

Kapitel 1

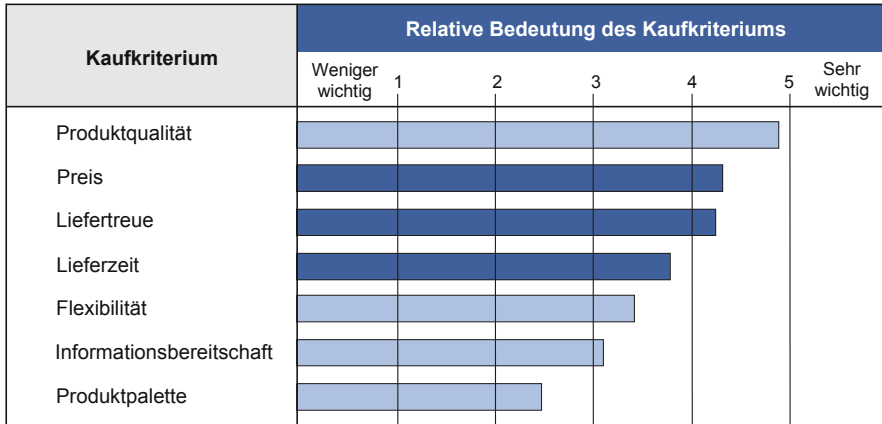
Einleitung

Der Wandel ist zugleich typisches wie auch notwendiges Merkmal evolutionärer Prozesse. Obwohl er häufig als Auslöser für kritische Situationen von Unternehmen angesehen wird, beinhaltet er nicht nur Probleme, Risiken und Gefahren. Einem Unternehmen, welches sich frühzeitig und aktiv neuen Herausforderungen stellt, diese bewusst erfasst und bei der Planung der unternehmerischen Zukunft berücksichtigt, eröffnen sich neue Möglichkeiten, sich positiv von den Mitwettbewerbern zu differenzieren und so neue Potentiale zu erschließen.

Von besonderer Bedeutung ist hierbei ein proaktives Handeln schon in wirtschaftlich stabilen Zeiten. Werden relevante Veränderungen nicht frühzeitig erkannt, so besteht das Risiko, dass wirksame Maßnahmen nicht schnell genug eingeleitet werden können. Die Bereitschaft zu Veränderungen ist zwar in den Zeiten einer Krise besonders groß, die Unternehmen haben jedoch oftmals nicht mehr die erforderlichen Kraftreserven, oder aber es sind erhebliche Einschnitte notwendig. Somit stellt sich für die Unternehmen immer nachdrücklicher die Forderung nach einer permanenten Produkt- und Prozessinnovation ([Zahn-94], [Warn-93]). Sie müssen aus der Kenntnis sowohl ihrer Schwächen und Versäumnisse der Vergangenheit als auch aus den Unternehmenszielen heraus zukunftsorientierte Strategien und Lösungsansätze erarbeiten und konsequent verfolgen. Aufgrund immer kürzer werdender Produktlebenszyklen, höherer Produktvielfalt, unbeständiger Produktionspläne, der Globalisierung der Märkte und vieler anderer Aspekte muss ein Unternehmen dabei so beweglich sein wie der Markt selbst.

1.1 Logistische Erfolgsfaktoren von Produktionsunternehmen

Die ständige Verbesserung und Aufwertung von Produkt und Produktionsprozess ist Voraussetzung dafür, Wettbewerbsvorteile zu erzielen und zu bewahren (vgl. u. a. [Bull-92], [Port-93], [Warn-93], [Mert-96], [Milb-97]). Praktisch jeder Vorteil kann früher oder später kopiert werden, ein Unternehmen muss daher zu einem beweglichen Ziel werden und sich wenigstens so schnell neue Vorteile verschaffen, wie die alten kopiert werden können. Punktuelle Leistungsverbesserungen reichen daher in aller Regel nicht aus, um eine nachhaltige Stärkung der Unternehmensposition



IFA D1386

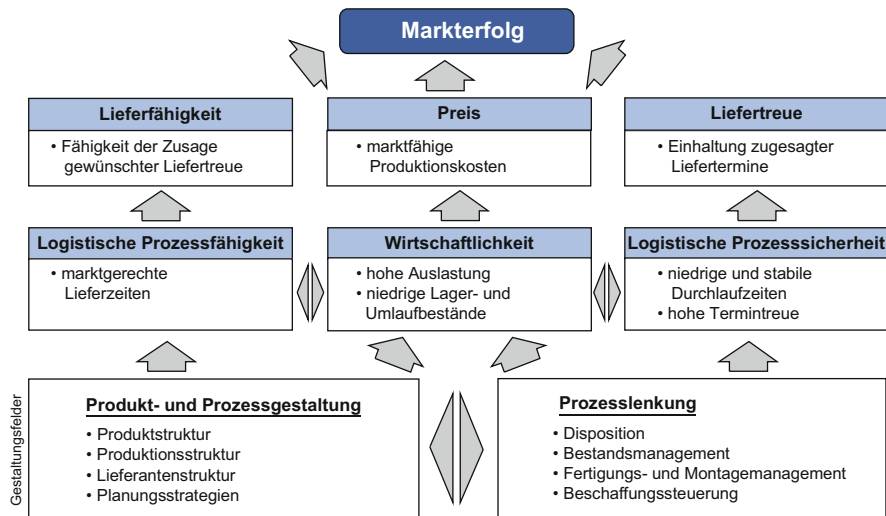
Abb. 1.1 Kriterien für den Kauf von Produkten. (Siemens AG)

zu erreichen. Sie führen zumeist nur zu kurzfristigen Ergebnisverbesserungen und somit allenfalls zu einem Zeitgewinn, nicht aber zu wesentlichen Veränderungen der wettbewerblichen Beziehungen [Wild-98].

Nachhaltige Vorteile lassen sich nur erzielen, wenn auf der Basis einer Stärken-/Schwächenanalyse der Leistungsfähigkeit des Unternehmens und der Kundenanforderungen ein strategisches Gesamtkonzept erstellt wird, um auf der Basis einer ganzheitlichen Betrachtung bereichsübergreifende und aufeinander abgestimmte Maßnahmen planen, realisieren und bezüglich des angestrebten Erfolges auch kontrollieren zu können.

Die logistischen Leistungsmerkmale *Lieferzeit* und *Liefertreue* gewinnen dabei für die Unternehmen als Differenzierungsmöglichkeit am Markt – neben einem hohen Qualitätsniveau und dem Preis – zunehmend an Bedeutung (Abb. 1.1) ([ATKe-92], [Baum-00], [Gott-01]). Der Produktion als primärem Ort der Leistungserfüllung werden in diesem Zusammenhang vermehrt wesentliche Beiträge zur Steigerung der Effektivität abverlangt [Zahn-94]. Es geht darum, den gesamten Materialfluss in der Lieferkette von der Beschaffung der Rohstoffe und Vorprodukte über alle Stufen des Produktionsprozesses einschließlich aller Zwischenlagerstufen bis hin zur Versorgung des Vertriebs bzw. externer Kunden so zu gestalten, dass in kürzester Zeit auf den Markt reagiert werden kann. Da die Produktionslogistik diese Leistungsmerkmale maßgeblich prägt, ist sie Gegenstand intensiver Anstrengungen in Forschung und Praxis, die Gestaltung und den Betrieb logistischer Systeme zu professionalisieren.

Als wesentliche Ziele der Produktionslogistik lassen sich somit das Streben nach hoher Lieferfähigkeit und -treue bei geringstmöglichen Logistik- und Produktionskosten formulieren. Das logistische Leistungsmerkmal *Lieferfähigkeit* bringt dabei zum Ausdruck, inwieweit es dem Vertrieb möglich ist, vom Kunden gewünschte Liefertermine unter Beachtung der Produktionsgegebenheiten zusagen zu können.



IFA D1389

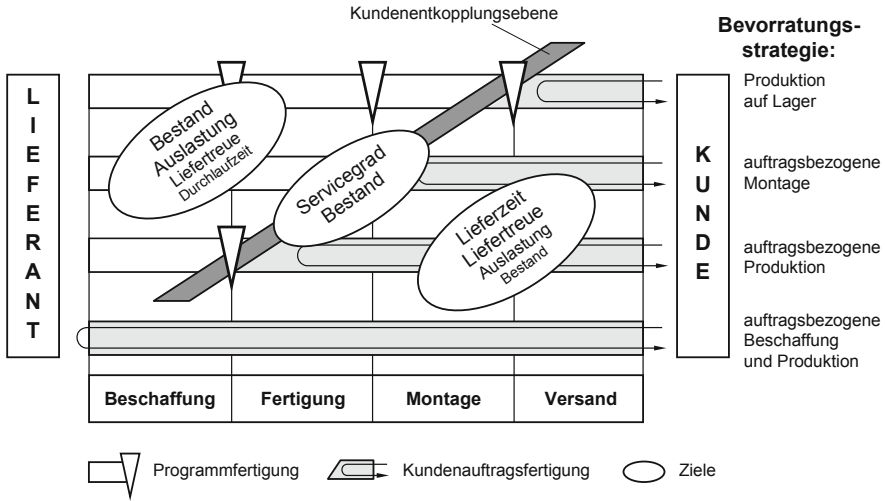
Abb. 1.2 Logistische Erfolgsfaktoren von Produktionsunternehmen. (Gläßner, IFA)

Die *Liefertreue* charakterisiert hingegen, in welchem Maße die bei der Auftragserteilung zugesagten Termine realisiert werden konnten.

Lieferfähigkeit und Liefertreue sind damit neben marktfähigen Produktionskosten für den langfristigen Markterfolg eines Unternehmens von Bedeutung (Abb. 1.2).

Zur Sicherstellung und zum Ausbau einer hohen Lieferfähigkeit müssen Produkt-, Produktions- und Lieferantenstrukturen so gestaltet werden, dass sie unter Anwendung geeigneter Produktionsplanungsstrategien die Realisierung marktgerechter Lieferzeiten ermöglichen und dadurch die *logistische Prozessfähigkeit* des Unternehmens gewährleisten. Ist es aufgrund der realisierten Strukturen prinzipiell möglich, eine gewünschte Lieferfähigkeit zu erreichen, besteht die Aufgabe der Prozesslenkung darin, im Rahmen der Disposition, des Bestandsmanagements und der operativen Steuerung das geschaffene logistische Potential auszuschöpfen und somit eine hohe *logistische Prozesssicherheit* zu realisieren. Die aufgrund der Produktions- und Produktstruktur realisierbaren niedrigen Durchlaufzeiten sollen dabei im laufenden Prozess erreicht und auf einem stabilen Niveau gehalten werden. Damit wird ständig eine hohe Liefertreue gewährleistet.

Bei der Gestaltung wie auch bei der Lenkung der unternehmenslogistischen Abläufe sind schließlich stets die Wechselwirkungen zwischen Leistungs- und Kostenzielen zu beachten, um so die *Wirtschaftlichkeit* der Produktion sicherstellen zu können. Zur Erreichung marktfähiger Produktionskosten ist einerseits eine hohe Auslastung der bereitgestellten Kapazitäten anzustreben, andererseits sind zur Reduzierung der Kapitalbindungskosten die Lager- und Umlaufbestände auf ein möglichst niedriges Niveau zu reduzieren.



IFA C0268b

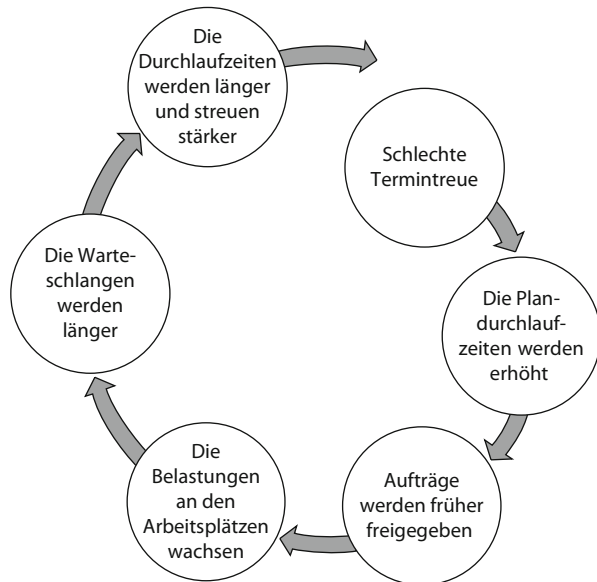
Abb. 1.3 Gewichtung logistischer Zielgrößen bei unterschiedlichen Bevorratungsstrategien. (In Anlehnung an Eidenmüller)

1.2 Das Dilemma der Ablaufplanung

Das Bestreben, die logistischen Erfolgsfaktoren gezielt zu stärken, wird durch bestehende Zielkonflikte erschwert. Weder sind die zu berücksichtigenden Zielsetzungen und Anforderungen widerspruchsfrei noch lokal und temporär gleichbleibend. So erfordert die Sicherung einer hohen Auslastung hohe Bestände, die ihrerseits jedoch lange Durchlaufzeiten hervorrufen. Lange und damit erfahrungsgemäß stark schwankende Durchlaufzeiten stehen jedoch dem Ziel einer hohen Terminalsicherheit entgegen. Die Gegenläufigkeit dieser Zielsetzungen ist allgemein als das *Dilemma der Ablaufplanung* bekannt [Gute-71]. Es existiert demnach prinzipiell nicht nur ein Ziel, dessen Wert es zu maximieren oder zu minimieren gilt, sondern es müssen immer die Auswirkungen von Maßnahmen auf alle Teilziele gleichzeitig berücksichtigt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Gewichtung der Teilziele im Produktionsprozess stark unterscheiden kann.

Abbildung 1.3 zeigt, welche Zielgrößen in Abhängigkeit von der vorliegenden Bevorratungsstrategie und der Lage des betrachteten Prozessabschnittes zum *Kundenentkopplungspunkt* in der Regel besonders betont werden: Soweit die Produktion nicht auf der Basis konkreter Kundenaufträge durchgeführt wird, werden vorrangig die betrieblichen Ziele einer hohen Auslastung und geringer Bestände verfolgt, da diese beiden Teilziele (wenn auch gegenläufig) die Wirtschaftlichkeit der Produktion beeinflussen. Termintreue und Durchlaufzeit sind in diesem Fall zumeist von sekundärer Bedeutung. Mittelbar beeinflussen diese Größen jedoch die Ziele der

Abb. 1.4 Der Fehlerkreis der Fertigungssteuerung.
(Mather)



IFA C0511

Lagerhaltung. Je geringer die Termintreue und je größer die Durchlaufzeit in der vorgeschalteten Produktion sind, desto größer muss der Bestand im Lager sein, bei dem noch ein definierter Servicegrad erreicht werden kann. Bei der kundenbezogenen Produktion kehrt sich das Verhältnis der Zielgewichtungen um. Die Einhaltung der zugesagten Lieferzeiten und -termine ist hier deutlich stärker zu gewichten, da der Kunde direkt von einer Nichteinhaltung betroffen ist. Ob es allerdings zulässig ist, kurze Lieferzeiten durch geringe Auslastungen der jeweiligen Produktionssysteme zu erkaufen, kann nur im Einzelfall entschieden werden. Die dann erforderlichen Kapazitätsausweitungen (Betriebsmittel und/oder Personal) lassen die Stückkosten in die Höhe schnellen. Hier hat der Kunde zu entscheiden, ob und ggf. in welchem Umfang er bereit ist, zugunsten kürzerer Lieferzeiten höhere Lieferpreise in Kauf zu nehmen. Wird schließlich berücksichtigt, dass sich alle Veränderungen im Unternehmensumfeld auch auf die Zielgrößengewichtung niederschlagen können, so wird deutlich, dass es ein Gesamtoptimum, an dem sich das Unternehmen insgesamt ausrichten kann, kaum geben wird.

Nicht selten führen die aus der geschilderten Problematik resultierenden Unsicherheiten zum sogenannten *Fehlerkreis der Fertigungssteuerung* (Abb. 1.4). Die empirische Entscheidungstheorie zeigt, dass Entscheidungsträger überwiegend versuchen, vermeintlich sichere Wege zu beschreiten [Knol-87]. Dies gilt insbesondere, wenn sie bei Nichterfüllung von routinemäßigen Aufgaben (z. B. durch unbefriedigenden Lieferservicegrad) unangenehm auffallen und für höhere Risikobreitschaft (z. B. durch Absenken von Beständen) keine Anreize geboten werden. So wird sich ein Disponent üblicherweise nicht nur an mittleren Durchlaufzeiten orientieren, sondern seine Entscheidung aus Risikogesichtspunkten unter Berücksichtigung

ihrer Streuungen treffen. Werden nun als Folge einer schlechten Termineinhaltung die Werte für die Vorlaufzeitrechnung und die Durchlaufterminierung vergrößert, gelangen die Aufträge früher als bisher in die Produktion. Die Bestände vor den Arbeitsplätzen und somit auch die Warteschlangen steigen an. Dies bedeutet im Mittel längere Liegezeiten und damit längere Durchlaufzeiten für die Aufträge, verbunden mit einer größeren Durchlaufzeitstreuung. Im Ergebnis wird auch die Termineinhaltung schlechter, und nur noch mit Eilaufträgen und kostspieligen Sonderaktionen können die wichtigsten Aufträge termingerecht fertiggestellt werden. Der Fehlerkreis wird zu einer Fehlerspirale, die sich erst auf einem sehr hohen Niveau der Durchlaufzeit stabilisiert ([Math-77], [Wien-97]).

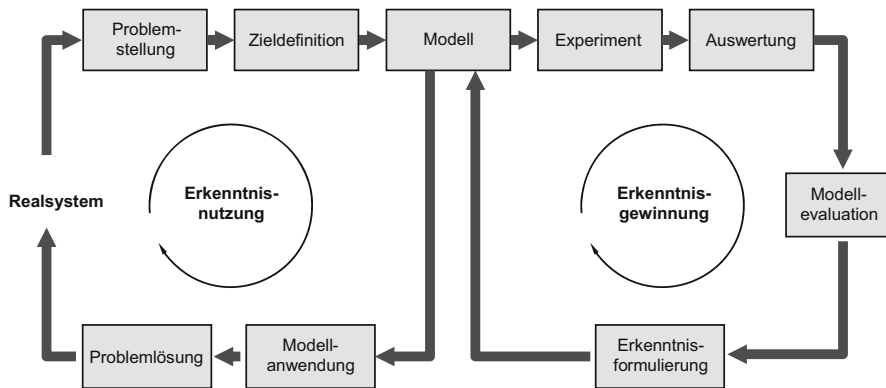
Um einen solchen Fehlerkreis aufzubrechen und das Dilemma der Ablaufplanung durch eine aktive Prozess- und Produktionsgestaltung beherrschbar zu machen, ist es erforderlich, die wechselseitigen Abhängigkeiten der logistischen Zielgrößen sowie deren Beeinflussungsmöglichkeiten sowohl qualitativ erklären als auch quantitativ beschreiben zu können. Aufgrund der Vielfalt der in der betrieblichen Realität wirkenden Prozesse und Abläufe sowie externer und interner Einflussfaktoren sind diese Zusammenhänge jedoch nicht ohne weiteres erkennbar bzw. beschreibbar. Daher setzt sich zunehmend die Erkenntnis durch, dass zur Bewältigung unternehmerischer Gestaltungs- und Lenkungsaufgaben Modelle eingesetzt werden müssen, mit denen sich die Produktionsabläufe transparent darstellen und bewerten lassen. Nur bei Verwendung eines geeigneten Modells ist es möglich, die komplexen betrieblichen Abläufe und ihre Abhängigkeiten zu verstehen und so eine kontinuierliche Ausrichtung der Prozesse auch bei veränderten Zielsetzungen zu ermöglichen ([Hopp-08], [Nyhu-08]).

1.3 Modellbasierter Problemlösungsprozess

In der Vergangenheit wurde unter einem Modell primär die *Abbildung der Realität* verstanden. In vielen Anwendungsbereichen ist der Modellbegriff jedoch deutlich ausgeweitet worden. Modelle dienen nicht mehr ausschließlich dem anschaulichen Verständnis, sondern sie sollen dazu beitragen:

- die vorherrschende Situation begreifbar zu machen und deren Probleme und Erscheinungsformen zu verstehen,
- die Problemursachen und deren Wirkungen zu ergründen,
- die Informationsbasis für die Maßnahmenableitung zu liefern,
- die gezielte Beeinflussung bzw. Auslegung von Systemen zu unterstützen und
- ein grundlegendes Verständnis über das statische und dynamische Verhalten eines Systems zu erlangen.

Bei Modellen für betriebswirtschaftliche Systeme handelt es sich nahezu ausschließlich um mathematische Modelle. Die Anwendung solcher Modelle ist im Allgemeinen durch die in Abb. 1.5 beschriebene Vorgehensweise charakterisiert,



IFA D3557

Abb. 1.5 Schritte des modellbasierten Problemlösungsprozesses

auch wenn im Einzelfall iterative Schritte und schleifenartige Wiederholungen einzelner Phasen auftreten.

Der Ausgangspunkt einer *Modellanwendung* ist eine exakte und eindeutige Beschreibung der Problemstellung. Im Weiteren ist das Untersuchungsziel klar zu definieren. Von besonderer Bedeutung ist in beiden Phasen die Bereitschaft, die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes und der Zielsetzung so gering wie möglich zu halten, da sowohl der Modellierungs- wie auch der Interpretationsaufwand überproportional mit der Komplexität der Anwendung steigt. Es ist daher oftmals günstiger, ein Gesamtproblem in handhabbare Teilprobleme zu zerlegen.

Zur modellgestützten Lösung eines Problems ist es nach dessen Formulierung erforderlich, ein geeignetes Modell auszuwählen und ggf. anzupassen oder, sofern kein geeigneter Ansatz existiert, ein mathematisches Modell zu entwickeln. Nach der Übertragung der speziellen Problemstellung auf das Modell können anschließend Lösungsalternativen abgeleitet und bewertet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Nutzung von Modellen nicht mehr an Erkenntnissen gewonnen werden kann, als vorher in die Bildung des Modells und die Auswahl der Voraussetzungen eingeflossen sind. Weiterhin gilt der Grundsatz, dass das Ergebnis einer Modellanwendung höchstens so gut sein kann wie die zugrundeliegenden Daten.

Insofern kommt auch dem nächsten Schritt der Modellanwendung eine besondere Bedeutung zu: Sowohl das Modell wie auch die abgeleitete Lösung sind insbesondere auch während der Anwendung der Lösung unter Realbedingungen einer fortlaufenden kritischen Prüfung zu unterziehen – ein Schritt, der leider allzu oft nicht die erforderliche Beachtung findet. Das Modell muss das Verhalten des realen Systems genau genug und fehlerfrei widerspiegeln. Neben der formalen Korrektheit und der Verhaltensgültigkeit (Modell und Realsystem liefern vergleichbare Ergebnisse) ist insbesondere auch die Angemessenheit der Aufwand/Nutzen-Relation kritisch zu hinterfragen. Nur mit einer Überprüfung auch in der Phase der *Modellnutzung* kann

gewährleistet werden, dass das Modell und die zugrundeliegenden Parameter auch bei veränderten Rahmenbedingungen eine ausreichend gute Entscheidungsgrundlage bieten.

Existiert für die im speziellen Fall vorliegende Fragestellung noch kein geeignetes Modell, so sind bei der dann erforderlichen *Modellbildung* im Wesentlichen die folgenden grundsätzlichen Anforderungen zu beachten [Oert-85]:

- Direkter Bezug zur Realität: Das Modell sollte das abzubildende Realsystem möglichst realitätsnah im interessierenden Sachverhalt abbilden.
- Große Allgemeingültigkeit: Das Modell sollte sich direkt bzw. ohne größeren Anpassungsaufwand auf verschiedene Realsysteme anwenden lassen.
- Klarheit und Verständlichkeit der Aussagen: Ausgehend von der Zielsetzung, die der Modellanwendung zugrunde liegt, sollten die interessierenden Sachverhalte einfach, aber prägnant darstellbar sein. Insbesondere mit Graphiken oder mit mathematischen Schreibweisen lassen sich oftmals klarere Aussagen treffen als mit Listen oder Tabellen.
- Beschränkung auf das Wesentliche: Eine wichtige praktische Forderung an Modelle besteht darin, dass sie sich in der Abbildung des Realsystems sowie in den Aussagen auf das Wesentliche beschränken.

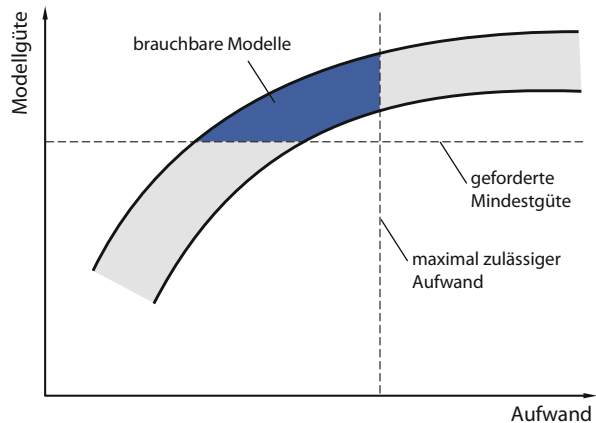
Um diesen Anforderungen entsprechen zu können, muss man das in der Regel komplexe Realgeschehen stark vereinfachen, indem viele Nebenaspekte zumindest vorläufig ausgeklammert werden. Erst durch Reduktion (Verzicht auf unwichtige Eigenschaften) und Idealisierung (Vereinfachung unverzichtbarer Eigenschaften) wird es ermöglicht, einfache und mathematisch formulierbare Modelle zu erarbeiten, die sich dann oft auch auf andere, ähnlich gelagerte Anwendungen übertragen lassen. Ob die getroffenen Vereinfachungen zulässig sind, ist bei der *Modellvalidierung* sowie im Verlauf der Modellanwendung zu überprüfen.

Lassen sich im Verlauf der Modellierung bzw. der Modellanwendung Zusammenhänge zwischen relevanten Erscheinungen ableiten, die eindeutig bestimmbar und unter gleichen Bedingungen in gleicher Weise feststellbar sind, so können die entsprechenden Formulierungen auch als Gesetze bezeichnet werden. Der Anwendungsbereich solcher Gesetze ist dabei umso größer, je weiter man sich bei der Formulierung vom speziellen Einzelfall lösen kann.

Generell ist zu bedenken, dass Modelle ein abstraktes, aber sehr konzentriertes Beschreibungsmittel für reale oder gedachte Systeme darstellen. Eine allgemeine und zugleich typische Eigenschaft aller mathematischen Modelle besteht darin, dass sie grundsätzlich kein absolut getreues Abbild des Originalprozesses liefern können und in der Regel auch nicht liefern sollen. Sie sollen vielmehr für einen bestimmten Anwendungszweck zugeschnitten die genau hierfür wichtigen Eigenschaften in einer hinreichenden Genauigkeit wiedergeben. Daher sind Modelle auch nur aus dem Aspekt der Zweckbestimmung auszuwählen bzw. zu beurteilen.

Einen prinzipiellen Zusammenhang zwischen dem Aufwand bei der Modellerstellung wie auch der anschließenden Modellanwendung und der erreichbaren *Modellgüte* zeigt Abb. 1.6 [Prof-77].

Abb. 1.6 Korrelation zwischen Modellgüte und Modellaufwand. (Profos)



IFA D4301

In die Anforderungen an die Modellgenauigkeit sind demzufolge auch ökonomische Überlegungen einzubeziehen. Grundsätzlich gilt, dass der zulässige Nutzungsaufwand umso geringer sein muss, je routinemäßiger die Anwendung erfolgen soll. Untersuchungsziel, gewünschte Ergebnissenauigkeit und notwendige Modelldetaillierung sind sinnvoll nach der Devise „so grob wie möglich und so genau wie nötig“ abzustimmen [VDI-93]. Der exakten, qualitativen und quantitativen Problem- und Zieldefinition kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Der in der Graphik dargestellte breite Korridor steht für eine lose Korrelation zwischen den dargestellten Größen. Er besagt auch, dass sich die Aufwand/Nutzenrelation durch die Wahl bzw. Gestaltung des Modells nachhaltig beeinflussen lässt.

In diesem Buch wird ein Modell vorgestellt, mit dessen Hilfe das zuvor skizzierte Dilemma der Ablaufplanung qualitativ und quantitativ auch unter Berücksichtigung betriebspezifischer Rahmenbedingungen beschrieben werden kann. Die dem Modell zugrundeliegenden *logistischen Kennlinien* erfüllen die oben genannten generellen Anforderungen an Modelle und erlauben darüber hinaus auch die Ableitung sogenannter *produktionslogistischer Grundgesetze*. Bevor diese logistischen Kennlinien vorgestellt werden, ist es zunächst erforderlich, das der Modellableitung zugrundeliegende Zielsystem eindeutig zu definieren.

1.4 Zielsystem in der Produktionslogistik

Für die weiteren Ausführungen wird unterstellt, dass es weder sinnvoll noch möglich ist, die logistischen Abläufe in dem komplexen Gebilde einer Produktion mit einem einzigen Modell vollständig zu beschreiben. Daher ist eine Problemzerlegung notwendig. Als Basis für diese Problemzerlegung werden nachfolgend die von Kuhn [Kuhn-95] definierten elementaren Referenzprozesse *Produzieren und Prüfen*, *Transportieren* und *Lagern und Bereitstellen* herangezogen, mit dem man generell jeden Produktionsprozess aus logistischer Sicht beschreiben kann.

		Referenzprozesse Produktion		
		Produzieren und Prüfen	Transportieren	Lagern und Bereitstellen
Logistische Zielgrößen	Termin-einhaltung	hohe Termintreue	hohe Termintreue	niedriger Lieferverzug
	Durchlauf-zeit	niedrige Durchlaufzeit	niedrige Transportdurchlaufzeit	niedrige Lagerverweilzeit
	Leistung	hohe Auslastung	hohe Auslastung	hoher Servicegrad
	Bestand	niedriger Umlaufbestand	niedriger Transportbestand	niedriger Lagerbestand
	Kosten	geringe Kosten je Leistungseinheit	geringe Kosten je Transportvorgang	geringe Lagerhaltungskosten

IFA D6223

Abb. 1.7 Logistische Zielgrößen für die Referenzprozesse der Produktion

Für diese Referenzprozesse lassen sich aus den mit Abb. 1.2 erläuterten logistischen Erfolgsfaktoren die in Abb. 1.7 aufgeführten operationalen Zielgrößen ableiten. Diese Zielgrößen sind in sich widerspruchsbefahet und beschreiben somit auch die jeweils spezifische Problemstellung für die einzelnen Referenzprozesse.

Beim Produzieren gilt es, niedrige Durchlaufzeiten und eine hohe Termintreue zu realisieren, um damit einerseits den Kundenanforderungen zu entsprechen, andererseits aber auch die Planungssicherheit zu erhöhen. Zudem verringert sich mit geringer werdenden Durchlaufzeiten das Änderungsrisiko für angearbeitete Aufträge. Unternehmensseitig möchte man hingegen eine hohe Auslastung der bereitgestellten Kapazitäten sowie möglichst niedrige Umlaufbeständen erreichen, um so die durch die Produktionslogistik beeinflussbaren Kosten zu minimieren. Es ist offensichtlich, dass sich einige dieser Teilziele unterstützen, andere hingegen widersprechen sich.

Die Zielsetzung im Lager muss es sein, bei gegebenem Lagerzu- und -abgang die Lagerbestände und damit verbundenen Lagerverweilzeiten so gering wie möglich zu halten, aber dennoch einen hohen Lieferservice durch einen geringen Lieferverzug gegenüber den verbrauchenden Bereichen sicherzustellen. Somit liegen auch im Lagerbereich konkurrierende Zielsetzungen vor. Die bei den Referenzprozessen Produzieren und Prüfen und Transport bedeutsame Zielgröße der Leistung bzw. Auslastung wird bei dem Prozess der Lagerhaltung im Allgemeinen nicht definiert, es sei denn man untersucht die Leistung von Lagerpersonal und -einrichtungen.

Das aufgezeigte Spannungsfeld der logistischen Zielgrößen für die drei Referenzprozesse ist allgemein bekannt, jedoch insbesondere in der betrieblichen Praxis bislang nur schwer quantifizierbar. Damit bestehen aber auch kaum Möglichkeiten einer gezielten *logistischen Positionierung*. Um in Abhängigkeit von der aktuellen

Marktsituation, den geforderten Lieferzeiten, der vorliegenden Auftragszeit- und Kapazitätsstruktur und aller weiteren Einflussgrößen Sollwerte für die Gestaltung und den Betrieb des Produktionsablaufes vorzugeben, ist man bislang in der Regel darauf angewiesen, auf Erfahrungswissen zurückzugreifen. Allein aufgrund der Komplexität der Abläufe in der Produktion und der wechselseitigen Beeinflussung der logistischen Zielgrößen ist es aber sehr unwahrscheinlich, dass bei diesem Vorgehen ein bestmöglicher Kompromiss gefunden wird. Wird bei dem Bestreben, eines der Teilziele verstärkt zu verfolgen, gegen ein anderes verstoßen – was aufgrund der Gegenläufigkeit der Ziele fast zwangsläufig geschehen wird – fallen viele Unternehmen in den ursprünglichen Zustand zurück. So sind Bestandssenkungsaktionen in vielen Unternehmen keine Seltenheit. Schwierigkeiten bei der Erfüllung von Lieferverpflichtungen führen jedoch oftmals dazu, dass die Bestände sukzessive wieder aufgebaut werden, bis sie die Höhe erreichen, die den Anstoß zu der Bestandssenkungsaktion darstellten (vgl. [Jüne-88], [Eide-95]).

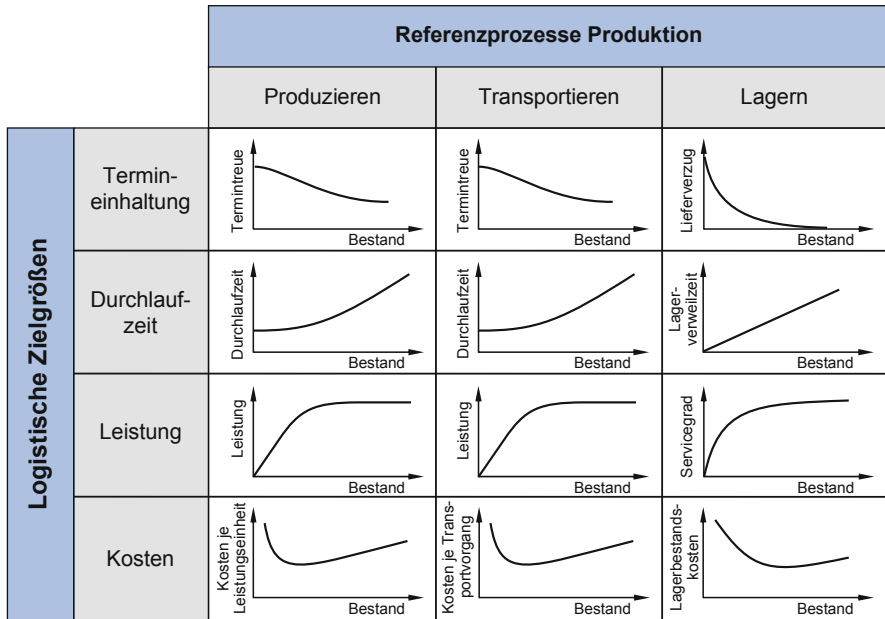
Um diesen Kreis zu durchbrechen, ist es wünschenswert, die wechselseitigen Abhängigkeiten der logistischen Zielgrößen untereinander und deren Beeinflussungsmöglichkeiten auch quantitativ darstellen zu können, um so je nach Betriebs- und Marktsituation unterschiedliche Strategien verfolgen zu können. Eine effektive Hilfestellung hierzu liefern die nachfolgend dargestellten logistischen Kennlinien.

1.5 Logistische Kennlinien – ein Erklärungsmodell für die Produktionslogistik

Eine Kennlinie ist die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer unabhängigen Einflussgröße und einer sich ergebenden Zielgröße in Form einer Kurve. Eine bestimmte interessierende Größe (die Zielgröße bzw. abhängige Variable) wird als Funktion einer unabhängigen Variablen (der Einflussgröße) dargestellt. Für jeden Wert der durch äußere Bedingungen veränderbaren *Einflussgröße* lässt sich so (mindestens) ein Wert für die *Zielgröße* ermitteln.

Vor dem Hintergrund dieser Beschreibung ist es zunächst erforderlich, anhand von Vorüberlegungen Einflussgrößen und Zielgrößen festzulegen. Prinzipiell gilt, dass von den oben genannten logistischen Zielgrößen alle auch als Zielgröße in einer Kennlinie angesehen werden können. Etwas anders verhält es sich hingegen bei den Einflussgrößen. So sind die durch die Produktionslogistik verursachten Kosten das Ergebnis eines Prozesses, keinesfalls aber eine unabhängige Variable, die unmittelbar von außen verändert werden kann. Ähnliches gilt für die Termineinhaltung, die am Ende eines Prozesses auftritt und somit ebenfalls nur mittelbar beeinflussbar ist. Somit verbleiben als potentielle unabhängige Einflussgrößen noch der Bestand, die Durchlaufzeit und die Leistung. Alle drei Größen können prinzipiell sowohl als Einfluss- wie auch Ergebnisgröße angesehen werden.

Für die nachfolgenden Abschnitte wird zunächst der Bestand als unabhängige Variable gewählt. Dafür spricht, dass sich der Bestand bei allen drei Referenzprozessen durch gezielte Steuerungsmaßnahmen aktiv beeinflussen lässt, indem dafür



IFA D6222

Abb. 1.8 Logistische Kennlinien für die Referenzprozesse der Produktion

gesorgt wird, dass der Input zeitweilig größer, kleiner oder gleich dem Output des betrachteten Prozesses ist. Die übrigen logistischen Zielgrößen stellen somit abhängige Variablen dar. Da die Kenngrößen Bestand, Durchlaufzeit und Leistung jedoch mathematisch ineinander überführbar sind (vgl. hierzu die Ausführungen in den Kap. 2–4), ist es jedoch möglich, je nach spezieller Fragestellung auch eine der beiden anderen Größen als Einflussgröße zu deklarieren.

In Abb. 1.8 sind die verschiedenen Kennlinien für die drei Referenzprozesse als Prinzipskizzen dargestellt. Die Kennlinien für den Referenzprozess Produzieren und Prüfen zeigen, dass die Durchlaufzeit an einem Produktionssystem überwiegend proportional mit wachsendem Bestand ansteigt. Jedoch kann die Durchlaufzeit ein bestimmtes Minimum nicht unterschreiten, welches sich aus der technisch bedingten Durchführungszeit bei der Auftragsbearbeitung und ggf. der Transportzeit zwischen zwei Arbeitsvorgängen ergibt. Kurze Durchlaufzeiten sind dabei in der Regel auch mit einer geringen Streuung verbunden. Die daraus resultierende erhöhte Planungssicherheit bewirkt eine hohe Termintreue. Mit steigenden Beständen und Durchlaufzeiten und einem damit erfahrungsgemäß einhergehenden Anstieg der Durchlaufzeitstreuung sinkt hingegen die Termintreue. Die Leistungskennlinie für ein Arbeitssystem ist bei hohen Beständen weitgehend bestandsunabhängig. Wird jedoch ein bestimmter Bestandswert unterschritten, so treten Leistungseinbußen aufgrund eines zeitweilig fehlenden Arbeitsvorrates auf.

Die Kostenkennlinien schließlich ermöglichen Aussagen über den kostenoptimalen Betriebsbereich. Bei geringen Beständen und daraus resultierenden Auslastungsverlusten steigen die Kosten aufgrund höherer Leerkosten der bereitgestellten Kapazitäten, hohe Bestände hingegen haben auch hohe Bestandskosten zur Folge. Leistungs- und Durchlaufzeitkennlinien werden oftmals auch in einem Diagramm gemeinsam dargestellt und dann als Betriebskennlinien oder Produktionskennlinien bezeichnet ([Bech-84], [Nyhu-91], [Wien-93a], [Wien-97]).

Die Kennlinien für den Transport weisen vom prinzipiellen Verlauf her eine sehr ähnliche Charakteristik wie für das Produzieren und Prüfen auf, so dass hier auf eine eigenständige Erläuterung verzichtet werden kann. Beeinflusst werden die einzelnen Transportkennlinien im Wesentlichen von Art und Anzahl der eingesetzten Transportmittel, der Einsatzstrategie und den daraus resultierenden Doppelspiel- bzw. Leerfahrtanteilen sowie der Einbindung der Transportsysteme in die Ablauforganisation.

Mit den Kennlinien für den Referenzprozess Lagern und Bereitstellen werden die Lagerverweilzeit, der Lieferversatz und der Servicegrad für einen Artikel oder eine Artikelgruppe in Abhängigkeit vom mittleren Lagerbestand dargestellt. Diese Kennlinien werden auch als Lagerkennlinien bezeichnet ([Gläs-95], [Nyhu-95]). Beeinflusst werden die Kennlinien durch alle Größen, die sich auf das Lagerzugangsverhalten bzw. das Lagerabgangsverhalten auswirken. In die Kostenkennlinie dieses Referenzprozesses gehen zudem der Wert des Artikels sowie die Fehlmengenkosten ein.

Die skizzierten Kennlinien verdeutlichen sehr anschaulich für alle drei Referenzprozesse die jeweils vorherrschenden Zielkonflikte zwischen den logistischen Zielgrößen. Sie ermöglichen es somit, je nach aktueller Betriebs- und/oder Marktsituation und auch in Abhängigkeit systemspezifischer Randbedingungen zu entscheiden, welchem Merkmal das größte Gewicht beigemessen werden muss. Dabei wird gleichzeitig aufgezeigt, welche Folgen bezüglich der anderen Merkmale zu erwarten sind. Sie sind somit geeignet, die bereits erwähnte logistische Positionierung in dem jeweiligen Spannungsfeld zu unterstützen.

Generell besteht auch die Möglichkeit, Kennlinien bei veränderten Rahmenbedingungen zu erstellen, diese miteinander zu vergleichen und so die Wirkungen von Eingriffen in den Produktionsablauf unter logistischen Aspekten zu beurteilen. Damit lassen sich auch Planungsalternativen einer logistikorientierten Bewertung unterziehen und unternehmerische Entscheidungen darauf aufbauen. Die Kennlinien können somit einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, dass sich ein Unternehmen gezielt an den logistischen Erfolgsfaktoren ausrichten kann.

1.6 Zielsetzung und Aufbau

Die übergeordnete Zielsetzung dieses Buches besteht darin, sowohl für die Praxis wie auch für die Forschung einen Modellansatz bereitzustellen, der bei geringem Anwendungsaufwand schnell und sicher Aussagen darüber ermöglicht, wo in einem

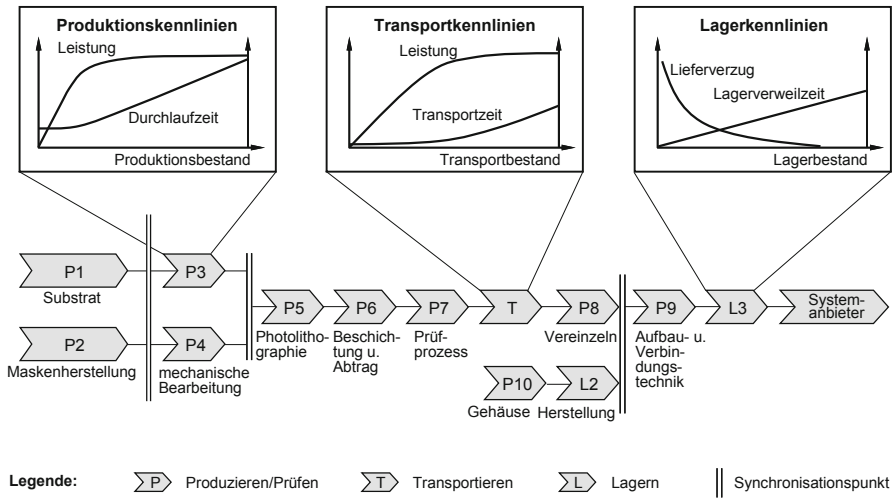
Unternehmen die wichtigsten Ansatzpunkte zur Erschließung logistischer Rationalisierungspotentiale zu finden sind und welche spezifischen Maßnahmen einzuleiten sind, um diese Potentiale zu erschließen. Eine zentrale Stellung nehmen hierbei die logistischen Kennlinien ein.

Das Bestreben, derartige Kennlinien zu erstellen und für die skizzierten Anwendungen einzusetzen, besteht schon seit langer Zeit. Die hierzu bekannten Ansätze basieren dabei im Wesentlichen auf der Warteschlangentheorie sowie auf der Simulation. Diese Modellierungstechniken werden daher nach einer Erläuterung und Definition der zentralen logistischen Zielgrößen (Kap. 2) vor dem Hintergrund der übergeordneten Zielsetzung vorgestellt und diskutiert (Kap. 3). Als ein Ergebnis wird sich zeigen, dass diese beiden Ansätze für die vorliegende Fragestellung erhebliche Probleme und Schwächen aufweisen und nur begrenzt dazu eingesetzt werden können, reale Produktionsprozesse der Stückgüterfertigung zu bewerten und zu gestalten. So sind bei Produktionsprozessen in der Regel nicht die Voraussetzungen gegeben, die für eine Anwendung der Warteschlangentheorie erforderlich sind. Die Simulation hingegen ist sehr aufwendig. Zudem ist die scheinbar gegebene objektive Güte von Simulationsergebnissen durchaus zu hinterfragen. Weiterhin weisen experimentelle Modelle wie die Simulation „keine physikalische Bedeutung“ auf, d. h. es lassen sich keinerlei grundsätzliche Aussagen über die inneren Vorgänge und Zusammenhänge des Betrachtungsobjektes treffen. Sie beschränken sich generell auf die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen den im Experiment erfassten Eingangs- und Ausgangsgrößen.

Diese Probleme vermeidet ein mathematischer Ansatz, der Kennlinien mit hoher Aussagegenauigkeit mit Hilfe einer Näherungsgleichung auf Grundlage weniger Daten berechnet. Die der Näherungsgleichung zugrundeliegende Theorie, ausführlich erläutert in Kap. 4, unterstützt die fundamentalen Aufgaben eines Modells. So ist es möglich, das an den logistischen Zielgrößen gemessene Verhalten von Produktionssystemen rechnerisch vorauszubestimmen (System-Analyse) und auch die Konzeption und Auslegung von Systemen zu unterstützen (System-Synthese).

Um eine sichere Nutzung der damit vorliegenden Kennlinientheorie und bei Bedarf auch eine Weiterentwicklung zu ermöglichen, werden die Grundlagen dieser Theorie umfassend beschrieben. Die Modellevaluation erfolgt auf der Basis von Simulationsuntersuchungen und anhand der Analyse realer Prozessdaten. Insbesondere der Analyse der Realdaten kommt dabei eine besondere Bedeutung zu: Die beschriebene Vorgehensweise kann auch in der Praxis verwendet werden, um das Modell regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf auch die Kennlinienparameter anzupassen.

Ein besonderes Merkmal der Kennlinientheorie besteht darin, dass sie auch zur Erkenntnisgewinnung beiträgt. In Kap. 5 sind auf der Grundlage der Theorie allgemeingültige Zusammenhänge herausgearbeitet und in Form von *produktions-logistischen Grundgesetzen* zusammengefasst worden. Sie beschreiben unabhängig vom Einzelfall die relevanten Zusammenhänge zwischen den logistischen Zielgrößen und deren Beeinflussungsmöglichkeiten. Sie lassen sich somit u. a. dazu einsetzen, einzelne Maßnahmen oder auch Verhaltensweisen schon auf der Basis einer



IFA D1888n

Abb. 1.9 Logistische Kennlinien für die Referenzprozesse der Produktion in einem beispielhaften Prozesskettenplan

logischen Schlussfolgerung hinsichtlich ihrer Wirkung auf die logistischen Zielgrößen zumindest qualitativ, teilweise aber auch quantitativ, zu beurteilen.

In Kap. 6 werden die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der Kennlinientheorie anhand einfach nachvollziehbarer Beispiele erläutert. Gerade dem Verständnis des Modells wird dabei eine große Bedeutung zugemessen. Nur wenn die Grundidee des Modells und die Bedeutung der einzelnen Variablen und Parameter richtig verstanden wird, kann sie fehlerfrei auch auf einen komplexeren Anwendungsfall übertragen werden.

Die aus der Kennlinientheorie ableitbaren Aussagen sind prinzipiell ressourcenorientiert. Um jedoch die logistische Leistungsfähigkeit einer komplexen Produktion beschreiben zu können, sind erweiterte Analysemethoden erforderlich. Einen praxiserprobten Ansatz hierzu stellt die Engpassorientierte Logistikanalyse dar. Dieser Controlling-Ansatz, bei dem Durchlaufzeit-, Bestands- und Materialflussanalysen in einer Kombination mit der Kennlinientheorie zu Einsatz kommen, unterstützt eine logistikorientierte Modellierung, Bewertung und Gestaltung vernetzter Produktionsprozesse. Zwei Praxisbeispiele zeigen, wie sich auf der Basis betrieblicher Rückmeldedaten der Produktionsablauf transparent darstellen lässt und Schwachstellen und logistische Engpässe im Materialfluss erkannt sowie Maßnahmen abgeleitet und bewertet werden können (Kap. 7). Die Engpassorientierte Logistikanalyse erlaubt dabei u.a. konkrete Aussagen darüber, um wie viel Prozent sich die mittlere Auftragsdurchlaufzeit reduzieren lässt.

In Kap. 8 wird schließlich dargestellt, wie sich das für den Referenzprozess Produzieren und Prüfen entwickelte Modell – trotz gänzlich anderer Rahmenbedingungen

– auf den Lagerhaltungsprozess übertragen lässt und welche Anwendungsmöglichkeiten sich daraus im Bereich des Beschaffungs- und Bestandsmanagements ergeben.

Eine Übertragung der Kennlinientheorie auf die Transportprozesse ist hingegen noch nicht erfolgt. Erste hierzu durchgeführte Untersuchungen deuten jedoch an, dass auch hier eine Übertragung der Theorie möglich sein wird [Wien-96a]. Die diesbezüglichen Untersuchungen sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Gelingt dies, so lassen sich auch komplexe Produktionsnetze mit einem durchgängigen Modellierungsansatz aus logistischer Sicht bewerten und gestalten. Abbildung 1.9 zeigt hierzu das Prinzip am Beispiel einer Prozesskette für die Herstellung mikroelektronischer Bauteile.

Logistische Kennlinien

Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen

Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.

2012, XVIII, 312 S. 179 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-540-92838-6