

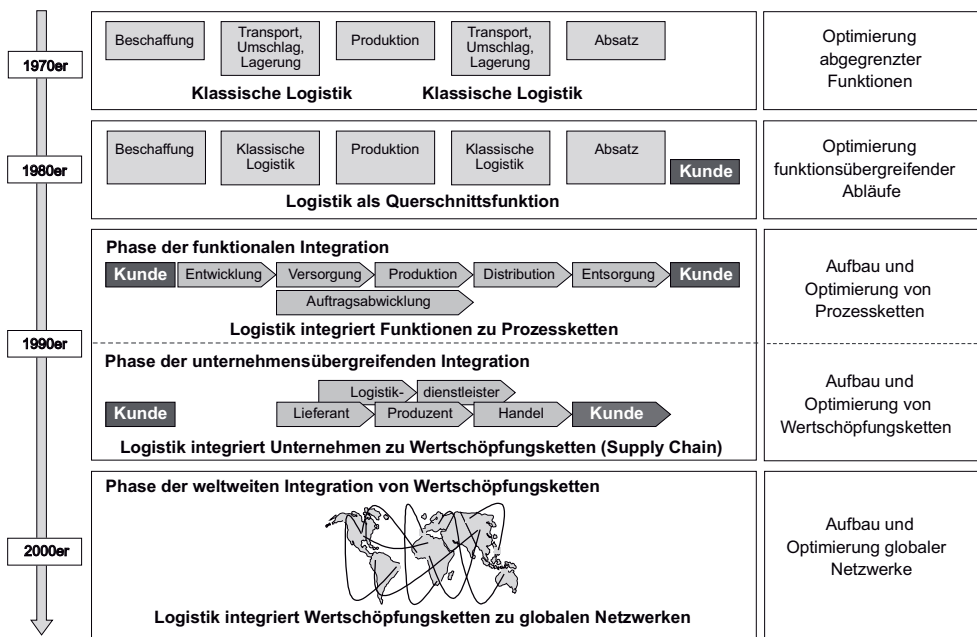
6

Logistische Produktionsmodellierung

■ 6.1 Abgrenzung von Logistik, Materialwirtschaft und PPS

Der Wettbewerbsfaktor „Zeit“ hat seit Beginn der 1980er-Jahre eine spürbare Bedeutungssteigerung erfahren. Er wird in der erhöhten Aufmerksamkeit sichtbar, die der Logistik, der Materialwirtschaft sowie der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) vom Produktionsmanagement zuteilwerden. In der Praxis durchdringen und ergänzen sich die drei genannten Aufgabengebiete. Zunächst sollen die drei Begriffe erläutert werden, ehe ein logistisches Zielsystem und ein Modell der Produktion mit den Teilbereichen Fertigung, Lager und Montage vorgestellt wird, das die inneren Zusammenhänge der jeweiligen Zielgrößen beschreibt.

Die aus dem Lager- und Transportwesen entstandene *Logistik* betont das umfassende unternehmerische Management der Bewegungs- und Lagerungsvorgänge realer Güter [Jün98, Pfoh10]. Diese sollen in der richtigen Menge, Zusammensetzung und Qualität zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort zur Verfügung stehen, wobei minimale Kosten und optimaler Lieferservice zu gewährleisten sind. Im Vordergrund der Aufgabenerfüllung steht daher die Durchführung der technischen Grundfunktionen Lagern, Transportieren, Handhaben, Verteilen, Kommissionieren und Verpacken mit den dazugehörigen Funktionen der Informationsverarbeitung wie Erfassen, Speichern, Verarbeiten und Ausgeben. Die Funktionen sind entlang der Wertschöpfungskette von der Beschaffung über die Produktion bis zum Absatz, über Entsorgung bis zur Wiederverwendung auf den Kundennutzen ausgerichtet. Dabei sind Puffer und Liegezeiten zu minimieren und alle Tätigkeiten zu vermeiden, die keine Wertschöpfung bewirken. Bild 6.1 stellt die Entwicklung der Logistik für ein Produktionsunternehmen dar. Die PPS tritt im Rahmen der Logistik als Planungs- und Steuerungsinstrument der Produktion und Beschaffung in Erscheinung.

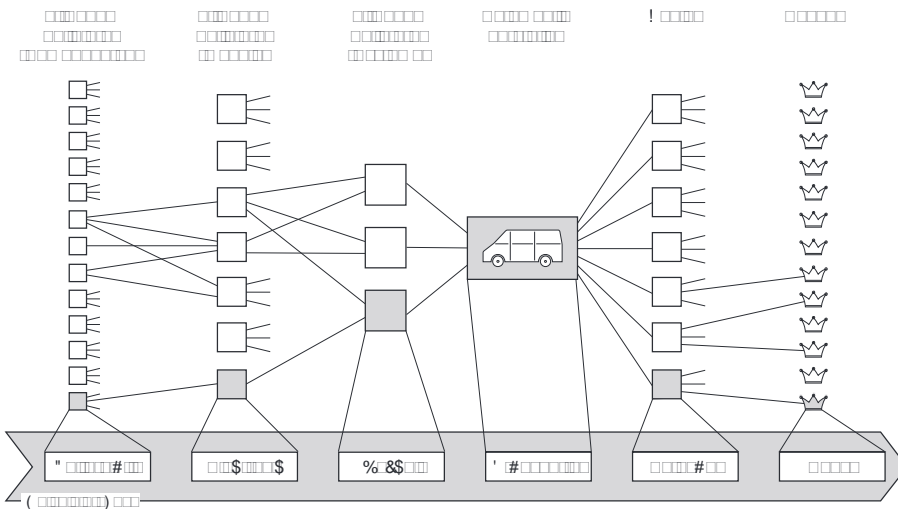


© IFA 11.986

Bild 6.1 Entwicklung der Logistik (nach Baumgarten)

Mit zunehmender Verflechtung der globalen Warenströme hat sich der Gegenstand der Logistik von einer internen Querschnittsfunktion hin zu Logistikketten und -netzwerken ausgeweitet. Dabei wird sowohl der Güterfluss stromaufwärts zum Lieferanten des Lieferanten als auch stromabwärts bis zum Kunden des Kunden betrachtet und als Versorgungskette, Wertschöpfungskette und insbesondere als *Supply Chain* (engl. supply: liefern, chain: Kette) bezeichnet [CGö07, BD04, Wer13]. Als Kernaufgaben des jeweiligen Kettenlinkes gelten die Prozesse Beschaffen (source), Herstellen (make) und Liefern (deliver) sowie die Retourenprozesse z.B. von Reklamationen. Sie sind im so genannten Supply Chain Operations Reference Model (SCOR-Modell 11.0) beschrieben [SCOR13]. Das *Supply Chain Management* (SCM) gestaltet, plant und steuert die betroffenen Material-, Informations- und Werteflüsse in den Netzwerken mit dem Ziel einer hohen Kundenzufriedenheit (Preis, Qualität, Liefertreue) sowie der Senkung des Aufwandes (Bestände, Schnittstellen) und einer rascheren Marktanpassung [CGa04]. Damit konkurrieren also nicht mehr einzelne Unternehmen, sondern ganze Wertschöpfungsketten miteinander. Besonders ausgeprägt sind derartige Lieferketten in der Automobilindustrie. Ein Beispiel zeigt Bild 6.2.

Man erkennt zum einen die dort typischen Systemzulieferer der 1. Lieferstufe (auch als 1st-Tier-Lieferanten bezeichnet (engl. tier: Lage, Reihe), Modullieferanten (2nd-Tier) und Komponentenlieferanten (3rd-Tier). Am Beispiel eines Leiterplattenfertigers wird dessen Prozesskette aus Sicht des Automobilherstellers im Bild verdeutlicht. Die Leiterplatte ist Teil einer Elektronikbaugruppe, die wiederum in das Cockpit eingeht. Der Automobilhersteller überwacht in der Regel nur die erste Lieferstufe, hier also die Anlieferung des Cockpits. Die stromaufwärts liegenden Stufen (hier die Elektronik und die Leitergrund-



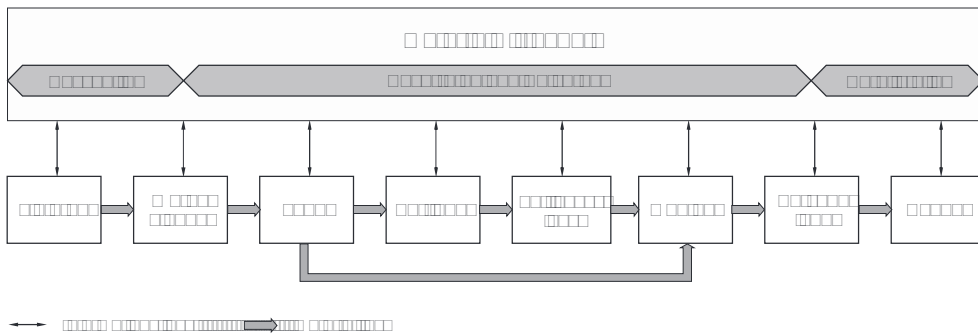
IFA G9527_Ko

Bild 6.2 Beispiel einer Supply Chain in der Automobilindustrie (Begemann, IFA)

platte) werden nur für besonders kritische Teile in die Supply Chain des Automobilunternehmens einbezogen. Stromabwärts in Kundenrichtung erkennt man den Händler und schließlich die Endkunden, also die Produktnutzer. Zwischen Automobilhersteller und Systemzulieferer sind meist noch so genannte Logistikdienstleister eingebunden, welche z. B. Kommissionen mehrerer Lieferanten bündeln und dem Verbraucher am Verbrauchsort (z. B. ein Montageband) auf Abruf bereitstellen.

Die aus dem Einkauf und der Lagerhaltung gewachsene *Materialwirtschaft* ist mehr betriebswirtschaftlich orientiert und sieht ihre Aufgabe in der wirtschaftlichen Beschaffung, Bevorratung und Bereitstellung sowie der Entsorgung der Sachgüter eines Unternehmens [Gro78, AHT13]. Sie fußt auf der Stückliste und umfasst die in Bild 6.3 dargestellten Aufgabenbereiche [Har02]. Als *Material* gelten dabei Rohstoffe, Hilfsstoffe, Betriebsstoffe, Zulieferteile und Handelswaren. Nicht betrachtet werden i. d. R. die innerbetriebliche Planung und Steuerung der Roh-, Halb- und Fertigfabrikate sowie die Distribution der Fertigwaren in der Absatzorganisation. Demzufolge zählt die PPS ausdrücklich nicht zur Materialwirtschaft, ist mit dieser jedoch untrennbar verbunden.

Die *Produktionsplanung und -steuerung* (PPS) wurde mit wachsender Produktvielfalt zur Beherrschung des Auftragsdurchlaufes erforderlich. Sie hat die Aufgabe, das laufende Produktionsprogramm in regelmäßigen Abständen nach Art und Menge für mehrere Planungsperioden im Voraus zu planen und unter Beachtung gegebener oder zu planender Kapazitäten, trotz unvermeidlicher Störungen wie Personalausfall, Lieferverzögerungen oder Ausschuss, möglichst wirtschaftlich zu realisieren [Wie97, Mer09, Schö11, Schu12]. Sie geht hierbei vom Produktionsprogramm aus und berechnet auf Basis der Stücklisten und Arbeitspläne Bedarfsmengen und Bedarfszeitpunkte für Zukauf und Eigenfertigung. Ihre detaillierte Betrachtung erfolgt in Kapitel 7.



© IFA D4143

Bild 6.3 Aufgabenbereiche der Materialwirtschaft (Hartmann)

■ 6.2 Logistisches Zielsystem

Die zentrale Aufgabe der Produktionslogistik besteht darin, logistische und wirtschaftliche Ziele unter Berücksichtigung der gegenseitigen Abhängigkeiten in bestmöglichem Maße zu erreichen. Das zugrunde liegende Zielsystem lässt sich über die Begriffe „Logistikleistung“ und „Logistikkosten“ beschreiben (Bild 6.4). Die vom Markt wahrgenommene *Logistikleistung* soll möglichst hoch sein, sie wird über die Lieferzeit und die Liefertreue bewertet. Wenn keine Vorratslager aufgebaut werden sollen, bedingen kurze *Lieferzeiten* produktionsintern *kurze Durchlaufzeiten*. Eine hohe *Liefertreue* erfordert eine hohe *Termintreue* der Auftragsabwicklung. Die *Logistikkosten*, die aus Sicht des Unternehmens möglichst gering sein sollten, bestehen aus zwei Komponenten. Zum einen sind es die *Kapitalbindungskosten*, zu denen häufig noch Wagniskosten hinzugerechnet werden. Sie sinken durch niedrige Bestände. Zum anderen entstehen logistikbedingte *Prozesskosten* für Auftragsabwicklung, Wareneingang, -ausgang und Transport sowie für Einlagerung, Lagerung und Auslagerung von Material. Dieser Kostenanteil wird durch eine hohe Auslastung günstig beeinflusst. Als generelles Ziel steht eine hohe Wirtschaftlichkeit im Mittelpunkt, ausgedrückt in möglichst niedrigen Herstellkosten. Es entsteht ein Zielkonflikt, der sich aus den unterschiedlichen Interessen der Kunden und des Unternehmens ergibt. Er wird als Dilemma der Produktionssteuerung bezeichnet.

Generell ist zunächst festzustellen, dass sich seit langem eine Bedeutungsverschiebung von den betriebsbezogenen hin zu den marktbezogenen Zielgrößen vollzogen hat. Stand früher die Auslastung der Betriebsmittel im Vordergrund, werden heute überwiegend die Liefertreue und die Lieferzeit als primäre Zielgrößen angesehen. Gleichzeitig dürfen aber auch die Bestände nicht aus dem Blick geraten.

Dennoch reagieren die Unternehmen in der Praxis meist einseitig auf das jeweils größte Problem. Bild 6.5 verdeutlicht den sog. Fehlerkreis, der schließlich zu einem viel zu hohen Niveau der Bestände und Durchlaufzeiten führt und bis heute nichts an Aktualität verloren hat [Plo73]. So sind beispielsweise bei hohen Beständen an Halb- und Fertigwaren Aktionen zur Bestandssenkung zu beobachten, die auch nach einiger Zeit zu der angestrebten

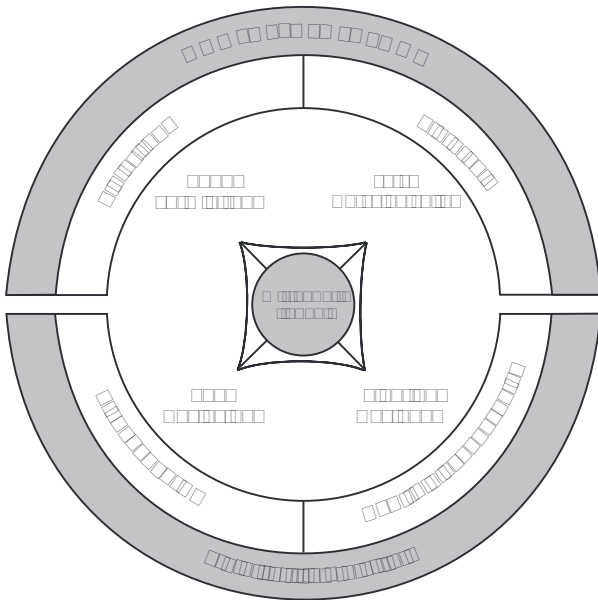


Bild 6.4 Zielsystem der Produktionslogistik

© IFA 4046

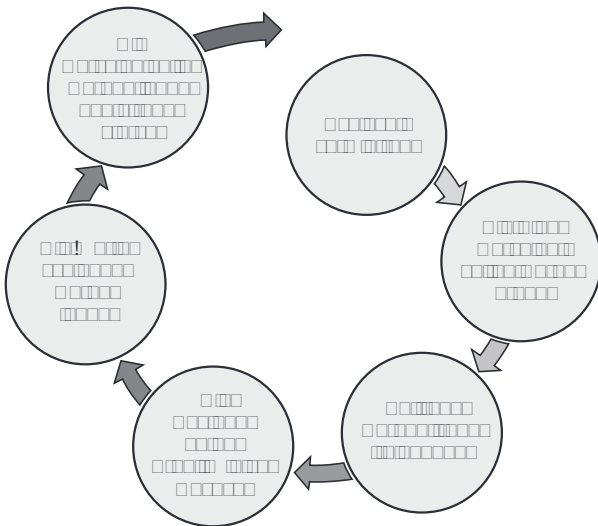


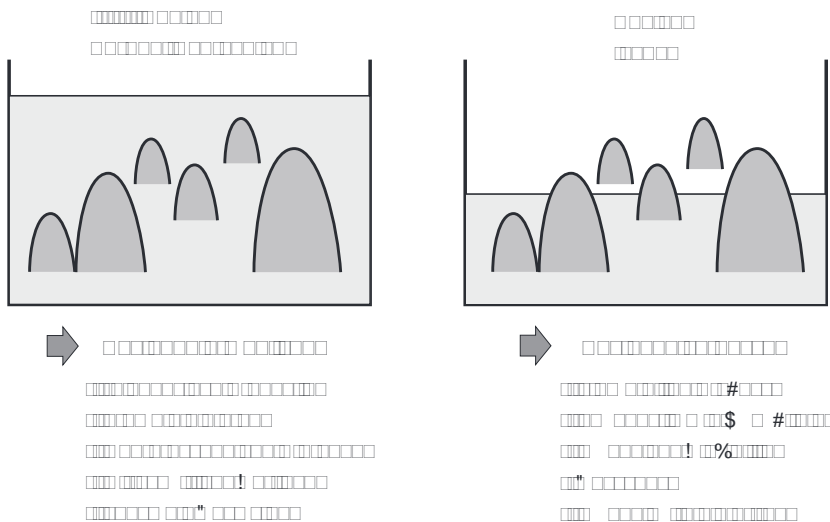
Bild 6.5 Fehlerkreis der Produktionssteuerung (nach Plossl)

© IFA C0511

Verringerung des Umlaufvermögens führen. Allerdings stellen sich dann zwangsläufig Lieferprobleme für bestimmte Artikel ein. Daraufhin schließen die Planer meist auf zu kurze Plan-Durchlaufzeiten. Nun werden diese im PPS-System mit der Folge herauf gesetzt, dass die Fertigungsaufträge eher gestartet werden. Dies führt aber wieder zu einem Anstieg der Bestände in der Fertigung und Montage. Wegen der daraus resultierenden

längeren Warteschlangen an den Arbeitssystemen erhöht sich die Durchlaufzeit der Aufträge, typischerweise verbunden mit einer größeren Streuung. Im Ergebnis wird die Termineinhaltung schlechter statt besser, und nur noch Eilaufträge und Sonderaktionen bringen die jeweils wichtigsten Aufträge rechtzeitig in die Montage bzw. zum Kunden.

Hohe Bestände haben aber eine Reihe weiterer negativer Auswirkungen, die Bild 6.6 anhand der Analogie eines „Sees der Bestände“ verdeutlicht [Suz89]. Bestände verdecken nämlich Qualitätsmängel der Prozesse, weil Störungen mithilfe der Bestände abgepuffert werden. Auch unabgestimmte Kapazitäten, Ausschuss sowie unzureichende Flexibilität und mangelhafte Liefertreue werden nicht offenbar, weil ja immer „aus dem Bestand“ produziert bzw. geliefert werden kann.



© IFA C0513A

Bild 6.6 Funktion von Beständen (Suzaki)

Der strategische Ansatz der PPS ist demnach eine bestandsarme Fertigung, die kurze Durchlaufzeiten und eine hohe Termintreue zur Folge hat. Gleichzeitig müssen die mit der Produktion verknüpften Hilfsprozesse wie Materialversorgung, Werkzeugbereitstellung, NC-Programmierung und die Instandhaltung ebenfalls reaktionsschnell werden.

Mit diesem Ansatz ist jedoch noch nicht sichergestellt, dass die aus den internen Durchlaufzeiten resultierenden Lieferzeiten auch den am Markt geforderten Lieferzeiten entsprechen. Ist dies nicht der Fall, müssen die Unternehmen neue Logistikstrategien entwickeln. Dabei ist anzustreben, die Produkte möglichst erst nach einer Bestellung zu fertigen. Wenn das aufgrund des Produktaufbaus, der Fertigungszeiten oder der tiefgegliederten Produktstruktur nicht möglich ist, muss das Unternehmen die Produkte weitgehend vorfertigen.

Dies ist aber bei Produkten mit hoher Variantenzahl oder gar kundenspezifischen Lösungen nicht möglich, weil die Lagerung der vielen Varianten wirtschaftlich nicht vertretbar

bzw. die Kundenspezifikation nicht bekannt ist. Daher haben sich vier unterschiedliche Strategien der Auftragsabwicklung herausgebildet, die sich durch die Lage des so genannten Kunden-Entkopplungspunktes unterscheiden.

Als *Kundenauftrags-Entkopplungspunkt* (engl. order decoupling point) wird diejenige Stelle in der betrieblichen Logistikkette Beschaffung, Fertigung, Montage und Versand bezeichnet, ab der die Aufträge bestimmten Kundenbedarfen zugeordnet sind. Vor dieser Stelle werden die Aufträge auftragsanonym aufgrund einer Absatzprognose abgewickelt, danach auftragspezifisch komplettiert. Die gewählte Strategie hängt vom Verhältnis der marktüblichen Lieferzeit zur Durchlaufzeit ab. In Bild 4.4 wurde der Ansatz hinsichtlich seiner Bedeutung für die Produktgestaltung bereits veranschaulicht.

Im Fall der *Produktion auf Lager* (make to stock) wird aufgrund eines prognostizierten Produktionsprogramms beschafft, gefertigt und montiert und bei Nachfrage direkt aus dem Fertigwarenlager geliefert. Beispiele sind Kameras, Haushaltsgeräte und Drucker. Mit steigender Variantenzahl ist dieses nicht mehr möglich, weil sonst die Kapitalbindung zu groß wird.

In diesem Fall versucht das Unternehmen, Standardkomponenten vorzufertigen und erst nach Eingang der Bestellung eine *auftragsbezogene Montage* (assemble to order) durchzuführen und das Erzeugnis auszuliefern. Beispiele hierfür sind Baumaschinen, Werkzeugmaschinen, Förderanlagen und Kraftfahrzeuge aus Standardkomponenten.

Nicht immer ist es jedoch möglich oder wirtschaftlich, die Komponenten für alle denkbaren Kundenwünsche vorzufertigen. Sei es, weil sie zu teuer sind oder weil sie erst entsprechend den Kundenforderungen dimensioniert werden müssen. Dann handelt es sich um eine *auftragsbezogene Produktion* (make to order), bei der für die zentralen Produktkomponenten lediglich das Ausgangsmaterial und die Fremdkomponenten aufgrund von Absatzprognosen beschafft werden. Der Rest des Produktes besteht aus auftragspezifischen Komponenten. Beispiele sind Extruderschnecken von Kunststoffmaschinen oder die Brücken von Hallenkränen.

Den vierten Fall stellt die *kundenspezifische Einmalfertigung* (engineer to order) dar, bei der eine Anpassungs- oder Neukonstruktion erforderlich ist und die Beschaffung erst nach dem Entwurf und der Teiledimensionierung einsetzt. Typisch hierfür sind Erzeugnisse des Anlagenbaus, wie Papiermaschinen, Walzwerke und Wasserturbinen.

Eine große Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Strukturierung des Produktes zu. So kann durch geschickte Modularisierung des Produktes der Kundenauftrags-Entkopplungspunkt so weit in Richtung Kundenwunsch verschoben werden, dass es möglich ist, innerhalb weniger Stunden die Montage, Prüfung und den Versand durchzuführen. Beispiele finden sich besonders bei hochwertigen Konsumgütern (z. B. Personalcomputer) und variantenreichen Industriegütern, wie z. B. Pumpen. Abschnitt 4.1 enthält entsprechende Hinweise.

Generell kann man feststellen, dass die logistischen Ziele Auslastung und Bestand vor dem Kundenauftrags-Entkopplungspunkt eine höhere Bedeutung haben, während danach die Durchlaufzeit und die Termintreue im Vordergrund stehen. Weiterhin ist festzuhalten, dass Produkte im Laufe ihrer Lebensdauer am Markt nach wechselnden Strategien gefertigt werden. Schließlich wird ein Unternehmen meist nicht seine sämtlichen Produkte

nach derselben Strategie produzieren, sodass sich für die Fertigung der verschiedenen Auftragsstypen unterschiedliche logistische Ziele ergeben.

Die Produktionsplanung und -steuerung ist die zentrale Stelle für die Durchführung der damit verbundenen Aufgaben. Sie muss neben der Festlegung von Terminen und Mengen der Eigen- und Fremtteile auch die eingangs angesprochenen Zielkonflikte lösen. Dazu ist ein tieferes Verständnis der Wirkzusammenhänge der Zielgrößen notwendig, die im Folgenden erläutert werden, um anschließend die Funktionen und Verfahren der PPS in Abschnitt 7 zu betrachten.

■ 6.3 Logistische Wirkmodelle

6.3.1 Produktionsmodell

Aus logistischer Sicht gliedert sich eine Produktion in die drei Teilbereiche Teilefertigung, Lager und Montage. Für diese werden im Folgenden die logistischen Beschreibungs- und Wirkmodelle erläutert. Sie sollen den geplanten und den tatsächlichen Durchlauf von Aufträgen durch die Produktion realitätsnah beschreiben und die Wirkzusammenhänge zwischen den logistischen Zielgrößen verdeutlichen. Hierzu existieren viele Ansätze, die häufig auf mathematischen Abstraktionen wie z. B. der Warteschlangentheorie und Optimierungsverfahren beruhen. Für den Praktiker sind sie schwer verständlich und ihre Anwendungsvoraussetzungen nicht immer erkennbar.

Diese Nachteile vermeiden das Trichtermodell, das daraus abgeleitete Durchlaufdiagramm und die so genannten logistischen Kennlinien, die am Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover entwickelt wurden [Nyh12]. In Analogie zur Abbildung verfahrenstechnischer Fließprozesse wird jede Kapazitätseinheit einer Produktion durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang in ihrem Durchlaufverhalten vollständig beschrieben. Jede Kapazitätseinheit, unabhängig davon, ob es sich um einen Einzelarbeitsplatz, eine Gruppe oder um eine ganze Fertigung oder Montage handelt, lässt sich demnach als Trichter darstellen. Dies gilt auch für ein Lager.

Bild 6.7 zeigt das entsprechende Modell für eine Produktion einschließlich des Zwischenlagers für Zukauf- und Eigenfertigungsteile sowie das Fertigwarenlager. In der Bildmitte ist der Materialfluss abgebildet. Ganz rechts sind die Teilprozesse und dazwischen die Ereignisse an deren Beginn und Ende erkennbar. Ganz links ist die Prozesskette angeordnet.

Aus Kundenbestellungen, Lieferabrufen und Lageraufträgen auf Basis von Prognosen entstehen im Rahmen der Bedarfsermittlung nach der Beschaffungsfreigabe Bestellungen für das notwendige Zukaufmaterial. Diese werden von den Lieferanten abgearbeitet und die Zukaufteile nach dem Wareneingang im Zukaufteilelager eingelagert. Nach der Fertigungsfreigabe werden sie dem Lager entnommen, in der Fertigung zu Fertigteilen verarbeitet und in das Lager für die Eigenfertigungsteile übernommen. Die Montagefreigabe löst die Entnahme der erforderlichen Teile aus dem Zukauf- und Eigenfertigungslager aus, wonach sie zu Endprodukten montiert werden und in das Fertigwarenlager fließen. Von dort werden sie entnommen und meist zusammen mit anderen Positionen zusammen an