. zu erweitern. Die bis hierher beschriebenen Strukturen kommen in unterschiedlichen Ausprägungen immer vor.

Datenverwaltung

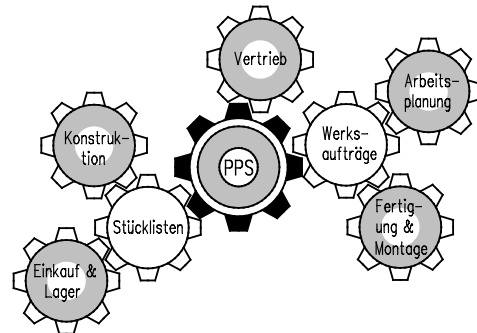


Abbildung 11 Getriebemodell eines modularen integrierten PPS-Systems

Die Daten der Auftragsabwicklung werden in allen Funktionsbereichen der Unternehmung erfasst, verändert und gegebenenfalls gelöscht. Dabei wird jeder Bereich die Daten zwar aus einer anderen Sichtweise heraus bearbeiten. Das Ziel muss aber dennoch sein, dass jedes Datum nur einmal vorhanden ist.

2.2 Auftragserarbeitung

Besteht der Absatzmarkt eines Betriebes nicht aus direkten, sondern aus einer Vielzahl anonymer Kunden, werden als Basis für die Auslösung von Aufträgen **Programme** verwendet.

Ein Programm enthält die für eine bestimmte Periode zur Erfüllung beschlossene Art und Menge von Aufgaben.

In einem Industriebetrieb sind diese Aufgaben in der Regel Erzeugnisse. Tabelle 4 veranschaulicht Aufbau und Inhalt eines Programms.

Erzeugnis	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	...
E ₁	200	220	230	230	240	230	...
E ₂	480	480	480	500	520	500	...
E ₃	160	160	180	180	180	190	...
E ₄	310	320	320	320	320	340	...
E ₅	240	240	250	260	270	280	...
Σ	1.390	1.420	1.460	1.490	1.530	1.540	...

Tabelle 4 Beispielhafter Aufbau und Inhalt eines Programms

Wird die Kapazität des Produktionsbereichs und die Lage auf dem Beschaffungsmarkt in diese Betrachtung mit einbezogen, entsteht das **Produktionsprogramm**. Es hat in der Regel einen kurz- bis mittelfristigen Betrachtungshorizont, wird also für ca. 1 bis 2 Jahre beschlossen.

Ausgehend von einem Absatzprogramm folgt die Erstellung eines Produktionsprogramms dem folgenden Schema:

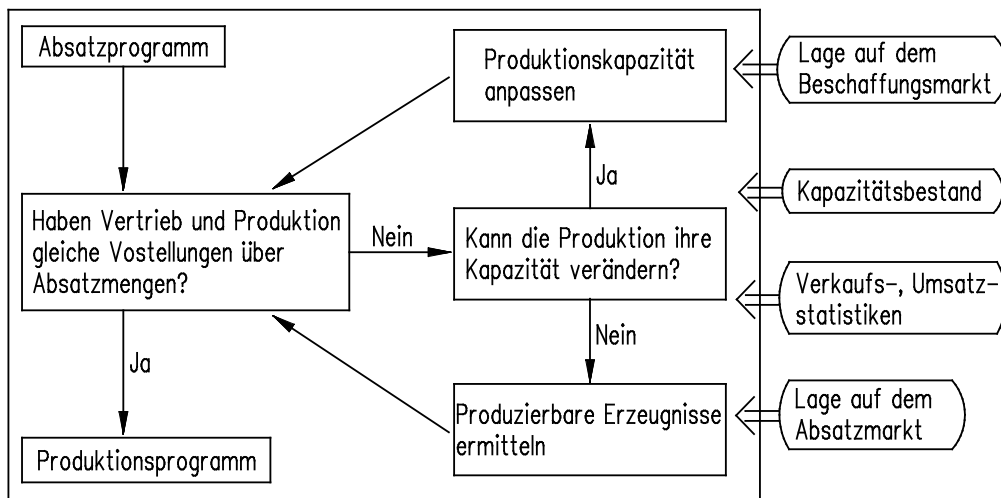


Abbildung 12 Erstellung eines Produktionsprogramms

Auf Basis von Programmen werden **Aufträge** für Fertigung, Beschaffung, Montage etc. ausgelöst. Im Folgenden sollen Aufbau und Inhalt von Aufträgen näher betrachtet werden.

Aufträge bilden im Allgemeinen die Grundlage für die Durchführung von Aufgaben in einem Unternehmen.

Ein Auftrag ist eine schriftlich oder mündlich durchgeführte Aufforderung einer autorisierten Stelle an eine andere Stelle innerhalb eines Unternehmens, eine bestimmte Aufgabe durchzuführen.

Wird diese Aufforderung von außen stehenden Personen oder Unternehmen abgegeben, handelt es sich demgegenüber um eine **Bestellung**.

Ein Auftrag enthält dabei:

- die Art der auszuführenden **Arbeitsaufgabe**
- die angeforderte **Menge**
- **Terminangaben** sowie
- **Qualitätsvorschriften**

Die **Auftragsabwicklung** ist ein ausgesprochen dynamischer Ablauf. Sie ist durch eine Vielzahl von Material- und Informationsflüssen sowie durch koordinierende Entscheidungsprozesse gekennzeichnet.

Die Funktionen der Auftragsabwicklung und ihre Anordnung im Ablauf sind in sehr hohem Maße von den folgenden Faktoren geprägt:

- Dem Produktionstyp des Unternehmens
- dem Erzeugnis
- der Erzeugnisstruktur
- der Art der Fertigungsorganisation
- der Absatzstruktur

Die Organisation der Auftragsabwicklung in einem Unternehmen wird von den Mitarbeitern, ihrer Qualifikation und Motivation bestimmt. So ist es nicht verwunderlich, dass in Unternehmen, die gleiche Erzeugnisse für gleiche Märkte herstellen, die Aufbau- und Ablauforganisation sowie die Informationsflüsse und Dateien trotzdem unterschiedlich sind.

Aus Aufträgen lässt sich eine **Bedarfsrechnung** für die Beschaffung von Rohstoffen, Hilfsstoffen, Halbzeugen usw. ableiten. Diese wird teilweise im Rahmen der **Logistik** oder **Materialwirtschaft** bearbeitet. In vielen Unternehmen ist die Bedarfsrechnung Teil der PPS. Die Ergebnisse der Nettobedarfsrechnung sind Grundlage für die **Auftragsbildung**.

Ein gängiges Berechnungsmodell des Bedarfs sieht wie folgt aus:

	Bruttobedarf	
+	Zusatzbedarf	(Ausschuss, Sonderbedarf für Testzwecke usw.)
=	Gesamtbruttobedarf	
-	Lagerbestand	
-	Werkstattbestand	
-	Bestellbestand	
+	Vormerkungen	
=	Nettobedarf	

Die Auftragsbildung umfasst zwei Bereiche, die **Auftragsdatenermittlung** und die **Losgrößenermittlung**.

Zur Auftragsdatenermittlung wird zunächst die Auftragsart Fertigungsauftrag, Kundenauftrag, Lagerauftrag, Innerbetrieblicher Auftrag usw. festgelegt. Für die Fertigungssteuerung muss meist nur unterschieden werden in Betriebsauftrag oder Fertigungsauftrag. Dazu sind eine Reihe von Daten notwendig, die zu ermitteln sind. Hier einige Beispiele:

- **Auftragsnummer** (enthält Klassifizierungsmerkmale)
- **Sachnummer** (enthält Kurzbezeichnung des zu fertigenden Werkstücks bzw. Erzeugnisses)
- **Fertigstellungstermin**
- **externe Prioritäten** (Bedeutung, Dringlichkeit des Auftrages)
- **Abhängigkeitsdaten** (Vernetzung mit anderen Aufträgen)
- **Auftragsmenge** (quantitative Beschreibung des Auftrages)

Ein wichtiger Faktor für die Auftragsbildung ist die **optimale Losgröße**. Da mit jedem Auftrag auch fixe Kosten verbunden sind für die Rüstzeit, die Auftragsbearbeitung, die Auftragsabrechnung und die Lohnabrechnung sinken die Stückkosten mit zunehmender Losgröße. Allerdings wirken dem die Kosten für die Lagerhaltung entgegen (diese konkurrierenden Ziele werden häufig als das „Dilemma der Materialwirtschaft“ bezeichnet). Aus Fixkosten und Lagerkosten lässt sich eine optimale Losgröße bestimmen. Die folgende Darstellung zeigt schematisch die Bedeutung der optimalen Losgröße (X_{opt}).

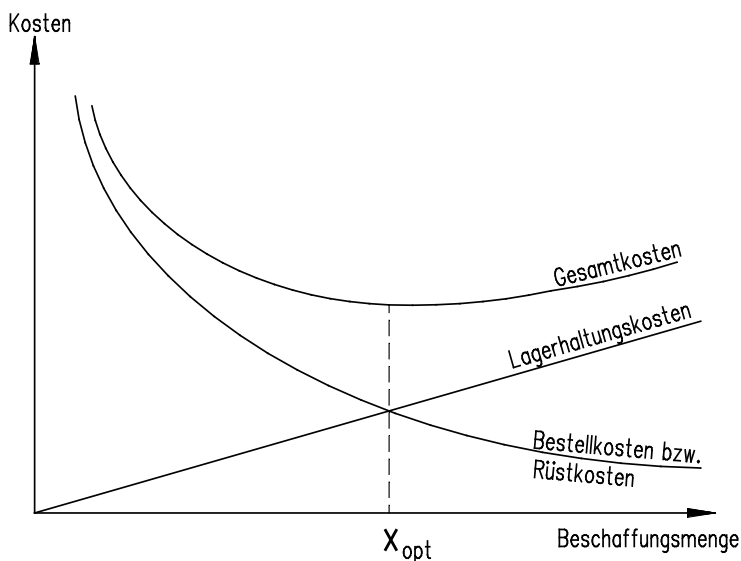


Abbildung 13 Zusammenhang der wichtigsten Beschaffungskosten (schematisch)

Allerdings haben auf die tatsächliche Losgröße auch noch andere Faktoren einen Einfluss. Das betrifft die Personal- und Maschinenkapazität (Kapazität entspricht dem Leistungsvermögen) sowie die Nachfrage. In der Regel erfolgt eine Durchlaufterminierung unter Berücksichtigung der Kapazität. So kann die dann endgültig festgelegte Losgröße von der optimalen abweichen.

Für die Ermittlung der optimalen Losgröße (Eigenfertigung) bzw. Bestellmengen (Fremdfertigung) gibt es verschiedene Verfahren. Genannt seien die **Andlersche Formel**, die **ABC-Disposition**, der **SELINI-Algorithmus** und die **dynamische Losgrößenrechnung**.

Fertigungsaufträge müssen verwaltet werden und während und nach der Fertigung durch Daten ergänzt werden. Die **Verwaltung der Aufträge** erfolgt von der Auftragsbildung über die Fertigung bis zur Nachkalkulation. Damit müssen über diese Verwaltung folgende Aufgaben realisiert werden:

- **Speicherung** der Auftragsgrunddaten und der Planungsergebnisse
- **Verfügbarkeit** aller erforderlichen Daten zu Planung, zur Fertigungssteuerung und für die Erstellung von Fertigungsunterlagen
- **Erfassung** des Bearbeitungsfortschritts nach Auftragsfreigabe
- **Datenabrufbarkeit** über den Fertigungsstand und den Fertigungsort

Die Auftragsverwaltung mit PPS-Systemen hat sich in Großbetrieben nahezu 100 %ig durchgesetzt.

Vor **Auftragsfreigabe** sind eine Reihe Prüfungen durchzuführen. So muss abgefragt werden, ob das notwendige Material vorhanden oder die Maschinenkapazität frei ist. Erst danach wird der Auftrag vom Planungs- in den Ausführungsstatus freigegeben.

Der **Starttermin** wird über die **Durchlaufterminierung** und die Kapazitätsauslastung festgelegt. Zwischen Freigabe und Starttermin sind notwendige Vorbereitungen zu erledigen, wie Fertigstellung der Fertigungsunterlagen und Materialbereitstellung.

Für die Erstellung der Fertigungsunterlagen müssen alle Daten zur Verfügung stehen wie Auftragsbasisdaten, Stücklisten, Arbeitspläne, Arbeitsplatzdaten usw.

Für die Ermittlung der **Materialverfügbarkeit** ist ein Vergleich zwischen Bestand, Reservierung und Auftragsbedarf durchzuführen.

2.3 Durchlaufplanung

Aufgabe der Durchlaufplanung ist es, die zeitliche Durchführung der Fertigung zu sichern. Die moderne industrielle Fertigung wird durch Arbeitsteilung in Arbeitsstufen und Arbeitsgänge bestimmt. Die Aufgabenbereiche für einen Fertigungsauftrag sind in Abbildung 14 schematisch in Abhängigkeit vom zeitlichen Ablauf dargestellt.

Aufgabenbereiche der Durchlaufterminplanung

Erarbeitung des Auftrages
 Bearbeitung des Auftrages
 Lieferfrist
 Wareneingang- und prüfung
 Bereitstellung
 Fertigung
 Qualitätskontrolle
 Versand

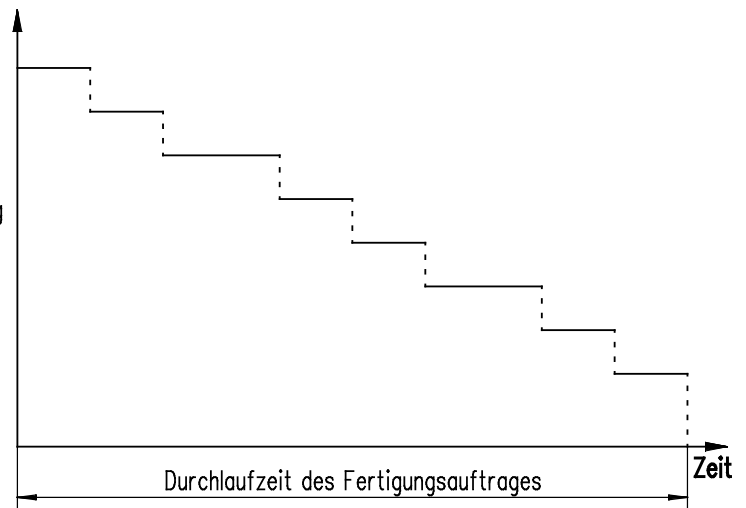


Abbildung 14 Aufgabenbereiche des Fertigungsauftrages in Abhängigkeit von der Zeit

Für einen Fertigungsauftrag ergibt sich die Durchlaufzeit aus der Addition des Zeitbedarfs für die einzelnen Aufgabenbereiche unter Berücksichtigung möglichen Parallel- laufs. Beim Betriebsauftrag ergeben sich abweichende Bedingungen, die in Abbildung 15 dargestellt sind.

Auftrags- nummer

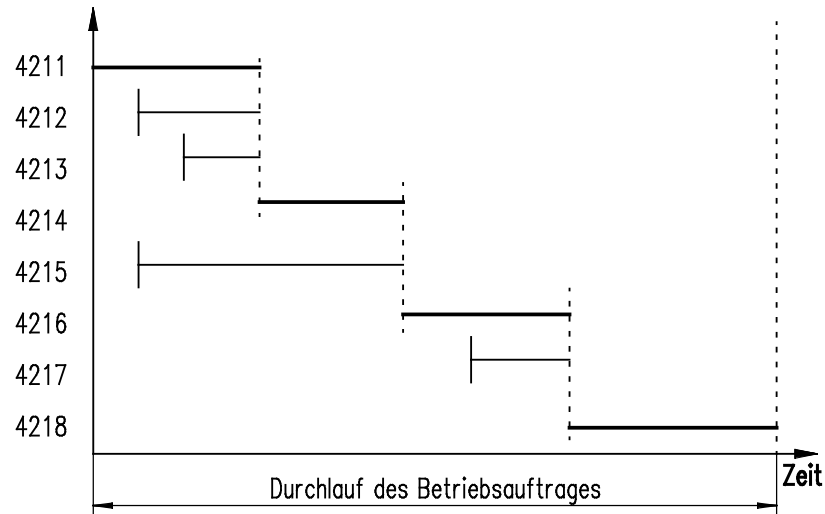


Abbildung 15 Ablaufstruktur und Durchlaufzeit beim Betriebsauftrag

Für den Betriebsauftrag erfolgt die Ermittlung des Zeitbedarfs über den kritischen Pfad (dicke Linien), also der Bereich des Ablaufs, der keine Pufferzeiten enthält. Andere Aufträge (dünne Linien), die parallel zu diesen, den kritischen Pfad bestimmenden Aufträgen, liegen, nehmen auf die Termingestaltung keinen Einfluss.

Die Aufgaben der Durchlaufplanung sind die Bestimmung des **Anfangstermins** und des **Endtermins** der Fertigung, der **Pufferzeiten** und des **kritischen Pfades**. Voraussetzung für die Durchlaufplanung ist das Vorliegen folgender Daten:

- Terminvorgaben für den Anfangs- und den Endtermin
- Arbeitsgänge und ihre Reihenfolge
- Zeitbedarf für die Arbeitsdurchführung und Übergabezeiten

Eine Durchlaufplanung kann ohne und mit Berücksichtigung der Kapazitätsgrenzen durchgeführt werden. Der Begriff Kapazität steht für das Leistungsvermögen von Personal und hier insbesondere für das Leistungsvermögen von Betriebsmitteln.

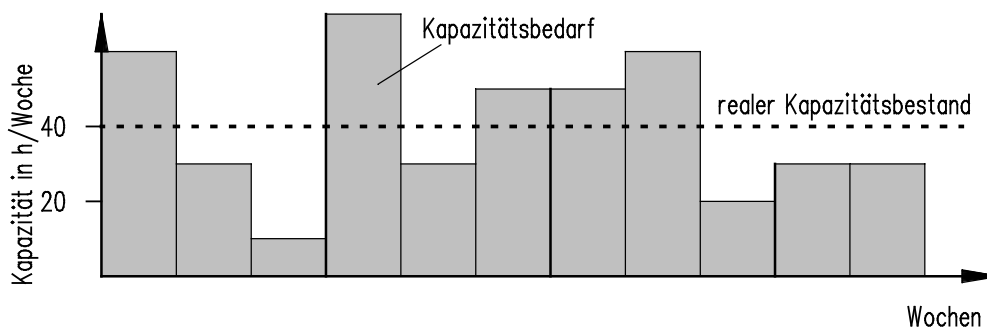


Abbildung 16 Kapazitätsbedarf und -bestand in einem Arbeitssystem

Für die terminliche Planung des Durchlaufs eines Auftrages durch die Fertigung wird für jeden Arbeitsgang die Rüstzeit, die Bearbeitungszeit, die Transportzeit und die Lagerzeit benötigt.

Unter **Rüstzeit** versteht man die Vor- und Nachbearbeitungszeit an der Maschine oder dem Arbeitsplatz für die Erledigung eines Auftrages. Die **Bearbeitungszeit** ergibt sich aus der Multiplikation der Stückzeit (z.B. die Zeit für die Erledigung eines Dreharbeitsganges) mit der Auftragsmenge (Losgröße). Für die Durchlaufplanung kann dieser Wert jedoch nur dann genutzt werden, wenn der Einfluss der Arbeitskraft auf die Bearbeitungszeit zu vernachlässigen ist (Automaten, Bearbeitungszentren usw.). Ansonsten muss ein Leistungsfaktor hinzugezogen werden.

Die **Transportzeit** berücksichtigt den Zeitbedarf für den Transport der Werkstücke zwischen den Arbeitsplätzen und unterteilt sich in Förderzeit und Wartezeit. Die Berechnungen sind dann einfach, wenn die Fertigung weitgehend automatisiert ist und der Transport über automatische Fördereinrichtungen erfolgt. Transportbestimmungen in der Werkstattfertigung sind kompliziert.

Zwischen der Anlieferung von Werkstücken an die Bearbeitungseinheit und dem Beginn der Fertigung sowie zwischen der Fertigstellung eines Auftrages und dem Abtransport liegen üblicherweise zeitliche Abstände, die als **Liegezeit** bezeichnet werden. Liegezeiten resultieren aus den Problemen der exakten Zeitbestimmung, aus Störeinflüssen oder sind als zeitlicher Puffer gewollt. Für die Durchlaufplanung wird die Liegezeit meist in zwei Zeitkomponenten aufgespalten, eine bearbeitungszeitabhängige Liegezeit (ca. 30 % der Bearbeitungszeit) und eine betriebsspezifische konstante Liegezeit.

Terminplanung

Die Terminplanung besteht in der **Festlegung von Anfangs- und Endterminen für die Aufgabendurchführung** in bestimmten Arbeitssystemen. Dadurch soll es möglich werden, dass die Gesamtaufgabe zum vorgegebenen Zieltermin abgeschlossen werden kann.

Bei der Veranlassung der Aufgabendurchführung spielt die Terminplanung eine Hauptrolle, denn nicht eingehaltene Termine können im einfachsten Fall Vertragsstrafen bedeuten, aber auch schwerwiegender den langfristigen Verlust der Kundschaft bewirken.

Die Terminplanung setzt das genaue Datum und oft sogar die Uhrzeit fest, bei der eine Teilaufgabe beendet werden soll oder beendet sein muss. Die Grundlage sind dabei die in der Ablaufplanung festgelegten **Zeitpunkte**. Die im Rahmen der Planung gewonnenen Daten, z.B. Zuordnung von Arbeitsgängen zu bestimmten Arbeitssystemen, räumliche und zeitliche Reihenfolge usw., werden als Eingabedaten bei der Terminplanung verwendet.

Falls schon im Rahmen der Ablaufplanung detaillierte Netzpläne oder Balkendiagramme erstellt wurden, ist eine Bestimmung der Termine ohne weiteres möglich. Meistens ist der betriebliche Alltag aber komplizierter, da zusätzliche Randbedingungen eingehalten werden müssen.

Normalerweise **konkurrieren mehrere** parallel zu erledigende **Aufträge miteinander**. Auch müssen die festgesetzten Termine infolge von Störungen (Krankheitsfälle, Maschinenschäden, Materialverspätungen) den neuen Umständen angepasst werden. Die **Ziele** sind eine gleichmäßige Auslastung der Kapazitäten und kurze Durchlaufzeiten. Die Voraussetzung ist dabei, dass das Personal und die Betriebsmittel entsprechend ihrer Qualifikation und Spezifikation eingesetzt werden. Nur so sind die entstehenden Kosten minimal.

Die **Voraussetzungen** für die Terminermittlung oder -planung sind, dass die durchzuführenden Aufgaben festgelegt sind. Deshalb ist der Material-, Kapazitäts- und Informationsbedarf bekannt. Weiterhin ist der Material- und Kapazitätsbestand ausreichend und der längerfristige Bestand ist gesichert.

Im Bereich der Fertigung erfolgt die Terminierung der Aufgaben stets für **konkrete Aufträge**. Die Endtermine ergeben sich meistens aus den Auslieferungstermin des fertigen Gesamtteils. Dieser Termin ist entweder vom Kunden gefordert oder bei der Angebotsbearbeitung bzw. im Fertigungsprogramm festgelegt.

Die Aufgabe der Terminplanung ist es nun, die sich aus dem Auftrag ergebenden Teilaufgaben terminlich in der Fertigung so abzustimmen, dass der Zieltermin eingehalten wird. Zu beachten sind dabei die im Auftrag bestimmte Menge an Erzeugnissen, Baugruppen und Teilen inklusive der für die Fertigung notwendigen Vorarbeiten. Dabei soll natürlich so wenig Material wie möglich eingesetzt und so kurz wie möglich gelagert werden. Zusätzlich sollen die Kapazitäten voll ausgelastet werden, aber auch nicht überlastet werden oder Leerzeiten aufweisen.

Allgemein lassen sich bei der Terminplanung für die kundenorientierte Fertigung drei Arten unterscheiden:

1. **Auftragsorientierte Terminplanung**; hier wird lediglich der einzelne Auftrag berücksichtigt. Andere, konkurrierende Aufträge werden ebenso wie die Kapazitätsbelastung außer Acht gelassen. Diese Planung wird z.B. auf große Projekte angewendet, wenn ausreichende Kapazitäten vorhanden sind.
2. **Kapazitätsorientierte Terminplanung**; dabei wird die gegenseitige Beeinflussung der miteinander konkurrierenden Aufträge berücksichtigt. Auch werden hier die Kapazitätsbelastung und die Kapazitätsgrenzen in die Planung einbezogen.
3. **Integrierte Terminplanung**; in diesem Fall wird die Verfügbarkeit aller Eingaben, wie Material, Mess- und Prüfmittel, Werkzeuge und Arbeitsunterlagen, berücksichtigt. Sie wird kapazitätsorientiert durchgeführt.

Die einzelnen Arten der Terminermittlung unterscheiden sich deutlich in ihrem Aufgabenumfang, siehe Tabelle 5.

Umfang/Terminplanung	auftragsorientiert	kapazitätsorientiert	integriert
Kapazitätsabgleich		X	X
Reihenfolgeregelung		X	X
Materialverfügbarkeit			X
Verfügbarkeit von Werkzeugen, Prüfmitteln			X
Verfügbarkeit von Arbeitsunterlagen			X

Tabelle 5 Umfang der verschiedenen Terminplanungen

Die Art der Planungstechnik wird durch verschiedene Kriterien bestimmt, wie manuelle oder rechnergestützte Planung, Komplexität des Fertigungsablaufs und Zeitumfang für die Planung.

Die **Listungstechnik** ist für einfache lineare Abläufe geeignet. Bei der **Balkendiagrammtechnik** wird der Zeitbedarf grafisch analog dargestellt, während die **Netzplantechnik** alle Verfahren zur Planung und Steuerung von Abläufen auf Grundlage der Graphentheorie durchführt. Die Netzplantechnik ist vor allem für die rechnergestützte Durchlaufplanung geeignet.

Zur Durchlaufplanung können unterschiedliche Vorgehensweisen angewendet werden. Ausschlaggebend für die Vorgehensweise ist die Vorgabe von auftragsbestimmenden Terminen. Daraus leiten sich folgende Varianten für die Durchlaufplanung ab:

- **Vorwärtsplanung**
Der Starttermin wird, weil keinerlei Terminvorgaben für einen Auftrag vorliegen, betriebsintern festgelegt; alle Folgetermine ergeben sich aus dem jeweiligen Arbeitsablauf, woraus das Fertigstellungsdatum resultiert.
- **Rückwärtsplanung**
Der Endtermin (Fertigstellungstermin) ist vorgegeben; alle Beginnstermine für Arbeitsabläufe müssen rückwärts bestimmt werden, woraus der Beginnstermin resultiert.
- **kombinierte Planung**
End- und Anfangstermin sind gegeben, alle Beginnstermine für Arbeitsabläufe müssen so berechnet werden, dass sie in den laufenden Prozess so eingesteuert werden, dass der Endtermin realisiert wird. Die kombinierte Planung wird in allen Netzplantechniken angewendet.

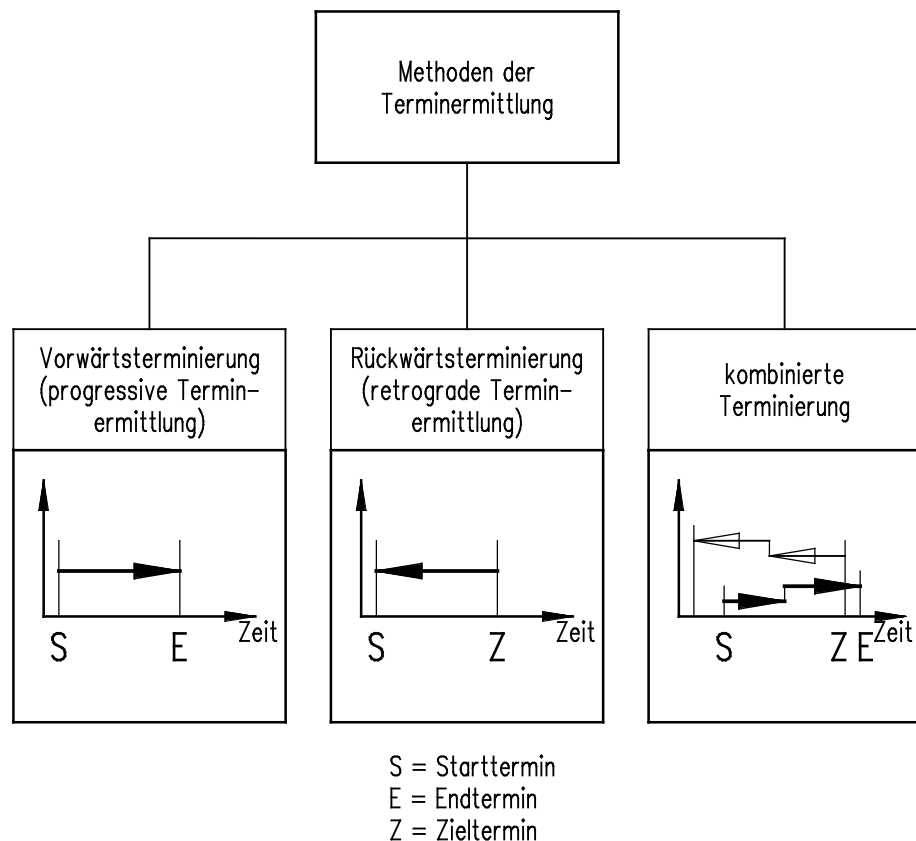


Abbildung 17 Methoden der Terminermittlung

Ein wichtiger Fakt für die Durchlaufplanung sind Maßnahmen zur Verkürzung der Durchlaufzeiten. Das kann unter anderem erreicht werden durch:

- Losteilung
- Arbeitsgangsplittung
- Arbeitsgangüberlappung
- Übergangszeitverkürzung

Das Ergebnis der Durchlaufplanung dient der Lieferzeitermittlung für den Kunden, der Vorlaufzeitermittlung für die Materialwirtschaft und der Planung der Kapazitätsauslastung, ist also ein Zwischenergebnis im Rahmen der PPS.

2.4 Kapazitätsauslastung

Ziel der Durchlaufplanung ist das Erreichen kurzer Durchlaufzeiten und die Einhaltung von vorgegebenen Terminen. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse ist, in Wechselwirkung mit Fragen der Wirtschaftlichkeit der Fertigung, die Kapazitätsauslastung zu betrachten. Die Ziele der Kapazitätsauslastung sind geringe Fertigungskosten sowie eine hohe und gleichmäßige Auslastung der Kapazität. In PPS-Systemen werden Durchlaufplanung und Kapazitätsauslastung durch Rückkopplungen miteinander vernetzt.

Ausgangspunkt für die Betrachtung ist die Gegenüberstellung der **verfügbaren Kapazität** (Kapazitätsbestand) und der **benötigten Kapazität** (Kapazitätsbedarf oder Belastung). Unter verfügbarer Kapazität versteht man das Fertigungsvermögen eines Unternehmens bezogen auf einen Zeitabschnitt. Fertigungskapazität ist unterschiedlich messbar mit Zeitmaßstäben, mit Mengenmaßstäben und mit Wertmaßstäben. Die

Zeitabschnitte können lang-, mittel- und kurzfristig betrachtet werden (Monat, Dekade, Woche, Tag, Schicht).

Zur Ermittlung der verfügbaren Kapazität geht man in drei Schritten vor:

- Arbeitsplatzerfassung
- Ermittlung der Normkapazität
- Ansatz der effektiven Kapazität

Die **Arbeitsplatzerfassung** erfolgt über alle zur Verfügung stehenden Daten für alle selbstständigen Arbeitsplätze, die einen Leistungsanteil am Fertigungsprozess haben.

Die **Normkapazität** beinhaltet das zeitlich verfügbare Leistungsvermögen des Arbeitsplatzes. Dabei sind kapazitätsmindernde Einflüsse zu beachten (Ferien, Wartung, Reinigung usw.).

Daraus wird die **effektive Kapazität** errechnet. Hier müssen kurzfristige Einflüsse berücksichtigt werden wie Störungen, mögliche Überstunden, Erkrankungen usw.

Für den **Kapazitätsbedarf** sind als Datenquellen die Fertigungsaufträge, die Arbeitspläne, die Arbeitsplätze und die Planungsergebnisse zu berücksichtigen. Der Kapazitätsbedarf ist für jeden Fertigungsauftrag, für jede erforderliche Arbeitsplatzgruppe in der entsprechenden Planperiode zu bestimmen und zum Gesamtbedarf zu addieren. Bei nicht automatisierten Arbeitsplätzen ist der Leistungsgrad zu berücksichtigen.

Kapazitätsabstimmung

Anschließend sind verfügbare und benötigte Kapazität einander gegenüber zu stellen und bei Nichtübereinstimmung abzustimmen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die gängigen Möglichkeiten der Abstimmung von Kapazitätsbestand und Belastung:

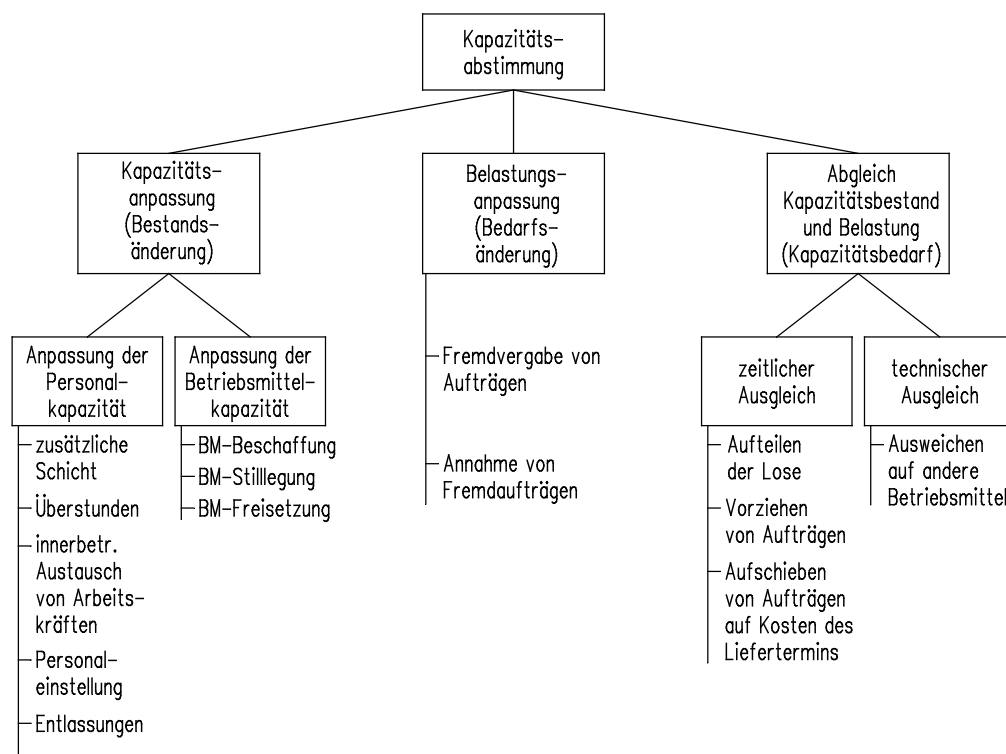


Abbildung 18 Möglichkeiten der Kapazitätsabstimmung

Die Möglichkeiten des Kapazitätsabgleichs werden durch die nachfolgende Abbildung noch einmal visualisiert.

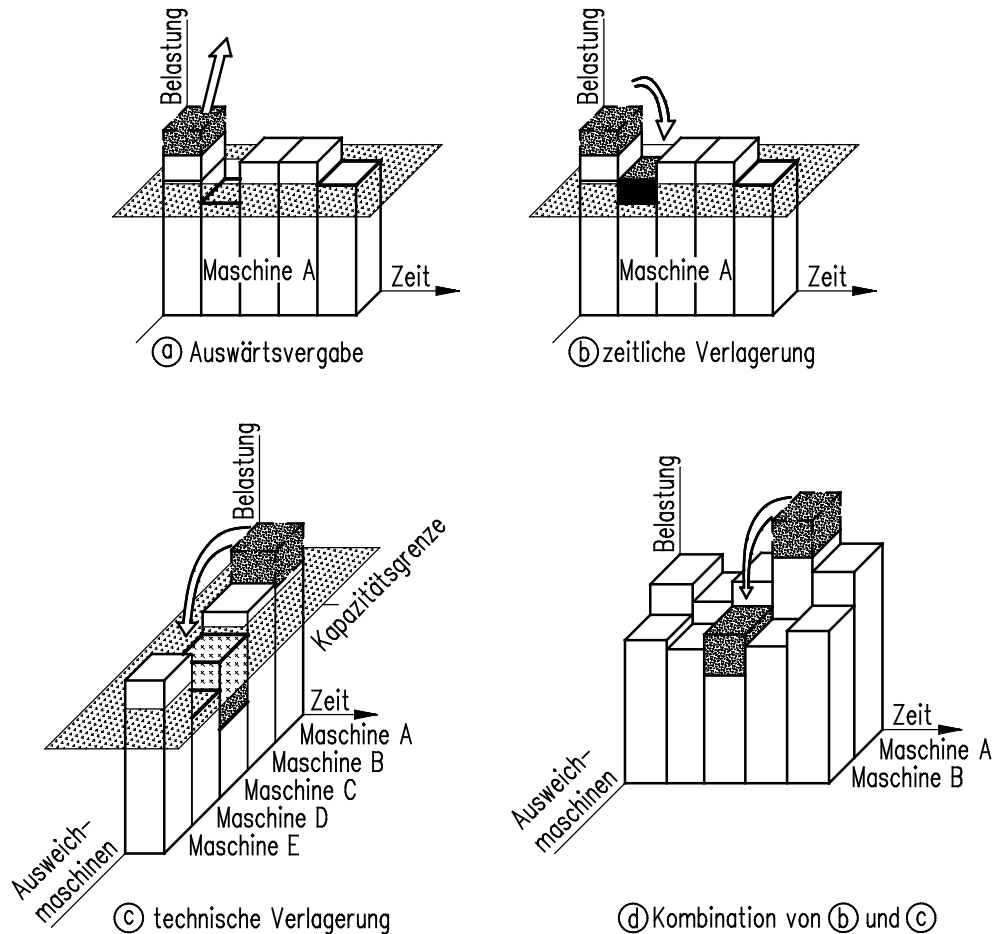


Abbildung 19 Möglichkeiten des Kapazitätsabgleichs

Die **Verfahrensanpassung** ist eine Möglichkeit, wenn Maschinen relativ universell einsetzbar sind. Bei Spezialmaschinen ist sie nahezu unmöglich. Sie kann über Arbeitsplatzanpassung, Arbeitsganganpassung oder Arbeitsreihenfolgeanpassung erfolgen. Weitere Möglichkeiten der verfahrenstechnischen Anpassung liegen in technischen Veränderungen der Betriebsmittel, Einsatz neuer Technologien und Werkzeuge und der Anwendung besserer technischer Parameter.

Im Ergebnis der Durchlaufplanung, der Kapazitätsauslastung und der Anpassung soll ein optimierter Fertigungsprozess erreicht werden. Das ist meist nicht im ersten Durchlauf zu schaffen. Aus diesem Grunde wird man erst nach mehreren Berechnungen ein Optimum erreichen. Die optimierten Ergebnisse stellen sich dann in Listen und Grafiken mit folgendem Inhalt dar:

- Auftragsdurchlaufübersichten
- Kapazitätsbelegung je Arbeitsplatzgruppe
- Terminliste

Kapazitätssteuerung und PPS

Die Terminierung und Einlastung von Aufträgen unter Berücksichtigung der Kapazität wird von vielen PPS-Systemen unterstützt. Dennoch handelt es sich insbesondere bei Produkten mit vielen Fertigungsstufen und einem breiten Produktspektrum um eine äußerst schwierige Aufgabe. Die Kapazitätssituation in der Produktion ändern sich häufig ungeplant und Störungen im Ablauf sind unvermeidbar. Durch viele Aufträge mit unterschiedlichem Fertigstellungsgrad an vielen Betriebsmitteln ergibt sich eine große Vielzahl von Daten, die sich dynamisch ändern.

Um eine komplexe Fertigung zu planen und zu steuern reicht deshalb ein mächtiges PPS-System alleine auch nicht aus. Nur wenn alle relevanten Daten korrekt eingestellt sind, die Abhängigkeiten zwischen den Daten richtig im System eingestellt sind und gepflegt werden ist überhaupt die Voraussetzung für eine ganzheitliche Planung und Steuerung gegeben.

Der Erfolg hängt aber auch dann noch vom Personal ab. Häufig werden tiefergehende Kenntnisse in der allgemeinen Betriebslehre, der Organisation des eigenen Betriebes und speziell in der Kapazitätswirtschaft ebenso wie die Durchdringung der angebotenen Funktionen des unterstützenden PPS-Systems erforderlich.

2.5 PPS-Konzeptionen

Durch die sich ständig verschärfende Wettbewerbssituation sind die Anforderungen an alle mit der Auftragsabwicklung beschäftigten Bereiche erheblich gestiegen. Dies gilt vor allem für die Planung und Steuerung der Produktion. Neben sich ständig verändernden Nachfragebedingungen und immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen zeichnen sich viele Produkte durch eine große Variantenvielfalt aus, was dazu führt, dass eine starre Automatisierung der Fertigungsaufgaben den Anforderungen des Marktes nicht mehr gerecht wird.

Die Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung lassen sich direkt aus den Unternehmenszielen ableiten, wobei man grundsätzlich die Ziele Zeit (Termin), Kosten und Qualität unterscheiden kann.

Die beiden PPS-Teilgebiete „Produktionsplanung“ und „Produktionssteuerung“ können in 5 Funktionsgruppen unterteilt werden. Diese Gruppen ihrerseits enthalten verschiedene Einzelfunktionen. Nachfolgend sollen kurz die Funktionsgruppen und ihr Zusammenspiel erläutern werden.

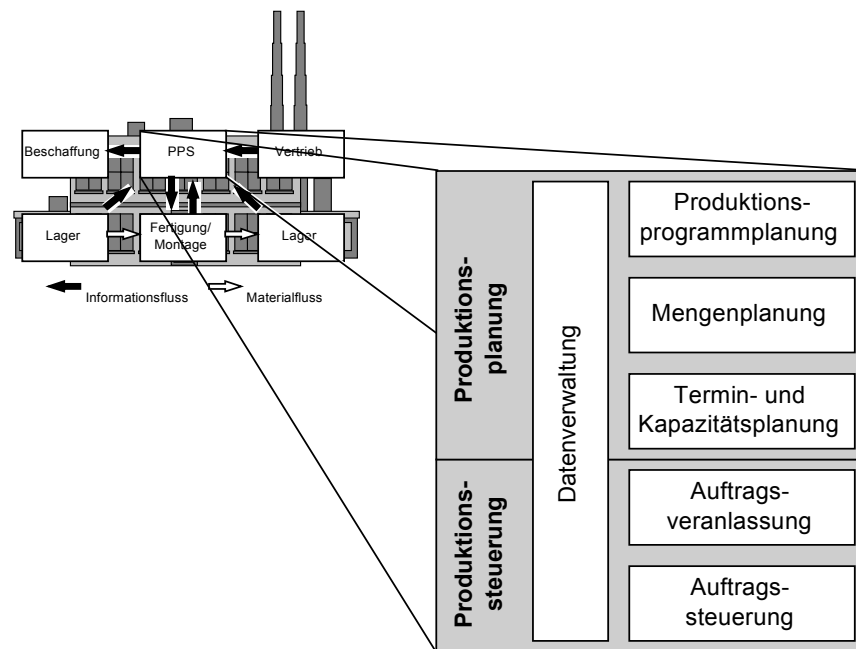


Abbildung 20 Funktionen der PPS

Datenverwaltung

Die Funktionsgruppe Datenverwaltung ist beiden PPS-Teilgebieten, Produktionsplanung und Produktionssteuerung, zugeordnet. Diese Anordnung resultiert aus der Überlegung, dass beide PPS-Teilgebiete auf bestimmte produktionsbezogene, wie z.B. Teilstamm-, Stücklisten-, Arbeitsplan- und Arbeitsplatzdaten zugreifen müssen. Diese Daten können auch in auftragsneutrale und auftragsabhängige Stammdaten unterteilt werden.

Im Hinblick auf PPS-Systeme kommt der Datenverwaltung die Aufgabe zu, Stamm- und Strukturdaten für verschiedene PPS-Einzelfunktionen zur Verfügung zu stellen.

Produktionsprogrammplanung

Die Produktionsprogrammplanung hat die Aufgabe, den zu produzierenden Bedarf an Endprodukten nach Art, Menge und Termin für einen mittelfristigen Zeitraum festzulegen. Der Bedarf kann dabei sowohl aus einem kundenanonymen Vertriebsprogramm, als auch aus konkreten Kundenaufträgen resultieren.

Hierzu wird in der „**Prognoserechnung**“ der zukünftige Bedarf an Erzeugnissen als Vorhersage auf der Basis von Vergangenheitswerten ermittelt. Die „**Grobplanung**“ umfasst Funktionen zur Überprüfung der Durchführbarkeit des Produktionsprogrammes, meistens in Form einer Kapazitätsbedarfsermittlung nach Mengen und Termin auf der Basis von Grobdaten. Die „**Lieferterminbestimmung**“ von Kundenaufträgen für verkaufsfähige Erzeugnisse. Die „**Kundenauftragsverwaltung**“ beinhaltet Funktionen zur Angebots- und Auftragsbearbeitung. Ferner werden Auftragsfertigmeldungen verwaltet, Fertigwarenbestände geführt und der Versand disponiert. Zur Planung und Kontrolle vorgelagerter Abteilungen, insbesondere Konstruktion und Arbeitsvorbereitung dient die „**Vorlaufssteuerung**“.

Mengenplanung

Die Mengenplanung umfasst alle Planungsmaßnahmen, die das Ziel einer art-, mengen- und termingerechten Bereitstellung von Roh- und Werkstoffen, Halbzeugen, Hilfs- und Betriebsstoffen, Gruppen und Teile für die Fertigung haben.

Dabei wird zwischen Primär-, Sekundär- und Tertiärbedarf unterschieden und weiterhin noch zwischen Brutto- und Nettobedarf.

- **Primärbedarf:** Unter dem Primärbedarf wird der Bedarf an Erzeugnissen auch Ersatzteilen verstanden, die ein Unternehmen im verkaufsfähigen Zustand verlassen. Er wird auch Marktbedarf genannt.
- **Sekundärbedarf:** Der Sekundärbedarf ist der Bedarf an Werkstoffen (Gruppen, Teile und Rohstoffe), die zur Fertigung des Primärbedarfs (Erzeugnisse und Ersatzteile) benötigt werden. Er kann je Erzeugniseinheit und je Periode für das Fertigungsprogramm ermittelt werden.
- **Tertiärbedarf:** Der Tertiärbedarf ist der Bedarf, an Hilfsstoffen sowie Betriebsstoffen, der zur Durchführung der betrieblichen Aufgaben erforderlich ist. Er wird vorwiegend periodenbezogen ermittelt.

Bei der Materialbedarfsermittlung wird unter Berücksichtigung der Lagerbestände noch zwischen Brutto- und Nettobedarf unterschieden.

- **Bruttobedarf:** Der Bruttobedarf ist der periodenbezogene Bedarf an Material ohne Berücksichtigung der Lagerbestände.
- **Nettobedarf:** Der Nettobedarf ergibt sich aus der Differenz von Bruttobedarf und dem verfügbaren Lagerbestand zu einem bestimmten Termin.

Bei der „Bruttobedarfsermittlung“ werden die mengen- und terminmäßige Bestimmung des Sekundärbedarfes und des Tertiärbedarfes aus eingegangenen Kundenaufträgen bzw. dem vorliegenden Produktionsprogramm abgeleitet, oder durch Hochrechnungen bzw. Schätzungen der Bedarfsentwicklung auf Grund der Vergangenheitsnachfrage ermittelt.

Durch die in der Funktion der „Bestandsführung“ verwalteten Lager-, Bestell-, Werkstatt- und reservierten Bestände können diese Bruttobedarfe in Nettobedarfe überführt werden („Nettobedarfsrechnung“).

Im Anschluss daran fasst die „Beschaffungsrechnung“ Nettobedarfe unter verschiedenen Gesichtspunkten, z.B. Losbildung, frühester Bedarfstermin, usw. zusammen, wobei unter Umständen der Kundenauftragsbezug beibehalten werden muss. So entstehen Fertigungsaufträge für die Fertigung und Bestellvorschläge für den Einkauf.

Die „verbrauchsgesteuerte Bedarfsermittlung“ erfolgt auf der Grundlage der Bestandsführung. Bei einer verbrauchsgesteuerten Lagerposition wird im Falle der Unterschreitung einer festgelegten Mindestmenge eine bestimmte Losgröße zur Bestellung vorgeschlagen.

Während der „Bestandsreservierung“ erfolgt die zeitlich und mengenmäßige Auftragszuordnung freiverfügbarer Lagerbestände (und Bestellbeständen) im Rahmen der Bedarfsermittlung.

Innerhalb der Funktion „Lieferantenauswahl“ werden nach den Kriterien wie Bonität, Termintreue und Preis die günstigsten Lieferanten ermittelt. Anschließend werden innerhalb der Funktion „Bestellschreibung“ die Bestellvorschläge nach den Gesichtspunkten des Einkaufs überprüft und ggf. modifiziert und in versandfähigen Bestellungen umgesetzt und von der „Bestellüberwachung“ kontrolliert. Im Rahmen der „Bestellüberwachung“ werden die Bestellungen verwaltet, Bestätigungen, Bestelländerungen, Lieferzugänge, Nachlieferungen und Rechnungseingänge verbucht und laufende Bestellungen auf überfällige Bestätigungen, Lieferterminverzug und Liefermengenrückstand überprüft. Weiterhin unterstützt die Bestellüberwachung das Mahnwesen bei säumigen Lieferanten.

Termin- und Kapazitätsplanung

Die Termin- und Kapazitätsplanung nimmt die termin- und kapazitätsmäßige Einplanung des Fertigungsprogramms vor. Dabei werden in der „Durchlaufterminierung“ die Bearbeitungszeiten der Arbeitsvorgänge errechnet und deren jeweiligen Beginn- und Endtermine ermittelt. Im Rahmen der nachfolgenden Kapazitätsterminierung werden zunächst die jeweiligen Kapazitätseinheiten mit den ermittelten Bearbeitungszeiten termingemäß beaufschlagt („Kapazitätsbedarfsermittlung“). Bei wesentlichen Kapazitätsüberlastungen wird entweder der Kapazitätsbedarf an das Kapazitätsangebot angepasst (durch terminliches Verschieben von Arbeitsgängen oder Fertigungsaufträgen) oder das Kapazitätsangebot (z.B. durch Einrichten von Sonderschichten) erhöht. Die Reihenfolgeplanung stellt pro Kapazitätseinheit optimale Arbeitsreihenfolgen der Fertigungsaufträge her.

Auftragsveranlassung

In der Auftragsveranlassung werden alle Maßnahmen zur termingerechten Durchsetzung des Fertigungsprogramms zusammengefasst.

Die Werkstattaufträge werden im Rahmen der „Werkstattauftragsfreigabe“ nach Verfügbarkeitsprüfungen im Hinblick auf Material, Kapazität, Werkzeuge etc. zur Fertigung freigegeben. Aufgabe der „Arbeitsbelegerstellung“ ist die Erstellung der zur Fertigung benötigten Arbeitspapiere, Rückmeldescheine, Materialentnahmescheine usw. Innerhalb der „Verfügbarkeitsprüfung“ wird das Vorhandensein der für die auszuführenden Aufträge benötigten Materialien, Produktionsmittel und Arbeitsunterlagen sichergestellt. Aufgabe der Arbeitsverteilanweisung ist es, Anweisungen zu erteilen oder Informationen darüber bereitzustellen, welche Arbeitsvorgänge als nächstes auf welches Betriebsmittel zu verteilen sind. Auf dieser Grundlage steuert die Einzelfunktion „Materialtransportsteuerung“ den Materialfluss durch entsprechende Anweisungen an die Transportsysteme.

Auftragsüberwachung

Im Rahmen der Auftragsüberwachung werden Fertigungs-, Bestell- und Kundenaufträge auf mengen- und termingerechte Einhaltung überprüft, sowie die Kapazitätsbelastungssituation kontrolliert.

Die „Arbeitsfortschrittserfassung“ erfasst und übermittelt den stattfindenden Arbeitsfortschritt.

Die „Wareneingangsmeldung“ hat die Aufgabe, Materialeingänge zu registrieren und die offenen bzw. gelieferten Bestellungen auf Mengen- und Termineinhaltungen zu überprüfen. In der Kapazitätsüberwachung wird die Belastungssituation der einzelnen Kapazitätseinheiten (Maschinen, Arbeitsplätze) erfasst, dokumentiert und dargestellt.

Die „Kundenauftragsüberwachung“ verwaltet und gibt Auskünfte über den Stand der Kundenaufträge, den Arbeitsgrad, den Arbeitsstatus (z.B. freigegeben, storniert, umterminiert), die Auftragspriorität und dergleichen mehr.

In der Funktion „Kundenauftragsbezug“ geht es bei Losbildung um die Sicherung der ständigen Verknüpfung der bedarfsverursachenden Kundenaufträge mit dem Fertigungslos, um bei Störungen - wie z.B. Ausschuss, Terminverzug oder Maschinenausfall - die betroffenen Kundenaufträge ermitteln zu können.

Die Zielsetzung für den Einsatz von PPS-Systemen lässt sich genauer spezifizieren. Bezogen auf den Bereich Produktionsplanung und -steuerung sind neben hoher Transparenz der Auftragsabwicklung folgende Ziele als relevant anzusehen:

- hohe Termintreue
- kurze Durchlaufzeiten
- hohe Kapazitätsauslastung
- niedrige Lagerbestände
- hohe Flexibilität

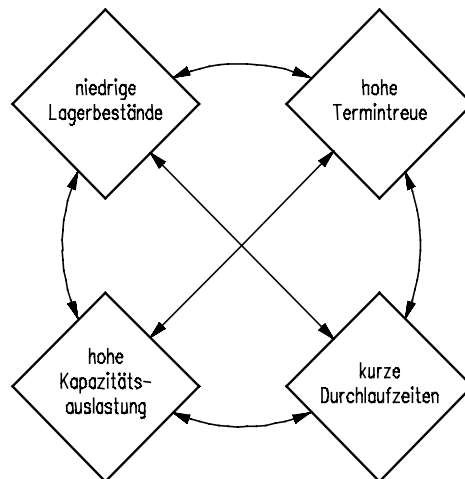
Der Zielsetzung „hohe Termintreue“ wird insgesamt die größte Bedeutung beigemessen. Für 88,6 % der mittelständischen Unternehmungen stellt eine hohe Termintreue ein angestrebtes Ziel dar. 61,4 % dieser Unternehmen betrachten die Sicherstellung einer hohen Termintreue sogar als wichtigste bzw. bedeutendste Zielsetzung.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zur Bedeutung der PPS-Zielsetzungen in der mittelständischen Industrie.

PPS-Zielsetzung	Durchschnittliche Bedeutung	Nennung als angestrebtes Ziel	Nennung als wichtigstes Ziel
hohe Termintreue	4,01	88,6 %	61,4 %
kurze Durchlaufzeiten	2,73	67,2 %	24,3 %
hohe Kapazitätsauslastung	3,04	75,7 %	25,7 %
niedrige Lagerbestände	2,63	71,4 %	17,1 %
hohe Flexibilität	2,84	67,2 %	37,1 %

Tabelle 6 Bedeutung der PPS-Zielsetzung in der mittelständischen Industrie (wichtigste Zielsetzung = 5; zweitwichtigste Zielsetzung = 4; usw. Eine Mehrfachnennung derselben Rangziffer war möglich)

Die in der Tabelle aufgeführten Zielgrößen können jedoch nicht gleichzeitig mit einem hohen Erreichungsgrad realisiert werden, da sie teilweise zueinander in Konkurrenz stehen.



Um eine möglichst **hohe Kapazitätsauslastung** zu erreichen, können zum einen leer stehende Kapazitäten am wirkungsvollsten durch Zusatzaufträge genutzt werden, zum anderen Kapazitätsüberlasten am besten durch Bedarfsstornierung behoben werden. Der Vertrieb hat also den größten Einfluss auf den Kapazitätsnutzungsgrad. Demgegenüber sind die Möglichkeiten der effizienten Kapazitätsnutzung im Produktionsbereich ziemlich bescheiden. Durch Losgrößenbildung und Vorziehen von Aufträgen kann der Rüstanteil gesenkt werden.

Abbildung 21 Ziele von PPS

Eine hohe Kapazitätsauslastung setzt voraus, dass die Bestände ansteigen dürfen, da Bedarfe aus Rüstgesichtspunkten verfrüht gefertigt werden. Trotzdem wird es zu Fehlmengen kommen, da Sonderbedarfe nicht kurzfristig gefertigt werden können. Durch die Losbildung steigen die Durchlaufzeiten an, weil zukünftige Bedarfe vorgezogen werden und dadurch verfrüht gefertigt werden.

Eine **hohe Lieferbereitschaft** und kurze **Durchlaufzeiten** treten in jüngster Zeit stärker im Vordergrund. In fortschrittlichen Unternehmen wird den Servicegrad eine besonders hohe Bedeutung beigemessen. Eine hohe Lieferbereitschaft von Endprodukten kann einerseits durch eine hohe Bevorratung erzielt werden, andererseits bewirken kurze Durchlaufzeiten für die Fertigwaren gleichermaßen eine rasche Bedarfsdeckung. Dazu müssen ausreichend Rohmaterial- oder Zwischenprodukt-Bestände geführt werden, die Kapazität muss überdimensioniert sein und die Ware muss ohne Wartezeit durch die Produktion geschleust werden.

Geringe Lagerbestände (geringe Kapitalbindung) können zur Verringerung des Servicegrades führen, weil häufiger Fehlmengen zu erwarten sind. Weiterhin können geringe Bestände in den Produktionslagern die Möglichkeit von Kapazitätsausgleich und von Losbildung behindern. Sie verhindern auch die schnelle Produktion von Eilaufträgen aus Produktionsbeständen. Niedrige Rohstoffbestände verlängern die Wiederbeschaffungszeit der Endprodukte um die Lieferzeit der Rohstoffe und verhindern das Vorziehen von Aufträgen zwecks Kapitalausgleich.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass jeweils ein beträchtlicher Teil der Unternehmen mit der Erreichung der angestrebten Ziele nicht zufrieden ist. Dies gilt besonders für die Zielsetzung „niedrige Lagerbestände“ und „hohe Termintreue“.

PPS Zielsetzung	Nicht zufrieden stellende Zielerreichung	Zufrieden stellende Zielerreichung	Kein angestrebtes Ziel
hohe Termintreue	38,6 %	50,0 %	11,4 %
kurze Durchlaufzeiten	34,3 %	32,9 %	32,8 %
hohe Kapazitätsauslastung	34,3 %	41,4 %	24,3 %
niedrige Lagerbestände	42,9 %	28,5 %	28,6 %
hohe Flexibilität	22,9 %	44,3 %	32,8 %

Tabelle 7 Zufriedenheitsgrad hinsichtlich der Zielerreichung

Insgesamt erachten 78,6 % der befragten Unternehmen die Erfüllung mindestens eines der von ihnen für den Bereich der Produktionsplanung und -steuerung verfolgten Ziele als nicht zufrieden stellend.

Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass gleichzeitige Verfolgung konkurrierender Zielsetzungen zu Unzufriedenheit führt. Außerdem ist anzunehmen, dass die jeweils eingesetzten Verfahren offenbar nicht der Zielerreichung dienen.

Weitere Gründe für die mangelnde Zielerreichung sind sowohl in organisatorischen, in technischen als auch im menschlichen Bereichen zu sehen.

- Die Ablauforganisation folgt häufig gewachsenen, schwer durchschaubaren Regeln, die keinem eindeutigen Zielsystem entsprechen.
- Vorhandene Informationssysteme sind häufig in Form von Insellösungen im Einsatz und führen zu Mehrfacherfassung und -haltung von Daten mit allen damit verbundenen Problemen.
- So wie die Organisationsstrukturen gewachsen sind, sind auch die Mitarbeiter in ihren erlernten Rollen verhaftet.
- Der Gesamtüberblick fehlt und
- Abteilungsdenken herrscht vor.

Unter Berücksichtigung der Gründe für die mangelnde Zielerreichung und den Beobachtungen in der Praxis lassen sich folgende Lösungsansätze erkennen:

- Die Reorganisation der Auftragsabwicklung in Richtung flexibler Abläufe unter Berücksichtigung des Gesamtsystems Unternehmen.
- Die Qualifizierung der Mitarbeiter im Hinblick auf Methoden, Verfahren und Werkzeuge.
- Einführung von unterstützender Informations- und Kommunikationstechnik (bzw. Anpassung vorhandener Systeme).

Neben dem genannten Qualifizierungsbedarf erfordert jeder der genannten Lösungsansätze qualifiziertes Personal zu seiner Umsetzung.

Grundkonzepte von PPS-Systemen

In den vergangenen Jahren haben sich eine Vielzahl von PPS-Konzeptionen entwickelt. Die meisten der angebotenen Standard PPS-Systeme basieren auf dem Kern des Material Requirement Planning (MRP).

Material Requirement Planning (MRP)

Die MRP-Philosophie, die Mitte der 60er-Jahre entstand, hat sich in Europa und den USA als die grundlegende EDV-Konzeption der Produktionsplanung und -steuerung etabliert. Beim MRP-Konzept (Material Requirement Planning) liegt eine starke materialseitig orientierte Betrachtungsweise mit einer strikten Trennung von Mengen- und Terminplanung zu Grunde. Das Prinzip ist in Abbildung 22 dargestellt. Man unterscheidet das MRP und das MRP2 (Material Resource Planning).

Management Resource Planning (MRP2)

Das MRP2-Konzept (Management Resource Planning) integriert im Gegensatz zum MRP-Konzept die Planungs- und Steuerungsaktivitäten. So wird z.B. vor der Produktionsprogrammplanung eine strategische Planungsebene mit den Aufgabenbereichen

Vertriebs- und Entwicklungsplanung vorangestellt. Eine zusätzliche Ergänzung der Termin- und Mengenplanung gegenüber dem MRP Konzept erfolgt durch eine lang- und kurzfristige Kapazitätsplanung sowie durch eine Werkstattsteuerung.

Das MRP2-Konzept stellt somit eine sinnvolle Erweiterung des MRP-Konzepts, sowohl im strategischen als auch im Bereich der Planungsdurchsetzung im Sinne der Steuerung dar. Es ist die grundlegende Philosophie, nach der PPS-Systeme implementiert sind.

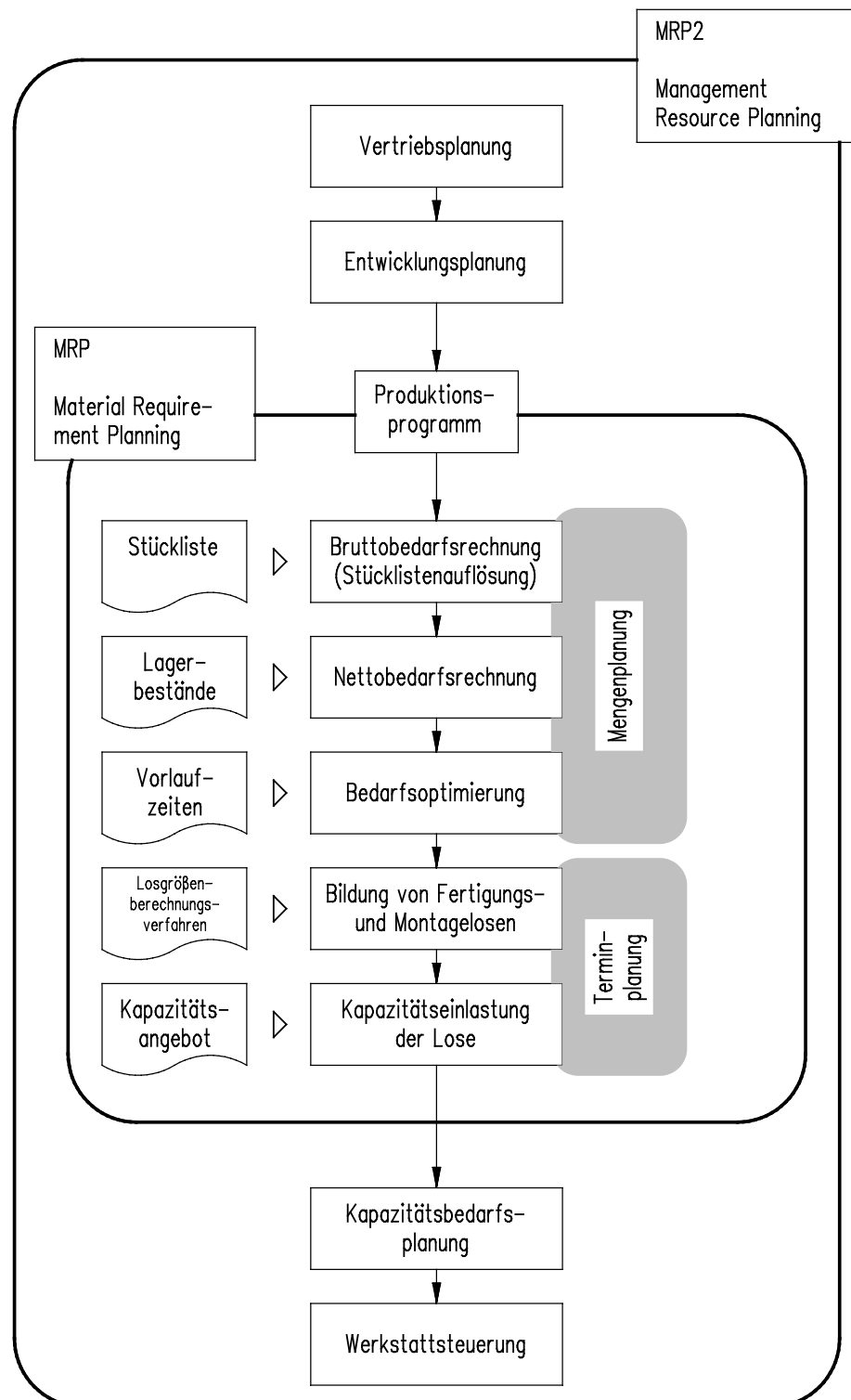


Abbildung 22 Prinzip eines MRP-Konzepts

Im Folgenden werden noch weitere wichtige konzeptionelle Ansätze von PPS kurz erläutert.

Kanban

Während das MRP üblicherweise zentral für alle Fertigungsstellen eines Unternehmens eingesetzt wird, ist Kanban ein Steuerungsprinzip in PPS-Systemen, das dezentral zum Einsatz kommt. Es steuert die Produktion in den Fertigungseinheiten (Werke, Bereiche, Abteilungen) selbstständig mit einem Softwaresystem.

Die Vorteile liegen in der Verminderung der Bestände, Verringerung der Durchlaufzeiten und einer hohen Fertigungstransparenz. Als Nachteile werden angesehen, dass es nicht für eine komplexe Fertigung und für wechselnde Serienfertigung geeignet ist.

Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA)

Diese PPS-Konzeption beruht auf der Annahme, dass sich die Kapazität von Fertigungseinheiten kurzfristig nur begrenzt verändern lässt. Die Fertigungssteuerung wird deshalb auf zwei Einflussgrößen beschränkt, die Freigabe und die Reihenfolge von Fertigungsaufträgen, die als Steuerungsparameter eingesetzt werden.

Bestandsgeregelte Durchfluss-Steuerung (BGD)

Hier handelt es sich um eine Weiterentwicklung der belastungsorientierten Auftragsfreigabe. Es wird nicht nur eine Fertigungsstelle in die Konzeption einbezogen, sondern alle Fertigungsstellen der betrachteten Fertigungsstufe integriert. Die Freigabe des Fertigungsauftrages ist hier abhängig vom Auftragsbestand in den nachfolgenden Fertigungsstellen.

Optimized Production Technology (OPT)

Diese engpassorientierte Konzeption kommt aus dem englischen Sprachraum. Über sie kann eine konsequente Engpasssteuerung mit Differenzierung der Auftragslosgrößen erreicht werden. Voraussetzungen für den Einsatz des OPT-Konzeptes sind:

- hoher Lieferservicegrad der Lieferanten
- fehlerfreie Arbeitsplandaten
- vorbeugende Instandhaltung der Fertigungsanlagen
- hohe Arbeitsdisziplin

Die OPT-Konzeption wird zur Fertigung von hohen Stückzahlen in den Losen und bei einer begrenzten Zahl von Arbeitsplätzen eingesetzt.

Fortschrittzahlensystem (FSZ)

Die FSZ-Konzeption kann eingesetzt werden, wenn auf eine auftragsbezogenen Kontrolle des Fertigungsausstoßes verzichtet und eine pauschale Kontrolle vorgenommen werden kann. Es wird für die einzelnen Fertigungsbereiche (Teilefertigung, Baugruppenfertigung, Endmontage) der Sollausstoß ermittelt. Unterschiedliche Erzeugnisse werden mithilfe von Äquivalenzzahlen auf Fortschrittzahlen umgerechnet, die fortlaufend geändert werden. Sollfortschritt- und Istfortschrittzahlen werden einander gegenübergestellt. Aus der Differenz ist das Ausstoßergebnis für verschiedene Bereiche der Fertigung ablesbar. Das Fortschrittzahlensystem wird überwiegend in der Automobilindustrie eingesetzt.

Moderne PPS-Systeme im modularen Aufbau

PPS-Systeme sind modular aufgebaut, d.h. die Aufgaben der PPS sind gemäß Abbildung 20 in Teilfunktionen zerlegt und den einzelnen, meist unabhängigen, in sich geschlossenen Systemmodulen zugeordnet.

Die einzelnen Module stellen im eigentlichen Sinne gesammelte PPS-Funktionen dar, die als Bestandteile des Softwarepaketes eigenständige Einheiten bilden. Sie verfügen über interne Steuerungsmechanismen (Datenbankrelationen, Firmenstammdaten) und sind daher ohne Restriktionen mittels Schnittstellen miteinander kombinierbar. Das macht die sukzessive Einführung oder Teilverwendung der einzelnen Module möglich.

Zur Vermeidung einer Datenredundanz werden die PPS-Funktionen über einen Datenpool zur Verfügung gestellt. Der modulare Aufbau der Systeme ermöglicht ihren Einsatz als zentrale oder dezentrale Lösung auf unterschiedlichen Hardwareplattformen.

Abbildung 23 zeigt den modularen Aufbau der Produktionsplanung und -steuerung aus theoretischer, beziehungsweise ablauforganisatorischer Sicht. Die Unterteilung der PPS-Funktionen bei den verschiedenen Systemen wird nach anderen Gesichtspunkten vorgenommen. Kriterien für diese Gliederung (Systemarchitektur) sind z.B. die historische Entwicklung der Programme, logisches Bündeln von Sub-Routinen oder Kapseln von besonders attraktiven Systemelementen. Abbildung 23 zeigt das modulare Konzept eines PPS-Systems.

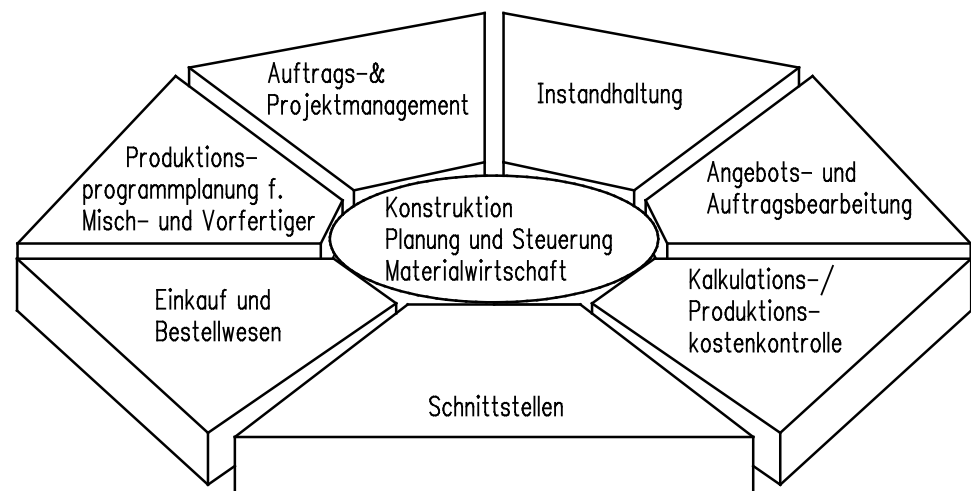


Abbildung 23 Modulübersicht (Systemarchitektur) eines Standard-PPS-Systems

Die Modulübersicht des Beispiels Abbildung 23 im Vergleich mit Abbildung 20 macht deutlich, dass zum einen der klassische Ansatz um Funktionen erweitert wurde (Instandhaltung, Schnittstellen), und zum anderen Funktionen zusammengefasst oder umbenannt wurden (Konstruktion, Planung und Steuerung, Materialwirtschaft).

Aufgabe 1

Nennen Sie die wichtigsten Ziele von PPS-Systemen!

Aufgabe 2

Nennen Sie die Teilfunktionen der Produktionsplanung und -steuerung!

Aufgabe 3

Welche Arten von Aufträgen kennen Sie und durch welche Daten ist ein Auftrag gekennzeichnet?

Aufgabe 4

Welche Varianten für die Durchlaufplanung gibt es und wovon hängt ihre Auswahl ab?

Aufgabe 5

Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Durchlaufplanung und Kapazitätsauslastung!

Aufgabe 6

Welche Möglichkeiten gibt es, den Widerspruch zwischen einer höheren benötigten Kapazität und einer geringeren verfügbaren zu beseitigen?

Aufgabe 7

Welche Voraussetzung muss für die Einführung eines PPS-Systems erfüllt sein?

Aufgabe 8

Erläutern Sie ein PPS-System, das für die Automobilindustrie geeignet ist!

Aufgaben

**Realisierung
Fallbeispiel
„Vorbereitung der
weiteren computer-
gestützten Arbeit in
der Firma Muster“**

Die Projektgruppe hat in der Firma Muster die technischen und organisatorischen Voraussetzungen geschaffen, dass Prozesse wie Betriebsmittelverwaltung, Bestellwesen, Abrechnung computergestützt realisiert werden. Die PC-Arbeitsplätze sind vernetzt und eine Vernetzung mit Firmenpartnern ist abgeschlossen. Im nächsten Schritt ist die computerunterstützte Konstruktion im Werkzeugbau, die computerunterstützte Arbeits- und Ablaufplanung und ein Qualitätsmanagementsystem einzuführen. Weiter ist zu prüfen, ob für die Fa. Muster ein PPS-System sinnvoll ist.

Aufgabe 1

Wählen Sie ein geeignetes CAP-Programm für die Arbeits- und Ablaufplanung aus der nachfolgenden Tabelle aus!

	AUTAP RWTH Aachen	CAPSY TU Berlin	DREKAL Univ. Hannover
Einsatzbereich	Rotations- und Blechteile Technologien Drehen und Stanzen	Rotationsteile Technologien Drehen und Bohren	Rotationsteile (Einzel- und Kleinserienfertigung)
Eingangsdaten	Werkstückbeschreibung durch Formelemente	Werkstückbeschreibung der Roh- und Fertigungskonturen mit Zusatzangaben	Werkstückbeschreibung durch Fertigungselemente
Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> - automatische Ermittlung der Arbeitsgangfolge nach dem Generierungsprinzip - Bestimmung der Rohteilabmessungen - automatische Zuordnung der Fertigungsmittel - Berechnung von Vorgabezeiten - NC-Programmierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung der Arbeitsvorgangsfolge im Dialog nach dem Generierungsprinzip - Festlegung der Fertigungsmittel und Fertigungshilfsmittel im Dialog - grafische Stimulation zur Dialogunterstützung - Berechnung von Vorgabezeiten - Kostenvorkalkulation - NC-Programmierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung der Arbeitsvorgangsfolge im Dialog und z.T. auch nach dem Generierungsprinzip - Festlegung der Fertigungsmittel und Fertigungshilfsmittel im Dialog - Berechnung von Schnittwerten und Vorgabezeiten - Kostenkalkulation - Zeiten- und Kostenvergleichsrechnung
Ergebnisse	Arbeitspläne Fertigungsanweisungen NC-Programme Werkzeugeinrichtpläne	Arbeitspläne Fertigungsanweisungen Spannpläne NC-Programme Kostenvorkalkulationen	Arbeitspläne Kostenvorkalkulationen
Arbeitsweise/ Struktur	<ul style="list-style-type: none"> - Verarbeitung weitgehend automatisch - übergeordnete Planungslogik in Programmbausteinen abgelegt - Anpassung durch anwenderspezifische Zusammenstellung der Programmbausteine und durch Einfügen spezifischer Daten und Regeln 	<ul style="list-style-type: none"> - Verarbeitung im Dialog - Steuerprogramm ruft separate Bausteine für verschiedene Bearbeitungsverfahren auf - Einzelbausteine nach Funktionen hierarchisch gegliedert - Anpassung durch anwenderspezifische Dateien 	<ul style="list-style-type: none"> - Verarbeitung im Dialog - geschlossenes Programmsystem - Anpassung durch anwenderspezifische Dateien

Aufgabe 2

Legen Sie die notwendigen Schritte zur Einführung des CAQ-Systems fest!

Aufgabe 3

Ist die Einführung eines PPS-Systems sinnvoll?

Begründen Sie Ihre Entscheidung!

Lösungsanhang

1 CAX-Systeme

Aufgabe 1

Der Einsatz von CAX-Systemen kann einem Unternehmen wesentliche Wettbewerbsvorteile bringen, die aus der Erhöhung der Produktqualität, der Verkürzung der Entwicklungszeiten, der Verkürzung der Durchlaufzeiten und der größeren Flexibilität der Fertigung resultieren. Kundenwünsche können wesentlich besser und in kürzerer Zeit durchgesetzt werden. CAX-Systeme sind in komplexer Anwendung Voraussetzung für das Integrationskonzept CIM.

Aufgabe 2

Bei der Neukonstruktion werden übergeordnete Gemeinsamkeiten (z.B. Punkt, Strecke, Kreis) sowie Geometriemakros, die im CAD-System im Voraus programmiert und im Rahmen eines interaktiven Dialogs des Konstrukteurs mit dem Computer bereitgestellt wurden, zur Zeichnung verarbeitet.

Bei der Varianten- und der Anpassungskonstruktion wird auf vorhandene CAD-Entwürfe zurückgegriffen, die weiterbearbeitet werden.

Aufgabe 3

- Intelligente Vorbelegungsstrategien für Parametereingaben
- Bereitstellung elektronischer Skizzentechnik
- Einsatz spezieller Grafikprozessoren in der 3D-Technik
- Definitionsmöglichkeit für häufig vorkommende benutzerspezifische Befehlssequenzen
- Flexible Eingabedialoge

Aufgabe 4

CAP (Computer Aided Planning, rechnerunterstützte Arbeitsplanung) unterteilt sich in

- CAD - Computer Aided Design, rechnerunterstütztes Konstruieren
- CAE - Computer Aided Engineering, rechnerunterstütztes Auslegen
- CAQ - Computer Aided Quality Assurance, rechnergestützte Qualitätssicherung
- CAM - Computer Aided Manufacturing, rechnergestütztes Fertigen

Aufgabe 5.1

Eine bessere Durchsetzung der CAP ist dann gegeben, wenn sie an die CAD-Systeme gekoppelt sind und bereits eine Datenübernahme aus der Konstruktion erfolgt.

Aufgabe 5.2

Eine vollautomatische Erstellung ist allerdings nur für sehr begrenzte Anwendungsbereiche, z.B. für rotationssymmetrische Bauteile möglich.

Lösungen

Aufgabe 6

Qualitätsprüfung, Prüfmittelverwaltung, Realisierung statistischer Methoden, Zuverlässigkeitsberechnungen, Dokumentationsaufgaben, Qualitätsdatenauswertung, Statistische Prozesskontrolle

Aufgabe 7

Statistische Prozesskontrolle konzentriert sich auf die Kontrolle des Fertigungsprozesses. Sie soll Mängel aufdecken, die zu Fertigungsfehlern führen und so den Prozess sicherer machen. Sie betrifft die Erfassung von Prozessdaten durch Sensoren, die Verarbeitung im Rechner und die Korrektur der Maschinensteuerung.

2 PPS-Systeme**Aufgabe 1**

- Kurze Durchlaufzeiten der Aufträge im Betrieb zur Sicherung kurzer Lieferzeiten, einer transparenten Fertigung und eines schnellen Kapitalumschlages
- Einhaltung vereinbarter Termine zur Sicherung des Kundenpotenzials
- Erhöhung des wirtschaftlichen Nutzens durch bessere und gleichmäßigere Kapazitätsauslastung
- Optimierte Bestände, Senkung der Kosten für die Lagerhaltung

Aufgabe 2

Bestell- und Lagerwesen, Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung

Aufgabe 3

Das Fertigungsprogramm unterscheidet in Kundenaufträge und betriebliche Aufträge. Ein Auftrag ist durch folgende Daten gekennzeichnet:

- Auftragsnummer
- Sachnummer
- Fertigstellungstermin
- externe Prioritäten
- Abhängigkeitsdaten
- Auftragsmenge

Aufgabe 4

Es gibt die Vorwärts-, die Rückwärts- und die kombinierte Planung. Für die kombinierte Planung wird meist die Netzplantechnik angewendet.

Die Auswahl hängt davon ab, ob der Anfangstermin, der Endtermin oder der Anfangs- und Endtermin vorgegeben ist.

Aufgabe 5

Aus der Durchlaufplanung ergibt sich für die Fertigung die benötigte Kapazität. Diese ist der verfügbaren Kapazität gegenüberzustellen und gegebenenfalls anzupassen. Damit sind Durchlaufplanung und Kapazitätsauslastung über Rückkopplungen miteinander verknüpft und können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden.

Aufgabe 6

- Kapazitätserweiterung
- Terminverschiebungen
- Auftragsanpassung
- Verfahrensanpassung

Aufgabe 7

Voraussetzung für die Einführung von PPS-Systemen ist eine vollständige Datenaufbereitung im Unternehmen.

Aufgabe 8

Für die Automobilindustrie ist das Fortschrittzahlensystem geeignet. Es wird für die einzelnen Fertigungsbereiche (Teilefertigung, Baugruppenfertigung, Endmontage) der Sollausstoß ermittelt. Unterschiedliche Erzeugnisse werden mithilfe von Äquivalenzzahlen auf Fortschrittzahlen umgerechnet, die fortlaufend geändert werden. Sollfortschritt- und Istfortschrittzahlen werden einander gegenübergestellt. Aus der Differenz ist das Ausstoßergebnis für verschiedene Bereiche der Fertigung ablesbar.

Fallbeispiel

„Vorbereitung der weiteren computergestützten Arbeit in der Firma Muster“

Aufgabe 1

Auswahl eines CAP-Programms:

Einsatzbereiche von CAP-Programmen sind sowohl die Großserienfertigung auf den Kurvendrehautomaten als auch die Kleinserienfertigung auf den CNC-Bearbeitungszentren. Vergleicht man die Eigenschaften der in der Tabelle vorgestellten Arbeitsplanerstellungsprogramme, dann bietet sich das Programm CAPSY der TU Berlin für die Fa. Muster als geeignet an.

Für die Fertigungsprogrammablaufplanung ist auf Grundlage der vorhandenen Fertigungsbedingungen durch den Informatiker ein eigenes Programm zu erarbeiten, das die gegebenen Fertigungs- und Planungsbedingungen der Fa. Muster berücksichtigt.

Aufgabe 2

Einführung des CAQ-Systems:

Die Einführung des QM-Systems ist eine von den Auftraggebern der Fa. Muster geforderte Voraussetzung für die vertragliche Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie. Die wesentlichen Schritte für die Einführung sind in der Normenreihe ISO 9000 ... 9004 festgeschrieben. Die Einführung eines CAQ-Systems in der Fa. Muster wird deshalb in zwei Schritten durchgeführt:

1. Einführung des QM-Systems auf der Basis der genannten Normenreihe ISO 9000 ... 9004 mit Zertifizierung durch ein entsprechendes dafür zugelassenes Unternehmen. Die Auswahl erfolgt in Abstimmung mit den Partnern der Automobilindustrie.
2. Einführung eines CAQ-Systems zur Qualitätsplanung, Qualitätslenkung und Qualitätsprüfung. Die Auswahl der Software erfolgt in Abstimmung mit den Partnern der Automobilindustrie.

Aufgabe 3

Entscheidung über ein PPS-System:

PPS-Systeme sind datentechnisch aufwändig und teuer. In Betrieben unter 100 Beschäftigten werden sie nur bei etwa 15 % eingesetzt. Viele Planungsbereiche, die sie erfassen, sind im Kleinbetrieb mit wesentlich einfacheren Mitteln zu handhaben. Die Fa. Muster hat ausschließliche eine Teilefertigung; Baugruppen- und Endmontage entfallen. Die vorgestellten PPS-Systeme sind für Betriebe in der Größenordnung der Fa. Muster nicht geeignet. Aus den genannten Gründen wird auf die Einführung eines PPS-Systems verzichtet.