

Geleitwort

Das Gebiet der Fertigungssteuerung verzeichnet eine wechselvolle Geschichte. Sie begann Mitte der 1960er Jahre, als die Planung und Steuerung der immer größeren Fabriken mit tausenden von Aufträgen und zigtausend Arbeitsgängen die Erfahrung und Vorstellungskraft der Meister und Betriebsleiter überforderte. Berühmte Regeln wurden als Ausweg gesehen, um mit dem immerwährenden Zielkonflikt zwischen hoher Auslastung und pünktlicher Lieferung fertig zu werden. Sie lauteten etwa: „Man muß in eine Werkstatt nur ordentlich viele Aufträge geben, dann ist sie auch produktiv“. Oder: „Rüstzeiten sind möglichst zu vermeiden, fasse also gleiche Aufträge zusammen“. Oder: „Die Abfertigungsregel Kürzeste Operationszeit (KOZ) bewirkt kurze Durchlaufzeiten der Aufträge“. Allen diesen und anderen Regeln ist gemeinsam, dass sie tatsächlich ein einzelnes Ziel durchaus unterstützen, aber den eigentlichen Zielkonflikt nicht lösen können.

Große Hoffnungen weckten in diesem Zusammenhang Warteschlangenmodelle, die bereits erfolgreich in Warenverteilsystemen und Telefonnetzen eingesetzt wurden. Trotz großer Anstrengungen in Wissenschaft und Industrie konnte sich deren Anwendung in der Stückgüterproduktion nach dem Werkstättenprinzip aber nicht durchsetzen. Eingehende Untersuchungen zeigten, dass die mathematischen Voraussetzungen dieser Modelle in der Praxis nicht vorlagen.

Die wachsende Rechnerkapazität und die Verfügbarkeit grafischer Bildschirme läutete Anfang der 1980er Jahre eine neue Ära der Fertigungssteuerung ein. Der so genannte elektronische Leitstand versprach endlich eine zuverlässige Planung und Abfertigung der Aufträge durch eine minutiöse Einplanung und Verfolgung jedes einzelnen Arbeitsganges auf jeder Maschine. Aber auch diese Hoffnungen wurden enttäuscht, weil das zugrunde liegende deterministische Modell falsch und der Aufwand für die Planung und Systempflege zu groß war.

Parallel zu diesen Entwicklungen wurden neue Denkansätze bekannt. Die in Japan entwickelte Kanban-Steuerung stellte bisherige Denkgewohnheiten radikal in Frage, indem man nach dem Prinzip des Supermarktes bei Bedarf die Aufträge aus der Fertigung herauszog (Pullprinzip), statt sie lange vor dem gewünschten Liefertermin in die Fertigung einzulasten (Pushprinzip). Die für die Werkstattfertigung entwickelte Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA), später zur Belastungsorientierten Fertigungssteuerung und -regelung erweitert, verknüpfte erstmals eine rückstandsorientierte Kapazitätssteuerung mit einer bestandsgeregelten Auftragsfreigabe. Andere Autoren betonten die Engpassbetrachtung, so die Theory of Constraints (TOC) und das daraus abgeleitete OPT-Verfahren. Weitere Meilensteine waren das CONWIP-Verfahren (Constant Work in Process) und das in der Automobilindustrie entwickelte Fortschrittszahlenkonzept.

Mitte der 1980er Jahre setzte die Lean Production-Welle ein und die daraus resultierende Zerlegung der Fabriken in autonome markt- und produktorientierte Inseln, Segmente und Fraktale. Diese sollten möglichst weitgehend von den Mitarbeitern gesteuert werden. Hinzu kam die verstärkte Verlagerung von Teilen, Komponenten und ganzen Subsystemen an Zulieferer. Die Produktionsunternehmen konzentrierten sich folgerichtig auf die Beschaffung, Montage und Auslieferung. Das Interesse an der Fertigungssteuerung ging stark zurück und hatte das Verschwinden zahlreicher Fertigungssteuerungssysteme vom Markt zur Folge.

Mitte der 1990er Jahre trat die Betrachtung der gesamten Lieferkette vom Lieferanten des Lieferanten bis hin zum Kunden des Kunden in den Vordergrund, die Supply Chain war geboren. Im Vordergrund steht die Transparenz der Abläufe.

Ungeachtet dieser und weiterer Entwicklungen wie z.B. Agentensteuerung, Fuzzy Logic und genetischen Algorithmen bleiben die Zielkonflikte und Aufgaben der Fertigungssteuerung natürlich bestehen. Geändert haben sich jedoch die Ansprüche insbesondere hinsichtlich der Liefertreue, die zunehmenden Formen der Produktion und ihre Verknüpfung in Produktionsnetzen sowie die verfügbaren Verfahren zur Aufgabenerfüllung. Fragt man in den Betrieben nach den größten Problemen in der Logistik, wird nach wie vor die logistische Unzuverlässigkeit der Fertigung beklagt.

In dieser Situation war das Buch überfällig. In einem neuen systematischen Ansatz bringt der Autor zunächst die Zielgrößen und Aufgaben der Fertigungssteuerung in einen logischen Zusammenhang. Letztere sind die Auftragsherzeugung, Auftragsfreigabe, Kapazitätssteuerung und Reihenfolgebildung. Für jede dieser Aufgaben erfolgt eine Charakterisierung anhand ihrer klassifizierenden Merkmale.

Den Schwerpunkt des Buches bildet die anschließende Beschreibung sämtlicher in Literatur und Praxis bekannten Verfahren anhand ihrer Logik. Sie werden – unterstützt durch eingängige Grafiken – transparent und können im Hinblick auf ihre Eignung für einen spezifischen Einsatzfall beurteilt werden. Dies geschieht anhand von neun Verfahrensregeln, die dem Leser immer wieder in Erinnerung rufen, wie die jeweiligen Zielgrößen, Stellgrößen und Regelgrößen zusammenhängen.

Zum Abschluss zeigt der Autor auf, wie die Auswahl und Abstimmung der einzelnen Bausteine der Fertigungssteuerung erfolgt. Das ist deswegen wichtig, weil einige Verfahren mehrere Aufgaben erfüllen.

Die Arbeit zeichnet sich durch eine überzeugende Systematik, sorgfältige internationale Recherchen, transparente Darstellung und unmittelbare Anwendbarkeit aus. Ich wünsche dem Buch eine gute Aufnahme in Wissenschaft und Praxis und bin davon überzeugt, dass es zu einem Standardwerk der PPS-Literatur wird.

Hannover, im Mai 2004

Hans-Peter Wiendahl

Vorwort zur zweiten Auflage

Für die zweite Auflage wurde der Buchteil zur Kapazitätssteuerung grundlegend überarbeitet und erweitert. Dies betrifft vor allem die Aufnahme drei weiterer Kapazitätssteuerungsverfahren und die Detaillierung der Leistungsmaximierenden Kapazitätssteuerung. Des Weiteren werden die Grundlagen der Kapazitätssteuerung und die Rückstandsregelung nun in eigenständigen Kapiteln beschrieben.

Bamberg, im Februar 2008

Hermann Lödding

Vorwort zur ersten Auflage

Praktiker beklagen immer wieder, dass sich viele produktionswissenschaftliche Theorien auf praktische Fälle kaum anwenden lassen. Für das Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover ist dies seit Jahrzehnten Ansporn, eine praxisgerechte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Produktionsplanung und -steuerung zu betreiben und diese in Projekten mit Industrieunternehmen im praktischen Einsatz zu testen.

In dieser Tradition wendet sich das Buch sowohl an den praxisorientierten Wissenschaftler als auch an den für Theorien aufgeschlossenen Praktiker. Dritte Zielgruppe sind Studenten an Universitäten und Fachhochschulen, die die Grundlagen der Fertigungssteuerung vertiefen möchten.

Das vorliegende Buch hat insofern eine besondere Entstehungsgeschichte, als es zum Großteil im Ausland entstanden ist. Während dieser Zeit hatte ich die Gelegenheit, die Theorie der Fertigungssteuerung mit ausgewiesenen Fachleuten zu diskutieren und ihre Praxis in Fabriken in sehr unterschiedlichen Kulturen studieren zu können. Daher bin ich den gastgebenden Professoren und ihren Mitarbeitern zu großem Dank verpflichtet, und zwar sowohl aufgrund der fachlichen Anleitung als ganz ausdrücklich auch für die sehr großzügig gewährte Gastfreundschaft:

- Prof. Paul Schönsleben und Prof. Markus Bärtschi vom ETH-Zentrum für Unternehmenswissenschaften (BWI) der ETH Zürich
- Prof. João Fernando Gomes de Oliveira von der Ingenieurschule São Carlos der Universität São Paulo
- Prof. Mitchell Tseng vom Advanced Manufacturing Institute der Hong Kong University of Science & Technology
- Prof. Peter Nyhuis vom Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover

Darüber hinaus haben sich viele Kollegen und Freunde der beträchtlichen Mühe unterzogen, das Buchmanuskript insgesamt oder in größeren Teilen zu korrigieren und wertvolle inhaltliche Anregungen zu geben. Besonders gedankt sei dafür den Herren Carsten Begemann, Gregor von Cieminski, Daniel Grabe, Dr. Ralf Hieber, Dr.-Ing. Michael Schneider, Erik Thiry, Dr.-Ing. Hans-Hermann Wiendahl sowie meiner Mutter Maria Lödding. Herr Oliver Kress hat mir zur Kanban-Steuerung wertvolle Hinweise gegeben, deren praktischen Einsatz ich freundlicher Weise bei der Daimler Chrysler AG in Gaggenau studieren durfte.

Bei der Erstellung der vielen Abbildungen haben mich die Mitarbeiter des Zeichenbüros des IFA um Frau Dagmar Schössow-Weber tatkräftig unterstützt. Für die unbürokratische Finanzierung der Arbeiten mit einem Forschungsstipendium danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Das Buch baut auf den langjährigen Forschungsarbeiten und Industrieerfahrungen des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik auf. In ungewöhnlicher inhaltlicher Kontinuität sind dort unter der Leitung der Professoren Kettner, Wiendahl und Nyhuis Forschungsergebnisse erzielt worden, die die Produktionsplanung und -steuerung im deutschsprachigen und zunehmend auch im internationalen Raum geprägt haben. An vorderster Stelle gilt dies für das Trichtermodell mit dem Durchlaufdiagramm und den logistischen Kennlinien sowie für die am Institut entwickelten Verfahren.

Insbesondere zu den Verfahren der Auftragsfreigabe hat das Institut dort wesentliche Beiträge geleistet. Mit der Workload Control, der Belastungsorientierten Auftragsfreigabe (BOA) und der Dezentralen Bestandsorientierten Fertigungsregelung (DBF) sind gleich drei Auftragsfreigabeverfahren am IFA entstanden, von denen die von Bechte entwickelte BOA sicher den höchsten Bekanntheitsgrad erreicht hat. Im Bereich der Auftragserzeugung sind die ursprünglich in der Automobilindustrie entwickelten Fortschrittszahlen durch die fachlichen Arbeiten Heinemeyers eng mit dem Institut verknüpft. Sowohl die BOA (Kap. 21) als auch das Fortschrittszahlenprinzip (Kap. 13) werden in diesem Buch zu generischen Fertigungssteuerungsverfahren ausgebaut. In ähnlicher Weise zeichnet sich zurzeit ab, dass das IFA die Aufgabe der Kapazitätssteuerung entscheidend mitprägen wird (Kap. 27).

In meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und als Forschungsstipendiat hatte ich das Glück, die Entstehung einer ganzen Reihe bemerkenswerter Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der PPS erleben zu dürfen. Hierzu zählen insbesondere die Habilitation von Prof. Nyhuis sowie die Dissertationen der Doktoren Breithaupt, Fastabend, Franken, Höbig, Lutz, Schneider, Wahlers, Windt und Yu, deren Forschungsergebnisse in dieses Buch eingeflossen sind.

Ein besonderer Dank gebührt meinem akademischem Lehrer Prof. Wiendahl. Er hat mich nicht nur dazu ermuntert, dieses Buch zu schreiben und das Projekt an internationalen Universitäten durchzuführen. Er hat darüber hinaus viele hilfreiche Kontakte hergestellt und das Manuskript einer sorgfältigen Prüfung unterzogen, aus der zahlreiche Verbesserungen und Anregungen resultierten.

Widmen möchte ich das Buch meiner unvergleichlichen Großmutter, einer unbeeindruckten Optimistin, der ich viel verdanke.

1 Einleitung

1.1 Einführung

Wissenschaftler und Unternehmensführer auf der gesamten Welt sind sich einig: Unternehmen mit einer Kombination aus Produkten mit hohem Kundennutzen und einer überlegenen Logistik sind im Wettbewerb besonders erfolgreich. Sie wachsen häufig schneller als der Markt und erzielen zudem besonders hohe Gewinne. Eine gute Unternehmenslogistik drückt sich in einer hohen logistischen Zielerreichung aus:

- Erfolgreiche Unternehmen benötigen weniger Bestände in Roh-, Halb- und Fertigwaren. Sie binden damit weniger Kapital im Auftragserefüllungsprozess und können stattdessen in die Entwicklung innovativer Produkte oder fortschrittlicher Technologien investieren.
- Logistisch führende Unternehmen liefern pünktlich. Sie gewinnen dadurch das Vertrauen ihrer Kunden und vermeiden die hohen Folgekosten verspäteter Lieferungen.
- Unternehmen mit einer guten Logistik liefern schnell. Sie können so Marktchancen nutzen und häufig auf eine kostspielige Lagerhaltung verzichten.

Während über die Ziele und den Nutzen einer hohen logistischen Zielerreichung eine verblüffende Einigkeit besteht, scheint der Weg dahin schwierig zu sein. Hippler mahnte schon 1921, dass die Geschwindigkeit, mit der das Werkstück durch die Fertigung fließt, eine ganz andere, äußerst wichtige Bedeutung erlangt habe [Hipp-21]. Die seitdem erzielten Fortschritte – vor allem ermöglicht durch die Entwicklung von Produktions- und Informationstechnologien – sind zwar unübersehbar. Dennoch nimmt die Klage der Kunden über zu lange Lieferzeiten und unpünktliche Lieferungen nicht ab. Zum Teil ist dies sicher auf eine gestiegene Erwartungshaltung zurückzuführen. Ein Blick in die unternehmerische Praxis offenbart jedoch auch erhebliche Verbesserungspotenziale.

Eine wesentliche Herausforderung liegt darin, dass eine überlegene Zielerreichung erst durch das Zusammenspiel verschiedener Unternehmensfunktionen erreicht werden kann. Erfolgreiche Unternehmen berücksichtigen logistische Anforderungen in so unterschiedlichen Funktionen wie der Produktentwicklung, der Technologieentwicklung, im Marketing und Vertrieb, der Fabrikplanung, der strategischen und operativen Produktionsplanung sowie in der Fertigungssteuerung.

Das Buch konzentriert sich auf den Bereich der Fertigungssteuerung als einen wesentlichen Erfolgsfaktor der Logistik, zeigt Verbindungen zu anderen Funktio-

nen jedoch bei Bedarf auf. Die Fertigungssteuerung bildet aus vier Gründen den Schwerpunkt der Betrachtungen:

1. Die Fertigungssteuerung ist ein in Theorie und Praxis häufig vernachlässigtes Fachgebiet.

Die Diskussion um die logistische Zielerreichung wird eindeutig von der Produktionsplanung dominiert. Hierfür gibt es drei wesentliche Gründe: Erstens bietet sie intellektuell herausfordernde Aufgaben wie Optimierungsprobleme, die elegant mit Methoden des Operations Research, der künstlichen Intelligenz oder anderer wissenschaftlicher Disziplinen gelöst werden können. Zweitens ist die Produktionsplanung ein sehr großer Markt für Unternehmenssoftware, in dem sich viel Geld verdienen lässt. Entsprechend werden nicht wenige Fachkongresse von Fragen der Informationstechnologie beherrscht. Und drittens ist ein realistischer und guter Produktionsplan tatsächlich eine Voraussetzung für eine hohe logistische Zielerreichung.

Es kann dabei jedoch leicht übersehen werden, dass ein guter Produktionsplan nur dann zu einer hohen logistischen Zielerreichung führt, wenn es der Fertigungssteuerung gelingt, diesen Plan auch umzusetzen. Eine funktionierende Fertigungssteuerung ist daher Grundvoraussetzung, um die theoretischen Vorteile einer fortgeschrittenen Produktionsplanung auch praktisch zu erschließen. Sie sollte schon aus diesem Grund eine hohe Aufmerksamkeit erfahren.

Dies ist umso dringender, als es Mitarbeitern in der Fertigungssteuerung häufig nicht gelingt, die auf strategischer Ebene geführten Diskussionen über die Bedeutung der logistischen Zielgrößen in den Betriebsalltag zu übertragen. Obwohl ihr persönlicher Erfolg häufig auch anhand der logistischen Zielerreichung gemessen wird, haben viele Mitarbeiter keine klare Vorstellung darüber, wie sie die logistischen Zielgrößen systematisch beeinflussen können. Vereiteln Planungsfehler anderer Unternehmensfunktionen eine hohe Zielerreichung, besteht zudem kein nachvollziehbarer Zusammenhang zwischen der Leistung des Mitarbeiters und den logistischen Kennzahlen.

Ein wichtiges Ziel des Buches ist es daher, die Beeinflussung der logistischen Zielgrößen durch die Fertigungssteuerung aufzuzeigen.

2. Die Bedeutung der Fertigungssteuerung für die logistische Zielerreichung der Produktion nimmt zu.

Auch wenn nicht genug betont werden kann, dass eine hohe logistische Zielerreichung nur durch das abgestimmte Zusammenwirken vieler Unternehmensfunktionen erreicht werden kann, so bildet die Fertigungssteuerung doch ein besonders wichtiges Element. Zum einen vereitelt eine schlechte Fertigungssteuerung eine hohe logistische Zielerreichung auch bei guten Rahmenbedingungen, wohingegen eine gute Fertigungssteuerung Planungsfehler in gewissem Umfang ausgleichen kann. Zum anderen verursacht eine schlechte logistische Zielerreichung der Fertigung sehr große Probleme in den nachfolgenden Bereichen der Lieferkette, wie z. B. Fehlteile in der Montage. Die Fertigung nimmt daher eine logistische Schlüsselstellung ein.

Die Bedeutung der Fertigungssteuerung nimmt aus drei Gründen zu: Erstens werden immer höhere Erwartungen an die logistische Zielerreichung gestellt.

Zweitens ist es aufgrund der hohen Variantenvielfalt und unsicherer Märkte sehr schwierig geworden, die Nachfrage zuverlässig zu prognostizieren. Entsprechend wird es immer schwieriger, verlässliche Produktionsprogramme zu erstellen. Die Fertigungssteuerung muss daher auf Plan-Änderungen schnell reagieren können. Und drittens erweitert sich der Aufgabenumfang der Fertigungssteuerung stetig. Beschränkte sie sich früher im Wesentlichen auf die Reihenfolgebildung an den Arbeitssystemen, so gibt sie heute auch Aufträge für die Fertigung frei und steuert die Kapazitäten. In der Lagerfertigung übernimmt die Fertigungssteuerung mit der Auftragszerzeugung zum Teil sogar Aufgaben der Produktionsplanung.

3. Neue theoretische Erkenntnisse in der Modellierung der logistischen Zielgrößen ermöglichen eine wirksamere Fertigungssteuerung.

Das theoretische Verständnis dafür, wie die logistischen Zielgrößen zusammenhängen und wie sie beeinflusst werden können, hat sich seit den 1980er Jahren deutlich vertieft. Neue Erkenntnisse in der Modellierung der logistischen Zielgrößen können neue Entwicklungen bei den Verfahren zur Fertigungssteuerung auslösen. Dies sei an einigen Beispielen erläutert.

- Sowohl *Little's Law* [Litt-61] als auch die *Trichterformel* [Bech-84] formulieren einen Zusammenhang zwischen dem Bestand der Fertigung, ihrer Leistung und der Durchlaufzeit der Aufträge. Wight folgerte schon Anfang der siebziger Jahre [Wigh-70], dass eine Bestandsregelung eine Steuerung der Durchlaufzeiten erlauben würde. In der Folge wurden zahlreiche Auftragsfreigabeverfahren entwickelt, die den Bestand der Fertigung regeln.
- In jüngerer Zeit wurden erhebliche Fortschritte in der Modellierung von Terminabweichung und Termintreue erzielt [Yu-01]. Die mittlere *Terminabweichung* der Aufträge ergibt sich demnach aus dem Verhältnis von Rückstand und Leistung der Fertigung. Es ist daher abzusehen, dass Verfahren der Rückstandsregelung an Bedeutung gewinnen werden [Pete-96, Brei-01, Remp-03]. Die *Termintreue* ist eine Funktion von Mittelwert und Streuung der Terminabweichung. Diese Erkenntnis führt zu einer Neubewertung der Eignung von Reihenfolgeregeln.
- *Logistische Kennlinien* beschreiben die Zielkonflikte zwischen den logistischen Zielgrößen. Produktionskennlinien bilden den Zusammenhang zwischen Bestand, Durchlaufzeit und Auslastung eines Arbeitssystems ab [Nyhu-91]. Sie ermöglichen damit eine logistische Positionierung im Dilemma zwischen niedrigen Beständen und Durchlaufzeiten einerseits und einer hohen Auslastung andererseits. Lagerkennlinien quantifizieren den Zusammenhang zwischen Lagerbestand und Servicegrad eines Produkts [Gläß-95, Lutz-01, Lutz-02, Nyhu-02]. Produktions- und Lagerkennlinien führten bislang zwar nicht zur Neuentwicklung von Fertigungssteuerungsverfahren. Sie vereinfachen aber eine systematische Festlegung der Verfahrensparameter. Dadurch leisten sie einen wichtigen Beitrag zur logistischen Zielerreichung.

4. Die Praxis der Fertigungssteuerung bietet ein erhebliches Verbesserungspotenzial.

Es gibt Unternehmen, die sich die Grundsätze der Fertigungssteuerung selbst erarbeitet haben und hervorragende Ergebnisse erzielen. Generell ist es auch längst

nicht so, dass es zwischen Wissenschaft und Praxis einen einseitigen Wissenstransfer gäbe. Im Gegenteil sind gerade im Bereich der Fertigungssteuerung zahlreiche Verfahren in der Praxis entstanden. Die führenden wissenschaftlichen Institute pflegen daher den Dialog mit der Praxis. Gleichwohl gibt es in der überwiegenden Anzahl der produzierenden Unternehmen ein erhebliches Verbesserungspotenzial in der Fertigungssteuerung. Dieses Potenzial kann häufig durch vergleichsweise einfache Maßnahmen erschlossen werden. Es bietet damit eine hervorragende Chance für Unternehmen, Bestände und Lieferzeiten zu senken und die Termintreue zu erhöhen.

Insgesamt steht eine Fülle von Fertigungssteuerungsverfahren zur Verfügung, deren Wirkungsweise und Parameter aber nicht allgemein bekannt sind. Das Buch stellt daher eine Auswahl von Verfahren vor und erläutert die Aufgaben, die das Verfahren erfüllt, und seine Parameter. *Verfahren* stehen im Mittelpunkt, weil sie Entscheidungen standardisieren. Dadurch helfen sie einerseits, den Entscheidungsprozess zu rationalisieren und die Entscheidungsgeschwindigkeit zu beschleunigen. Verfahren entlasten Mitarbeiter zudem von häufig stupiden Routineaufgaben. Auf der anderen Seite bergen sie erhebliche Risiken. Insbesondere nimmt die Kontrolle der Entscheidungen ab. Es überprüft häufig niemand mehr, ob die von einem Verfahren getroffenen Entscheidungen im Hinblick auf die Gesamtzielsetzung noch sinnvoll sind. Nicht selten werden zudem die bei der Einführung an ein Verfahren geknüpften Erwartungen enttäuscht. Hierfür gibt es mindestens fünf Gründe:

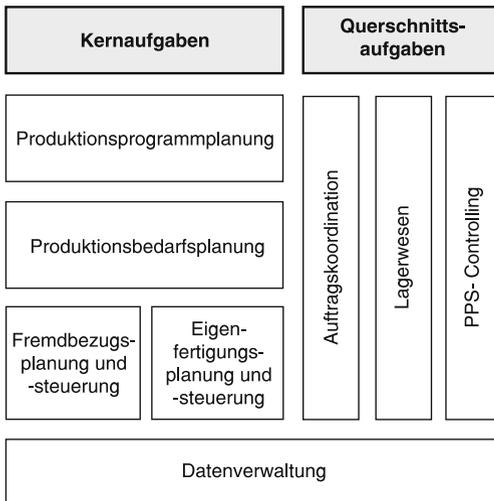
1. *Mangelndes Potenzial*: Zum Teil besteht in der Fertigung schlicht nicht das erforderliche Potenzial, um die logistischen Ziele erreichen zu können. In diesem Fall liegt die Lösung des Problems nicht in einer verbesserten Fertigungssteuerung, sondern in einer Verbesserung der Fertigung selbst (z. B. durch eine Verkürzung der Rüstzeiten) oder in einer fertigungsgerechten Produktkonstruktion.
2. *Falscher Ansatzpunkt*: Die Ursachen für eine mangelhafte Zielerreichung müssen nicht zwangsläufig in dem Bereich liegen, in dem das ausgewählte Fertigungssteuerungsverfahren ansetzt. Wenn z. B. die Termintreue durch eine mangelnde Reihenfolgedisziplin und eine fehlende Rückstandsregelung verringert wird, kann der Einsatz eines Verfahrens zur Auftragsfreigabe keine Besserung bringen.
3. *Ungeeignetes Verfahren*: Das Verfahren eignet sich nicht für den spezifischen Anwendungsfall, z. B. weil die Variantenvielfalt zu hoch oder das Verfahren nicht auf die Materialflusskomplexität abgestimmt ist.
4. *Falsche Parametrisierung des Verfahrens*: Die Wirkung eines Verfahrens hängt ganz erheblich von der Festlegung der Verfahrensparameter ab. Dieser widmen jedoch nur die wenigsten Unternehmen die erforderliche Beachtung. Viele Unternehmen schätzen die Bedeutung der Parameter falsch ein. Häufig wissen sie zudem nicht, wie sie die Parameter in geeigneter Weise festlegen sollen.
5. *Fehler in der Umsetzung*: Mindestens zum Teil lässt sich die mangelnde Zielerreichung in der Praxis auch aus einer fehlerhaften Umsetzung erklären. Ein bekanntes Beispiel ist die Praxis vieler Unternehmen, einen Teil der Aufträge vor dem Plan-Starttermin freizugeben, um so ihre rechtzeitige Fertigstellung zu

gewährleisten. Dadurch erhöht sich der Bestand in der Fertigung, und es konkurrieren dringliche Aufträge mit nicht dringlichen Aufträgen um die Ressourcen. Die vorzeitige Fertigstellung einiger Aufträge verzögert jedoch zwangsläufig den Durchlauf der übrigen Aufträge und kann so ihre Verspätung verursachen. Als Folge sinkt die Liefertreue.

Mit Ausnahme des ersten Falls, in dem kein logistisches Potenzial besteht, können Unternehmen ihre logistische Zielerreichung und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit durch eine verbesserte Fertigungssteuerung erhöhen, in vielen Fällen kurzfristig und in erheblichem Ausmaß. Dazu ist jedoch ein vertieftes Verständnis der Fertigungssteuerung und der eingesetzten Verfahren erforderlich. Ziel des Buches ist es, dieses Verständnis zu fördern und die Hebel zur Erschließung des vorhandenen Verbesserungspotenzials auszuweisen.

1.2 Ein Modell der Fertigungssteuerung

Die Fertigungssteuerung ist Bestandteil der Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Die PPS hat die Aufgabe, das laufende Produktionsprogramm für mehrere Planungsperioden im Voraus zu planen, daraus Material- und Ressourcenbedarfe abzuleiten und das Produktionsprogramm trotz unvermeidlicher Störungen wie Personalausfall oder Maschinenstörungen, Lieferverzögerungen und Ausschuss möglichst gut zu realisieren [Wien-97]. Das vor allem im deutschsprachigen Raum weit verbreitete Aachener PPS-Modell unterscheidet zwischen Kernaufgaben und Querschnittsaufgaben (vgl. [Lucz-99] sowie Bild 1.1).



IFA G1863

Bild 1.1 Aufgabensicht des Aachener PPS-Modells (FIR)

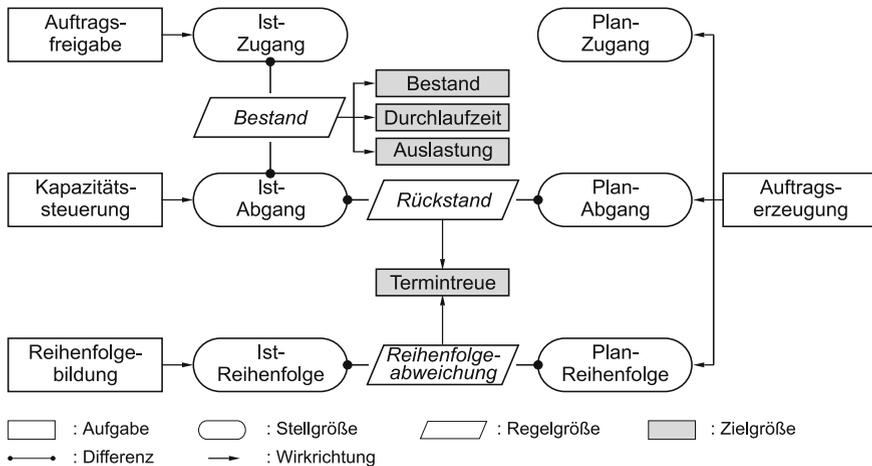
Kernaufgaben der PPS sind die Produktionsprogrammplanung, die Produktionsbedarfsplanung sowie die Planung und Steuerung von Fremdbezug und Eigenfertigung. Die *Produktionsprogrammplanung* bestimmt, welche Erzeugnisse in welcher Menge in den nächsten Planungsperioden produziert werden sollen. Die *Produktionsbedarfsplanung* leitet aus diesem Produktionsprogramm den erforderlichen Material- und Ressourcenbedarf ab. Dazu ermittelt sie den Sekundärbedarf an Komponenten und Teilen, terminiert die Fertigungsaufträge und ermittelt die Belastung der Kapazitätsgruppen der Fertigung. In der Regel beziehen Unternehmen einen Teil der Komponenten und Teile von Lieferanten und fertigen den anderen Teil selbst. Der Unterschied zwischen Fremdbezug und Eigenfertigung ist letztlich eine Frage des Bezugspunktes in der Lieferkette: Der Auftrag für eine Komponente ist Eigenfertigung für den Lieferanten, aber Fremdbezug für den abnehmenden Produzenten. Das Aachener PPS-Modell ordnet der *Eigenfertigungsplanung und -steuerung* u.a. Aufgaben wie die Losgrößenrechnung, Feinterminierung, Reihenfolgeplanung und Verfügbarkeitsprüfung zu.

Gegenstand der *Fremdbezugsplanung und -steuerung* sind entsprechend die Bestimmung der Bestell-Losgröße, die Einholung und Bewertung von Angeboten und die Lieferantenauswahl [Lucz-99].

Die Querschnittsaufgaben der PPS koordinieren die Auftragsabwicklung über verschiedene Unternehmensbereiche hinweg (*Auftragskoordination*), stellen Lagergüter bereit (*Lagerwesen*) und messen die logistische Zielerreichung (*PPS-Controlling*). Sowohl die Kernaufgaben als auch die Querschnittsaufgaben sind auf eine sorgfältige *Datenverwaltung* angewiesen [Lucz-99].

Die in diesem Buch betrachtete Aufgabe der Fertigungssteuerung ist im Aachener PPS-Modell vor allem Teil der Eigenfertigungsplanung und -steuerung. Sie bildet damit dem Umfang nach nur einen kleinen Bestandteil des Modells. Ihre Bedeutung für die logistische Zielerreichung ist – wie bereits ausgeführt – jedoch sehr hoch. Um die Aufgaben der Fertigungssteuerung und ihren Einfluss auf die logistischen Zielgrößen zu verdeutlichen, wird im Folgenden ein Modell der Fertigungssteuerung eingeführt.

Nach Wiendahl ist es Aufgabe der Fertigungssteuerung, die Vorgaben der Produktionsplanung auch bei – häufig unvermeidbaren – Störungen umzusetzen [Wien-97b]. Dieses Grundverständnis der Fertigungssteuerung lässt sich in ein Fertigungssteuerungsmodell übertragen (Bild 1.2). Das Modell verdichtet wesentliche Erkenntnisse aus der Modellierung der logistischen Zielgrößen, aus der Theorie der Produktionsregelung und aus der Verfahrensentwicklung, die in Forschungsarbeiten am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover gewonnen wurden. Lesern ohne diese fachlichen Vorkenntnisse wird es daher aller Voraussicht nach Mühe bereiten, das Modell beim ersten Lesen vollständig zu durchdringen. Dies ist jedoch auch nicht erforderlich. Es dient an dieser Stelle zunächst als Rahmen, um die Aufgaben der Fertigungssteuerung in einen logischen Zusammenhang mit den logistischen Zielgrößen zu bringen. Die Wirkzusammenhänge werden ausführlich in den späteren Kapiteln erläutert.



IFA 11.239

Bild 1.2 Ein Modell zur Fertigungssteuerung

Das Modell besteht aus vier Elementen: den Aufgaben der Fertigungssteuerung und der Produktionsplanung sowie den Stellgrößen, Regelgrößen und Zielgrößen. Diese Elemente sind durch Wirkzusammenhänge miteinander verknüpft:

1. Die Aufgaben legen die Stellgrößen fest.
2. Die Regelgrößen ergeben sich als Abweichung von zwei Stellgrößen.
3. Die Regelgrößen bestimmen die logistischen Zielgrößen.

Die Elemente des Modells werden im Folgenden erläutert.

1. **Aufgaben:** Die *Auftragsfreigabe*, die *Kapazitätssteuerung* und die *Reihenfolgebildung* bilden die Aufgaben der Fertigungssteuerung. Die *Auftragsfreigabe* legt den Zeitpunkt und die Reihenfolge fest, in der die Aufträge für die Fertigung freigegeben werden. Sie legt damit den Ist-Zugang zur Fertigung fest. Die *Kapazitätssteuerung* bestimmt die Höhe der Kapazitäten in der Fertigung. Dazu legt sie die Arbeitszeiten der Mitarbeiter fest und bestimmt, welcher Mitarbeiter wie lange an welcher Maschine arbeitet. Sie beeinflusst damit den Ist-Abgang der Fertigung¹. Die *Reihenfolgebildung* bestimmt, in welcher Reihenfolge die Aufträge an einem Arbeitssystem abgearbeitet werden. Die *Auftragserzeugung* legt die Planwerte von Zugang und Abgang der Fertigung und die Plan-Reihenfolge fest. Die *Auftragserzeugung* ist damit logischer Bestandteil der Produktionsplanung. Sie umfasst häufig viele Unteraufgaben, wie die Produktionsprogrammplanung, die Sekundärbedarfsermittlung und die Termin- und

¹ Der Abgang der Fertigung wird wesentlich von der Kapazität beeinflusst, darüber hinaus jedoch auch vom Bestand der Fertigung, generell von der Nachfrage des Marktes nach Produkten und zum Teil auch von der Reihenfolge, in der die Aufträge abgearbeitet werden. Die Darstellung des Abgangs als Stellgröße vereinfacht damit komplexere Zusammenhänge zugunsten einer größeren Übersichtlichkeit.

Kapazitätsplanung. In der Lagerfertigung wird die Auftragserzeugung zum Teil jedoch von sehr einfachen Verfahren ausgeführt, wie z. B. der Kanban-Steuerung. Diese Verfahren werden – wohl vor allem wegen der Kürze des Entscheidungshorizonts – häufig den Fertigungssteuerungsverfahren zugeordnet, obwohl sie Planungsaufgaben durchführen. In der Regel legen sie die Planwerte nicht explizit fest. Es ist jedoch möglich, sinnvolle Planwerte aus der Verfahrensllogik und der Parameterfestlegung abzuleiten.

2. *Stellgrößen*: Die Stellgrößen der Fertigungssteuerung sind der *Zugang* und *Abgang* der Fertigung und die *Reihenfolge*, in der die Aufträge abgearbeitet werden. Das Modell enthält sowohl die von der Fertigungssteuerung bestimmten Ist-Werte als auch die von der Produktionsplanung festgelegten Planwerte. Der Zugang beschreibt die Arbeit, die der Fertigung in Form von Aufträgen mit einer bestimmten Vorgabezeit zugeht. Diese Stellgröße kann durch den Betrag und den Zeitpunkt des Zugangs beschrieben werden. Sie beinhaltet außerdem die Reihenfolge, in der die Aufträge der Fertigung zugehen. Der Abgang kann entsprechend durch den Betrag und den Zeitpunkt der Arbeit beschrieben werden, der von einer Fertigung abgearbeitet wird. Als eigenständige Stellgröße ist die Reihenfolge des Abgangs definiert, mit der die Aufträge von der Fertigung abgearbeitet werden.
3. *Regelgrößen*: Die Regelgrößen der Fertigungssteuerung ergeben sich aus der Abweichung zwischen zwei Stellgrößen: Die Differenz von Ist-Zugang und Ist-Abgang einer Fertigung definiert den *Bestand* der Fertigung. Beide Größen werden zu diesem Zweck kumuliert über der Zeit gemessen. Die Regelgröße Bestand wirkt auf die Zielgrößen Bestand² und Auslastung der Fertigung sowie auf die Durchlaufzeiten der Aufträge. Der *Rückstand* ist als Differenz von Plan-Abgang und Ist-Abgang definiert. Auch hier ist es erforderlich, die Stellgrößen kumuliert über der Zeit zu messen. Bei einem positiven Rückstand ist der Plan-Abgang größer als der Ist-Abgang. Der Rückstand beeinflusst maßgeblich die Termintreue der Fertigung. Die *Reihenfolgeabweichung* beschreibt die Abweichung der tatsächlichen von der geplanten Reihenfolge. Sie wirkt – zusammen mit dem Rückstand – auf die Termintreue der Fertigung ein.
4. *Logistische Zielgrößen*: Das Modell enthält die fundamentalen logistischen Zielgrößen *Bestand*, *Auslastung*, *Durchlaufzeit* und *Termintreue*. Der Bestand der Fertigung ist als Differenz von (kumuliertem) Ist-Zugang und Ist-Abgang definiert (s.o.). Er bestimmt mit, wie viel Kapital im Umlaufbestand der Fertigung gebunden ist und wie viel Stellfläche in der Produktion benötigt wird. Die (bestandsbedingte) Auslastung beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Arbeitssystem nicht arbeiten kann, weil kein Auftrag vorhanden ist. Sie wirkt damit auf die Kosten der Fertigung. Die Durchlaufzeit der Aufträge ist als die Zeitdauer von der Freigabe eines Auftrags bis zur Fertigstellung des Auftrags definiert. Sie bildet damit eine Untergrenze für die Lieferzeit eines Auftrags. Die Termintreue ist als prozentualer Anteil der Aufträge definiert, die innerhalb einer Abweichung vom Plan-Fertigstellungstermin fertig gestellt werden, die

² Der Bestand ist sowohl Regelgröße als auch logistische Zielgröße.

kleiner ist als eine definierte Termintoleranz. Die Termintreue wirkt direkt auf die Liefertreue eines Unternehmens gegenüber dem Kunden.

Das Modell kann für viele Zwecke eingesetzt werden. Für die Praxis der Fertigungssteuerung bedeutsam scheinen vor allem vier:

1. *Analyse mangelnder Zielerreichung:* Das Modell ermöglicht es, systematisch die Ursachen für eine unbefriedigende logistische Zielerreichung zu analysieren. Überhöhte Bestände und Fertigungsdurchlaufzeiten oder eine niedrige bestandsbedingte Auslastung sind auf eine unzureichende Abstimmung von Ist-Abgang und Ist-Zugang zurückzuführen. Damit sind die Auftragsfreigabe und die Kapazitätssteuerung aufeinander abzustimmen. Eine niedrige Termintreue wird von einem positiven Rückstand oder von Reihenfolgeabweichungen verursacht. Ist der Rückstand positiv, muss das Unternehmen Plan- und Ist-Abgang besser aufeinander abstimmen. Dies betrifft die Aufgaben der Auftragserzeugung und der Kapazitätssteuerung. Treten Reihenfolgeabweichungen auf, ist die Ist-Reihenfolge auf die Plan-Reihenfolge abzustimmen. Dies ist Aufgabe der Reihenfolgebildung. Ggf. ist auch die Festlegung der Plan-Reihenfolge zu überprüfen.
2. *Gestaltung einer Fertigungsregelung:* Das Modell zeigt auf, wie eine Fertigungsregelung der logistischen Zielgrößen erzielt werden kann. Eine *Bestandsregelung* nutzt die Auftragsfreigabe, um den Ist-Zugang an den Ist-Abgang zu koppeln. Dadurch können Bestand, (bestandsbedingte) Auslastung und Durchlaufzeit gesteuert werden. Eine *Rückstandsregelung* steuert die Kapazitäten so, dass der Ist-Abgang stets dem Plan-Abgang folgt und der Rückstand möglichst null ist. Dies erhöht die Termintreue der Fertigung. Gleichfalls auf die Termintreue wirkt eine *Reihenfolgeregelung*. Diese legt die Bearbeitungsreihenfolge so fest, dass Ist-Reihenfolge und Plan-Reihenfolge möglichst gut übereinstimmen.
3. *Aufbau eines Systemverständnisses der Fertigungssteuerung:* Das Modell unterstützt ein Systemverständnis der Fertigungssteuerung, indem es den logischen Zusammenhang zwischen den Aufgaben der Fertigungssteuerung und den logistischen Zielgrößen darstellt. Das Systemverständnis wird weiterhin dadurch gefördert, dass es alle internen logistischen Zielgrößen beschreibt (Bestand, Durchlaufzeit, Auslastung und Termintreue) und sich nicht auf einen Teil der Zielgrößen beschränkt.
4. *Unterscheidung zwischen Planung und Steuerung:* Das Modell verdeutlicht den Unterschied zwischen der Produktionsplanung und der Fertigungssteuerung. Die Produktionsplanung legt die Planwerte der Stellgrößen fest, die Fertigungssteuerung die tatsächlichen Ist-Werte. Dies verdeutlicht die hohe Bedeutung der Fertigungssteuerung.

Gleichwohl ist das Modell mit Einschränkungen verbunden. Vier wichtige Einschränkungen werden in den nachfolgenden Absätzen diskutiert. Sie resultieren im Wesentlichen aus der Intention, das Modell übersichtlich zu halten:

1. *Das Modell bildet keine externen logistischen Zielgrößen ab:* Das Modell beschreibt ausschließlich, wie die Fertigungssteuerung und die Produktionsplanung die internen logistischen Zielgrößen beeinflussen. Die gegenüber dem

Kunden wirksamen externen logistischen Zielgrößen Lieferzeit und Liefertreue sind von den internen Zielgrößen Durchlaufzeit und Termintreue ggf. durch Planungsparameter wie einen Lieferzeitpuffer oder andere Zeitanteile entkoppelt. Der Zusammenhang zwischen den externen und den internen logistischen Zielgrößen ist Gegenstand von Kapitel 3 (Modellierung der logistischen Zielgrößen).

2. *Das Modell bildet nur einen Teil der Wirkzusammenhänge ab:* Das Modell beschränkt sich darauf, die starken Abhängigkeiten abzubilden. Neben diesen gibt es noch eine Reihe schwacher Wirkzusammenhänge. Zum Beispiel kann sich die Reihenfolge auf die Leistung und damit den Abgang der Fertigung auswirken (z.B. bei reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten). Außerdem beeinflusst der Zugang zur Fertigung den Bestand und damit auch den möglichen Abgang. Diese und andere Abhängigkeiten werden ausführlich in den späteren Kapiteln des Buches erläutert.
3. *Das Modell bildet keine quantitativen Zusammenhänge ab:* Obwohl alle dargestellten Abhängigkeiten auf quantitativen Zusammenhängen beruhen, beschreibt das Modell selbst nur die qualitativen Zusammenhänge. Es wird daher im Folgenden um das Hannoveraner Trichtermodell ergänzt.
4. *Das Modell enthält nicht alle Aufgaben der Fertigungssteuerung:* Das Aacheener PPS-Modell [Lucz-99] ordnet der Fertigungssteuerung weitere Aufgaben zu. Für die logistische Zielerreichung bedeutend ist insbesondere die Arbeitsverteilung, die darüber entscheidet, an welchem von mehreren alternativen Arbeitsplätzen ein Auftrag ausgeführt wird [Wien-02]. Die Arbeitsverteilung wird nachfolgend nur am Rande erläutert. Grundsätzlich lässt sich jedoch zeigen, dass es bei identischen Maschinen und reihenfolgeunabhängigen Rüstzeiten sinnvoll ist, den Auftrag nicht im Vorhinein einer bestimmten Maschine zuzuordnen [Wien-97b, Wien-02]. Vielmehr reicht es aus, dass eine Maschine immer dann den Auftrag mit der höchsten Priorität aus einer zentralen Warteschlange auswählt, wenn sie einen anderen Auftrag abgeschlossen hat. Selbst bei unterschiedlichen Maschinen oder reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten spricht vieles dafür, keine aktive Arbeitsverteilung anzuwenden, sondern lediglich eine geeignete Reihenfolgeregelung zu verabreden.

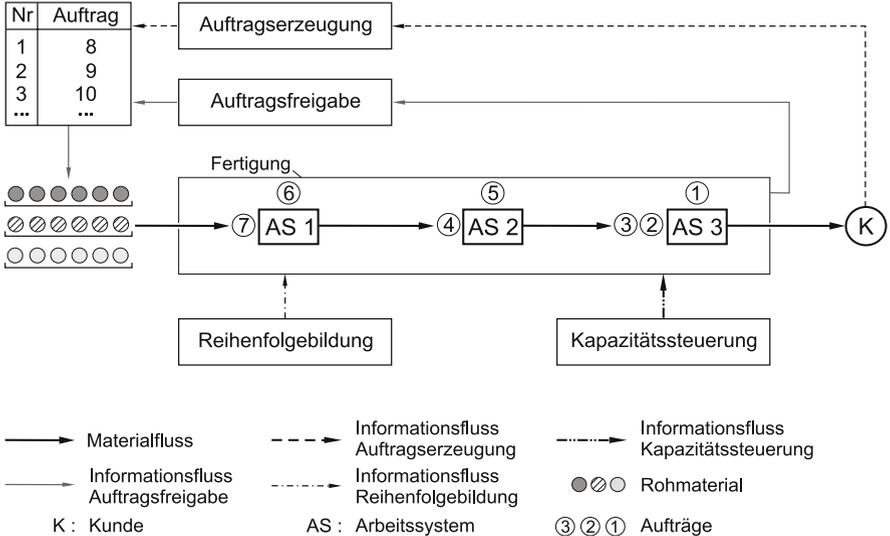
1.3 Aufbau des Buches

Die im Buch beschriebenen Verfahren erfüllen alle im Fertigungssteuerungsmodell beschriebenen Aufgaben:

1. die Erzeugung von Aufträgen
2. die Freigabe von Aufträgen
3. die Reihenfolgebildung
4. die Steuerung von Kapazitäten

Obwohl die Auftragserzeugung eine Aufgabe der Produktionsplanung ist, wird sie hier für verschiedene Verfahren der Lagerfertigung dargestellt. Dies sind Verfahren wie die Kanban-Steuerung, die Aufträge kurzfristig und ereignisorientiert erzeugen und damit in der Regel nicht Bestandteil periodischer Planungsläufe in Unternehmen sind.

In einfachen Fällen decken diese Aufgaben die Steuerung des Auftragserfüllungsprozesses von einer Kundennachfrage bis zur Lieferung des Produkts vollständig ab. In allen Fällen beeinflussen sie dessen logistische Zielerreichung – wie im Fertigungssteuerungsmodell beschrieben – wesentlich mit. Bild 1.3 verdeutlicht das Zusammenspiel der Einzelaufgaben im Rahmen des Auftragserfüllungsprozesses. Ausgehend vom Kundenbedarf werden Aufträge erzeugt, die nach definierten Kriterien freigegeben werden. An den Arbeitssystemen findet einerseits eine Kapazitätssteuerung und andererseits eine Reihenfolgebildung statt. Daraus entstehen aufgabenspezifische Informationsflüsse.



IFA 10.887

Bild 1.3 Informationsflüsse zur Steuerung des Auftragserfüllungsprozesses

Nicht oder allenfalls sehr knapp beschrieben werden solche Verfahren, die andere als die vier genannten Aufgaben erfüllen. Dies betrifft insbesondere Verfahren, die Aufträge terminieren (z. B. Verfahren der Feinterminierung), Kapazitäten planen, Losgrößen festlegen, Liefertermine bestimmen oder über die Annahme eines Auftrags entscheiden. Damit soll weder die Bedeutung dieser Aufgaben gering geschätzt noch die Eignung der Verfahren beurteilt werden.

Das Buch gliedert sich nach diesen Vorüberlegungen in sechs Teile (Tabelle 1.1), deren Inhalt im Folgenden erläutert wird.

Tabelle 1.1 Struktur des Buches

Teil	Inhalt	Kapitel
A	Grundlagen der Fertigungssteuerung	2–6
B	Verfahren der Auftragserzeugung	7–15
C	Verfahren der Auftragsfreigabe	16–24
D	Reihenfolgebildung	25
E	Kapazitätssteuerung	26–28
F	Konfiguration der Fertigungssteuerung	29

Teil A: Grundlagen der Fertigungssteuerung

Der erste Teil des Buches ist den Grundlagen der Fertigungssteuerung gewidmet. Er besteht aus fünf Kapiteln:

- *Kapitel 2* definiert die logistischen Zielgrößen und erläutert ihre Bedeutung für den Unternehmenserfolg. Es begründet damit auch die Bedeutung der Fertigungssteuerung insgesamt.
- *Kapitel 3* erläutert die Zusammenhänge zwischen den im Fertigungssteuerungsmodell dargestellten Stell-, Regel- und Zielgrößen. Es stellt außerdem die Verbindung zwischen den internen logistischen Zielgrößen und den gegenüber dem Kunden wirksamen externen logistischen Zielgrößen dar. Die Modellierung folgt dem in Theorie und Praxis bewährten Hannoveraner Trichtermodell mit dem Durchlaufdiagramm und den logistischen Kennlinien. Das Kapitel spielt eine Schlüsselrolle bei der Auslegung der Fertigungssteuerungsverfahren.
- *Kapitel 4* beschreibt die Aufgaben der Produktionsplanung. Diese legt anhand der Kundenwünsche Planwerte fest, an denen sich die Fertigungssteuerung ausrichtet. Sie ist daher eng mit der Fertigungssteuerung verzahnt.
- *Kapitel 5* erörtert steuerungsrelevante Merkmale der Fertigung. Dies ist zum einen erforderlich, weil sich die mögliche Anwendung eines Teils der Fertigungssteuerungsverfahren auf bestimmte Fertigungsprinzipien und -arten beschränkt. Zum anderen wird aufgezeigt, wie sich die logistischen Zielgrößen durch Gestaltungsmöglichkeiten beeinflussen lassen, die außerhalb der Fertigungssteuerung liegen.
- *Kapitel 6* ist der unternehmensübergreifenden Produktionsplanung und -steuerung gewidmet. Es greift damit die anhaltende Diskussion über das Management von Lieferketten bzw. -netzwerken auf. Den Schwerpunkt bildet die Analyse von Ursachen für die Verstärkung von Nachfrageschwankungen in Liefernetzwerken (sog. Bullwhip-Effekt). Hieraus lassen sich insbesondere Anforderungen an die Auftragserzeugung in Liefernetzwerken ableiten.

Teil B: Auftragserzeugung

Eine wichtige Klasse von Verfahren erzeugt Aufträge und damit die Planwerte für Zugang und Abgang der Fertigung und die Reihenfolge der Aufträge. Die Realisierbarkeit dieser Planwerte beeinflusst die mögliche Termintreue der Fertigung. Die Verfahren geben außerdem die Planwerte für den Bestand in der Fertigung

und die Durchlaufzeit der Aufträge vor. Grundlage für die Auftragserzeugung sind meist entweder Kundenaufträge oder Lagerabgänge. Beispiele für Auftragserzeugungsverfahren sind das MRP II-Verfahren und die Verfahren der Lagerfertigung (z. B. Kanban-Steuerung, Bestellbestandsverfahren, Basestock).

Verfahren zur Auftragserzeugung werden in produzierenden Unternehmen und darüber hinaus auch in Handelsunternehmen eingesetzt. Viele Unternehmen steuern verschiedene Produkte zudem mit unterschiedlichen Verfahren. In einem Unternehmen können daher mehrere Verfahren zur Auftragserzeugung parallel angewendet werden.

Es werden acht verschiedene Verfahren zur Auftragserzeugung beschrieben, die teilweise mehrere Verfahrensvarianten umfassen (Tabelle 1.2). Das erste Kapitel von Teil B beschreibt die Grundlagen der Auftragserzeugung. Die übrigen Kapitel erläutern Verfahren der Lagerfertigung, die Aufträge ereignisorientiert erzeugen.

Tabelle 1.2 Beschriebene Verfahren zur Auftragserzeugung

Kapitel	Auftragserzeugungsverfahren
7	Grundlagen der Auftragserzeugung
8	Bestellbestandsverfahren
9	Kanban
10	Korma
11	Synchro MRP
12	hybride Kanban-Conwip-Steuerung
13	Fortschrittszahlensteuerung
14	Basestock
15	Production Authorization Cards

Bei der Auftragserzeugung wird die Kapazität der Fertigung häufig nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt. Dies ist ein wichtiger Grund für die Kombination auftragserzeugender Verfahren mit Verfahren der Auftragsfreigabe (Teil C) und einer Rückstandsregelung (Teil E).

Teil C: Auftragsfreigabe

Die Auftragsfreigabe bestimmt den Zugang zur Fertigung. Viele Auftragsfreigabeverfahren verzögern oder beschleunigen die Auftragsfreigabe mit dem Ziel einer Bestandsregelung oder eines Belastungsabgleichs. Sie werden im Wesentlichen eingesetzt, um die Belastung auf die aktuelle Bestandssituation der Fertigung abzustimmen. Die Auftragsfreigabe kann sich sowohl auf einen gesamten Auftrag als auch auf einzelne Arbeitsvorgänge eines Auftrags beziehen. Auftragsfreigabeverfahren beeinflussen den Bestand und die (bestandsbedingte) Auslastung der Fertigung sowie die Durchlaufzeiten der Aufträge.

Es werden acht unterschiedliche Auftragsfreigabeverfahren erörtert (Tabelle 1.3). Diese umfassen zum Teil wiederum mehrere Verfahrensvarianten. Zu Beginn von Teil C werden die Grundlagen der Auftragsfreigabe erläutert.

Tabelle 1.3 Beschriebene Verfahren zur Auftragsfreigabe

Kapitel	Auftragsfreigabeverfahren
16	Grundlagen der Auftragsfreigabe
17	Auftragsfreigabe nach Termin
18	Conwip
19	Engpass-Steuerung
20	Workload Control
21	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
22	Auftragsfreigabe mit Linearer Programmierung
23	Polca
24	Dezentrale Bestandsorientierte Fertigungsregelung

Teil D: Reihenfolgebildung

Reihenfolgeregeln bestimmen die Reihenfolge, in der ein Arbeitssystem die Aufträge in der Warteschlange bearbeitet. Sie wirken vor allem auf die Termintreue der Fertigung und damit auf die Liefertreue bzw. den Servicegrad eines Unternehmens. Unter bestimmten Randbedingungen können Reihenfolgeregeln die Leistung der Fertigung erhöhen.

Teil D stellt praktisch bedeutsame Reihenfolgeregeln vor, die die logistischen Zielgrößen Liefertreue, Servicegrad und Leistung beeinflussen und erläutert die Bedeutung einer hohen Reihenfolgedisziplin.

Teil E: Kapazitätssteuerung

Die Kapazitätssteuerung bestimmt kurzfristig über den Einsatz von Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung. Insbesondere legt sie den Einsatz von Überstunden, verkürzten Arbeitszeiten und sonstigen Maßnahmen der Kapazitätsflexibilität fest.

Sie wirkt damit vor allem auf den Rückstand der Fertigung und beeinflusst dadurch die Termintreue. Teil D stellt verschiedene Verfahren der Kapazitätssteuerung vor. Sie unterscheiden sich zum einen hinsichtlich der Zielsetzung (Erhöhung der Termintreue/des Servicegrads, Maximierung der Leistung), zum anderen hinsichtlich des Anwendungsgebietes (z. B. Lagerfertigung/Auftragsfertigung).

Tabelle 1.4 Beschriebene Verfahren zur Kapazitätssteuerung

Kapitel	Kapazitätssteuerungsverfahren
26	Grundlagen der Kapazitätssteuerung
27	Rückstandsregelung
28	Weitere Verfahren der Kapazitätssteuerung
	– Planorientierte Kapazitätssteuerung
	– Terminorientierte Kapazitätssteuerung
	– Leistungsmaximierende Kapazitätssteuerung
	– Bestandsregelnde Kapazitätssteuerung

Teil F: Konfiguration der Fertigungssteuerung

Jedes produzierende Unternehmen hat die Aufgabe, seine Fertigungssteuerung zu konfigurieren. Dazu muss es entscheiden, welche Verfahren der Auftragszerzeugung, Auftragsfreigabe, Reihenfolgebildung und Kapazitätssteuerung es einsetzt. Teil F erläutert daher die Kriterien, die bei der Auswahl der Verfahren berücksichtigt werden sollten, und stellt exemplarisch mögliche Kombinationen vor.

Beschreibung und Diskussion der Fertigungssteuerungsverfahren

Die in den Teilen B, C und E beschriebenen Verfahren zur Auftragszerzeugung, Auftragsfreigabe und Kapazitätssteuerung bilden den Hauptbestandteil des Buches. Ihre Beschreibung folgt einem einheitlichen Grundmuster.

- Im ersten Abschnitt eines Kapitels werden die Verfahrensregeln beschrieben und an einem Beispiel erläutert. Dieser Verfahrensbeschreibung ist vergleichsweise viel Raum gewidmet. Die Diskussion mit Studenten und Praktikern hat immer wieder gezeigt, dass eine Kurzbeschreibung der Verfahrensalgorithmen nicht ausreicht, um ein Detailverständnis des Verfahrens zu ermöglichen.
- Der zweite Abschnitt diskutiert die Verfahrensregeln unter logistischen Aspekten. Dabei werden sowohl die Stärken als auch die Schwächen eines Verfahrens erörtert. So ergeben sich wichtige Hinweise auf die Anwendungsvoraussetzungen des Verfahrens.
- Der dritte Abschnitt eines Kapitels ist der Festlegung der Verfahrensparameter gewidmet. Dieser Aspekt erfährt häufig nur unzureichende Beachtung. Gleichwohl entscheidet die Festlegung der Verfahrensparameter über den Erfolg in der Anwendung eines Verfahrens wesentlich mit. Für die einzelnen Verfahren wird aufgezeigt, wie die Verfahrensparameter mit den logistischen Zielgrößen verknüpft sind. Dies ermöglicht es Unternehmen, die Verfahrensparameter in zwei Schritten modellbasiert festzulegen: Im ersten Schritt bestimmt das Unternehmen in einer logistischen Positionierung die Planwerte für die logistischen Zielgrößen. Dieser Schritt ist grundsätzlich für alle Fertigungssteuerungsverfahren gleich und basiert auf der im Grundlagenteil beschriebenen Modellierung der logistischen Zielgrößen. Im zweiten Schritt werden die Planwerte für die logistischen Zielgrößen in die verfahrensspezifischen Steuerungsparameter umgerechnet.
- Der vierte Abschnitt beschreibt die unternehmensübergreifende Anwendung von Fertigungssteuerungsverfahren. Dies ist vor allem für die auftragserzeugenden Verfahren relevant, die sich in ihrer Eignung für den unternehmensübergreifenden Einsatz teilweise erheblich unterscheiden. Dagegen beschränkt sich die Anwendung von Auftragsfreigabe- und Kapazitätssteuerungsverfahren meist auf eine einzelne Fertigung.
- Im fünften Abschnitt wird die Anwendung des Verfahrens beschrieben. Dieser Abschnitt unterscheidet sich erheblich bei den einzelnen Verfahren. Er ist in der Regel umso ausführlicher, je häufiger ein Verfahren in der Praxis angewendet wird. So werden etwa für die Auftragsfreigabe nach Termin und das Bestellbestandsverfahren detaillierte Fallbeispiele dargestellt. Für weniger oft eingesetzte Verfahren beschränkt sich der Abschnitt – falls überhaupt vorhanden – auf in der Literatur aufgeführte Beispiele und Anwendungsvoraussetzungen. Einen direkten Unternehmensbezug haben außerdem die in Kapitel 27 beschriebenen Konfigurationsbeispiele der Fertigungssteuerung.

Um logistische Ziele erreichen zu können, ist ein Grundverständnis der Fertigungssteuerung unerlässlich. Ausgangspunkt der Überlegungen sind im nächsten Kapitel die logistischen Zielgrößen.