

**Strategisches und taktisches Logistikmonitoring der  
prozesskettenorientierten Produktion**

Vom Fachbereich Maschinenbau  
der Universität Hannover  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur  
genehmigte  
Dissertation

von

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Robin Colzman  
geboren am 26.05.1970 in Lüdenscheid

2003

- 
1. Referent: Prof. Dr.- Ing. Dr.-Ing. E.h. H.-P. Wiendahl
  2. Referent: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. H.-K. Tönshoff

Tag der Promotion: 27.01.2003

## **Abstract**

Bedingt durch die stetig steigenden Marktanforderungen an die logistische Leistungsfähigkeit ist es zum Ausbau der eigenen Wettbewerbsfähigkeit erforderlich, die Produktion konsequent an den Marktanforderungen auszurichten und die eigene logistische Leistung kontinuierlich zu verbessern.

Eine wichtige Grundlage, um den Marktforderungen gerecht zu werden, sind moderne Produktionsstrukturen, wie z. B. das strategische Zuliefernetz und das Produktionsnetzwerk. Sie sind durch eine hohe Dezentralisierung und unternehmensübergreifende Zusammenarbeit gekennzeichnet. Ein Kernbestandteil ist die prozesskettenorientierte Produktion. Sie ist durch dezentrale Produktionseinheiten, die über Kunden-Lieferanten-Beziehungen zu unternehmensübergreifenden Prozessketten miteinander vernetzt werden, gekennzeichnet. Die dezentralen Produktionseinheiten sind nach dem Objektprinzip strukturiert und werden durch Mitarbeitergruppen, die über eine weitreichende Entscheidungskompetenz verfügen, betrieben.

Zur Unterstützung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses stellt das Monitoring ein unverzichtbares Hilfsmittel dar. Die Grundidee des Monitoring ist, dass die erbrachte Leistung kontinuierlich erfasst und visualisiert wird. Damit es einen sinnvollen Beitrag zur Verbesserung moderner Produktionsstrukturen leisten kann, ist es erforderlich, dass sich das Monitoring an sich wandelnde, unternehmensübergreifende Strukturen aufwandsarm anpassen kann. Des Weiteren sollte das Prinzip der Prozessorientierung unterstützt werden. Vor dem Hintergrund der weitreichenden Entscheidungsbefugnis der Mitarbeiter der prozesskettenorientierten Produktion sollte das Monitoring am Informationsbedarf der Mitarbeiter ausgerichtet sein.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik zum strategischen und taktischen Logistikmonitoring der prozesskettenorientierten Produktion entwickelt. Das Monitoring aus strategischer Sicht zielt darauf ab, die Beurteilung der logistischen Leistung kompletter Prozessketten zu ermöglichen. Mit dem Monitoring aus taktischer Sicht wird die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen unterstützt.

Die Methodik besteht aus einem Referenzprozessmodell, einer Vorgehensweise zur Datenerhebung sowie Methoden zur Kennzahlenanalyse. Das Referenzprozessmodell verknüpft die Prozesse der prozesskettenorientierten Produktion mit Kennzahlen. Es ermöglicht eine aufwandsarme Modellierung und Bewertung von Prozessketten. Schwerpunkt der Vorgehensweise zur Datenerhebung ist die Ermittlung der Datenqualität. Zur Analyse der Kennzahlen wird u. a. ein Wirkmodell erstellt, welches die Kennzahlen in einen quantitativen Zusammenhang bringt und somit die gezielte Suche nach Verbesserungsmaßnahmen unterstützt.

Stichworte: Logistikmonitoring, prozesskettenorientierte Produktion,  
Referenzprozessmodell

### **Abstract**

Due to continuously increasing market requirements regarding logistic performance, it is essential for an improvement of one's own competitiveness, to orientate the production thoroughly to the market requirements while continuously improving one's own logistic performance.

An important precondition in order to meet the market requirements consists in state-of-the-art production structures, such as strategic supplier network and production network. These are characterized by a high amount of decentralization and cross-company co-operation while process chain oriented production remains a key element. Process chain oriented production is characterized by decentralized production units which are connected via customer-supplier relations to cross-company process chains. Structured according to the object principle, the decentralized production units are operated by teams of employees who are given extended decision-making powers.

In supporting a continuous process of improvement monitoring represents an indispensable means. The basic idea of monitoring consists in permanently capturing and visualizing the work performed. In order to sensibly improve modern production structures, monitoring ought to be adapted economically to changing cross-company structures. Furthermore, the principle of process orientation ought to be supported. Against the background of extended decision-making powers of employees in process oriented production, monitoring should comply with the employees' needs for information.

Within the scope of this doctoral thesis, a methodology for strategic and tactical logistic monitoring of process oriented production has been developed. Monitoring from the strategic point of view focuses on providing an evaluation of the logistic performance of complete process chains. Monitoring from the tactical point of view facilitates the search for measures for improvement.

The methodology consists of a reference process model, a procedure for data gathering, as well as methods for performance indicator analysis. The reference process model links the processes of process chain oriented production with specific performance indicators. It makes economical modeling and evaluation of process chains possible. A major aspect in the process of data gathering is the determination of data quality. For analyzing the performance indicators, among others, an effect model has been developed showing the key data in a quantitative context thus supporting the specific search for measures for improvement.

keywords: logistic monitoring, process chain orientated production, reference process model

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung .....	1
1.1	Die prozesskettenorientierte Produktion als Teil moderner Fabrikstrukturen...	1
1.2	Monitoring als Grundlage eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.....	2
1.3	Zielsetzung und Aufbau dieser Arbeit .....	4
2	Grundlagen .....	6
2.1	Aufgaben und Ziele der Produktionslogistik.....	6
2.2	Monitoring produktionslogistischer Prozesse.....	8
2.3	Kennzahlensysteme als Grundlage des Logistikmonitoring.....	10
2.3.1	Das Kennzahlensystem nach LogiBEST .....	11
2.3.2	Das SCOR-Modell.....	14
3	Prozesskettenorientierte Produktion .....	18
3.1	Charakterisierung der prozesskettenorientierten Produktion .....	18
3.2	MRP und KANBAN zur Steuerung der prozesskettenorientierten Produktion.....	21
3.3	Anforderungen an das strategische und taktische Monitoring .....	24
4	Methodik zum strategischen und taktischen Logistikmonitoring der prozesskettenorientierten Produktion.....	27
4.1	Referenzprozessmodell .....	28
4.1.1	Aufbau des Referenzprozessmodells.....	28
4.1.1.1	Betrachtungskategorie.....	28
4.1.1.2	Modellierungsumfang und -ebenen .....	30
4.1.1.3	Systematisierung der Kennzahlen .....	31
4.1.2	Auftrags- und Lagerproduktion nach dem MRP-Verfahren .....	33
4.1.2.1	Prozessbeschreibung .....	33
4.1.2.2	Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der zentralen Planungsprozesse .....	38
4.1.2.3	Kennzahlen zur Beurteilung der Rahmenbedingungen .....	44
4.1.2.4	Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse .....	47

4.1.2.5	Kennzahlen zur Messung von Störgrößen .....	49
4.1.3	Lagerproduktion nach der KANBAN-Steuerung.....	51
4.1.3.1	Prozessbeschreibung.....	51
4.1.3.2	Kennzahlen zur Beurteilung der zentralen Planungsprozesse .....	54
4.1.3.3	Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse .....	57
4.2	Kennzahlenerhebung.....	59
4.2.1	Vorgehensweise.....	59
4.2.2	Ermittlung der Datenqualität.....	61
4.2.2.1	Qualitätsmerkmale der Datenqualität .....	62
4.2.2.2	Plausibilitätstests zur Ermittlung von Datenfehlern.....	63
4.2.2.3	Kennzahlen zur Messung der Datenqualität.....	65
4.3	Methoden der Kennzahlenanalyse.....	67
4.3.1	Soll-Ist-Vergleich .....	67
4.3.2	Zeitreihenanalyse.....	69
4.3.3	Statistische Lage- und Streuungsparameter .....	69
4.3.4	Wirkmodell .....	71
4.3.4.1	Ursachen-Wirkungsnetze .....	72
4.3.4.2	Portfolio zur Trendanalyse.....	78
4.4	Vorgehensweise zur Anwendung der Methoden .....	81
4.4.1	Vorgehensweise aus strategischer Sicht .....	81
4.4.2	Vorgehensweise aus taktischer Sicht.....	87
5	Pilotanwendung.....	91
5.1	Prozessmodellierung und Kennzahlenauswahl .....	91
5.2	Messung der Datenqualität .....	94
5.3	Kennzahlenanalyse aus strategischer Sicht .....	97
5.4	Kennzahlenanalyse aus taktischer Sicht.....	101
5.5	Zusammenfassung der Pilotanwendung.....	104
6	Zusammenfassung und Ausblick .....	107
7	Literaturverzeichnis .....	110

Anhang .....	116
Anhang A1 Kennzahlen des SCOR-Modells für den Produktionsprozess .....	116
Anhang A2 Kennzahldefinitionen .....	117
A.2.1 Kennzahlen des Anwendungsfalls MRP .....	117
A.2.1.1 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung .....	117
A.2.1.2 Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen .....	123
A.2.1.3 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse .....	127
A.2.1.4 Kennzahlen zur Messung der Störgrößen .....	129
A.2.2 Kennzahlen des Anwendungsfalls KANBAN .....	131
A.2.2.1 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung .....	131
A.2.2.2 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse .....	133

**Abkürzungsverzeichnis**

<i>PBMA</i>	<i>Mengenabweichung Primärbedarfsplan</i>
<i>ELB</i>	<i>Einhaltung Lagerbandbreite</i>
<i>EMB</i>	<i>Einhaltung Mindestbestand</i>
<i>FE</i>	<i>Fehlerhafte Erzeugnisse</i>
<i>LTT</i>	<i>Liefertermintreue</i>
<i>NF</i>	<i>Nachfrage</i>
<i>NF<sub>m</sub></i>	<i>Mittlere Nachfrage</i>
<i>NF<sub>s</sub></i>	<i>Standardabweichung der Nachfrage</i>
<i>PA</i>	<i>Planauslastung</i>
<i>PA<sub>m</sub></i>	<i>Mittlere Planauslastung</i>
<i>PA<sub>s</sub></i>	<i>Standardabweichung der Planauslastung</i>
<i>TV</i>	<i>Technische Verfügbarkeit</i>
<i>UMH</i>	<i>Umschlagshäufigkeit</i>
<i>VK<sub>Pa</sub></i>	<i>Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge</i>
<i>VK<sub>KA</sub></i>	<i>Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge</i>
<i>ZDL<sub>m</sub></i>	<i>Mittlere Durchlaufzeit</i>
<i>ZWB<sub>m</sub></i>	<i>Mittlere Wiederbeschaffungszeit</i>
<i>ZWBP<sub>m</sub></i>	<i>Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit</i>
<i>ZLP<sub>m</sub></i>	<i>Mittlere Plan-Lieferzeit</i>



## 1 Einleitung

### 1.1 Die prozesskettenorientierte Produktion als Teil moderner Fabrikstrukturen

Mit dem Beginn der 90er Jahre hat sich die Prozessorientierung in der industriellen Praxis etabliert. Der Grundgedanke der Prozessorientierung fußt auf der Überlegung, die Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens gemäß den Marktanforderungen zu gestalten [EVE94]. Die Umsetzung dieses Gedankens hat zur Entwicklung von der funktionalen zur segmentierten Fabrik geführt (Abbildung 1-1). Die segmentierte Fabrik zeichnet sich durch Produkt- und Marktorientierung aus und steht damit im Gegensatz zur funktionalen Fabrik, die nach dem Verrichtungsprinzip organisiert ist [WIE02a, WIL88].

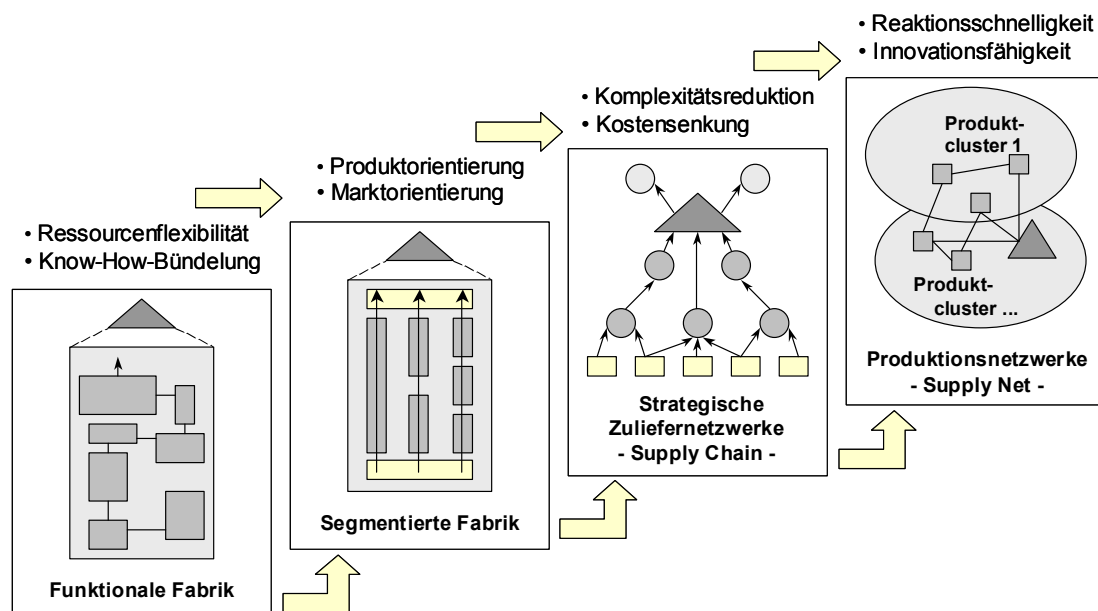


Abbildung 1-1: Von der funktionalen Fabrik zum Standort im Produktionsnetzwerk [WIE02a]

Eine Weiterentwicklung der segmentierten Fabrik sind strategische Zuliefernetzwerke (Supply Chain). Bei diesem Ansatz werden die Produktionsstrukturen der segmentierten Fabrik aufgebrochen und durch unternehmensübergreifende optimierte Wertschöpfungsketten auf Basis dezentraler Einheiten ersetzt. Diese Entwicklung geht mit der Konzentration auf die Kernkompetenzen und der damit verbundenen Komplexitätsreduzierung und Kostensenkung einher. Die Vision zukünftiger Produktionen stellen Produktionsnetzwerke dar. Sie zeichnen sich durch eine unternehmensübergreifende Vernetzung aus. Charakteristisch ist ihre hohe Wandlungsfähigkeit, d. h. die Fähigkeit, dass sie sich reaktionsschnell auftragsbezogen konfigurieren und ebenso schnell wieder auflösen können. Damit wird das Ziel verfolgt, den stetig steigenden Anforderungen des Marktes nach einer höheren Geschwindigkeit der

Leistungserbringung bei noch größerem Leistungsvermögen unter sich ständig ändernden Rahmenbedingungen gerecht zu werden [WIE02a, WIE02b].

Eine wesentliche Gemeinsamkeit moderner Produktionsstrukturen ist die prozesskettenorientierte Produktion. Sie zeichnet sich durch objektorientierte Produktionseinheiten aus, die über Kunden-Lieferanten-Beziehungen miteinander zu Prozessketten verbunden werden. Die Produktionseinheiten werden von einer Gruppe von Mitarbeitern, die über weitreichende Entscheidungskompetenzen verfügen, dezentral betrieben [MUE01,GUE00,WIL99,SUR98,RUF91]. Durch die prozesskettenorientierte Produktion wird das Prinzip der Modularisierung auf die Produktion übertragen und die Forderung nach einer hohen Wandlungsfähigkeit unterstützt. Somit wird die prozesskettenorientierte Produktion auch zukünftig eine wesentliche Rolle in modernen Fabrikkonzepten spielen.

## **1.2 Monitoring als Grundlage eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses**

Durch die Schaffung moderner Fabrikstrukturen wird die Voraussetzung zur Erfüllung der marktseitig gestellten Forderungen nach einer höheren Geschwindigkeit der Leistungserbringung und damit einer höheren logistischen Leistungsfähigkeit geschaffen. Im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses ist es jedoch erforderlich, die logistische Leistungsfähigkeit regelmäßig zu überprüfen und an die sich ändernden Anforderungen anzupassen bzw. zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen auszubauen. Dazu stellt das Monitoring ein unverzichtbares Hilfsmittel dar. Die Grundidee des Monitoring ist es, die für den Fertigungsablauf wesentlichen Kennzahlen zu erfassen und zu visualisieren [WIE97b]. Durch eine regelmäßige Beurteilung der erbrachten Leistung können somit Verbesserungsmaßnahmen zur Beseitigung der Schwächen abgeleitet und die Wirksamkeit bereits eingeleiteter Veränderungen überprüft werden.

Im Folgenden werden drei Arten des Monitoring unterschieden. Das operative Monitoring zielt auf die Erhöhung der Urteilsfähigkeit bei Steuerungsaufgaben ab. Es kann als Teilprozess des Produktionssteuerungsprozesses aufgefasst werden. Durch das operative Monitoring wird die aktuelle Ist-Situation innerhalb der Prozesskette auf Arbeitssystem- und Arbeitsgangebene visualisiert. Kommt es zu Planabweichungen, kann somit in das aktuelle Tagesgeschäft korrigierend eingegriffen werden. Das taktische und strategische Monitoring dient dazu, den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu unterstützen. Der Schwerpunkt liegt auf der Visualisierung der strukturellen Stärken und Schwächen entlang der Prozesskette. Damit Verbesserungsmaßnahmen für die Zukunft abgeleitet werden können, wird im Gegensatz zum operativen Monitoring nicht die aktuelle Ist-Situation, sondern die erbrachte Leistung in der Vergangenheit visualisiert [siehe auch ULL94].

Den Kernbestandteil von Monitoringsystemen stellen Kennzahlen dar. Sie bilden die erbrachte Leistung der Prozesse ab und lassen Rückschlüsse auf Verbesserungsmaßnahmen zu. Der Nutzen von Kennzahlen liegt insbesondere darin, dass komplexe Zusammenhänge in verdichteter, quantitativ messbarer Form dargestellt werden und somit die Urteilsfähigkeit über wichtige Sachverhalte erhöht wird [HOR98, REI95]. Der Einsatz von Kennzahlen ist jedoch an eine Reihe von Bedingungen geknüpft. So werden u. a. die folgenden Eigenschaften von Kennzahlen und Kennzahlensystemen als Erfolgsfaktoren genannt [HOR98, BIA98, BRO97, KAP92, SYS90]:

- Es sollten alle wesentlichen Gesichtspunkte abgedeckt werden.
- Ein Kennzahlensystem sollte aus möglichst wenigen redundanzfreien Kennzahlen bestehen.
- Kennzahlen sollten im Kennzahlensystem über Ursachen-Wirkungsbeziehungen miteinander verknüpft sein.
- Der Zusammenhang zwischen Ziel und Kennzahl sollte deutlich werden.

Die Forderung, dass durch ein Kennzahlensystem möglichst alle wesentlichen Gesichtspunkte abgedeckt werden, ist vor dem Hintergrund eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses offensichtlich. Erst wenn ein möglichst umfassendes Verständnis über die Leistungsfähigkeit eines Prozesses vorliegt, ist eine zielgerichtete Vorgehensweise bei der Suche nach Verbesserungsmaßnahmen möglich. Neben der Ganzheitlichkeit fordern die anderen Erfolgsfaktoren eine klare und einfache Struktur von Kennzahlensystem. Die Forderung nach wenigen Kennzahlen, die jeweils einem Ziel zugeordnet sind und untereinander mittels Ursachen-Wirkungsbeziehungen verknüpft sein sollen, weist auf die bestehenden Schwierigkeiten beim Umgang mit Kennzahlen hin. Der Nutzen von Kennzahlen, komplexe Sachverhalte in verdichteter Form abzubilden, stellt zugleich eine Schwierigkeit dar. So können vielfältige Gründe das Zustandekommen einer Kennzahl hervorrufen. Damit nun der Nutzer eines Monitoringsystems die Leistungsfähigkeit des Prozesses beurteilen kann, ist er darauf angewiesen, dass das Kennzahlensystem auf den konkreten Anwendungsfall abgestimmt ist und dass er bei der Interpretation der Kennzahlen unterstützt wird. Ansonsten besteht einerseits die Gefahr, dass einzelne Kennzahlen für sich genommen fehlinterpretiert werden, und andererseits durch die Betrachtung verschiedener Kennzahlen der Überblick verloren geht.

Damit das Monitoring einen sinnvollen Beitrag zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der prozesskettenorientierten Produktion leisten kann, reicht es jedoch nicht aus, dass die oben genannten Erfolgsfaktoren von Kennzahlensystemen abgedeckt werden. Es ist darüber hinaus erforderlich, dass die spezifischen Gegebenheiten der

prozesskettenorientierten Produktion als Teil moderner Fabrikstrukturen berücksichtigt werden. Ein Merkmal moderner Fabrikstrukturen ist die Wandlungsfähigkeit an sich ändernde Rahmenbedingungen. Dieser Erfolgsfaktor kann auf das Monitoring übertragen werden. Nur wenn das Monitoring aufwandsarm an die sich ändernden Prozesse und Prozessketten anpassbar ist, kann es dazu geeignet sein, deren Leistungsfähigkeit zeitnah zu messen. Darüber hinaus ist es erforderlich, dass durch das Monitoring eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit unterstützt wird. Dies kann insbesondere durch die Schaffung eines einheitlichen Begriffsverständnisses, z. B. durch eindeutige Kennzahldefinitionen, gefördert werden. Des Weiteren sollte das Prinzip der Prozessorientierung durch eine Ausrichtung der Kennzahlen an den Prozessen unterstützt werden, so dass die unmittelbare Bewertung von Prozessen und Prozessketten ermöglicht wird. Vor dem Hintergrund der weitreichenden Entscheidungsbefugnis der Mitarbeiter der prozesskettenorientierten Produktion sollte das Monitoring am Informationsbedarf der Mitarbeiter ausgerichtet sein.

### **1.3 Zielsetzung und Aufbau dieser Arbeit**

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Methodik zum Logistikmonitoring der prozesskettenorientierten Produktion zur Unterstützung des strategischen und taktischen Verbesserungsprozesses zu entwickeln. Dabei sollen die oben genannten Erfolgsfaktoren aufgegriffen und umgesetzt werden. Die Grundlage der Methodik stellt ein generisches Referenzprozessmodell zur Modellierung und Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion dar. Darauf aufbauend werden Methoden zur Kennzahlenerhebung und -analyse vorgestellt. Zur Anwendung des Referenzprozessmodells und der Methoden zur Kennzahlenanalyse wird in Abhängigkeit der Fragestellung je eine Vorgehensweise zum Monitoring aus strategischer und taktischer Sicht entwickelt.

Das Referenzprozessmodell besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden Prozessbausteine vorgestellt, welche die Modellierung von Prozessketten ermöglichen. Dabei werden die spezifischen Prozesse der Steuerungsverfahren KANBAN und MRP (Material Resource Planning) berücksichtigt. Aufbauend auf diesen Prozessen werden im zweiten Teil des Referenzprozessmodells Kennzahlen eingeführt. Die Kennzahlen werden den einzelnen Prozessen und den wesentlichen Zielen der Logistik zugeordnet. Damit wird sowohl die Bewertung einzelner Haupt- und Teilprozesse sowie die Bewertung der logistischen Ziele ermöglicht. Die Auswahl und Definition der Kennzahlen orientiert sich in Abhängigkeit vom eingesetzten Steuerungsverfahren an den spezifischen Gegebenheiten der prozesskettenorientierten Produktion. Im Ergebnis können mit Hilfe des Referenzprozessmodells verschiedene Konfigurationen der prozesskettenorientierten Produktion modelliert und mittels

Kennzahlen bewertet werden. Durch die modularen Prozessbausteine und die Kopplung der Prozesse und Kennzahlen wird eine hohe Anpassungsfähigkeit des Monitoring an sich neu konfigurierende Prozessketten gewährleistet. Durch die allgemein gültige Beschreibung der Prozesse und durch detaillierte Kennzahlen wird darüber hinaus die Grundlage für ein einheitliches Begriffsverständnis und damit für eine erfolgreiche unternehmensübergreifende Zusammenarbeit gelegt.

Mit der Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung wird die Grundlage für eine zielgerichtete Analyse der logistischen Leistungsfähigkeit geschaffen. Sie ist den spezifischen Kennzahlen des Referenzprozessmodells angepasst. Der Schwerpunkt der Vorgehensweise liegt in der Ermittlung und Visualisierung der Datenqualität.

Die Methoden zur Kennzahlenanalyse dienen dazu, die Interpretation der Kennzahlen zu unterstützen. Es werden zum einen bereits bekannte Methoden zur isolierten Analyse einzelner Kennzahlen aufgegriffen und auf das Referenzprozessmodell bezogen. Zum anderen wird ein Wirkmodell entwickelt, welches die Kennzahlen des Referenzprozessmodells in einen quantitativen Wirkzusammenhang bringt und damit insbesondere die Suche nach potenziellen Verbesserungsmaßnahmen unterstützt.

Die Arbeit gliedert sich in 6 Kapitel. Im folgenden Kapitel, dem Kapitel 2, werden zunächst die Grundlagen der Produktionslogistik und des Monitoring erläutert sowie bereits in der Literatur beschriebene Lösungsansätze vorgestellt. Im Kapitel 3 werden die spezifischen Rahmenbedingungen der prozesskettenorientierten Produktion beschrieben. Aus diesen Rahmenbedingungen werden die Anforderungen an die Methodik abgeleitet und mit den bestehenden Lösungsansätzen verglichen. In Kapitel 4 wird die Methodik mit ihren einzelnen Bestandteilen vorgestellt. Die erarbeitete Lösung wird in Kapitel 5 anhand eines praktischen Beispiels erprobt. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Aufgaben und Ziele der Produktionslogistik

Für den Begriff „Logistik“ wird in der wissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zur Definition diskutiert [PFO00]. So werden u. a. der flussorientierte, der dienstleistungsorientierte und der lebenszyklusorientierte Ansatz unterschieden. Diese Ansätze zeichnen sich weniger durch inhaltliche Unterschiede aus als vielmehr durch die jeweilige Sicht auf die Logistik aus [WIE02c]. Im Folgenden wird der flussorientierte Ansatz zur Definition der Produktionslogistik herangezogen. Dieser Ansatz greift den Gedanken der prozesskettenorientierten Produktion auf und orientiert sich weniger an Unternehmensfunktionen oder an der Lebensdauer logistischer Systeme. Vielmehr wird bei diesem Ansatz die Logistik als Prozess verstanden, der sämtliche planerischen, durchführenden und kontrollierenden Tätigkeiten zur Kundenwunscherfüllung umfasst. Das Council of Logistics Management gibt die folgende Definition: „Logistik ist der Prozess der Planung, Realisierung und Kontrolle des effizienten, kosteneffektiven Fließens und Lagerns von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Fertigfabrikaten und der damit zusammenhängenden Information vom Liefer- zum Endpunkt entsprechend der Anforderung des Kunden“ [PFO00]. Aus Sicht des Materialflusses wird die Produktionslogistik einerseits durch das Beschaffungslager bzw. durch die Warenübergabe durch den Beschaffungsprozess (Lieferpunkt) und andererseits durch das Absatzlager bzw. die Warenübergabe an den Distributionsprozess (Lieferpunkt) abgegrenzt [VDI00, PFO00]. Die Prozesse der Produktionslogistik teilen sich in die Hauptprozesse Produktionsplanung und -steuerung sowie innerbetrieblicher Transport auf [VDI00]. Der Hauptprozess Produktionsplanung und -steuerung beginnt mit der Planung des Produktionsprogramms und endet mit der Rückmeldung fertiger Aufträge. Der Hauptprozess innerbetrieblicher Transport beginnt mit der Auslagerung der Rohmaterialien aus dem Beschaffungslager und endet mit der Einbuchung der Fertigwaren in das Absatzlager und beinhaltet sämtliche innerbetrieblichen Transportvorgänge (vgl. Kapitel 2.3.1).

Die Ziele der Produktionslogistik lassen sich durch die Oberziele hohe Logistikleistung und geringe Logistikkosten systematisieren [WIE97a, WEB93, VDI00]. Zur Beschreibung des Ziels der hohen logistischen Leistung werden in der Regel Zeit- und Mengenziele unterschieden. Sie beziehen sich auf die Erzielung eines hohen Lieferservices gegenüber dem Kunden. Typische Beispiele sind die Ziele einer kurzen Durchlaufzeit und einer hohen Liefertreue. Die Ziele zur Beschreibung des Oberziels der geringen Logistikkosten können wiederum in zwei Gruppen unterteilt werden. Zum einen sind dies die Ziele, welche sich auf die Logistikkosten beziehen, die durch den Logistikprozesses induziert werden (z. B. geringe Bestandskosten,

geringe Leerkosten). Zum anderen werden Ziele benannt, welche die Kosten beschreiben, die durch den Logistikprozess selbst entstehen (Prozesskosten der Logistikprozesse).

In der Literatur wird eine Vielzahl unterschiedlicher Zielsysteme der Logistik aufgeführt [SYS90, REI95, PFO00, WEB93, VDI00]. Diese Zielsysteme unterscheiden sich im Wesentlichen im Detaillierungsgrad und in der Sichtweise auf die Logistik. Im Folgenden wird dem Zielsystem nach Wiendahl gefolgt [WIE97a]. Zur Erreichung einer hohen Logistikleistung werden die Ziele „kurze Durchlaufzeit“ und „hohe Termintreue“ unterschieden. Zur Gewährleistung geringer Logistikkosten werden die Ziele „hohe Auslastung“ und „niedrige Bestände“ aufgeführt (vgl. Abbildung 2-1).

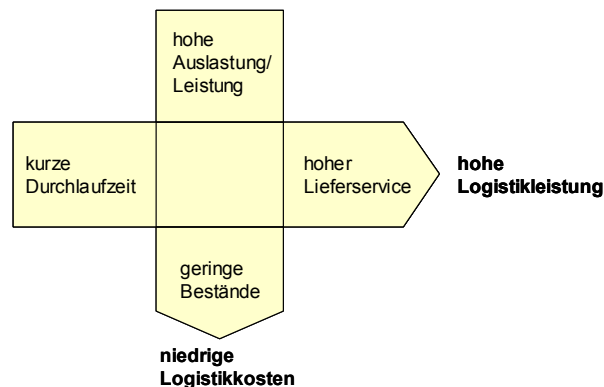


Abbildung 2-1: Zielsystem der Produktionslogistik [nach WIE97a]

Die Gewichtung der Ziele der Produktionslogistik hängen in der Regel vom Kundenentkopplungspunkt ab (vgl. Abbildung 2-2) [NH99]. Bei einer Produktion auf Lager werden vorrangig die Ziele der geringen Logistikkosten verfolgt. Bei einer kundenauftragsbezogenen Produktion hingegen liegt der Schwerpunkt auf der Erzielung einer hohen Logistikleistung.

Die Ziele der Produktionslogistik sind zum Teil gegenläufig. Diese Gegenläufigkeit der logistischen Ziele ist allgemein als Dilemma der Ablaufplanung bekannt [NYH99]. Eine Optimierung aller Ziele dieses Zielsystems ist daher nicht möglich. Vielmehr gilt es, entsprechend den Kundenanforderungen und den eigenen Rahmenbedingungen eine Positionierung vorzunehmen [NYH99].

Vor dem Hintergrund, dass die Ziele der Produktionslogistik gegenläufig sind und die Gewichtung der Ziele variieren kann, kommt dem Monitoring der Produktionslogistik ein besonderer Stellenwert zu. So ist es die Aufgabe des Monitoring, alle relevanten Informationen derart aufzubereiten, dass diese zielgerichtete logistische Positionierung ermöglicht wird.

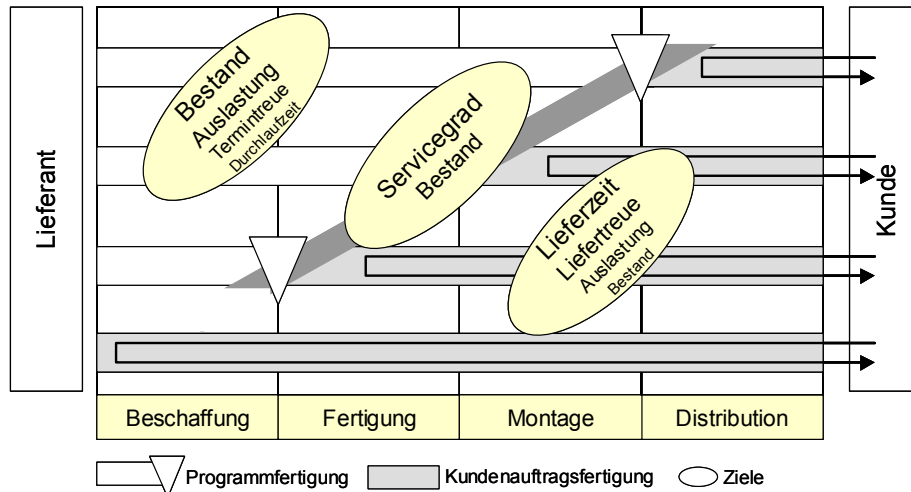


Abbildung 2-2: Gewichtung logistischer Ziele bei unterschiedlichen Bevorratungsstrategien [NYH99]

## 2.2 Monitoring produktionslogistischer Prozesse

Der englische Begriff „Monitoring“ wird mit Kontrolle, Überwachung oder auch mit Beobachtung übersetzt [LEO02]. Bezogen auf die Produktionslogistik versteht man darunter die Beobachtung und Kontrolle der erbrachten logistischen Leistung. Dazu werden kontinuierlich Kennzahlen zur Ermittlung der Ist-Leistung erhoben und diese mit Soll- und Vergangenheitswerten verglichen, um damit die Leistung des betrachteten Prozesses beurteilen zu können [KRA98, WIE97b, ULL94, LUD94,]. Monitoringsysteme setzen somit auf bereits bestehende Produktionsprozesse auf. Monitoring kann als Teil des betriebswirtschaftlichen Controllings betrachtet werden. Controlling als Funktion hat die Aufgabe, die Personalführung, die Organisation, die Kontrolle und die Informationsversorgung so aufeinander abzustimmen, dass die Führung über Pläne effizient und effektiv möglich ist [WEB99a]. Der Controlling-Begriff ist somit weiter gefasst als der Begriff des Monitoring.

Der Funktionsumfang des Monitoring beinhaltet die Aufbereitung der aus der Produktion zurückgemeldeten Daten, die Kennzahlenberechnung sowie die Visualisierung der Ergebnisse. Neben den Funktionalitäten zur Datenaufbereitung und Visualisierung stellen Kennzahlensysteme damit den wesentlichen Kern des Monitoring dar [WIE97b]. In der Regel werden zur Beurteilung der Produktionslogistik nicht nur eine, sondern mehrere Kennzahlen benötigt. Diese Kennzahlen werden im Rahmen von Kennzahlensystemen in einen sachlogischen Zusammenhang gebracht. In Ergänzung zu einem Kennzahlensystem können das Durchlaufdiagramm als Beschreibungsmodell und logistische Kennlinien als Erklärungsmodell einen wesentlichen Beitrag zur Prozessbewertung und zur Ermittlung logistischer Rationalisierungspotenziale leisten [NYH99, WIE99]. Die Kennlinien stellen die



Zielgrößen als Funktion des Bestandes dar. Mit Hilfe der Kennlinien können somit die Wirkzusammenhänge zwischen den Kennzahlen transparent gemacht werden.

Im Regelkreis der Produktionsplanung und -steuerung dienen Monitoringsysteme als Rückführungskomponenten [WIE99]. Der Regelkreis der PPS zeigt einen inneren und einen äußeren Regelkreis.

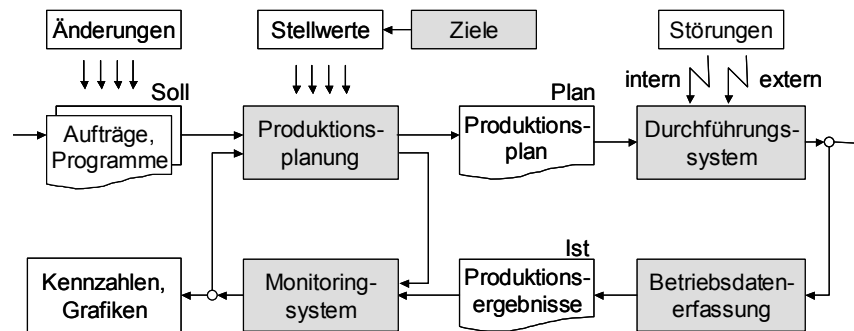


Abbildung 2-3: Monitoringsystem als Rückführungskomponente im Regelkreis der Produktionsplanung und -steuerung [WIE99]

Der innere Regelkreis dient dazu, den durch das PPS-System vorgegebenen Produktionsplan zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Der äußere Regelkreis dient dazu, auf Basis der Plan- und Istdaten die Prozessgüte zu beurteilen, um entsprechende Maßnahmen einleiten zu können. Dabei kann das Monitoringsystem zur Beantwortung operativer, taktischer sowie strategischer Fragestellungen einen wichtigen Beitrag leisten. In Abhängigkeit der Fragestellung variieren jedoch der Informationsbedarf und damit die Auswahl und Art der Visualisierung der benötigten Kennzahlen.

Operative Fragestellungen orientieren sich an der Aufgabe, einzelne Aufträge termingerecht fertig zu stellen. Kurzfristig dient ein Monitoringsystem dazu, die aktuelle Situation im Produktionsprozess aufzuzeigen, so dass der Nutzer z. B. bei der Auftragsfreigabe, der Reihenfolgeplanung oder der Maschinenbelegung unterstützt wird. In diesem Fall ist der Anwender auf auftragsbezogene und ressourcenbezogene Informationen, wie z. B. den Arbeitsfortschritt einzelner Aufträge und die jeweilige Belastungssituation an den einzelnen Arbeitssystemen, angewiesen. Für diesen Anwendungsfall hat sich der Einsatz des Durchlaufdiagramms bewährt [ULL94, LOE95, WIE99].

Das taktische Produktionsmanagement soll dazu beitragen, die strategischen Ziele umzusetzen [GUE00]. Typische Fragestellungen sind die Dimensionierung des Produktionsprozesses oder die Ermittlung von Planungsparametern. Das taktische Produktionsmanagement stellt die Schnittstelle zwischen der operativen und der strategischen Entscheidungsebene her.

Das strategische Produktionsmanagement hat die Aufgabe, die Rahmenbedingungen zu schaffen, unter denen sich ein Unternehmen langfristig entwickeln kann. Typische Fragestellungen sind die Produkt- und Produktionsstruktur. Eine Veränderung der Strukturen ist immer dann erforderlich, wenn mit der bestehenden Strategie die eigenen Ziele nicht erreicht werden können. Dem Ausschöpfen des Potenzials bestehender Rahmenbedingen wird bei einer Veränderung der Strategie i.d.R. die höhere Priorität gegeben, da ein Strategiewechsel zunächst mit hohen Aufwänden und dadurch mit erhöhten Risiken verbunden ist.

Die Anforderungen, die sich aus taktischer und strategischer Sicht an das Monitoring der Produktionslogistik stellen, sind durchaus vergleichbar. Aufgabe ist es, die in der Vergangenheit erbrachte Leistung zu messen und strukturelle Schwachstellen zu identifizieren. Aus Sicht der taktischen Entscheidungsebene steht neben der Beurteilung der Ist-Leistung die Frage nach Verbesserungspotenzialen und Handlungsmaßnahmen im Sinne der Prozessverbesserung im Vordergrund. Im Rahmen der strategischen Entscheidungsebene hingegen wird die eigene Leistungsfähigkeit mit den langfristigen Zielen und der Marktentwicklung verglichen. Die Auswahl und Definition der betrachteten Kennzahlen ist jedoch vergleichbar.

### **2.3 Kennzahlensysteme als Grundlage des Logistikmonitoring**

Seit Beginn der 90er Jahre wurde für den Bereich der Logistik eine Vielzahl von Kennzahlensystemen entwickelt [PFO00, WOL97, LOO96, SCH95, VDI95, ULL94, WEB93, SYS90, DEG78]. Diese Kennzahlensysteme zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Logistik als Unternehmensfunktion auffassen und bewertbar machen. Sie sind als Ordnungssysteme bzw. Zielsysteme gestaltet. In Ordnungssystemen sind die Kennzahlen nach sachlogischen Zusammenhängen strukturiert. Zielsysteme stellen eine Erweiterung von Ordnungssystemen dar. In Zielsystemen werden die Kennzahlen direkt Zielen zugeordnet [STR01]. Der Vorteil von Zielsystemen ist, dass sich die Anzahl der zu betrachtenden Kennzahlen beschränken lässt. Die Ziele-Kennzahlen-Hierarchien lassen des Weiteren systematische Ansatzpunkte für eine Zielbeeinflussung erkennen. Die bestehenden Kennzahlensysteme unterscheiden sich im Wesentlichen durch die angewendeten Ordnungsschemata (Teilfunktionen der Logistik, Differenzierung der Ziele) sowie in der Auswahl und Anzahl der Kennzahlen. Bedingt durch die Funktionssicht wird durch die bestehenden Kennzahlensysteme eine Zuordnung von Kennzahlen zu Prozessen nicht vorgenommen. Dieser fehlende Prozessbezug birgt zwei wesentliche Nachteile:

- Eine unmittelbare Bewertung von Prozessketten mit ihren Haupt- und Teilprozessen ist nicht möglich. Die Kopplung von Kennzahlen und Prozessen wird jedoch mit wachsender Integration von dispositiven und ausführenden Tätigkeiten im Rahmen der prozessorientierten Organisation immer wichtiger.

- Die Auswahl und Definition von Kennzahlen in Abhängigkeit von den spezifischen Prozessgegebenheiten ist nicht möglich. Eine Folge daraus sind die nur oberflächlich vorgenommenen Kennzahldefinitionen. Dadurch ist auch das in der betrieblichen Praxis vorzufindende heterogene Begriffsverständnis bzgl. der Definition und Interpretation von Kennzahlen zu erklären.

Ausnahmen von diesen Ansätzen stellen das Kennzahlensystem nach LogiBEST/VDI4400 sowie das Referenzprozessmodell nach SCOR dar [LUC00, VDI00, SCC01]. Bei diesen beiden Ansätzen liegt eine Verknüpfung von Prozessen und Kennzahlen auf jeweils unterschiedliche Weise vor. Diese Ansätze werden im Folgenden näher erläutert, da sie eine wichtige Grundlage für das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Referenzprozessmodell darstellen.

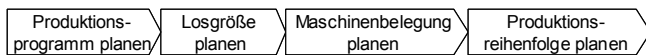
### 2.3.1 Das Kennzahlensystem nach LogiBEST

LogiBEST ist eine Methode zum Logistik-Benchmarking für Produktionsunternehmen. Diese Methode stellt einen branchenübergreifenden Ansatz für die Stückgüterindustrie dar. Sie wurde im Rahmen eines vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) geförderten Projektes in Zusammenarbeit von acht Industrieunternehmen verschiedener Branchen mit drei Forschungsinstituten entwickelt [LUC00]. Ein wesentliches Ergebnis des Projektes ist ein Kennzahlensystem, welches als VDI-Richtlinie 4400 veröffentlicht ist [VDI00]. Das Kennzahlensystem ist in die Module Beschaffung, Produktion und Distribution gegliedert und deckt somit die komplette logistische Kette eines Produktionsunternehmens ab. Es ist als Zielsystem aufgebaut. Die Kennzahlen sind auf Basis eines Prozessmodells definiert.

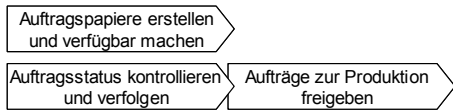
Mit Hilfe des Prozessmodells werden die einzelnen Module in Hauptprozesse gegliedert. Die Hauptprozesse unterteilen sich weiter in Teilprozesse. Das Prozessmodell zeigt für jeden Hauptprozess die typische Verkettung der einzelnen Teilprozesse. Darüber hinaus enthält das Prozessmodell Messpunkte, an denen in der Regel Daten in das ERP-System (ERP: Enterprise Resource Planning-System) eingegeben bzw. durch das ERP-System erzeugt werden. Diese Messpunkte stellen eine wichtige Grundlage zur Definition der Kennzahlen dar. Abbildung 2-4 zeigt das Prozessmodell der Produktion mit den Haupt- und Teilprozessen sowie den Messpunkten. Es werden die Hauptprozesse Produktionsplanung und -steuerung sowie Innerbetrieblicher Transport unterschieden.

**Hauptprozess Produktionsplanung und -steuerung**

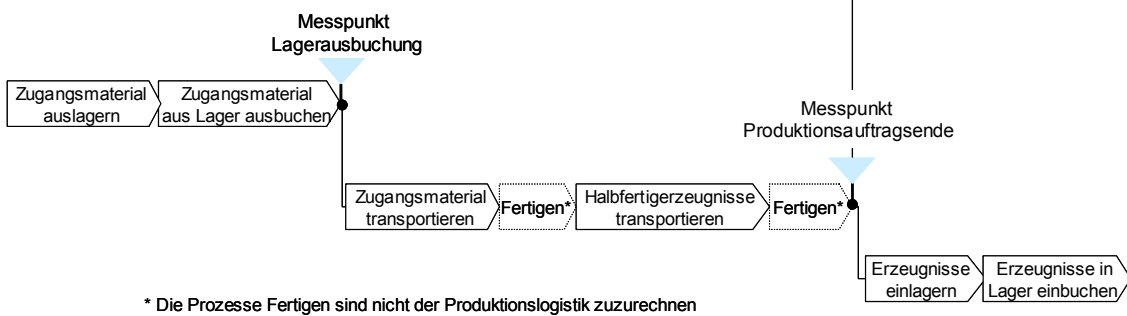
**Produktionsplanung**



**Produktionssteuerung**



**Hauptprozess Innerbetrieblicher Transport**



\* Die Prozesse Fertigen sind nicht der Produktionslogistik zuzurechnen

Abbildung 2-4: Prozessmodell der Produktionslogistik nach LogiBEST

Das Kennzahlensystem der Produktion ist in Abbildung 2-5 dargestellt. Die Ziele des Kennzahlensystems sind in drei Ebenen untergliedert. Oberstes Ziel ist eine „hohe Logistikeffizienz“. Dieses Ziel teilt sich in die Unterziele „hohe Logistikleistung“ und „geringe Logistikkosten“ auf. Diese Ziele untergliedern sich wiederum in die Ziele der dritten Ebene. Die Kennzahlen werden den Zielen der dritten Ebene zugeordnet. Neben den Zielen und den entsprechend zugeordneten Kennzahlen enthält das Kennzahlensystem auch so genannte Strukturkennzahlen. Sie sind keinem der Ziele zugeordnet. Sie beschreiben die Struktur des jeweiligen Bereiches und können bei der Interpretation der Leistungs- und Kostenkennzahlen hilfreich sein.

Zur Beurteilung der Logistikleistung in der Produktion werden Kennzahlen für die Ziele „hohe Verfügbarkeit“, „kurze Durchlaufzeit“ und „hoher Lieferservice“ vorgeschlagen. Dabei werden für die Ziele „hohe Verfügbarkeit“ und „hoher Lieferservice“ die Besonderheiten des Bring- und Holprinzips der Produktion durch alternative Kennzahlen berücksichtigt.

Die Verfügbarkeit des Zugangsmaterials wird bei einer nach dem Pull-Prinzip gesteuerten Produktion (z. B. KANBAN-Verfahren) durch die Einhaltung eines Mindestbestandes gemessen. Der Lieferservice gegenüber dem internen Kunden (z. B. Distribution) wird durch die Einhaltung einer Lagerbandbreite abgebildet. Die Lagerbandbreite beschreibt dabei sowohl einen Mindestbestand, der nicht unter-, als auch einen Maximalbestand, der nicht überschritten werden darf. Bei Produktionen, die nach dem Push-Prinzip (z. B. MRP-Verfahren) gesteuert werden, wird das Ziel „hohe Verfügbarkeit“ durch die Kennzahl „Verfügbarkeit zum Planstarttermin“ gemessen. Bei dieser Kennzahl werden die zum geplanten Produktionsstart benö-

tigten Zugangsmaterialien mit den tatsächlich verfügbaren Materialien verglichen. Die Messung der Erreichung des Ziels „hoher Lieferservice“ wird durch die Kennzahlen „Liefertreue“, „Liefermengentreue“, „Liefertermintreue“ sowie „Lieferterminabweichung“ gemessen. Dazu werden die im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung festgelegten Plandaten (z. B. Planendtermin) mit den tatsächlich erreichten und zurückgemeldeten Istdaten verglichen.

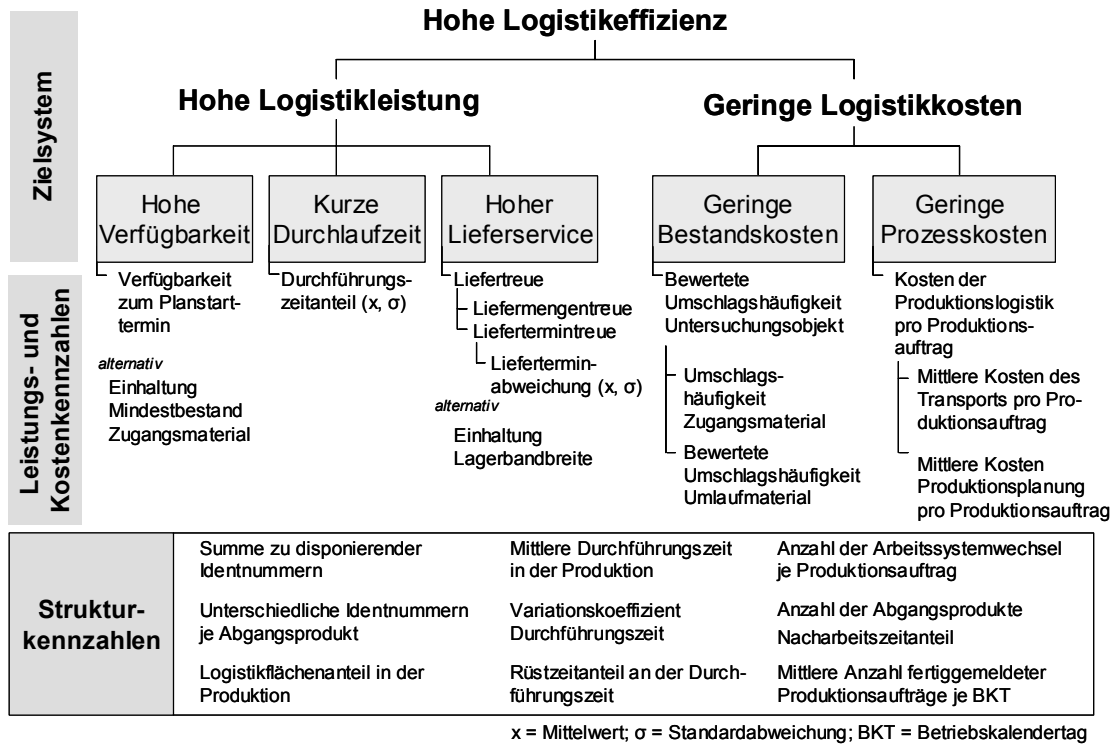


Abbildung 2-5: Kennzahlensystem der Logistik

Die Messung der Erreichung des Ziels „kurze Durchlaufzeit“ erfolgt durch die Kennzahl „mittlerer Durchführungszeitanteil“. Diese Kennzahl setzt die Durchlaufzeit (Durchführungszeit und Übergangszeit) mit der Durchführungszeit (Rüst- und Bearbeitungszeit) der Produktionsaufträge reziprok ins Verhältnis.

Zur Bewertung der Logistikkosten werden die Unterziele „geringe Bestandskosten“ und „geringe Prozesskosten“ unterschieden. Die Messung der Bestandskosten in der Produktion erfolgt durch die Erhebung der Kennzahl „Umschlagshäufigkeit Untersuchungsobjekt“. Diese Kennzahl setzt den Zugangs- und Umlaufbestand der Prozesskette und den Abgang ins Verhältnis.

Zur Messung der Prozesskosten wird die Kennzahl „Kosten der Produktionslogistik pro Produktionsauftrag“ definiert. Dazu werden die Logistikkosten beider Hauptprozesse erhoben. Darüber hinaus wird zur separaten Bewertung der beiden Hauptprozesse je eine Kennzahl vorgestellt.

Die Definition der Kennzahlen erfolgt für jede Kennzahl in einem separaten Definitionsblatt. Die Definitionsblätter enthalten neben der Formel eine detaillierte Beschreibung der Kennzahl. Darüber hinaus sind die erforderlichen Messpunkte des Prozessmodells sowie die zu erhebenden Messdaten angegeben. Durch diese Detaillierung der Kennzahlendefinitionen wird eine vergleichbare Erhebung der Kennzahlen auch bei unternehmensübergreifenden Kennzahlenvergleichen im Rahmen von Benchmarkingstudien ermöglicht. Des Weiteren wird durch die detaillierte Darstellung ein einheitliches Begriffsverständnis herbeigeführt.

Der wesentliche Vorteil des Kennzahlensystems nach LogiBEST ist die Kopplung der Kennzahlen mit dem Prozessmodell über die Messpunkte und Messdaten und die damit einhergehende eindeutige Definition der Kennzahlen. Darüber hinaus ist die Definition alternativer Kennzahlen in Abhängigkeit des Steuerungsprinzips hervorzuheben. Dadurch wird eine flexible Anwendung des Kennzahlensystems ermöglicht. Nachteilig ist, dass die Methode die Gegebenheiten der prozesskettenorientierten Produktion nicht berücksichtigt. Dies wirkt sich insbesondere in der Auswahl und im Detaillierungsgrad der Kennzahlen nachteilig aus. So ist z. B. eine unmittelbare Bewertung einzelner Teilprozesse nicht möglich. Dies betrifft vor allem die Bewertung der Qualität der planerischen Teilprozesse. Insgesamt wird durch die Kennzahlen der Informationsbedarf, der im Rahmen des taktischen und strategischen Monitoring zur Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion besteht, durch diese Methode nicht abgedeckt.

### 2.3.2 Das SCOR-Modell

Das SCOR-Modell ist ein Referenzmodell zur Beschreibung sämtlicher Geschäftsprozesse, die zur Erfüllung der Kundenwünsche erforderlich sind [SCC01]. Es wurde in der ersten Version 1996 vom Supply-Chain-Council herausgegeben. Aktuell liegt die Version 5.0 vor. Das Supply-Chain-Council ist eine Initiative, die 1996 in den USA mit dem Ziel gegründet wurde, die Entwicklung und Definition von Referenzprozessmodellen zu unterstützen. Das Supply-Chain-Council hat etwa 750 Mitglieder (Stand Juni 2001).

Das Referenzprozessmodell gliedert sich in drei Ebenen (vgl. Abbildung 2-6). Die erste Ebene (Top Level) beschreibt die fünf Kernprozesse Planung, Beschaffung, Produktion, Distribution und Rückführung. Mit diesen Kernprozessen werden der Umfang und der Inhalt der jeweiligen Supply-Chain festgelegt [KLO99]. Die Ebene 2 (Konfigurationsebene) unterscheidet 16 Prozesskategorien. Diese Ebene dient dazu, die Prozesskette entsprechend den Anforderungen zu konfigurieren. Für den Kernprozess Produktion erfolgt die Differenzierung der Prozesskategorien in Abhängigkeit des Kundenentkopplungspunktes. Es werden die Kategorien Lagerproduktion (M1 Make to Stock), Auftragsproduktion (M2 Make to Order) sowie

die kundenindividuelle Einzelfertigung (M3 Engineer to Order) unterschieden (Abbildung 2-7).

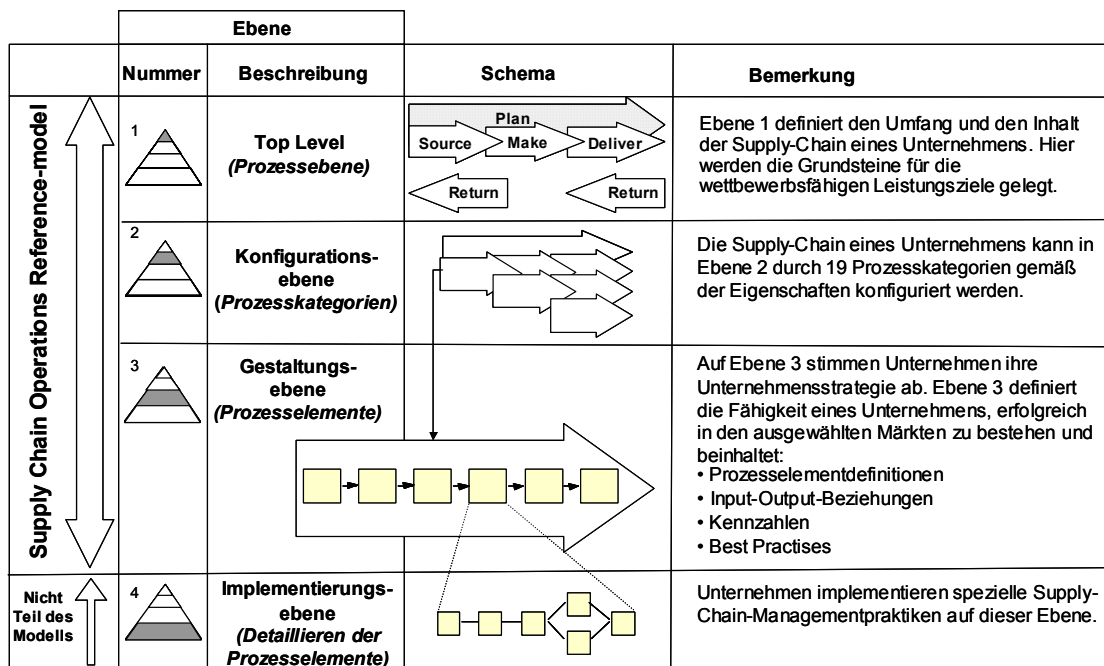


Abbildung 2-6: Die Modellierung des SCOR-Modells [KLO99]

In der dritten Ebene (Gestaltungsebene) erfolgt die konkrete Ausgestaltung der Prozesse. Auf dieser Ebene werden einzelne Prozesselemente in ihrer üblichen Reihenfolge aufgeführt. Darüber hinaus werden auf dieser Ebene die Prozesselemente über Input-Output-Beziehungen mit den Prozesselementen anderer Kernprozesse verknüpft.

Die Prozesse aller Ebenen werden im Rahmen des Referenzprozessmodells in Formblättern definiert. Bestandteile der Beschreibung sind Prozessdefinitionen, Kennzahlen zur Bewertung des jeweiligen Prozesses sowie Best-Practises zur Gestaltung des jeweiligen Prozesses.

Zur Systematisierung der Kennzahlen werden für jeden Prozess die folgenden 5 Ordnungskriterien herangezogen:

- Zuverlässigkeit (Reliability)
- Reaktionsfähigkeit (Resposiveness)
- Flexibilität (Flexibility)
- Kosten (Cost)
- Bestand (Assets)

Für den Kernprozess der Produktion enthält das Modell über alle Ebenen verteilt insgesamt 54 Kennzahlen (inklusive Prozess P3 Plan Make). Die Kennzahlen werden durch verbale Beschreibungen (1-2 Sätze) definiert. Eine mathematische

Beschreibung über Formeln erfolgt nicht. Ebenso wenig werden die für Kennzahlen erforderlichen Messpunkte und Messdaten, wie dies bei der LogiBEST-Methode der Fall ist, angegeben.

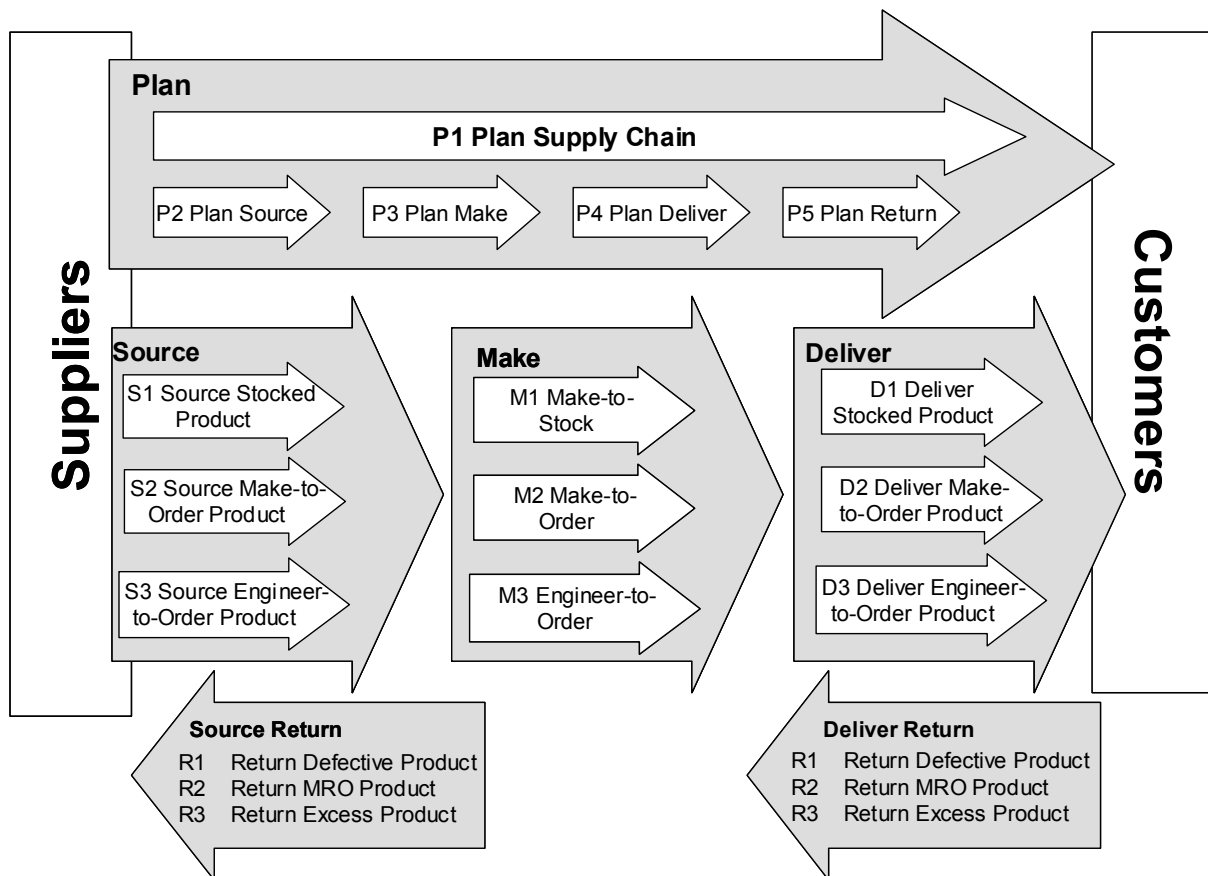


Abbildung 2-7: Prozesskategorien der zweiten Ebene [SCC01]

In Abbildung 2-8 sind die Prozesselemente der Ebene 3 der Prozesskategorie M2 Make to Order mit den jeweiligen Kennzahlen abgebildet. Aus der Darstellung wird deutlich, dass das Referenzprozessmodell eine verhältnismäßig große Anzahl an Kennzahlen zur Bewertung einzelner Prozesselemente vorschlägt.

Vergleicht man die Prozesselemente der drei Prozesskategorien für den Kernprozess Produzieren miteinander, wird deutlich, dass sie sich nur unwesentlich voneinander unterscheiden. Die Auswahl der Prozesselemente der Prozesskategorien M1 und M2 ist identisch. Unterschiede gibt es lediglich in der Beschreibung einzelner Best-Practises und im geringen Maße in der Auswahl der Kennzahlen. Für die Prozesskategorie M3 wird im Vergleich zu den anderen beiden Prozesskategorien ein weiteres Prozesselement („Finalize Engineering“) hinzugefügt. Die Auswahl der Kennzahlen weicht ebenfalls nur unwesentlich voneinander ab. Eine Übersicht über die Zuordnung der Kennzahlen des Kernprozesses Produzieren ist dem Anhang A1 zu entnehmen.



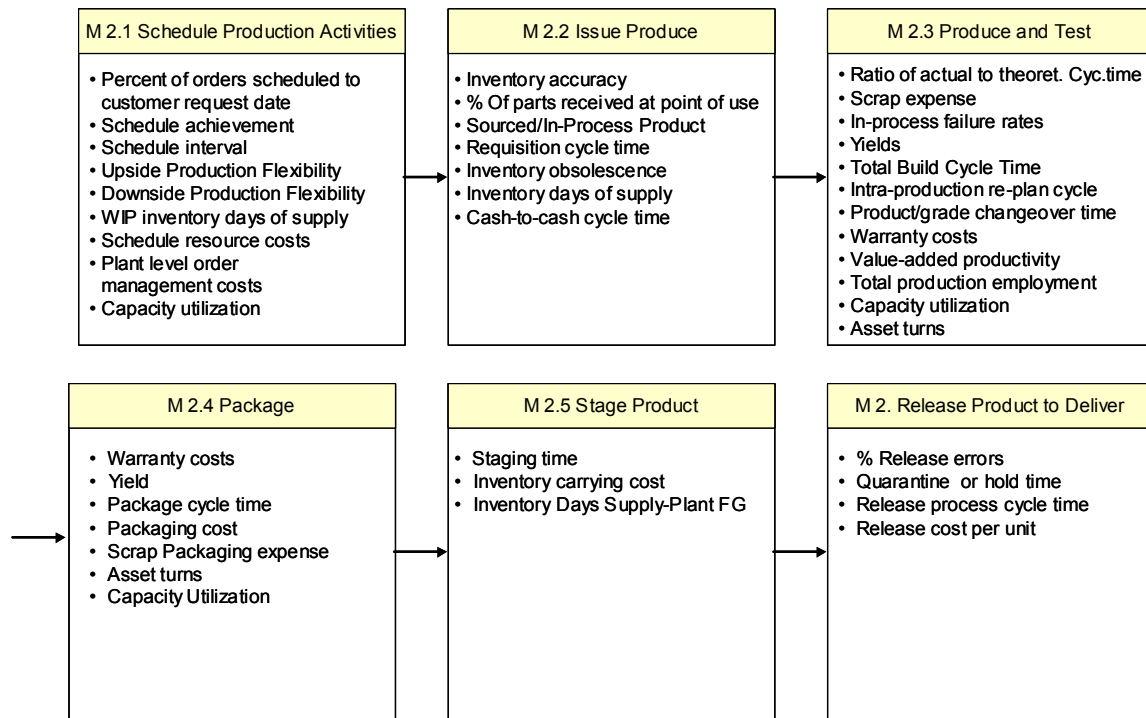


Abbildung 2-8: Prozesselemente und Kennzahlen der Prozesskategorie M2 Make to Order [in Anlehnung an SCC01]

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit dem SCOR-Modell ein umfassendes Referenzprozessmodell zur Modellierung der kompletten Wertschöpfungskette zur Verfügung steht. Es ermöglicht eine Beschreibung der Wertschöpfungsketten auf verschiedenen Ebenen und Verdichtungsstufen. Die Kennzahlen sind den Prozessen direkt zugeordnet, so dass eine Bewertung einzelner Prozesse ermöglicht wird. Der Vergleich der Prozesselemente und Kennzahlen zwischen den Prozesskategorien hat jedoch gezeigt, dass die Prozesse und Kennzahlen nur oberflächlich beschrieben sind. Die spezifischen Gegebenheiten der prozesskettenorientierten Produktion werden ebenso wenig wie bei der LogiBEST-Methode berücksichtigt.

### 3 Prozesskettenorientierte Produktion

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Aufgaben und Ziele der Produktionslogistik sowie die Grundlagen des Monitoring erläutert. Im folgenden Abschnitt wird zunächst die prozesskettenorientierte Produktion charakterisiert. Darauf aufbauend werden die in der betrieblichen Praxis häufig vorzufindenden Steuerungsverfahren MRP und KANBAN vorgestellt und deren Auswirkungen auf die Gestaltung und das Monitoring der prozesskettenorientierten Produktion beschrieben. Abschließend werden die Anforderungen an das Monitoring der prozesskettenorientierten Produktion abgeleitet und mit den bereits vorgestellten Methoden LogiBEST und SCOR verglichen.

#### 3.1 Charakterisierung der prozesskettenorientierten Produktion

Unter der prozesskettenorientierten Produktion wird ein Organisationsprinzip verstanden, bei dem die Aufbau- und Ablauforganisation an den Leistungsprozessen der Produktion ausgerichtet sind [EVE95]. Die Charakterisierung der prozesskettenorientierten Produktion wird im Folgenden anhand der 5 Strukturdimensionen zur Beschreibung von Aufbauorganisationen von Unternehmen in Anlehnung an Erdmann vorgenommen [ERD00]:

- Konfiguration
- Entscheidungsdelegation
- Spezialisierung
- Formalisierung und
- Koordination

##### *Die Dimension Konfiguration*

Kennzeichnend für die prozesskettenorientierte Produktion sind dezentrale Produktionseinheiten, die über Kunden-Lieferanten-Beziehungen miteinander zu Prozessketten bzw. -netzen verknüpft sind. Die Koordination der Prozessketten erfolgt zum einen dezentral über die Kunden-Lieferanten-Beziehungen und zum anderen über zentrale Planungsprozesse. Dementsprechend können für die prozesskettenorientierte Produktion zwei Klassen von Organisationseinheiten unterschieden werden: die zentralen Planungsprozesse und die dezentralen Produktionseinheiten.

Charakteristisch für die dezentralen Produktionseinheiten ist, dass durch sie die zur Herstellung kompletter Baugruppen oder Einzelteile erforderlichen Technologien räumlich und organisatorisch zusammengefasst sind [WIE97a, WAR92, SPU94]. Für Fertigungsprozesse werden in Anlehnung an Eversheim je nach Automatisierungsgrad die folgenden Typen dezentraler Produktionseinheiten unterschieden [EVE88]:

- Fertigungsinseln,
- Flexible Fertigungssysteme,
- Flexible Fertigungslinien,
- Transferstraßen

Diese vier Grundkonzepte unterscheiden sich einerseits durch den Grad der Automatisierung und andererseits durch die räumliche Anordnung der Betriebsmittel. Die Einsatzbereiche der vier unterschiedlichen Grundkonzeptionen können in Abhängigkeit von der Anzahl zu fertigender Varianten und in Abhängigkeit von der Stückzahl wie folgt zugeordnet werden (Abbildung 3-1):

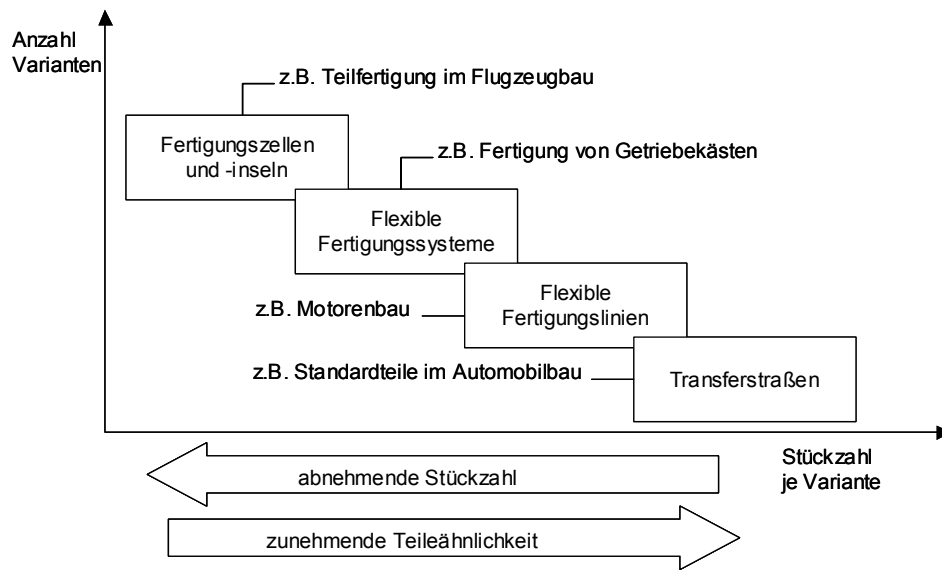


Abbildung 3-1: Einsatzbereiche unterschiedlicher Grundkonzeptionen von Fertigungskonzepten [EVE89]

Das Grundkonzept der Fertigungsinseln und das der flexiblen Fertigungssysteme zeichnen sich durch einen ungerichteten Materialfluss aus. Der Materialfluss zwischen den einzelnen Ressourcen ist bei dem Konzept der Fertigungsinseln im Gegensatz zu dem der flexiblen Fertigungssysteme nicht automatisiert. Fertigungsinseln werden dementsprechend bei einer variantenreichen Klein- und Mittelserienfertigung eingesetzt. Die Transferstraßen und flexiblen Fertigungslinien sind durch einen gerichteten Materialfluss gekennzeichnet. Die Transferstraße unterscheidet sich von der flexiblen Fertigungslinie durch einen höheren Automatisierungsgrad. Beide Grundkonzepte werden für Großserien und Massenfertigung eingesetzt.

In Abbildung 3-2 sind verschiedene Gruppenkonzepte zur Organisation der Montage abgebildet. Die Unterscheidung der Montagekonzepte basiert auf der Bewegungsgröße. Es werden stationäre Montageobjekte (Baustellen- und Gruppenmontage), stationäre Arbeitsplätze (Reihen- und Taktstraßenmontage) sowie Mischformen (kombinierte Fließmontage) unterschieden. Die Wahl der einzelnen Montage-

konzepte hängt einerseits von der Geometrie der zu montierenden Erzeugnisse und andererseits von der Stückzahl ab.

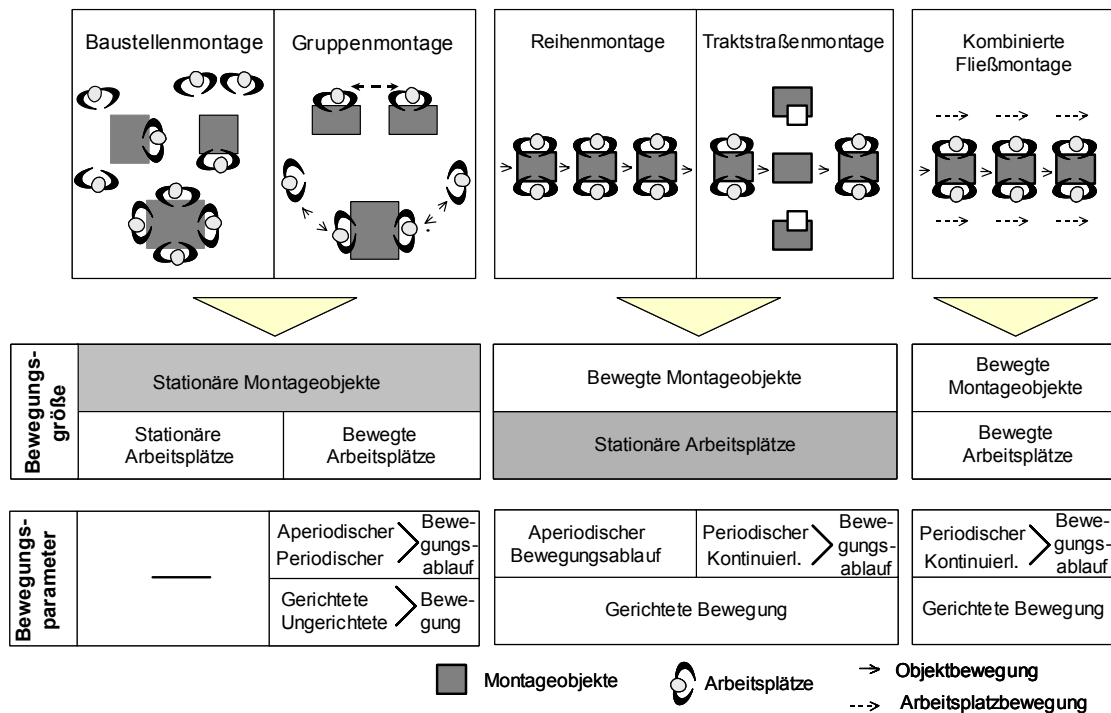


Abbildung 3-2: Organisationsformen der Montage [EVE89]

### Die Dimension Entscheidungsdelegation

Die dezentralen Produktionseinheiten werden durch Mitarbeitergruppen betrieben. Den Gruppen stehen in der Regel weitreichende Entscheidungskompetenzen zu. Im Vergleich zu einer funktional orientierten Organisation wird die Trennung von organisatorischen und ausführenden Tätigkeiten aufgehoben. Die Gruppen übernehmen organisatorische Aufgaben aus den Bereichen Produktionslogistik, Arbeitsplanung, Instandhaltung, Qualitätssicherung und dem Bereich der kontinuierlichen Verbesserung [WIL99]. Umfang und Inhalt der organisatorischen Aufgaben, welche die Gruppen übernehmen, hängt von der Unternehmenskultur und dem damit einhergehenden Autonomiegrad der Gruppen ab. Die Aufgaben, die aus dem Bereich der Produktionslogistik durch die dezentralen Produktionseinheiten übernommen werden, hängen darüber hinaus von dem eingesetzten Verfahren zur Produktionsplanung und -steuerung ab. Typische Aufgaben der Produktionslogistik, welche die dezentralen Gruppen ausführen, sind die Losbildung, Reihenfolgeplanung, Maschinenbelegung sowie die Übernahme des Transportes.

Zur Sicherstellung ausreichender Kapazitäten gehen die Gruppenkonzepte in der Regel mit flexiblen Arbeitszeitmodellen einher, so dass ein selbstständiges und flexibles Anpassen der Arbeitszeiten an die jeweilige Arbeitsbelastung ermöglicht wird [SCH99].

### *Die Dimension Spezialisierung*

Die Dimension Spezialisierung beschreibt die Ausprägung der Arbeitsteilung. Bedingt durch den Grundgedanken der Objektorientierung und der Entscheidungsdelegation sind die Mitarbeiter der dezentralen Produktionseinheiten gefordert, sowohl mehrere unterschiedliche Technologien und Arbeitsgänge zu beherrschen als auch organisatorische Aufgaben zu übernehmen. Der Grad der Spezialisierung wird somit im Vergleich zu einer klassischen tayloristischen Organisationsform deutlich geringer.

### *Die Dimension Formalisierung*

Die Dimension Formalisierung drückt den Grad der schriftlichen Fixierung der zu erfüllenden Aufgaben aus. Mit der Formalisierung werden Verhaltensregeln zur Leistungserstellung, also der Prozessausführung festgelegt. Ziel der prozesskettenorientierten Produktion ist ein möglichst geringes Maß der Formalisierung. Damit wird die Selbstständigkeit und Flexibilität der Gruppe gefördert, was wiederum zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit und -bereitschaft führt. Bezogen auf die Aufgaben der Produktionslogistik bedeutet dies z. B., dass keine zentral festgelegten Abarbeitungsreihenfolgen mit entsprechenden Vorgabezeiten vorliegen. Dementsprechend entfallen z. B. Anmelde- und Abmeldebuchungen einzelner Arbeitsgänge etc.

### *Die Dimension Koordination*

Die Koordination der dezentralen Produktionseinheiten untereinander erfolgt durch die Einführung interner Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Die Koordination dieser Beziehungen wird durch zentrale Planungsprozesse unterstützt. Die konkrete Ausgestaltung der Kunden-Lieferanten-Beziehungen hängt wesentlich von dem eingesetzten Steuerungsverfahren ab.

## **3.2 MRP und KANBAN zur Steuerung der prozesskettenorientierten Produktion**

Der Grad der Delegation der Entscheidungen sowie die Gestaltung der Kunden-Lieferanten-Beziehung zur Koordination der prozesskettenorientierten Produktion werden durch das eingesetzte Steuerungsverfahren beeinflusst. Im folgenden Kapitel werden die Verfahren MRP und KANBAN sowie deren Auswirkungen auf die prozesskettenorientierten Produktion und auf das Monitoring beschrieben.

MRP ist ein zentrales, bedarfsorientiertes Verfahren nach dem Push-Prinzip. Kern des Verfahrens ist, dass Kundenaufträge und/oder Vertriebsaufträge in Fertigungsaufträge überführt und diese in die Produktion eingeplant werden [WIE97a]. Das Verfahren ist zur Steuerung der funktional- und der prozesskettenorientierten Produktion geeignet.

Die Anwendung des MRP-Verfahrens bei einer funktional orientierten Produktion ist in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund der hohen Komplexität der Produktion die Mengen- und Zeitplanung tagesgenau auf Arbeitsgangebene und dadurch mit einem relativ hohen Detaillierungsgrad erfolgt [WIE97a]. Unterstützt werden die Produktionsplanung und -steuerung durch ein zentrales PPS-System und durch Leitstände. Grundlage der Planung sind u. a. arbeitsgangbezogene Planbearbeitungs- und Übergangszeiten sowie arbeitsplatzbezogene Plankapazitätsdaten. Zur Kontrolle des Fertigungsfortschritts wird die Fertigstellung einzelner Arbeitsgänge in ein BDE-System eingegeben.

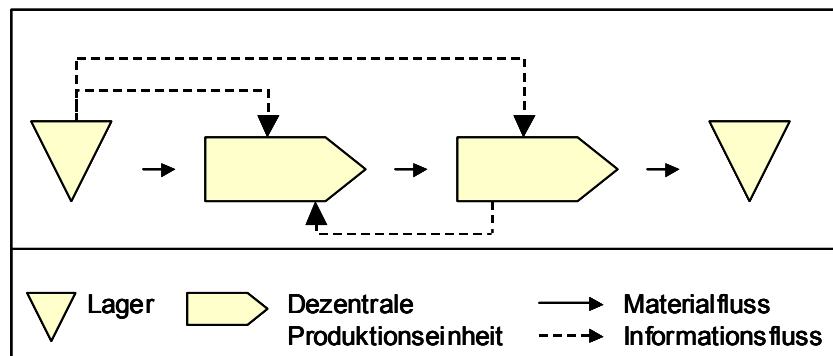


Abbildung 3-3: Informationsfluss der MRP-Steuerung (in Anlehnung an Lödging [LOE01])

Im Vergleich dazu erfolgen die Planung und Steuerung der prozesskettenorientierten Produktion wesentlich grober und damit einfacher. Durch den zentralen Planungsprozess werden Planvorgaben bzgl. der zu produzierenden Einzelteile und Baugruppen für die einzelnen dezentralen Produktionseinheiten vorgegeben. Die Planvorgaben liegen häufig nur wochengenau vor. Die Umsetzung der Produktionspläne erfolgt eigenständig durch die Gruppen in den dezentralen Produktionseinheiten. Die Gruppen können dementsprechend die Reihenfolge der Abarbeitung, die Maschinenbelegung sowie die Personaleinteilung eigenständig durchführen. In der Regel wird aufgrund der geringen Komplexität (Anzahl unterschiedlicher Artikel, Anzahl Maschinen) auf eine EDV-Unterstützung zur Bewältigung der dezentralen Steuerungsaufgaben verzichtet. Die Feinabstimmung zwischen den dezentralen Produktionseinheiten erfolgt informell über die Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Diese Feinabstimmung wird insbesondere dadurch gefördert, dass die einzelnen dezentralen Produktionseinheiten in der Regel eine überschaubare Anzahl von (internen) Kunden beliefert. Die Informations- und Materialflüsse des MRP-Verfahrens für die prozesskettenorientierte Produktion sind in Abbildung 3-3 schematisch dargestellt.

Im Vergleich zu der funktional orientierten Produktion ist die Anwendung des MRP-Verfahrens für die prozesskettenorientierte Produktion durch einen geringeren Formalisierungsgrad und durch eine geringere EDV-Unterstützung gekennzeichnet. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass zum Monitoring der

prozesskettenorientierten Produktion deutlich weniger Daten im ERP-System zur Verfügung stehen, als dies bei der funktional orientierten Produktion der Fall ist. In Tabelle 3-1 ist die Datenverfügbarkeit zum Monitoring der prozesskettenorientierten Produktion im Vergleich zur funktional orientierten Produktion dargestellt.

		Funktional orientierte Produktion	Prozesskettenorientierte Produktion
Plandaten	Starttermin	AG	-
	Endtermin	AG	letzter AG dezentrale P.-einheit
	Menge	AG	letzter AG dezentrale P.-einheit
	Kapazität	AP	bedingt
	Übergangszeit	AG	bedingt
	Durchführungszeit	AG	bedingt
	Rüstzeit	AG	bedingt
Istdaten	Starttermin	AG	bedingt
	Endtermin	AG	letzter AG dezentrale P.-einheit
	Menge	AG	letzter AG dezentrale P.-einheit
	Durchführungszeit	AG	-

AG = arbeitsgangbezogen  
 AP = arbeitsplatzbezogen  
 - = Daten liegen nicht vor

Tabelle 3-1: Gegenüberstellung der Datenverfügbarkeit bei Anwendung des MRP-Verfahrens

Aus der Darstellung wird deutlich, dass Daten bzgl. der Durchführungszeiten, der Rüstzeiten sowie bzgl. der Plankapazität einzelner Arbeitsgänge in der prozesskettenorientierten Produktion nur bedingt vorliegen. Diese Daten werden i.d.R. für Steuerungszwecke nicht benötigt und liegen dementsprechend nur dann aktuell vor, wenn sie kontinuierlich zu anderen Zwecken (z. B. Nachkalkulation) benötigt werden. Dadurch, dass für den zentralen Planungsprozess die Informationen über die erbrachte Leistung der dezentralen Produktionseinheiten eine wichtige Eingangsgröße sind, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Gruppen den letzten Arbeitsgang innerhalb ihrer dezentralen Produktionseinheit zurückmelden. Diese Daten stellen im Folgenden die Grundlage zum Logistikmonitoring dar.

KANBAN ist eine dezentrale, verbrauchsorientierte Methode zur Produktionssteuerung nach dem Pullprinzip. Bestandteil eines KANBAN-Regelkreises sind ein Teile verbrauchender Produktionsbereich (Kunde), ein Teile liefernder Bereich (Lieferant) sowie ein Pufferlager als Bindeglied zwischen Kunde und Lieferant [LOE01,WIL98,BUR97]. Der Informationsfluss zwischen Kunde und Lieferant erfolgt häufig über Karten (japanisch: KANBAN). Jede KANBAN-Karte ist genau einem Behälter mit feststehender Füllmenge zugeordnet. Die KANBAN-Karte stellt für den Lieferant einen Fertigungsauftrag dar. Die Bedarfsauslösung erfolgt bei Anwendung des „Ein-Behälter-Systems“ nachdem der Kunden einen Behälter aus dem Pufferlager entnommen hat. Das „Zwei-Behälter-System“ ist dadurch gekennzeichnet, dass die Bedarfsauslösung erst nach der Verarbeitung der Teile durch den Kunden erfolgt [BUR97]. Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit eines KANBAN-Regelkreises ist die Materialverfügbarkeit im Pufferlager.

In der Abbildung 3-4 sind die Informations- und Materialflüsse der KANBAN-Steuerung zur Verknüpfung dezentraler Produktionseinheiten schematisch darstellt.

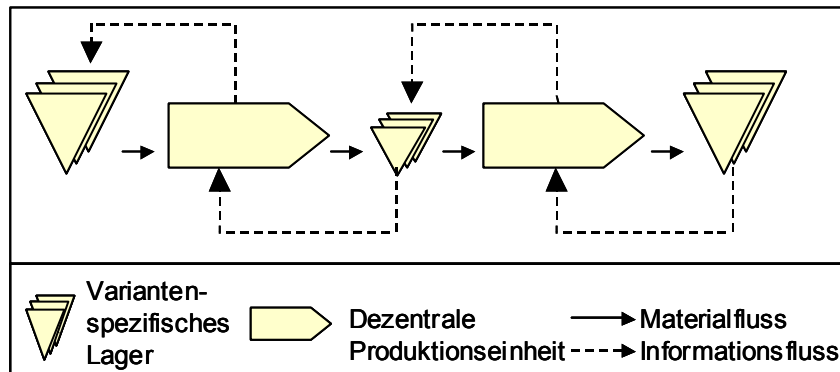


Abbildung 3-4: Informationsfluss der KANBAN-Steuerung (in Anlehnung an Lödning [LOE01])

Die Koordination der Auftragsabwicklung erfolgt bei KANBAN dezentral. Die Abarbeitung der KANBAN-Aufträge erfolgt selbstständig durch die dezentralen Produktionseinheiten. Die Aufgabe des zentralen Planungsprozesses besteht darin, die Auslegung der Regelkreise vorzunehmen. Dazu ist es erforderlich, die Kapazitäten der dezentralen Produktionseinheiten aufeinander abzustimmen. Darüber hinaus ist die Behältergröße (Losgröße) sowie die Anzahl der KANBAN-Karten festzulegen.

Im Vergleich zu einer MRP-Steuerung werden beim KANBAN-Verfahren keine Planendtermine und Planmengen pro Erzeugnis festgelegt. Zum Logistikmonitoring kann dementsprechend nicht auf diese Plandaten zurückgegriffen werden. Weil die Materialverfügbarkeit in den KANBAN-Lagern ein wesentlicher Erfolgsfaktor für einen erfolgreichen Betrieb der Prozesskette ist, werden in der betrieblichen Praxis i.d.R. die Lagerein- und Lagerausbuchungen der KANBAN-Lager in ein BDE-System eingegeben. Diese Daten stellen dementsprechend im Rahmen dieser Arbeit die Grundlage zum Logistikmonitoring dar.

### 3.3 Anforderungen an das strategische und taktische Monitoring

Damit durch das Monitoring ein nützlicher Beitrag für das strategische und taktische Produktionsmanagement geleistet werden kann, ist es erforderlich, dass die Anforderungen, wie sie bereits in der Einleitung beschrieben worden sind, erfüllt werden. Sie beziehen sich einerseits auf die Eigenschaften und die Struktur von Kennzahlen und Kennzahlensystem. So wird neben der Ganzheitlichkeit insbesondere eine möglichst klare Strukturierung der Kennzahlen gefordert, um dadurch Fehlinterpretationen zu vermeiden. Andererseits wird gefordert, dass sich das Monitoring aufwandsarm an sich wandelnde Fabrikstrukturen anpassen kann. Aus den Charakteristika der prozesskettenorientierten Produktion lassen sich darüber hinaus die folgenden Anforderungen an das Logistikmonitoring spezifizieren:



- Das wesentliche Konfigurationsmerkmal der prozesskettenorientierten Produktion sind die dezentralen Produktionseinheiten, die über Kunden-Lieferanten-Beziehungen miteinander verknüpft und mit Hilfe von zentralen Planungsprozessen unterstützt werden. Um im Rahmen des taktischen Produktionsmanagements Verbesserungsmaßnahmen gezielt einleiten zu können, ist es erforderlich, dass die logistische Leistung der einzelnen Organisationseinheiten und der Kunden-Lieferanten-Beziehungen deutlich wird. Durch das Monitoring sollte dementsprechend die logistische Leistung der dezentralen Produktionseinheiten und des zentralen Planungsprozesses gemessen werden können. Zur Unterstützung des strategischen Produktionsmanagements sollte darüber hinaus die logistische Leistung der kompletten Prozesskette bzw. des Produktionsnetzes abgebildet werden können.
- Das Monitoring sollte den Informationsbedarf der dezentralen Gruppen befriedigen. Vor dem Hintergrund der weitreichenden Dezentralisierung von Entscheidungen ist es also erforderlich, dass den Gruppen eine ganzheitliche Sicht auf die eigene Leistungsfähigkeit ermöglicht wird. Neben der logistischen Leistungsfähigkeit sollten die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Zielerreichung deutlich werden. Dies könnten z. B. Planungsfehler, eine mangelnde technische Prozesssicherheit oder eine schlechte Ressourcenverfügbarkeit sein.
- Bei der Auswahl und Definition der Kennzahlen ist zum einen der geringe Grad der Formalisierung der prozesskettenorientierten Produktion zu berücksichtigen. Durch den geringen Grad der Formalisierung liegen in der Regel nur wenige Bewegungsdaten in den EDV-Systemen zur Bewertung der logistischen Leistung vor. Zum anderen ist die Auswahl und Definition der Kennzahlen entsprechend den Prozessen und der Datenverfügbarkeit in Abhängigkeit des eingesetzten Steuerungsverfahrens anzupassen.

Vergleicht man diese Anforderungen mit den Lösungsansätzen von LogiBEST und SCOR, wird deutlich, dass diese den Anforderungen nur teilweise gerecht werden können. Ein Nachteil der beiden Ansätze ist, dass die spezifischen Gegebenheiten der prozesskettenorientierten Produktion nicht berücksichtigt werden. Die Modellierung und Bewertung dezentraler Produktionseinheiten und des zentralen Planungsprozesses werden nicht unterstützt. Es findet keine Zuordnung der Prozesse zu den Organisationseinheiten der prozesskettenorientierten Produktion statt. Darüber hinaus werden durch das Prozessmodell die spezifischen Prozesse in Abhängigkeit der Steuerungsprinzipien nicht berücksichtigt. Die Modellierung und Bewertung der Organisationseinheiten der prozesskettenorientierten Produktion wird dementsprechend nur unzureichend unterstützt.

Nachteilig an dem Kennzahlensystem von LogiBEST ist weiterhin, dass es ausschließlich logistische Kennzahlen enthält. Störgrößen werden z.B. nicht aufgeführt. Damit wird das Kennzahlensystem dem Informationsbedarf der dezentralen Gruppen nicht gerecht. Darüber hinaus werden die Kennzahlen nicht den Prozessen zugeordnet, so dass eine unmittelbare Prozessbewertung nicht unterstützt wird.

Ein bereits erwähnter Schwachpunkt des SCOR-Modells ist, dass die Prozesse und Kennzahlen verhältnismäßig oberflächlich beschrieben werden. Eine Kopplung von Kennzahlen zu den Prozessen durch die Einführung von Messpunkten und Messdaten erfolgt nicht. Ein einheitlichen Begriffsverständnis wird damit durch das SCOR-Modell nicht gefördert.

Neben diesen Schwächen weisen beide Methoden jedoch auch Vorteile auf. Vorteile der LogiBEST-Methode sind insbesondere die detaillierten Kennzahlendefinitionen sowie die Systematisierung der Kennzahlen mit Hilfe eines Zielsystems. Die Einführung von Messpunkten sowie die Differenzierung der Kennzahlen nach Steuerungsprinzipien ist ebenso hervorzuheben. Das SCOR-Modell ermöglicht durch die Einführung verschiedener Prozesskategorien eine differenzierte Modellierung von Prozessketten. Darüber hinaus lässt das SCOR-Modell durch die Zuordnung der Kennzahlen zu den Prozessen eine unmittelbare Prozessbewertung zu. Im Folgenden werden die Stärken dieser Ansätze auf ein Referenzprozessmodell der prozesskettenorientierte Produktion übertragen und durch eine Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung und zum Monitoring ergänzt.

#### 4 Methodik zum strategischen und taktischen Logistikmonitoring der prozesskettenorientierten Produktion

Ziel dieser Arbeit ist es, aufbauend auf den im vorangegangenen Kapitel formulierten Anforderungen eine Methodik zum strategischen und taktischen Logistikmonitoring der prozesskettenorientierten Produktion zu entwickeln. Mit Hilfe der Methodik soll die logistische Leistungsfähigkeit von Prozessketten beurteilt und die Suche nach strukturellen Verbesserungsmaßnahmen unterstützt werden. Die dazu entwickelte Methodik wird im Folgenden durch vier Methodenbausteine beschrieben (vgl. Abbildung 4-1).

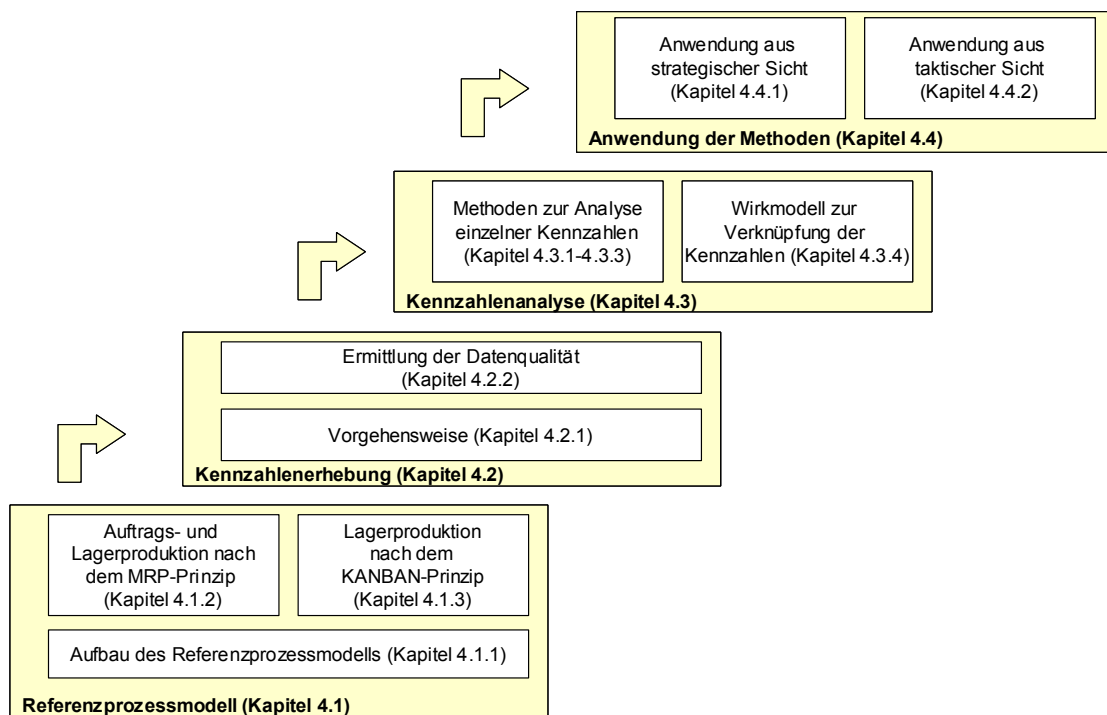


Abbildung 4-1: Überblick über die Methodik

Die Grundlage der Methodik stellt das Referenzprozessmodell dar (Kapitel 4.1). Im Referenzprozessmodell sind neben den Prozessbausteinen zur Modellierung der prozesskettenorientierten Produktion die Kennzahlen zur Prozessbewertung integriert. Der Aufbau des Referenzprozessmodells wird in Kapitel 4.1.1 erläutert. Die Prozesse und Kennzahlen werden getrennt nach den berücksichtigten Anwendungsfällen MRP und KANBAN in den darauf folgenden Kapiteln beschrieben.

In Kapitel 4.2 wird eine Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung vorgestellt (Kapitel 4.2.1). Schwerpunkt dieser Vorgehensweise ist die Ermittlung der Datenqualität (Kapitel 4.2.2). Dazu werden, aufbauend auf dem Referenzprozessmodell und dem sich daraus ergebenden Datenmodell, spezifische Plausibilitätstests zur Überprüfung der Datenqualität entwickelt. Darüber hinaus werden Kennzahlen zur Messung der Datenqualität vorgestellt. Durch die Ermittlung der Datenqualität wird einerseits die

Interpretation der Kennzahlen des Referenzprozessmodells unterstützt und andererseits die Grundlage für ein kontinuierliches Monitoring der Datenqualität geschaffen.

In Kapitel 4.3 werden verschiedene Methoden zur Kennzahlenanalyse losgelöst voneinander beschrieben. Zunächst werden in den Kapiteln 4.3.1-4.3.3 die in der Literatur beschriebenen Methoden Soll-Ist-Vergleich, Zeitreihenanalyse und statistische Parameter zur isolierten Analyse einzelner Kennzahlen aufgegriffen und auf die Kennzahlen des Referenzprozessmodells bezogen. Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt in der Entwicklung eines Wirkmodells zur Verknüpfung der Kennzahlen (Kapitel 4.3.4). Zur Erstellung des Wirkmodells werden die Kennzahlen des Referenzprozessmodells durch qualitative Ursachen-Wirkungsnetze miteinander in Beziehung gesetzt (Kapitel 4.3.4.1). Darauf aufbauend wird ein Portfolio zur Trendanalyse entwickelt (Kapitel 4.3.4.2). Mit Hilfe des Portfolios kann die Trendentwicklung mehrerer Kennzahlen in einer normierten Form übersichtlich innerhalb einer Darstellung abgebildet werden. Durch den Vergleich der Trendverläufe mehrerer Kennzahlen werden die einflussstarken von den einflusssschwachen Kennzahlen eines Ursachen-Wirkungsnetzes voneinander getrennt und somit wird die Suche nach potenziellen Verbesserungsmaßnahmen methodisch unterstützt.

In Kapitel 4.4 wird die Anwendung der Methoden zum strategischen und taktischen Monitoring vorgestellt. In diesem Kapitel wird die Nutzung des Referenzprozessmodells und der vorgestellten Methoden zur Kennzahlenanalyse in Abhängigkeit der beiden Sichten und der damit verbundenen Fragestellungen zur Verfügung erläutert.

## **4.1 Referenzprozessmodell**

### **4.1.1 Aufbau des Referenzprozessmodells**

Inhalt des Referenzprozessmodells sind der prozessbeschreibende und der prozessbewertende Teil zur Modellierung und Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion. Der Aufbau des Referenzprozessmodells wird im Folgenden durch die zugrunde gelegte Betrachtungskategorie, durch Modellierungsumfang und -ebenen sowie die Struktur des Kennzahlensystems beschrieben.

#### **4.1.1.1 Betrachtungskategorie**

Zur Modellierung und Bewertung der produktionslogistischen Prozesskette sind verschiedene Betrachtungskategorien denkbar. Die Betrachtungskategorie setzt sich aus der Sichtweise auf die Prozesskette und den Betrachtungsumfang zusammen [FAS97]. Es können die auftragsbezogene und die ressourcenorientierte Sichtweise unterschieden werden. Bei der auftragsbezogenen Sichtweise werden einzelne Aufträge aus der Gesamtheit der Aufträge ausgewählt. Bei der ressourcen-

orientierten Sicht hingegen werden periodisch alle durch eine Ressource fließenden Aufträge betrachtet. Mit dem Betrachtungsumfang wird festgelegt, ob beispielsweise eine einzelne Arbeitsstation oder ein kompletter Produktionsbereich modelliert wird.

Das Referenzprozessmodell beschreibt die prozesskettenorientierte Produktion durch eine ressourcenorientierte Sicht auf Ebene der Organisationseinheiten (dezentrale Produktionseinheiten, zentraler Planungsprozess). Es werden dementsprechend alle Produktionsaufträge der dezentralen Produktionseinheiten betrachtet. Das Modell ordnet die Planungs-, Steuerungs- und Produktionsprozesse den zentralen und dezentralen Organisationseinheiten zu. Die Kennzahlen werden derart definiert, dass sie eine Bewertung der einzelnen Organisationseinheiten entlang der Prozesskette ermöglichen. Abbildung 4-2 zeigt eine beispielhafte prozesskettenorientierte Produktion auf Basis von 4 dezentralen Produktionseinheiten und eines zentralen Planungsprozesses. Der Teil a) der Abbildung zeigt die im Referenzprozessmodell verwendete Betrachtungskategorie.

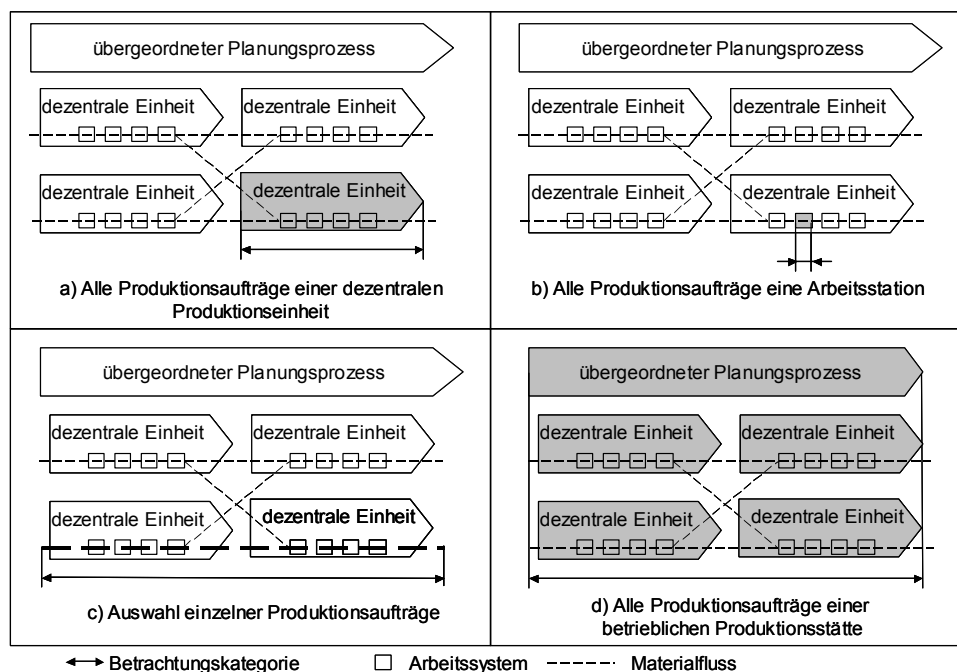


Abbildung 4-2: Betrachtungskategorien zur Abbildung der prozesskettenorientierten Produktion

Die Modellierung der Prozessketten auf Basis der Organisationseinheiten ermöglicht die Prozessbewertung aus taktischer und strategischer Sicht (vgl. hierzu Kapitel 4.4). Aus taktischer Sicht können einzelne dezentrale Produktionseinheiten als strukturelle Schwachpunkte der Prozessketten identifiziert werden. Durch eine Selektion der Kennzahlen ist darüber hinaus eine Bewertung der kompletten Prozesskette aus strategischer Sicht möglich.

Die Modellierung einzelner Arbeitssysteme und deren Bewertung mittels Kennzahlen wird durch das Referenzmodell nicht unterstützt (Abbildung 4-2, Teil b). Eine solche

Vorgehensweise setzt eine detaillierte Betriebsdatenerfassung voraus, die zur Steuerung einer prozesskettenorientierten Produktion in der Regel nicht erforderlich ist. Darüber hinaus besteht bei einer solchen Vorgehensweise die Gefahr der Informationsflut. Ebenso wenig steht die Ermittlung von Kennzahlen über eine Auswahl von Produktionsaufträgen entlang der Kette im Vordergrund, da bei einer solchen Vorgehensweise das Erkennen struktureller Schwachstellen entlang der Prozesskette erschwert wird (Abbildung 4-2, Teil c). Eine Modellierung auf der Ebene z. B. kompletter Produktionsbereiche lässt die Suche nach strukturellen Schwachstellen nicht zu und würde darüber hinaus nicht dem Informationsbedarf der Gruppen gerecht werden. (Abbildung 4-2, Teil d).

#### 4.1.1.2 Modellierungsumfang und -ebenen

Ziel des prozessbeschreibenden Teils ist es, die Modellierung von Prozessketten der prozesskettenorientierten Produktion zu ermöglichen. Im Einzelnen werden durch den prozessbeschreibenden Teil die folgenden Aspekte dargestellt:

- Prozessabfolgen von der Produktionsplanung bis zur Fertigstellung der produzierten Erzeugnisse mit den jeweiligen Eingangs- und Ausgangsinformationen
- Zuordnung der einzelnen Prozesse zu dem zentralen Planungsprozess und den dezentralen Produktionseinheiten
- Beschreibung der innerbetrieblichen Kunden-Lieferanten-Beziehung
- Messpunkte und Messdaten als Grundlage zur Kennzahlenberechnung

Zur Modellierung der Prozesskette werden drei Modellierungsebenen unterschieden (vgl. Abbildung 4-3). Auf der ersten Ebene wird der Anwendungsfall festgelegt. Der Anwendungsfall wird durch das eingesetzte Steuerungsverfahren bestimmt. Diese Unterscheidung ist erforderlich, da sich mit dem Steuerungsverfahren die erforderlichen Planungs- und Steuerungsprozesse verändern. Darüber hinaus variieren mit dem Steuerungsverfahren die möglichen Alternativen zur Kopplung der dezentralen Produktionseinheiten zu Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Von dem Anwendungsfall hängen die Qualitätsmerkmale des Prozesses, die anfallenden Daten im Prozessablauf und somit auch die Auswahl und Definition der Kennzahlen ab. In dieser Arbeit werden die Anwendungsfälle MRP und KANBAN unterschieden.

Auf der zweiten Ebene werden die Anwendungsfälle durch die Hauptprozesse näher beschrieben. Darüber hinaus werden die Hauptprozesse den Prozesskategorien „zentraler Planungsprozess“ und „dezentraler Steuerungs- und Produktionsprozess“ zugeordnet. Mit Hilfe der zweiten Ebene des Referenzprozessmodells wird somit

eine übersichtliche Abbildung der wesentlichen Prozesse und der einzelnen Organisationseinheiten einer Prozesskette ermöglicht.

	Ebene	Kategorien/Ergebnisse	Schematische Darstellung
<b>Prozessbeschreibung</b>	1	Anwendungsfall: • MRP-Steuerung • KANBAN-Steuerung	
	2	Prozesskategorien und Hauptprozesse: • zentraler Planungsprozess • dezentraler Steuerungs- und Produktionsprozess	
	3	Teilprozesse: • Eingangs- und Ausgangsdaten • Messpunkte	
<b>Prozessbewertung</b>	Kennzahlen	• Kennzahlensystem • Kennzahlendefinitionen • Messpunkte und Messdaten • Datenmodell	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Kennzahlen- system</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Kennzahlen- definition</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Datenmodell</p> </div> </div>

Abbildung 4-3: Modellierungsebenen des Referenzprozessmodells

Die 3. Ebene bildet die Hauptprozesse durch einzelne Teilprozesse und deren Eingangs- und Ausgangsdaten ab. Die durch einen Teilprozess entstandenen Ausgangsdaten werden zum Teil für die Kennzahlenberechnung herangezogen. Zur Identifizierung dieser Ausgangsdaten werden Messpunkte eingeführt. Die Daten eines Messpunktes werden im Rahmen der Kennzahlendefinition näher beschrieben. Mit Hilfe der 3. Ebene kann eine Prozesskette detailliert modelliert und bewertet werden.

#### 4.1.1.3 Systematisierung der Kennzahlen

Ziel der Kennzahlen ist es, die erbrachte logistische Leistung sowie die Stärken und Schwächen entlang der Prozesskette zu messen. Um diesen beiden Zielen gerecht zu werden, erfolgt die Definition und Systematisierung der Kennzahlen im Folgenden anhand der zwei Ordnungskriterien „Prozesse“ und „logistische Ziele“ (vgl. Abbildung 4-4, linke Hälfte). Durch eine Zuordnung der Kennzahlen zu den Prozessen können deren Stärken und Schwächen unmittelbar gemessen werden. Die Strukturierung der Kennzahlen anhand logistischer Ziele ermöglicht die Beurteilung der logistischen Leistungsfähigkeit.

Grundlage zur Strukturierung der Kennzahlen nach dem Ordnungskriterium „Prozesse“ sind die Haupt- und Teilprozesse des Referenzprozessmodells. Um der Organisationsstruktur der prozesskettenorientierten Produktion gerecht zu werden, wird für die beiden Prozesskategorien „zentraler Planungsprozess“ und „dezentrale Steuerung und Produktionsprozess“ je ein Kennzahlensystem erstellt (vgl. Abbildung

4-4, rechte Hälfte). Die Zuordnung der Kennzahlen zu den Prozessen erfolgt für das Kennzahlensystem zur Messung der Planungsqualität auf der Ebene der Teilprozesse. Als Grundlage zur Auswahl und Definition der Kennzahlen zur Messung der Qualität der Planungsprozesse werden in Abhängigkeit des Anwendungsfalls spezifische Qualitätsmerkmale formuliert. Zur Strukturierung des Kennzahlensystems zur Messung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse werden die Kennzahlen nicht den einzelnen Teilprozessen zugeordnet. Dadurch, dass der Steuerungsprozess in der betrieblichen Praxis einer geringen Formalisierung unterliegt, erscheint eine separate Bewertung einzelner Teilprozesse dieser Prozesskategorie nicht sinnvoll.

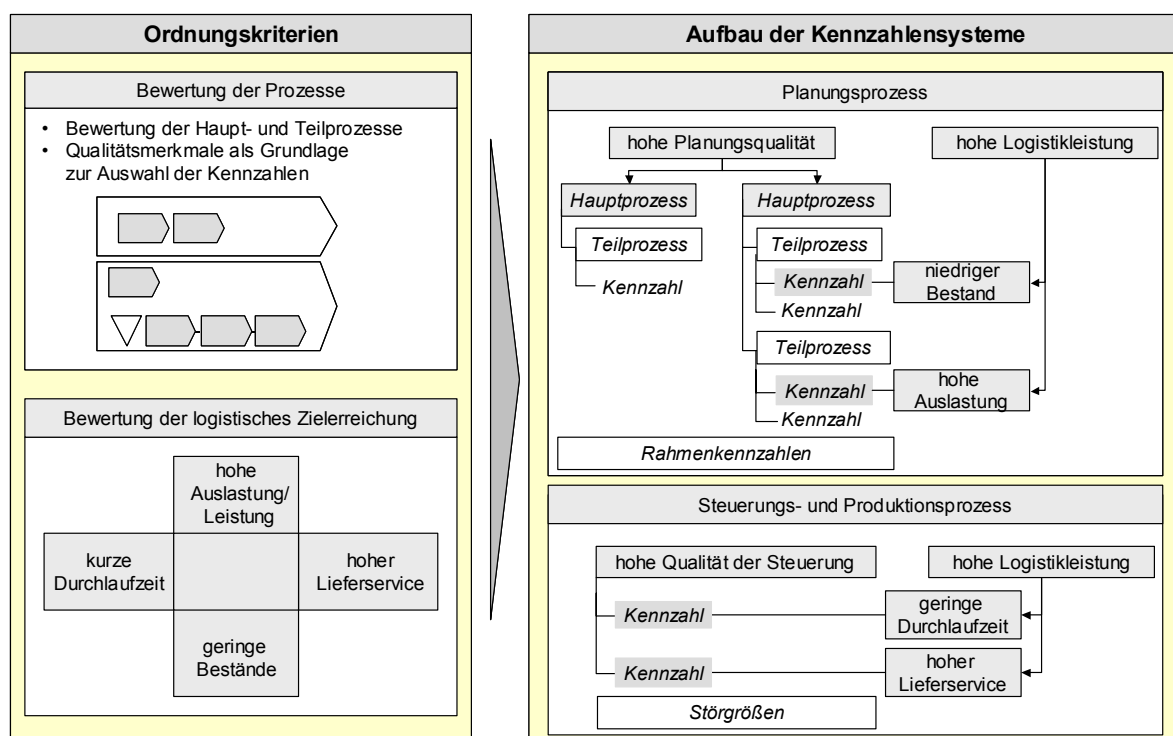


Abbildung 4-4: Bewertungskriterien und Aufbau der Kennzahlensysteme

Zur Systematisierung der Kennzahlen anhand des Ordnungskriteriums „logistische Ziele“ wird das Zielsystem nach Wiendahl herangezogen (vgl. Kapitel 2.1). Um die beiden Ordnungskriterien in einer Darstellung vereinen zu können, werden die logistischen Ziele den Prozessen zugeordnet, die den wesentlichen Anteil an der jeweiligen Zielerreichung haben. Dadurch, dass durch die lang- und mittelfristige Planung ein wesentlicher Einfluss auf die Auslastung und den Bestand in der Prozesskette genommen wird, werden die Ziele „hohe Auslastung“ und „geringer Bestand“ der Prozesskategorie „Planung“ zugeordnet. Der Prozesskategorie „Steuerung und Produktion“ werden die Ziele „kurze Durchlaufzeit“ und „hoher Lieferservice“ zugeordnet. Die Kopplung der Ziele zu den Prozessen erfolgt in der Darstellung über die Kennzahlen, die beiden Ordnungskriterien zugeordnet sind (in der Abbildung 4-4 rechte Hälfte).



Das Kennzahlensystem zur Beurteilung der Planungsqualität wird durch Kennzahlen zur Beurteilung der Rahmenbedingen ergänzt. Diese Kennzahlen bilden das Kundenverhalten ab. Sie dienen einerseits im Rahmen des strategischen Monitoring dazu, die Entwicklung der marktseitig geforderten logistischen Anforderungen zu messen. Andererseits dienen sie als Referenzwert zur Beurteilung der Qualität der Planungsergebnisse.

Das Kennzahlensystem zur Beurteilung der Steuerungs- und Produktionsprozesse enthält neben den Kennzahlen zur Messung der Qualität des Steuerungsprozesses Kennzahlen zur Beurteilung von Störgrößen. Diese Kennzahlen sollen einen Beitrag dazu leisten, Ursachen für mögliche Leistungsabweichungen zu erklären. Sie beziehen sich auf technische Qualitätsaspekte sowie auf die Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren.

Mit den Kennzahlen des Referenzprozessmodells können somit neben der erbrachten logistischen Leistung und der Qualität der Planungs- und Durchführungsprozesse die externen Kundenanforderungen sowie die internen Störgrößen gemessen werden. Damit wird durch das Referenzprozessmodell eine umfassende Bewertung der Prozesskette ermöglicht. Die Aussagefähigkeit der Kennzahlen hängt jedoch wesentlich von der Qualität der zugrunde liegenden Daten und damit von der Qualität der Rückmeldung ab. Um eine hohe Aussagefähigkeit der Kennzahlen gewährleisten zu können, wird in Kapitel 4.2.2. eine Vorgehensweise zur Ermittlung der Datenqualität entwickelt.

#### 4.1.2 Auftrags- und Lagerproduktion nach dem MRP-Verfahren

Im den vorangegangenen Abschnitten wurde der Aufbau des Referenzprozessmodells erläutert. Im nun folgenden Abschnitt wird das Referenzprozessmodell für den Anwendungsfall MRP-Steuerung vorgestellt. Dazu wird zunächst auf den prozessbeschreibenden Teil eingegangen. Darauf aufbauend werden die Kennzahlensysteme zur Bewertung der Planungs- und Steuerungsprozesse getrennt voneinander beschrieben.

##### 4.1.2.1 Prozessbeschreibung

Mit dem Referenzprozessmodell wird die Prozesskette von der Produktionsplanung bis zur Fertigstellung der Erzeugnisse abgebildet. Dementsprechend beinhaltet das Referenzprozessmodell sowohl die Prozesse der Produktionsplanung und -steuerung als auch die physischen Materialflussprozesse.

Nach Hornung können die Prozesse der Produktionsplanung und -steuerung des MRP-Verfahrens in die Hauptprozesse Produktionsprogrammplanung, Produktionsbedarfsplanung sowie Produktionssteuerung unterteilt werden [HOR94]. Im Folgenden werden die Hauptprozesse Produktionsprogrammplanung und Produkti-

onsbedarfsplanung dem zentralen Planungsprozess zugeordnet. Der Prozess der Produktionssteuerung erfolgt bei der prozesskettenorientierten Produktion innerhalb der dezentralen Produktionseinheiten.

Der physische Materialfluss- und der Produktionsprozess beginnen mit der Bereitstellung des Zugangsmaterials, beinhaltet die Produktionsprozesse und endet mit der Ablieferung des Fertigmaterials. Diese Prozesse werden im Folgenden den dezentralen Produktionseinheiten zugeordnet. Die Kopplung der dezentralen Produktionseinheiten kann prinzipiell auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen. Zum einen kann eine direkte Kopplung vorliegen, d. h., die Erzeugnisse werden ohne Lagerstufe direkt an die nachfolgende dezentrale Produktionseinheit übergeben. Zum anderen können die dezentralen Produktionseinheiten durch eine Lagerstufe voneinander entkoppelt sein. Je nach Gestaltung variieren die Hauptprozesse zur Bereitstellung des Zugangsmaterials und zur Ablieferung des Abgangsmaterials.

Im Einzelnen werden für den Anwendungsfall MRP im Referenzprozessmodell die folgenden Hauptprozesse, sortiert nach den Prozesskategorien, unterschieden:

#### *zentraler Planungsprozess*

- *Produktionsprogrammplanung*
- *Produktionsbedarfsplanung*

#### *dezentraler Steuerungs- und Durchführungsprozess*

- *Produktionssteuerung*
- *Zugangsmaterial aus Lager bereitstellen*
- *Zugangsmaterial aus Zwischenpuffer bereitstellen*
- *Abgangsmaterial produzieren*
- *Abgangsmaterial bereitstellen*
- *Abgangsmaterial in Lager einlagern*
- *Abgangsmaterial an (internen) Kunden übergeben*

In der Abbildung 4-5 sind die Hauptprozesse in ihrer zeitlichen Abfolge exemplarisch für eine dezentrale Produktionseinheit sowie für eine zentrale Organisationseinheit dargestellt. In der Darstellung sind je nach Prozesskonfiguration die alternativen Hauptprozesse zur Bereitstellung des Zugangsmaterials und zur Ablieferung der produzierten Erzeugnisse abgebildet.

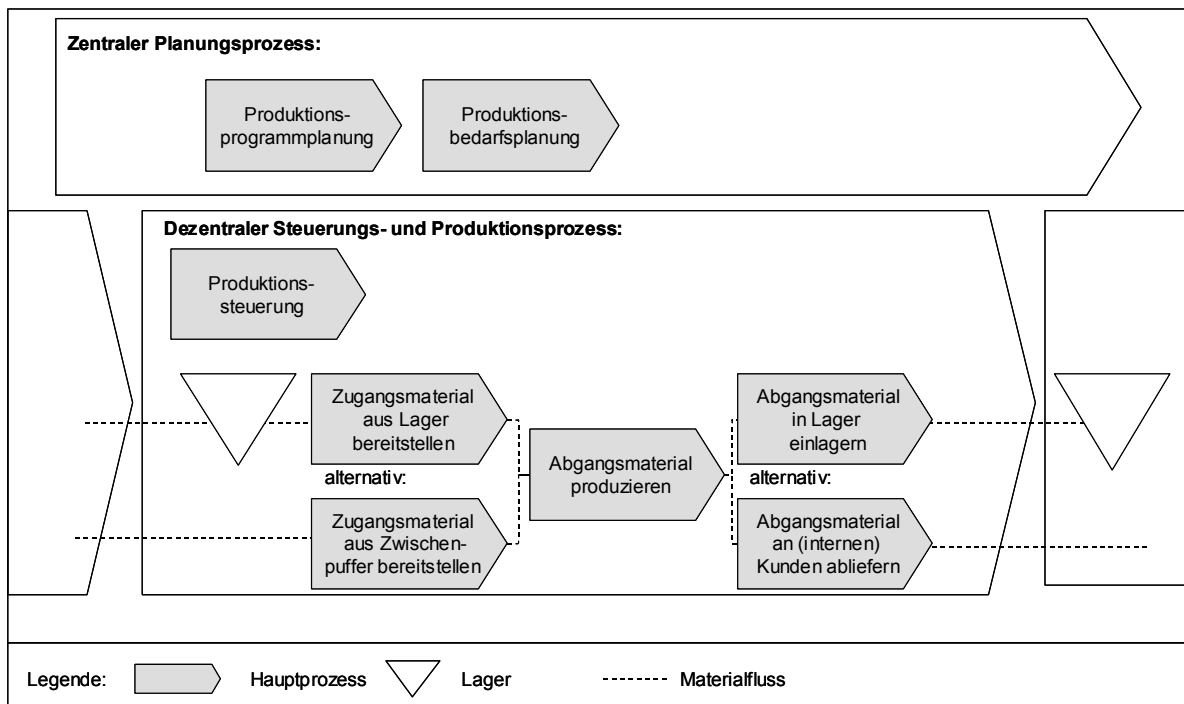


Abbildung 4-5: Hauptprozesse einer nach dem MRP-Verfahren gesteuerten Prozesskette

Die einzelnen Hauptprozesse werden durch die Teilprozesse der dritten Ebene des Referenzprozessmodells näher erläutert. Die Abbildung 4-6 zeigt die Haupt- und Teilprozesse des zentralen Planungsprozesses. Der Hauptprozess Produktionsprogrammplanung gliedert sich in die Teilprozesse Absatzplanung, Bestandsplanung, Primärbedarfsplanung sowie Ressourcengrobplanung. Ziel der Produktionsprogrammplanung ist es, für einen langfristigen Planungshorizont die Menge und Art der herzustellenden Erzeugnisse festzulegen und die dazu erforderlichen Ressourcen zu planen [HOR96]. Eingangsgrößen dieses Hauptprozesses sind Vertriebsdaten und Rahmenaufträge. Die wesentlichen Ergebnisse der Produktionsprogrammplanung sind der Absatzplan, der Kapazitätsplan und der sich daraus ergebende Personal- und Materialbedarf.

Der Hauptprozess Produktionsbedarfsplanung wird im Folgenden in die Teilprozesse Bedarfsermittlung, Durchlaufterminierung und Kapazitätsabgleich untergliedert. Im Rahmen der Produktionsbedarfsplanung werden, ausgehend von konkreten Kunden- oder Vertriebsaufträgen, den lagerhaltigen Erzeugnissen und der Produktionskapazität, die Mengen und Endtermine für die zu produzierenden Erzeugnisse festgelegt. Wesentliches Planungsergebnis der Bedarfsplanung ist der Produktionsplan. Er legt für jede dezentrale Produktionseinheit die Endtermine und Mengen der jeweiligen dezentralen Produktionseinheit fest. Entsprechend den Prinzipien einer geringen Formalisierung und der Delegation weitreichender Entscheidungen in die dezentralen Produktionseinheiten erfolgt die Produktionsbedarfsplanung mit einem

im Gegensatz zur Werkstattfertigung geringen Detaillierungsgrad. Die Produktionsbedarfsplanung erfolgt in der betrieblichen Praxis häufig wochengenau.

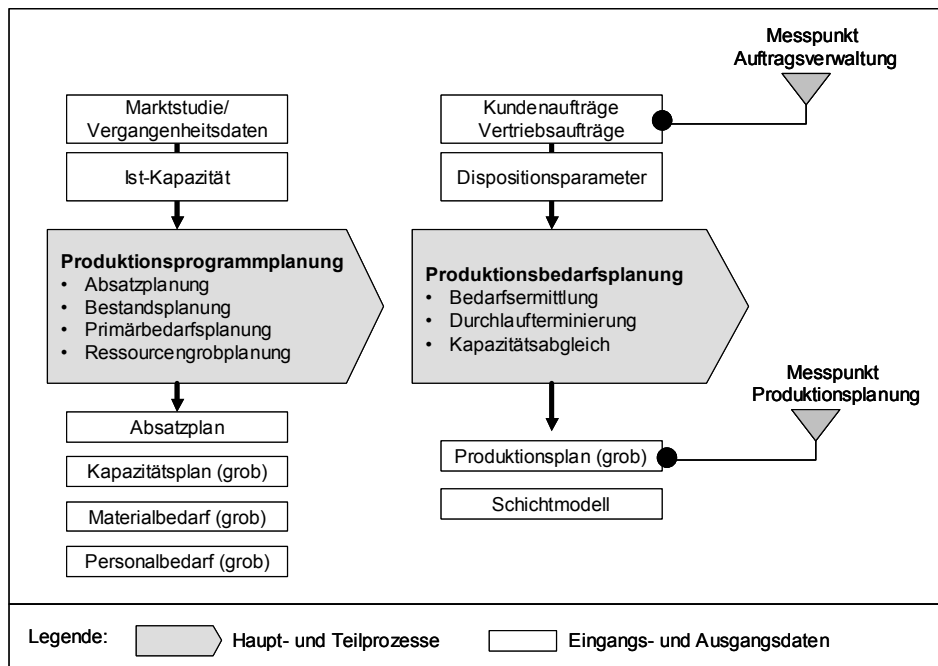


Abbildung 4-6: Haupt- und Teilprozesse der Prozesskategorie zentrale Planung (Anwendungsfall MRP)

Zur Ermittlung der Kennzahlen werden für den Hauptprozess Produktionsbedarfsplanung die Messpunkte Auftragsverwaltung und Produktionsplanung eingeführt. Die Daten des Messpunktes Auftragsverwaltung dienen als Eingangsgröße für den Planungsprozess. Die Daten werden zur Ermittlung der Rahmenkennzahlen herangezogen. Der Messpunkt Produktionsplanung enthält die Daten des Produktionsplans.

Die Haupt- und Teilprozesse der Prozesskategorie dezentrale Steuerung und Produktion zeigt Abbildung 4-7. Die wesentliche Eingangsgröße zur Produktionssteuerung ist der Produktionsplan. Ziel der Steuerung ist es, den Produktionsplan umzusetzen. Dabei erfolgt in der betrieblichen Praxis die Produktionssteuerung häufig ohne EDV-Unterstützung, so dass im Ergebnis kein detaillierter Produktionsplan in elektronisch verarbeitbarer Form vorliegt (vgl. Kapitel 3.2). Im Einzelnen setzt sich der Hauptprozess Produktionssteuerung aus den Teilprozessen Feinplanung, Auftragsfreigabe, Maschinenbelegungsplanung, der Reihenfolgeplanung sowie der Auftragsüberwachung zusammen (HOR96). Dadurch, dass die dezentralen Produktionseinheiten in der Regel ein sehr überschaubares Produktspektrum mit speziell dafür ausgewählten Maschinen bearbeiten, nehmen insbesondere die Teilprozesse der Maschinenbelegungsplanung und der Auftragsüberwachung im Vergleich zur Werkstattfertigung eine untergeordnete Bedeutung ein.

Je nach Konfiguration der Prozesskette erfolgt die Bereitstellung aus einem Lager oder einem Zwischenpuffer. Der Hauptprozess Zugangsmaterial aus Lager bereitstellen umfasst die physischen Materialflussprozesse von der Auslagerung bis zur Bereitstellung in der dezentralen Produktionseinheit und die Entnahmebuchung im ERP-System. Die Materialentnahme wird in der Regel in das ERP-System gebucht, da die Lagerbestände entlang der Prozesskette eine wichtige Planungsgrundlage für den Hauptprozess Produktionsbedarfsplanung darstellen. Um diese Informationen zur Kennzahlenberechnung verfügbar zu machen, wird der Messpunkt Lagerbuchung eingeführt. Bei einer direkten Kopplung zwischen zwei dezentralen Produktionseinheiten entfällt dieser Messpunkt.

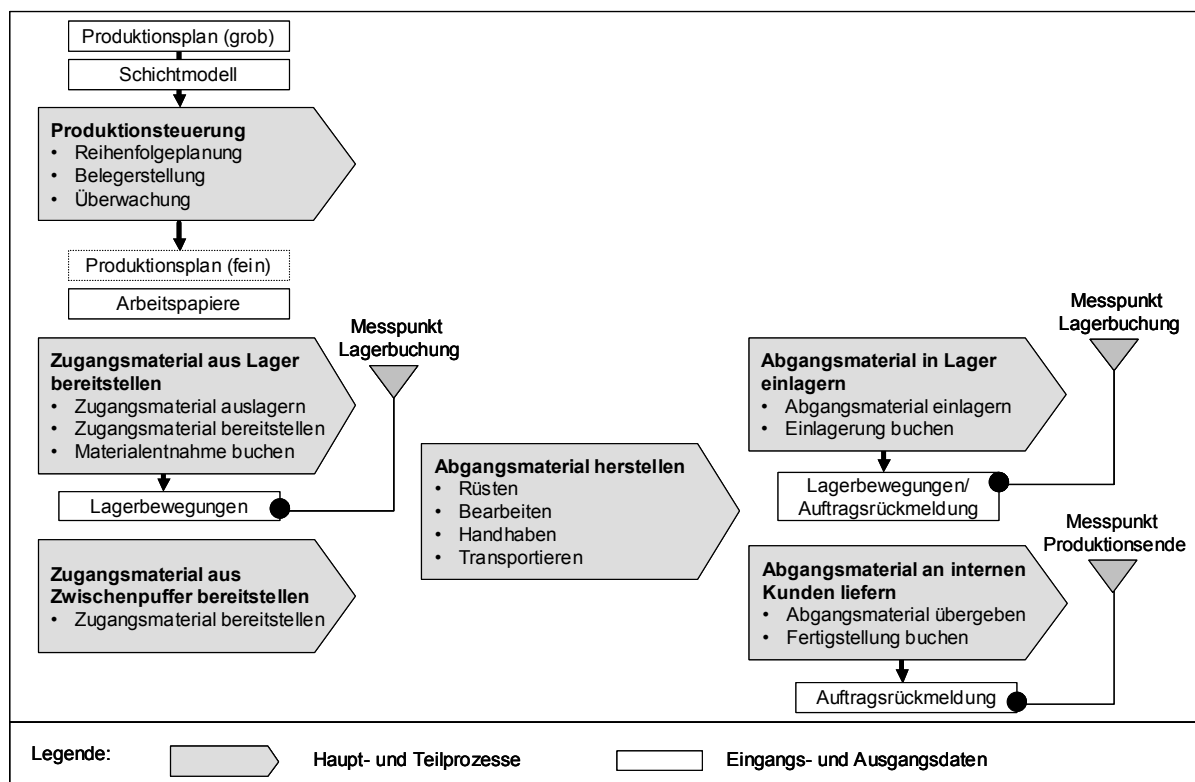


Abbildung 4-7: Haupt- und Teilprozesse der Prozesskategorie dezentrale Steuerung und Durchführung (Anwendungsfall MRP)

Der Hauptprozess Abgangsmaterial herstellen fasst die Teilprozesse Rüsten, Handhaben, Bearbeiten und Transportieren zusammen. Eine Trennung logistischer und technischer Prozesse innerhalb einer dezentralen Produktionseinheit ist aufgrund der räumlichen Nähe der einzelnen Arbeitsgänge und der geringen Arbeitsteilung nicht sinnvoll. Eine Rückmeldung einzelner Arbeitsgänge erfolgt in der betrieblichen Praxis prozessorientierter Produktion in der Regel nicht, so dass kein Messpunkt zur Erhebung von Kennzahlen zur Verfügung steht.

Analog zu den Hauptprozessen der Bereitstellung des Zugangsmaterials werden am Ende der Prozesskette je nach Konfiguration wiederum zwei alternative Haupt-

prozesse unterschieden. In beiden Fällen erfolgt in der Regel eine Rückmeldung in das ERP-System, so dass jeweils ein Messpunkt eingeführt wird.

#### 4.1.2.2 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der zentralen Planungsprozesse

Entsprechend dem Aufbau der Kennzahlensysteme erfolgt die Beurteilung der Qualität der zentralen Planungsprozesse zum einen durch die Erreichung der logistischen Ziele niedriger Bestand und hohe Auslastung. Zum anderen wird die Qualität der einzelnen Teilprozesse gemessen (vgl. Kapitel 4.1.1.3). Es wird vorausgesetzt, dass die Qualität der einzelnen Teilprozesse dann hoch ist, wenn sie die Erreichung der logistischen Ziele bestmöglich unterstützt. Dazu werden die folgenden Qualitätsmerkmale formuliert. Die Qualität der Planungsprozesse ist dann hoch, wenn:

- die Produktionspläne geringen Änderungen unterliegen und somit eine möglichst hohe Planstabilität vorliegt,
- für die dezentralen Produktionseinheiten zur Steuerung und Abarbeitung der einzelnen Produktionsaufträge eine möglichst lange Zeit zur Verfügung steht,
- eine möglichst gleichmäßige Planauslastung (unter 100 %) vorgegeben wird.

Neben diesen Qualitätsmerkmalen kann als weiterer Qualitätsaspekt der Planung die Richtigkeit der einzelnen Planungsdaten selbst genannt werden. In diesem Zusammenhang sind z. B. die Länge der verfügbaren Wiederbeschaffungszeit und die Höhe der Planauslastung zu nennen. Die Einhaltung dieser Qualitätsaspekte kann durch die Festlegung geeigneter Soll-Werte und deren Überprüfung im Rahmen des Soll-Ist-Vergleichs sichergestellt werden (vgl. Kapitel 4.3.1). Darüber hinaus ist die Qualität der Planung dann hoch, wenn sie die kundenseitig gestellten Forderungen bestmöglich unterstützt, d. h. die Grundlage für einen hohen Lieferservice gegenüber dem Kunden schafft. Zur Messung dieses Qualitätsmerkmals ist jedoch eine übergreifende Prozessbetrachtung durchzuführen. So ist in diesem Zusammenhang der Distributions- und je nach Kundenentkopplungspunkt der Beschaffungsprozess in die Betrachtung mit einzubeziehen. Da im Rahmen dieser Arbeit lediglich der Produktionsprozess betrachtet wird, ist dieses Qualitätsmerkmal nicht im Kennzahlensystem berücksichtigt. Entsprechende Kennzahlen zur Messung der Liefertreue gegenüber dem Kundenwunschtermin und zur Messung der Bestätigungsquote des Kundenwunschtermins sind im Rahmen von LogiBEST dem Prozess der Distribution zugeordnet worden [VDI00].

Das Kennzahlensystem zur Messung der Qualität der Planungsprozesse ist in der folgenden Abbildung dargestellt (Abbildung 4-8). Die Darstellung enthält neben den Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planungsprozesse die Rahmenkennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens. Im Folgenden werden die

Auswahl und die Definition der Kennzahlen zur Messung der Qualität der Planungsprozesse näher beschrieben. Die Erläuterung der Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen erfolgt in Kapitel 4.1.2.3. Die detaillierten und standardisierten Kennzahlendefinitionen sind dem Anhang A2 zu entnehmen.

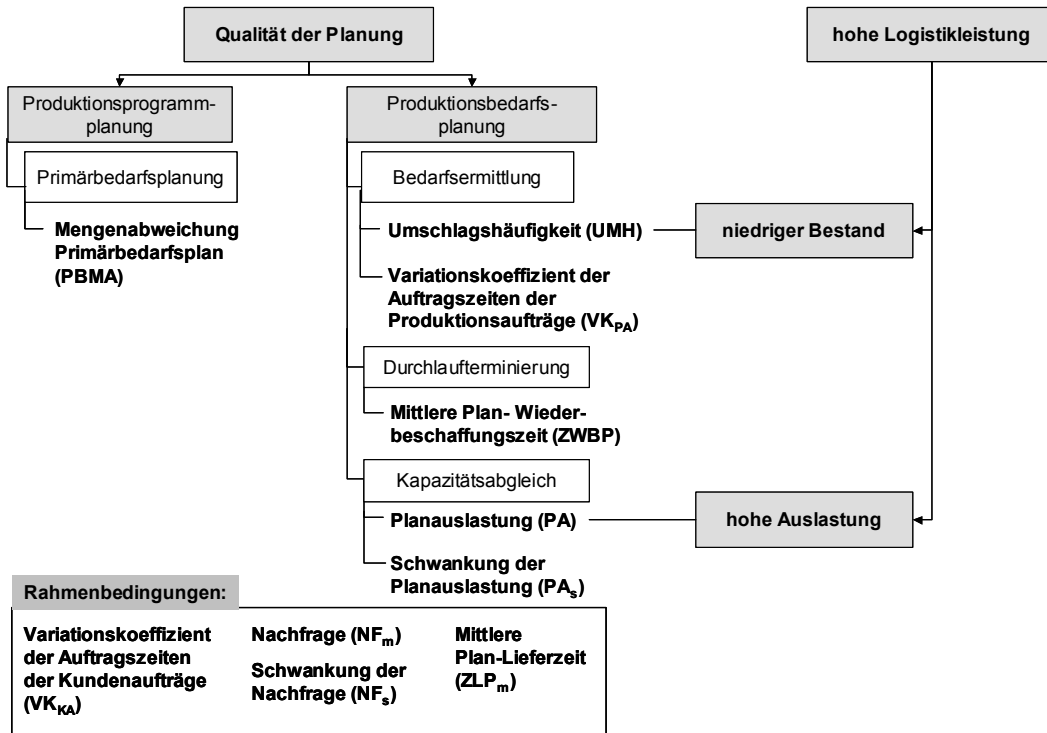


Abbildung 4-8: Kennzahlensystem zur Beurteilung der Prozesse der zentralen Planungsprozesse (Anwendungsfall MRP)

*Mengenabweichung Primärbedarfsplan - Beurteilung der Qualität des Teilprozesses Primärbedarfsplanung*

Ziel der Produktionsprogrammplanung ist es, die Primärbedarfsmenge der nächsten Planperiode zu prognostizieren und sie entsprechend dem Ressourcenbedarf zu planen. Gelingt es, im Rahmen der Absatzplanung den Primärbedarf möglichst gut zu prognostizieren, sind die Voraussetzungen für eine hohe Planungsqualität der darauf folgenden Haupt- und Teilprozesse geschaffen. Zur Beurteilung der Güte des Absatzplanes wird die Kennzahl Mengenabweichung Primärbedarfsplan je betrachteter Planungsperiode (PBMA) definiert.

$$PBMA = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Planmenge}_i - \text{Istmenge}_i)}{\sum_{i=1}^n \text{Planmenge}_i} \cdot 100 [\%] \tag{Gl. 4-1}$$

mit

n Anzahl verkaufsfähiger Artikel

Die Mengenabweichung Primärbedarfsplanung ist die prozentuale Abweichung des Istbedarfs von der Planmenge verkaufsfähiger Artikel (Primärbedarf). Gemäß der Definition kann die Kennzahl sowohl negative als auch positive Werte annehmen. Bei einer negativen Abweichung liegt die tatsächlich abgesetzte Menge eines Artikels (Istabsatz) über der Planmenge.

*Umschlagshäufigkeit und Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge - Beurteilung der Qualität des Teilprozesses Bedarfsermittlung*

Die Bedarfsermittlung als Teilprozess der Produktionsbedarfsplanung hat zur Aufgabe, ausgehend von den Kunden- bzw. Vertriebsaufträgen und den Beständen entlang der Wertschöpfungskette den Nettobedarf jedes Artikels in der Betrachtungsperiode zu ermitteln und entsprechende Produktionsaufträge zu bilden. Durch diesen Teilprozess werden die Bestände entlang der Wertschöpfungskette maßgeblich beeinflusst. Das Ziel eines geringen Bestandes wird u. a. aus zwei Gründen formuliert. Der Umlaufbestand stellt die wesentliche Steuerungsgröße der Produktionssteuerung dar [LOE01]. Durch den Umlaufbestand wird die Durchlaufzeit an den einzelnen Arbeitssystemen ebenso wie die Auslastung maßgeblich beeinflusst. Darüber hinaus wirken der Umlaufbestand und der Bestand an Roh- und Halbfertigwaren in den Lagern entlang der Wertschöpfungskette auf die Höhe der Kapitalbindung und damit auf die Logistikkosten. Im Rahmen des strategischen und taktischen Monitoring wird im Folgenden dem Kostenaspekt ein größerer Stellenwert eingeräumt, so dass zur Messung des Ziels eines geringen Bestandes der Kennzahl Umschlagshäufigkeit nach VDI4400 gefolgt wird [VDI00]. Die Umschlagshäufigkeit (UMH) wird wie folgt berechnet:

$$UMH = \frac{\text{Abgang Untersuchungsobjekt}}{\text{Mittlerer Zugangsbestand} + \text{Mittlerer Umlaufbestand}} \left[ \frac{1}{\text{Jahr}} \right] \quad (\text{Gl.4-2})$$

Der Abgang Untersuchungsobjekt ist der auf ein Jahr bezogene und zu anteiligen Herstellkosten bewertete Materialabgang der betrachteten dezentralen Produktionseinheit. Der mittlere Zugangsbestand ist der zu Materialkosten bewertete Lagerbestand aller Artikel, die Zugangsmaterialien der untersuchten dezentralen Produktionseinheit sind. Der mittlere Umlaufbestand ist der mittlere zu Herstellkosten bewertete Bestand an Halbfertigerzeugnissen. Zur Berechnung der Kennzahl werden je nach Prozesskonfiguration die Messpunkte Produktionsauftragsende<sub>Lieferant</sub> (bzw. Lagereinbuchung<sub>Lieferant</sub>) sowie Produktionsauftragsende (bzw. Lagereinbuchung) herangezogen.

Neben der Kennzahl Umschlagshäufigkeit wird die Kennzahl Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge zur Messung des Teilprozesses Bedarfsermittlung definiert. Der Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge beschreibt das Verhältnis der mittleren Auftragszeit zur Standard-



abweichung der Auftragszeit bezogen auf die Engpassmaschine der untersuchten dezentralen Produktionseinheit. Je geringer der Variationskoeffizient ist, desto besser sind die Arbeitsinhalte der einzelnen Produktionsaufträge aufeinander abgestimmt. Das vierte logistische Grundgesetz besagt, dass das logistische Potenzial einer Fertigung durch den Mittelwert und die Streuung der Arbeitsinhalte bestimmt wird [NYH99]. Je geringer die Arbeitsinhalte der einzelnen Produktionsaufträge und je besser ihre Werte aufeinander abgestimmt sind, desto besser kann das logistische Ziel einer geringen Durchlaufzeit erreicht werden.

Die Aussage des vierten logistischen Grundgesetzes kann mit Hilfe der Produktionskennlinie verdeutlicht werden (siehe Abbildung 4-9).

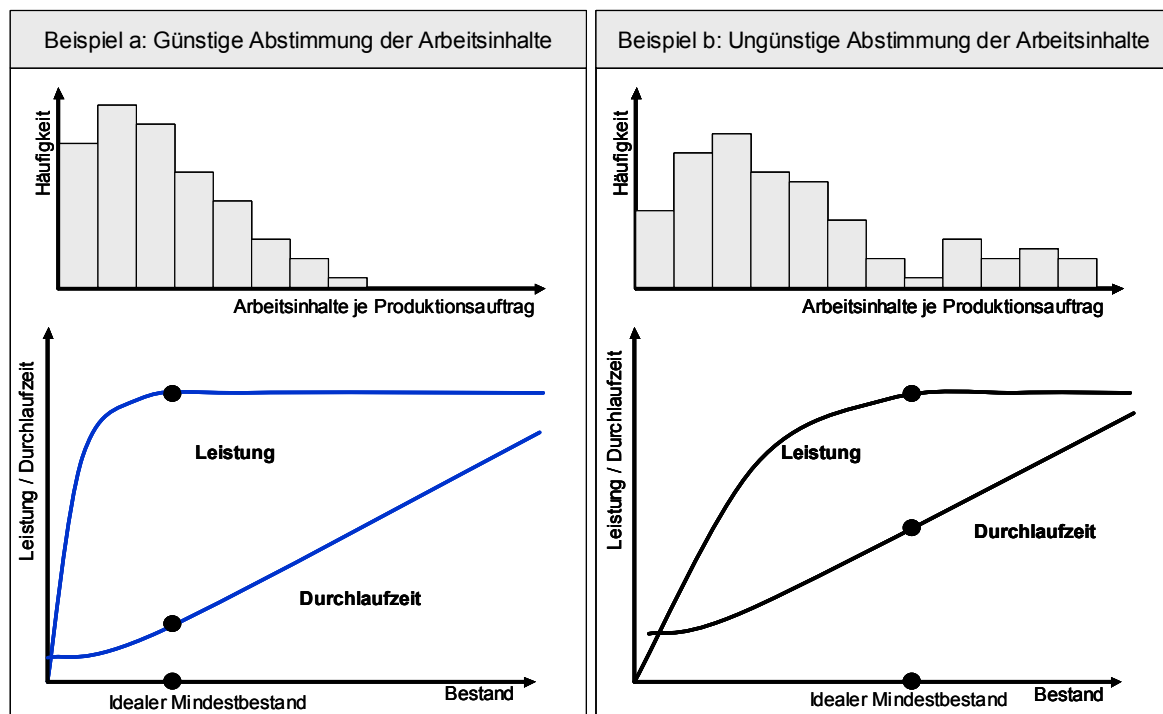


Abbildung 4-9: Qualitativer Einfluss der Streuung der Arbeitsinhalte am Beispiel der Produktionskennlinie [NHY99]

Das Beispiel a der Abbildung 4-9 weist im Vergleich zum Beispiel b eine geringere Streuung der Arbeitsinhalte je Produktionsauftrag auf. Bedingt durch die Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung ergeben sich unterschiedliche Formen der Leistungs- und Durchlaufzeitkennlinien (unterer Teil der Abbildung). Die Produktionskennlinie trägt die Leistung eines Arbeitssystems in Abhängigkeit des Bestands auf. Je steiler der Verlauf der Kennlinie ist, desto geringer sind der ideale Mindestbestand und die sich an diesem Betriebspunkt einstellende Durchlaufzeit.

Geht man davon aus, dass innerhalb einer dezentralen Produktionseinheit mehrere Varianten oder Artikel in einem mehrstufigen Produktionsprozess mit variierenden Durchführungszeiten hergestellt werden, so ist zu erwarten, dass sich für jede einzelne Arbeitsstation ein unterschiedlicher Wert für den Variationskoeffizienten

ergibt. Um den Aufwand bei der Kennzahlenberechnung so gering wie möglich zu gestalten, ist die Kennzahl für den Auftragsdurchlaufzeitengpass definiert. Der Auftragsdurchlaufzeitengpass beschreibt die Ressource, welche die Ziele eines hohen Durchsatzes und einer geringen Durchlaufzeit am stärksten beeinträchtigt. Dieser Engpass ist häufig aufgrund der Erfahrungen der Mitarbeiter der dezentralen Produktionseinheiten bekannt. Ansonsten bietet es sich an, den Engpass auf Basis von Einmalanalysen zu ermitteln [WIN01].

Der Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge ( $VK_{PA}$ ) wird wie folgt berechnet:

$$VK_{PA} = \frac{\text{Standardabweichung Auftragszeit}}{\text{Mittlere Auftragszeit}} \quad (\text{Gl. 4-3})$$

Zur Berechnung der Kennzahl wird auf die Daten des Messpunktes Produktionsplanung zurückgegriffen.

#### *Kennzahlen zur Messung der Qualität der Teilprozesse Durchlaufterminierung und Kapazitätsabgleich*

Ziel der Teilprozesse Durchlaufterminierung und Kapazitätsabgleich ist die Bestimmung der Planendtermine und der Planmengen je Produktionsauftrag. Dazu werden im Rahmen des Teilprozesses Durchlaufterminierung mittels eines Terminierungsverfahrens die Endtermine pro Produktionsauftrag und dezentraler Produktionseinheit ermittelt. Im Rahmen des Kapazitätsabgleichs werden je nach Belastungsprofil Maßnahmen zur Anpassung an die Planauslastung durchgeführt. Mögliche Anpassungen können durch Maßnahmen der Kapazitätsanpassung, der Belastungsanpassung oder des Belastungsabgleichs erfolgen [WIE97a]. Das Ergebnis dieser Teilprozesse ist der Produktionsplan, d. h., es liegen für die einzelnen Produktionsaufträge die Planmengen und Plantermine vor.

Entsprechend den Qualitätsmerkmalen der Planung ist die Qualität dieser Planungsprozesse dann hoch, wenn die Planbelastung über der Zeit möglichst gleichmäßig ist und die dezentralen Produktionseinheiten möglichst lange Zeit zur Steuerung und Produktion der einzelnen Produktionsaufträge zur Verfügung haben. Die Einhaltung der Qualitätsmerkmale wird im Folgenden durch die Kennzahlen Plan-Wiederbeschaffungszeit, mittlere Planauslastung und Streuung der Planauslastung beschrieben.

Die Kennzahl Plan-Wiederbeschaffungszeit ( $ZWBP_m$ ) wird wie folgt berechnet:

$$ZWB P_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZWB P_i}{n} \text{ [Tage]} \quad (\text{Gl. 4-4})$$

$ZWB P_i$  = Planendtermin<sub>i</sub> - Buchungsdatum Produktionsbedarfsplanung<sub>i</sub> [BKT]

mit

n      Anzahl Produktionsaufträge

Die Plan-Wiederbeschaffungszeit eines Produktionsauftrages beschreibt die Zeit, welche die dezentralen Produktionseinheiten zur Steuerung und Produktion zur Verfügung haben. Sie beginnt mit der Fertigstellung des Produktionsplanes und endet mit dem Planendtermin. Die zur Berechnung erforderlichen Daten werden über den Messpunkt Produktionsplanung ermittelt.

Die Kennzahl Planauslastung ist das Verhältnis von geplanter Leistung zur verfügbaren Leistung. Analog zu der Kennzahl Variationskoeffizient der Produktionsaufträge wird die Kennzahl auf den Auftragsdurchlaufzeitengpass der dezentralen Produktionseinheit bezogen.

$$PA = \frac{\text{Planleistung}}{\text{verfügbare Leistung}} \cdot 100 \text{ [\%]} \quad (\text{Gl. 4-5})$$

Die Planleistung ist die Summe der Auftragszeiten der Produktionsaufträge mit Planendtermin innerhalb der Betrachtungsperiode. Die Summe der Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsgangs der Engpassressource.

Zur Ermittlung der verfügbaren Leistung stehen verschiedene Alternativen zur Verfügung. Zum einen kann sie auf Basis des tatsächlich geplanten Schichtmodells ermittelt werden. Zum anderen kann sie auf eine theoretische Verfügbarkeit von z. B. 24 Stunden pro Tag bezogen werden. Die letztere Vorgehensweise hat den Vorteil, dass bei häufigen Änderungen des Schichtmodells und bei einem flexiblen Arbeitszeitmodell die Kennzahlenberechnung vereinfacht wird und dass bei einem Zeitreihenvergleich die Basis konstant bleibt. Damit wird die Interpretation von Zeitreihen vereinfacht. Darüber hinaus zeigt sie hinsichtlich des Ziels einer hohen Auslastung das maximale Potenzial zur Anlagennutzung eher auf, als dies bei einer schichtbezogenen Kennzahlenerhebung der Fall ist.

Mit der Kennzahl Schwankung der Planauslastung wird gemessen, inwieweit es gelingt, eine möglichst konstante Planbelastung innerhalb der Betrachtungsperiode zu verwirklichen. Zur Berechnung der Kennzahl ist es erforderlich, die Betrachtungsperiode in Teilperioden zu untergliedern und entsprechend die Planauslastung je Teilperiode zu berechnen. Die Kennzahl wird wie folgt berechnet:

$$PA_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Planauslastung}_i - \text{mittlere Planauslastung})^2}{n}} \quad [\%] \quad (\text{Gl. 4-6})$$

mit

n Anzahl der Teilperioden innerhalb der Betrachtungsperiode

Die Schwankung der Planauslastung ist die Standardabweichung der Planauslastung innerhalb der Betrachtungsperiode. Die Kennzahl wird ebenfalls auf die Auftragsdurchlaufzeitengpassressource bezogen. Die mittlere Planauslastung ist das arithmetische Mittel der Planauslastung über die Teilperioden der Betrachtungsperiode.

#### 4.1.2.3 Kennzahlen zur Beurteilung der Rahmenbedingungen

Die Kennzahlen zur Ermittlung der Rahmenbedingen dienen dazu, das Kundenverhalten zu messen. Sie basieren auf den Plandaten der Kundenaufträge. Diese Daten werden im Rahmen der Kundenauftragsbearbeitung in der Regel in das ERP-System eingegeben. Mit der Messung des Kundenverhaltens werden zwei Ziele verfolgt. Einerseits soll durch die Entwicklung der marktseitig gestellten Anforderungen an den Produktionsprozess deutlich werden. Die Kenntnis über die marktseitige Entwicklung soll bei der Beurteilung der eigenen Logistikstrategie im Rahmen des strategischen Produktionsmanagements einen wichtigen Beitrag leisten (vgl. Kapitel 4.4.1). Andererseits dienen die Kennzahlen dazu, die Beurteilung der Qualität der Planungsprozesse zu unterstützen. Dazu werden sie den Kennzahlen zur Beurteilung der Planungsprozesse gegenübergestellt (Abbildung 4-10).

Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung	Kennzahlen zur Beurteilung der Rahmenbedingungen
Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge ( $VK_{PA}$ )	Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge ( $VK_{KA}$ )
Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit ( $ZWBP_m$ )	Mittlere Plan-Lieferzeit ( $ZLP_m$ )
Schwankung der Planauslastung ( $PA_s$ )	Schwankung der Nachfrage ( $NF_s$ )

Abbildung 4-10: Gegenüberstellung von Kennzahlen zur Beurteilung der Planung und der Rahmenbedingungen

Durch einen Vergleich von marktseitig gestellten Anforderungen (Rahmenkennzahlen) mit den durch den Planungsprozess abgeleiteten Anforderungen an den Produktionsprozess (Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung) soll somit ein erhöhtes Verständnis über die Qualität der Planung erzielt werden. Je besser es gelingt, die marktseitig gestellten Anforderungen an den

Produktionsprozess im Sinne der Qualitätsmerkmale der Planung zu überführen, desto höher ist die Qualität der Planungsprozesse einzustufen.

Damit die Kennzahlen zur Beurteilung des Kundenverhaltens den Kennzahlen zur Messung der Qualität der Planung sinnvoll gegenübergestellt werden können, ist es erforderlich, dass die Bezugsgrößen der Kennzahlen übereinstimmen.

So ist die Kennzahl Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge analog zu der Kennzahl Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge ( $VK_{PA}$ ) auf die jeweilige Engpassmaschine der dezentralen Produktionseinheiten zu beziehen. Die Kennzahl Variationskoeffizient der Kundenaufträge ( $VK_{KA}$ ) wird wie folgt berechnet:

$$VK_{KA} = \frac{\text{Standardabweichung Auftragszeit}_{KA}}{\text{Mittlere Auftragszeit}_{KA}} [-] \quad (\text{Gl. 4-7})$$

Für den Fall, dass es sich bei dem betrachteten Produktionsprozess um mehrstufige Produkte handelt, muss die Sollmenge laut Kundenauftrag in die entsprechende Menge an Bauteilen überführt werden. Sollte der Variationskoeffizient der Arbeitsinhalte größer als der Variationskoeffizient der Kundenaufträge sein, wird unter Berücksichtigung des vierten logistischen Grundgesetzes deutlich, dass die Möglichkeiten zur Erreichung einer hohen logistischen Leistung durch den Planungsprozess erschwert werden.

Mit der Kennzahl Nachfrage wird der Kapazitätsbedarf deutlich. Die Nachfrage ist dabei auf die Arbeitsinhalte der jeweiligen dezentralen Produktionseinheiten zu beziehen. Die Berechnung erfolgt mit folgender Formel:

$$NF = \sum_{i=1}^n \text{Auftragszeiten}_i \quad (\text{Gl. 4-8})$$

mit

$n$  Anzahl Kundenaufträge je Teilperiode

Die Kennzahl Schwankung der Nachfrage ( $NF_s$ ) dient als Rahmenwert zur Beurteilung der erforderlichen Kapazitätsflexibilität. Darüber hinaus kann durch die Gegenüberstellung der marktseitig geforderten Kapazitätsflexibilität mit der Schwankung der Planauslastung die Qualität der Planung beurteilt werden. Gelingt es, im Rahmen der Planung die Bedarfsschwankungen zu glätten, ist dies für die gleichmäßige Auslastung der Produktion vorteilhaft. Im Gegenzug kann es z. B. durch das Zusammenfassen von Kundenaufträgen im Rahmen der Bedarfsrechnung zu Planauslastungsspitzen kommen, die erhebliche Schwierigkeiten in der Produktion auslösen. Diese Schwierigkeiten sind durch die Planung induziert. Damit die Kennzahl Schwankung der Nachfrage mit der korrespondierenden Kennzahl Schwankung der Planauslastung vergleichbar ist, sind die Arbeitsinhalte der

Kundenaufträge auf die jeweilige dezentrale Produktionseinheit zu beziehen. Zur Berechnung der Kennzahl ist es erforderlich, die Betrachtungsperiode in Teilperioden zu zerlegen und die Nachfrage je Teilperiode zu ermitteln. Die Berechnungsformel ergibt sich analog zur Gleichung Gl. 4-6 zu:

$$NF_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Nachfrage}_i - \text{Mittlere Nachfrage})^2}{n}} \quad [\%]; \quad (\text{Gl. 4-9})$$

mit

n Anzahl Teilperioden innerhalb der Betrachtungsperiode

Die Planlieferzeit beschreibt die Zeit, die zwischen dem Beginn der Kundenauftragsbearbeitung und dem Planliefertermin des Kundenauftrages liegt. Je kürzer diese Zeitspanne ist, desto höher ist die Anforderung an die Reaktionsfähigkeit des kompletten Auftragsabwicklungsprozesses. Dies beinhaltet sowohl die planerischen als auch die durchführenden Prozesse. Je nach Entwicklung der geforderten Lieferzeit sind gegebenenfalls strategische Entscheidungen hinsichtlich des Kundenentkopplungspunktes, des Standortes etc. zu treffen. Die Formel zur Berechnung der Planlieferzeit ( $ZLP_m$ ) lautet wie folgt:

$$ZLP_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZLP_i}{n} \quad [\text{BKT}] \quad (\text{Gl. 4-10})$$

$$ZLP_i = \text{Planliefertermin} - \text{Buchungsdatum Kundenauftragserfassung} \quad [\text{BKT}] \quad (\text{Gl. 4-11})$$

mit

n Anzahl Kundenaufträge

Durch einen Vergleich der Plan-Lieferzeit und der Plan-Wiederbeschaffungszeit wird deutlich, in welchem Umfang die Lieferzeit durch den Planungsprozess beansprucht wird. Der verfügbare Anteil der Plan-Lieferzeit für den Produktions- und Distributionsprozess wird durch den Planungsprozess selbst und durch die Dispositionsentscheidungen verkürzt. So kann insbesondere die Zusammenfassung von Kundenbedarfen zu Produktionsaufträgen zu vorgezogenen Planendterminen führen. Dadurch werden einerseits vergrößerte Produktionslose gebildet und andererseits wird die verfügbare Lieferzeit für den Produktionsprozess eingeschränkt.

#### 4.1.2.4 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse

Die Abbildung 4-11 zeigt das Kennzahlensystem zur Beurteilung der Qualität des Steuerungsprozesses sowie der Zielerreichung geringe Durchlaufzeit und hoher Lieferservice.

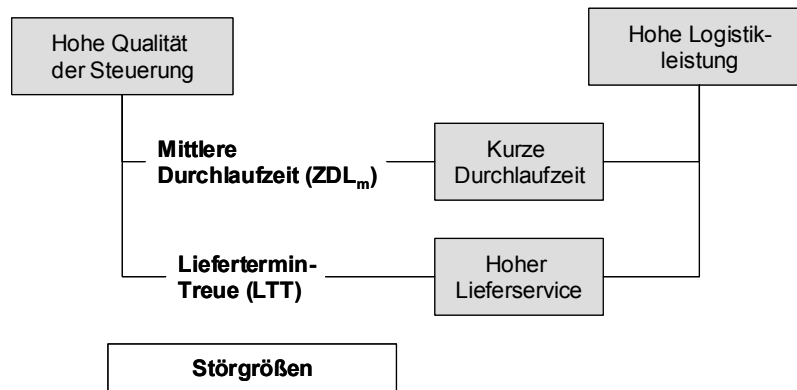


Abbildung 4-11: Kennzahlensystem zur Beurteilung der dezentralen Steuerungs- und Produktionsprozesse (Anwendungsfall MRP)

Zur Messung des Ziels kurze Durchlaufzeit wird die Kennzahl Mittlere Durchlaufzeit vorgeschlagen. Die Messung des Ziels hoher Lieferservice erfolgt auf Basis der Kennzahl Liefertermintreue. Im Folgenden werden die Auswahl der Kennzahlen sowie deren Definition näher erläutert. Die detaillierten Definitionen sind im Anhang aufgeführt. Die Kennzahlen zur Messung der Störgrößen werden in Kapitel 4.1.2.5 beschrieben.

##### *Liefertermintreue zur Beurteilung des Ziels hoher Lieferservice*

Eine wichtiges logistisches Ziel ist es aus Sicht einer dezentralen Produktionseinheit, die Produktionsaufträge liefertermintreu an den (internen) Kunden abzuliefern. Die Kennzahl Liefertermintreue ist der Prozentsatz der durch die dezentrale Produktionseinheit termingerecht produzierten Produktionsaufträge. Die Berechnung der Liefertermintreue erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 4400 wie folgt [VDI00]:

$$LTT = \frac{\text{Anzahl termingerechter Produktionsaufträge}}{\text{Anzahl Produktionsaufträge}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-12})$$

Zur Berechnung der Kennzahl werden die Plantermine der abgearbeiteten Produktionsaufträge mit dem Isttermin verglichen. Grundlage sind die Daten des Messpunktes Produktionsplanung und Produktionsauftragsende bzw. Lagerbuchung. Zur Berechnung der Kennzahl ist es erforderlich, die zulässige Abweichung des Isttermins vom Plantermin festzulegen (vgl. Kapitel 4.2.1).

##### *Mittlere Durchlaufzeit - Beurteilung des Ziels geringe Durchlaufzeit*

Zur Messung des Ziels geringe Durchlaufzeit wird die Kennzahl Mittlere Durchlaufzeit vorgeschlagen. Die Mittlere Durchlaufzeit ist das arithmetische Mittel der Durchlaufzeiten der abgearbeiteten Produktionsaufträge. Die Durchlaufzeit eines Produktionsauftrages ist die Zeit in Betriebskalendertagen, die zwischen dem Auftragseinstoß (Produktionsauftragsstart) und dem Produktionsauftragsende liegt. Die Durchlaufzeit beinhaltet damit die Durchführungszeiten und Übergangszeiten. Dementsprechend gilt:

$$ZDL_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZDL_i}{n} \text{ [BKT]} \quad (\text{Gl. 4-13})$$

$$ZDL_i = \text{Produktionsauftragsende}_i - \text{Produktionsauftragsstart} \text{ [BKT]} \quad (\text{Gl. 4-14})$$

mit

$ZDL_i$  Durchlaufzeit des Produktionsauftrages  $i$   
 $n$  Anzahl Produktionsaufträge

Zur Erfassung des Zeitpunktes des Auftragseinstoßes stehen zwei alternative Messpunkte zur Verfügung. Für den Fall, dass die Zugangsmaterialien aus einem Lager bezogen werden, wird der Messpunkt Lagerausbuchung des Hauptprozesses „Zugangsmaterial aus Lager bereitstellen“ zur Messung des Auftragseinstoßes herangezogen. (Voraussetzung zur Messung der Durchlaufzeit auf Basis von Lagerbuchungen ist, dass zwischen der Lagerbuchung und dem jeweiligen Produktionsauftrag eine datentechnische Beziehung besteht.) Bei einer direkten Kopplung zwischen den dezentralen Produktionseinheiten gilt der Zeitpunkt der Produktionsauftragsendemeldung der vorangegangenen Produktionseinheit als Auftragseinstoß. Abbildung 4-12 zeigt die beiden unterschiedlichen Fälle bzgl. des Auftragseinstoßes. Der Zeitpunkt des Auftragendes ist unabhängig von der Prozesskonfiguration durch die Fertigmeldung des Auftrages im ERP-System gekennzeichnet (Messpunkte Produktionsauftragsende oder Lagereinbuchung). In Abbildung 4-12 wird das Auftragsende durch den Hauptprozess Abgangsmaterial an (internen) Kunden abliefern repräsentiert.

Geht man davon aus, dass im Fall b trotz direkter Kopplung ein Pufferlager zwischen den dezentralen Produktionseinheiten vorgesehen ist, wird deutlich, dass die beiden Fälle nicht vollkommen miteinander übereinstimmen, da die Liegezeiten des Pufferlagers im Fall b mit in die Durchlaufzeit eingerechnet werden. Die Liegezeiten im Lager aus Fall a sind jedoch nicht Bestandteil der Durchlaufzeit. Diese Inkonsistenz ist bei einem Leistungsvergleich verschiedener dezentraler Produktionseinheiten zu berücksichtigen.



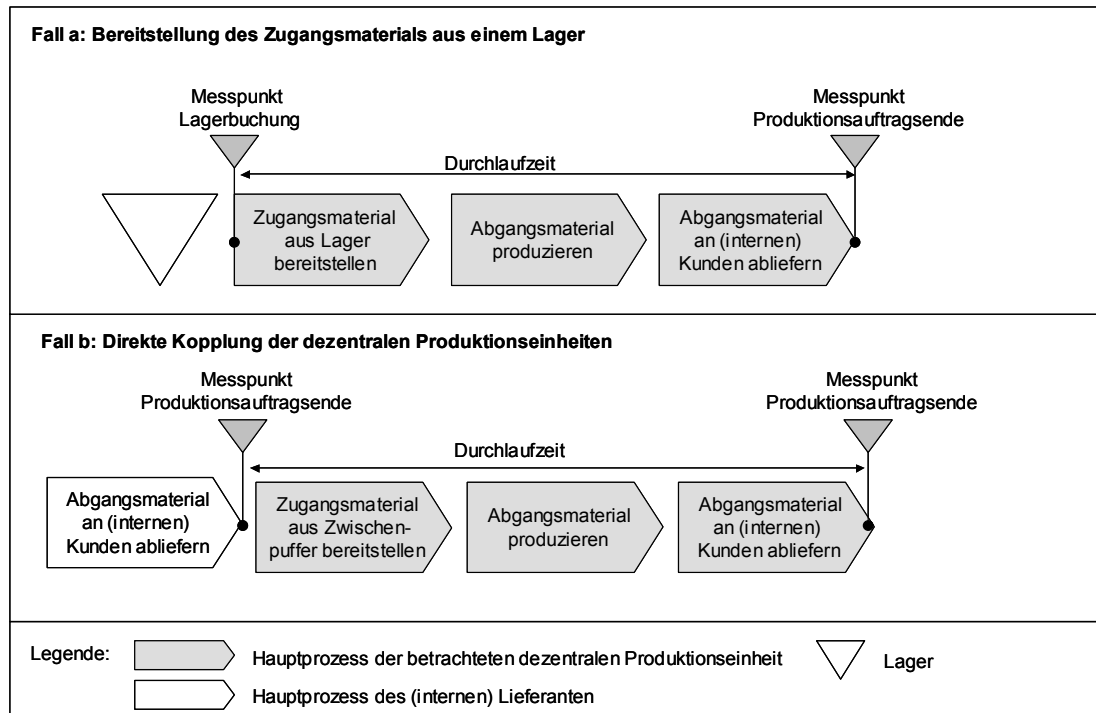


Abbildung 4-12: Messpunkte zur Ermittlung der Auftragsdurchlaufzeit

Für den Fall, dass die betreffende dezentrale Einheit mehrere Zugangsmaterialien zur Produktion der Abgangsmaterialien benötigt, beginnt die Messung der Durchlaufzeit nach VDI4400 mit dem frühesten Auftragseinstoß [VDI00].

#### 4.1.2.5 Kennzahlen zur Messung von Störgrößen

Eine wesentliche Voraussetzung zur Erreichung der logistischen Ziele ist, dass die zur Produktion benötigten Ressourcen und Materialien zur Verfügung stehen. So kann z. B. durch eine mangelnde Materialverfügbarkeit oder durch Maschinenausfälle insbesondere des Auftragsdurchlaufengpasses der Produktionsprozess nachhaltig gestört werden. Neben der Verfügbarkeit von Material und Ressourcen können Qualitätsmängel zu Nacharbeit oder Ausschuss führen und die Durchlaufzeiten verlängern und den Lieferservice verschlechtern. Mit Hilfe eines kontinuierlichen Monitoring dieser Störgrößen sollen systematische Problemfelder aufgedeckt und Maßnahmen zur gezielten Verbesserung eingeleitet werden können. Abbildung 4-13 zeigt das Kennzahlensystem zur Messung der Störgrößen. Die Ordnungskriterien zur Systematisierung der Kennzahlen sind die Zielgrößen hohe Materialverfügbarkeit, hohe Maschinenverfügbarkeit sowie das Ziel hohes Qualitätsniveau.

Zur Erfassung der Verfügbarkeit des Zugangsmaterials werden die Kennzahlen Liefertermintreue Zulieferer und Einhaltung Mindestbestand unterschieden. Für den Fall, dass die jeweilige dezentrale Produktionseinheit das Zugangsmaterial aus einem Lager bezieht, d. h. Kunde und Lieferant voneinander entkoppelt sind, wird die

Kennzahl Einhaltung Mindestbestand eingeführt. Die Kennzahl Liefertreue Lieferant dient zur Messung der Materialverfügbarkeit bei einer direkten Kopplung zwischen zwei dezentralen Produktionseinheiten

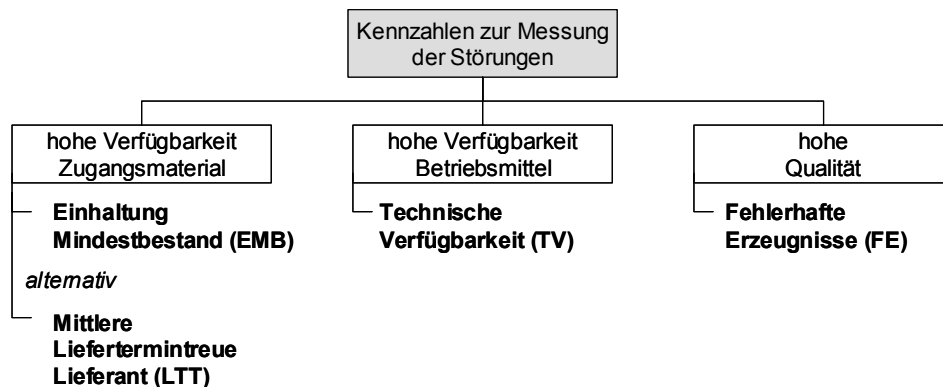


Abbildung 4-13: Kennzahlensystem zur Messung von Störgrößen

Die Kennzahl Einhaltung Mindestbestand (EMB) ist nach VDI4400 wie folgt definiert [VDI00]:

$$\text{EMB} = \frac{\text{Anzahl Tage ohne Bestandsunterschreitung}}{\text{Betrachtungszeitraum}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-15})$$

Die Kennzahl misst die Anzahl der Tage im Betrachtungszeitraum, an denen ein festzulegender Mindestbestand im Zugangslager nicht unterschritten wird, d. h., je höher die Ausprägung der Kennzahl ist, desto besser ist die Materialverfügbarkeit. Zur Berechnung der Kennzahl ist es erforderlich, einen Mindestbestand festzulegen (vgl. Kapitel 4.2.1). Zur Erhebung der Kennzahlen werden die Messpunkte Lagereinbuchung (durch internen Lieferanten) und Lagerausbuchung herangezogen.

Die Kennzahl Liefertreue ist analog zu der Kennzahl mittlere Lieferterminabweichung (Gl. 4-12) definiert. Für den Fall, dass ein interner Lieferant einen Artikel für mehrere Kunden produziert, sind die Produktionsaufträge derart zu kennzeichnen, dass eine Zuordnung der einzelnen Produktionsaufträge zu den Kunden ermöglicht wird.

Die Messung der technischen Verfügbarkeit (TV) erfolgt nach VDI 3425 Entwurf wie folgt [VDI98]:

$$\text{TV} = \left(1 - \frac{\text{Technische Ausfallzeit}}{\text{Belegungszeit}}\right) \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-16})$$

Die Belegungszeit ist der Zeitanteil, der planmäßig für die Belegung der Anlage vorgesehen ist. Dies beinhaltet die Nutzungszeit, die organisatorische Ausfallzeit (Stillstände durch z. B. Materialmangel), die technische Ausfallzeit sowie die Wartungszeit.

Die Überprüfung der Beschaffenheit der hergestellten Erzeugnisse erfolgt in der Regel im Rahmen der Selbstprüfung durch die Gruppen der dezentralen Produktionseinheiten. Liegt die Beschaffenheit außerhalb der Toleranz, so kommt es entweder zu Ausschuss oder zu Nacharbeit. Durch die Nacharbeit wird die Durchlaufzeit zur Bearbeitung des Produktionsauftrages verlängert. Das Gleiche gilt, wenn die Ausschusserzeugnisse durch neue ersetzt und damit „nachproduziert“ werden müssen. Eine systematische und EDV-unterstützte Erfassung dieser zusätzlich benötigten Zeit ist in der Regel sehr aufwendig, da entweder neue Produktionsaufträge erstellt oder die zusätzlichen Arbeitsgänge explizit auf die einzelnen Produktionsaufträge gebucht werden müssten. Eine Kennzahl, welche die zusätzliche Zeit erfasst, wird aus diesem Grunde im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgeschlagen. Als Ersatzgröße wird die Kennzahl Fehlerhafte Teile vorgeschlagen.

$$FE = \frac{\text{Anzahl fehlerhafter Teile}}{\text{Istmenge}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-17})$$

Die Istmenge ist die fertig gestellte und abgemeldete Produktionsmenge im Betrachtungszeitraum. Ein Teil wird als fehlerhaft bezeichnet, wenn die Beschaffenheit des jeweiligen Erzeugnisses außerhalb der Toleranz liegt. Ausschuss und Nacharbeit gehen damit gleichwertig in die Kennzahl ein.

#### 4.1.3 Lagerproduktion nach der KANBAN-Steuerung

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt das Referenzprozessmodell für den Anwendungsfall MRP-Steuerung beschrieben wurde, folgen nun die Prozessbeschreibung und die Kennzahlen zur Modellierung der prozesskettenorientierten Produktion bei einer KANBAN-Steuerung.

##### 4.1.3.1 Prozessbeschreibung

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Anwendungsfällen MRP und KANBAN liegen in der Bildung der internen Kunden-Lieferanten-Beziehungen und den damit verbundenen Unterschieden in den Planungsprozessen.

Für die Prozesskategorie zentrale Planung werden für den Anwendungsfall einer KANBAN-Steuerung im Folgenden die Hauptprozesse Produktionsprogrammplanung und Auslegung KANBAN-Regelkreis unterschieden. Der Hauptprozess der Produktionsprogrammplanung entspricht dem gleichnamigen Prozess einer MRP-Steuerung. Der Hauptprozess Auslegung KANBAN-Regelkreis hat zur Aufgabe, die zwischen den einzelnen dezentralen Produktionseinheiten vorliegenden Regelkreise in Abhängigkeit vom Bedarfs und der Produktionskapazität zu dimensionieren [BUR97].

Aufgabe der dezentralen Produktionseinheiten ist es, die Hauptprozesse der Produktionssteuerung, der Bereitstellung des Zugangsmaterials, den technischen Herstellungsprozess sowie die Ablieferung der fertig gestellten Erzeugnisse zu übernehmen. Zur Beschreibung der prozesskettenorientierten Produktion bei einer KANBAN-Steuerung werden die folgenden Hauptprozesse unterschieden:

zentraler Planungsprozess

- Produktionsprogrammplanung
- Auslegung KANBAN-Regelkreis

dezentraler Steuerungs- und Produktionsprozess

- Zugangsmaterial aus (KANBAN-) Lager bereitstellen
- Abgangsmaterial herstellen
- Abgangsmaterial in KANBAN-Lager bereitstellen

In der Abbildung 4-14 sind die Hauptprozesse in ihrer zeitlichen Abfolge dargestellt.

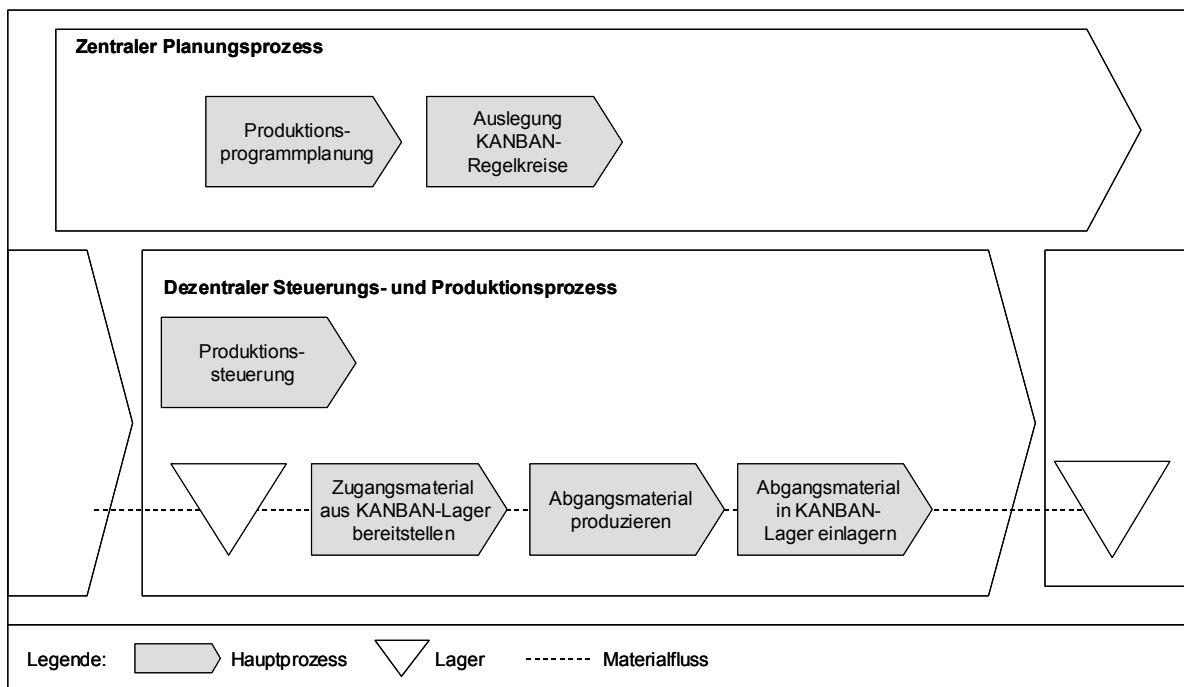


Abbildung 4-14: Hauptprozesse einer nach dem KANBAN-Verfahren gesteuerten Prozesskette

In der Darstellung ist je ein Lager für das Zugangs- und Abgangsmaterial vorgesehen. Dies bedingt sich durch die Steuerung der Kunden-Lieferanten-Beziehungen zwischen den dezentralen Produktionseinheiten über die KANBAN-Karten und dem damit verbundenen KANBAN-Lager.

Die Abbildung 4-15 zeigt die Haupt- und Teilprozesse der zentralen Planungsprozesse. Der Hauptprozess Auslegung KANBAN-Regelkreis besteht aus den Teilprozessen Bedarfsplanung, Pufferdimensionierung, Ein- und Aussteuerung von KANBANs sowie der Kapazitätsplanung. Ziel der Bedarfsplanung ist die Ermittlung des mittel- und kurzfristigen Bedarfs. Sie stützt sich entweder auf Prognoseverfahren

oder auf Kundenaufträge [BUR97]. Ergebnis der Bedarfsplanung ist ein Quotenplan, der Planverbrauch pro Artikel und Periode festlegt [WIL98]. Im Rahmen der Pufferdimensionierung ist es erforderlich, den Bestand in Anzahl Teile je Artikel des jeweiligen Regelkreises festzulegen. Der Bestand ergibt sich aus der Anzahl der Behälter und dem Behälterinhalt. Wesentliche Kriterien zur Ermittlung des Bestandes sind die Wiederbeschaffungszeit durch den internen Lieferanten, ein Sicherheitsbestand und der Periodenbedarf [WIL98, BUR97]. Im Rahmen der Auslegung werden dementsprechend Standardwiederbeschaffungszeiten festgelegt. Produktionsauftragsspezifische Mengen- und Terminvorgaben, wie dies beim MRP-Verfahren der Fall ist, werden nicht geplant. Demgemäß fallen im Rahmen der Planung keine Plandaten zur Kennzahlenberechnung an.

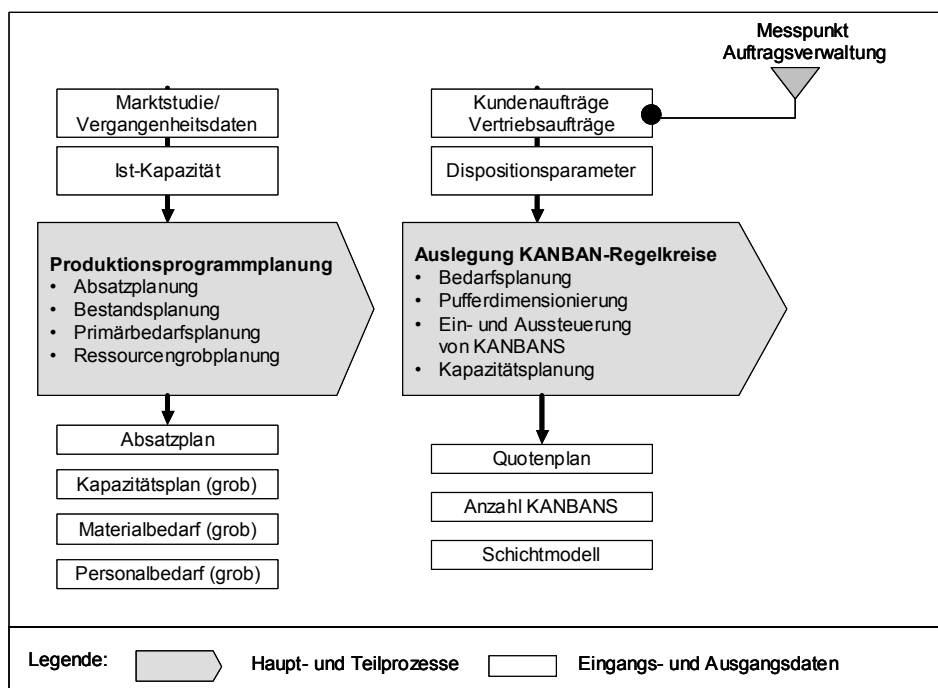


Abbildung 4-15: Haupt- und Teilprozesse der Prozesskategorie zentrale Planung (Anwendungsfall KANBAN)

Der Messpunkt Auftragsverwaltung ist mit dem des Anwendungsfalls MRP-Steuerung identisch.

Die Haupt- und Teilprozesse der dezentralen Steuerungs- und Produktionsprozesse sind in Abbildung 4-16 dargestellt. Im Vergleich zum Anwendungsfall einer MRP-Steuerung sind die Teilprozesse der Produktionssteuerung bei dem KANBAN-Verfahren weniger komplex. Diese verhältnismäßig geringe Komplexität von Prozessketten, die nach dem KANBAN-Verfahren gesteuert werden, sind insbesondere durch die Anwendungsvoraussetzungen begründet. Die wesentlichen Erfolgsfaktoren für den Einsatz von KANBANS sind geringe Schwankungen der Arbeitsinhalte, geringe Rüstzeiten sowie ein verhältnismäßig kleines Teilespektrum [GUE00]. Der Hauptprozess der Produktionssteuerung besteht aus den Teil-

prozessen Maschinenbelegung, Reihenfolgeplanung und Auftragsüberwachung, wobei die Reihenfolgeplanung nur dann relevant ist, wenn eine dezentrale Produktionseinheit über mehrere (interne) Kunden verfügt und diese zeitgleich Produktionsaufträge in Form von KANBANs auslösen.

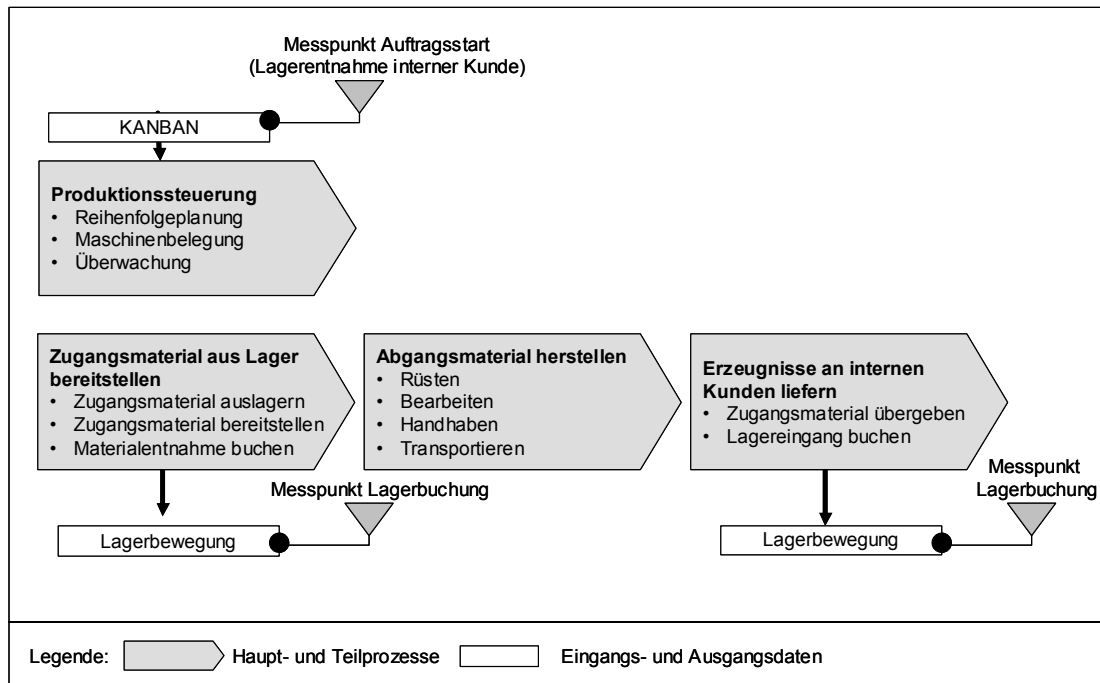


Abbildung 4-16: Haupt- und Teilprozesse der Prozesskategorie dezentrale Steuerung und Produktion (Anwendungsfall KANBAN)

Zur Ermittlung von Kennzahlen zur Leistungsmessung werden die Messpunkte Lagerein- und Lagerausbuchung am Anfang und Ende der Prozesskette eingeführt. Darüber hinaus kann der Zeitpunkt der Auslagerung des internen Kunden als Zeitpunkt des Auftragseinstoßes und somit als Auftragsstart verstanden werden.

#### 4.1.3.2 Kennzahlen zur Beurteilung der zentralen Planungsprozesse

Ziel des Planungsprozesses einer KANBAN-Steuerung ist es, die Voraussetzungen für einen reibungslosen Ablauf des Produktionsprozesses zu schaffen. Die Hauptaufgabe besteht in der Dimensionierung der Regelkreise. Ein unmittelbarer Einfluss auf die Produktionsmengen und -termine wird durch den Planungsprozess, wie dies bei dem Steuerungsverfahren des MRP-Verfahrens der Fall ist, nicht genommen. Dementsprechend weichen die Qualitätsmerkmale, die zur Beurteilung der Planung herangezogen werden, bei einer KANBAN-Steuerung von denen beim Anwendungsfall einer MRP-Steuerung ab. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Qualität der Planung einer KANBAN-Steuerung dann hoch ist, wenn es gelingt, die Voraussetzungen für eine dezentrale Abwicklung der Kundenbedarfe über die Kunden-Lieferanten-Beziehung zu schaffen. Dies ist der Fall, wenn:

- das Kapazitätsangebot der einzelnen dezentralen Produktionseinheiten aufeinander abgestimmt ist.
- durch den Bestand sowohl Bedarfsschwankungen als auch Störungen ausgeglichen werden, ohne dass die Ziele einer geringen Kapitalbindung und einer geringen Durchlaufzeit vernachlässigt werden.

Die folgende Abbildung zeigt das Kennzahlensystem zur Messung der Qualität der Planung sowie zur Messung der Ziele niedriger Bestand und hohe Auslastung (vgl. Abbildung 4-17).

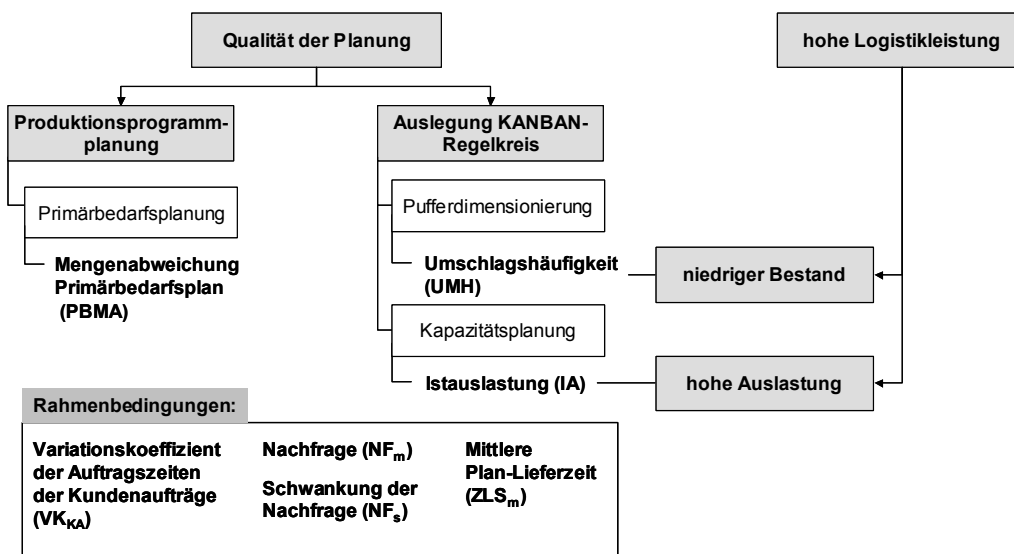


Abbildung 4-17: Kennzahlensystem zur Beurteilung der zentralen Planungsprozesse (Anwendungsfall KANBAN)

Die Darstellung enthält neben den Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung die Kennzahlen zur Beurteilung der Rahmenbedingungen. Sie stimmen mit den Kennzahlen aus Kapitel 4.1.2.3 überein. Eine Gegenüberstellung der Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen und der Kennzahlen zur Messung der Planungsqualität, wie dies bei einer MRP-Steuerung vorgeschlagen wird, entfällt, da im Rahmen der Planungsprozesse keine Überführung der Kundenaufträge in Produktionsaufträge erfolgt. Die Kennzahlen dienen jedoch zur Überprüfung strategischer Fragestellungen.

#### *Abweichung Primärbedarfsplan zur Messung der Qualität des Teilprozesses Primärbedarfsplanung*

Der Hauptprozess Produktionsprogrammplanung einer KANBAN-Steuerung weicht nicht von dem der MRP-Steuerung ab. Dementsprechend dient die Kennzahl Mengenabweichung Primärbedarfsplan ebenso zur Messung der Qualität dieses Hauptprozesses (vgl. Gleichung 4-1).

### *Kennzahlen zur Messung der Qualität der Teilprozesse Pufferdimensionierung und Kapazitätsplanung*

Ziel des Hauptprozesses der Auslegung des KANBAN-Regelkreises ist es u. a., die Pufferdimensionierung sowie die Kapazitätsplanung vorzunehmen. Im Rahmen der Pufferdimensionierung wird die Anzahl der KANBAN-Karten ermittelt und damit der Bestand im System bestimmt. Mit Hilfe der Kennzahl Umschlagshäufigkeit wird die Qualität des Auslegungsprozesses und damit der Zielerreichung eines niedrigen Bestandes ermittelt. Die Berechnung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit erfolgt analog zur Gleichung 4-2. Ergibt sich für die Umschlagshäufigkeit ein zu geringer Wert, so kann im Rahmen der Auslegung die Anzahl der KANBANs und damit der Bestand im System reduziert werden. Mit steigender Umschlagshäufigkeit steigt allerdings auch die Gefahr der mangelnden Materialverfügbarkeit.

Ziel des Prozesses Kapazitätsauslegung ist es, entsprechend den prognostizierten Mengen die entsprechende Kapazität entlang der Prozesskette bereitzustellen. Ein unmittelbarer Einfluss auf die zu produzierende Menge wird, bedingt durch die dezentrale Abwicklung der Aufträge im Rahmen der Kunden-Lieferanten-Beziehung durch den zentralen Planungsprozess, nicht genommen. Dementsprechend wird im Gegensatz zum Anwendungsfall einer MRP-Steuerung nicht die Kennzahl Planauslastung, sondern die Kennzahl Istauslastung vorgeschlagen. Durch die Istauslastung wird deutlich, ob im Rahmen der Kapazitätsplanung ein angemessenes Kapazitätsangebot bereitgestellt wurde. Die Kennzahl ist wie folgt definiert:

$$IA = \frac{\text{Istleistung}}{\text{verfügbare Leistung}} \cdot 100 \text{ [%]}; \quad (\text{Gl. 4-18})$$

Die Istauslastung ist das Verhältnis von erbrachter Leistung zu verfügbarer Leistung bezogen auf die Engpassressource der betrachteten dezentralen Produktionseinheit. Die Istleistung ergibt sich aus der Summe der Auftragszeiten der KANBAN-Aufträge, die innerhalb des Betrachtungszeitraums abgearbeitet wurden. Die Auftragszeit pro Auftrag ist die Summe aus Rüst- und Bearbeitungszeit an der Engpassressource. Grundlage zur Berechnung der Kennzahlen sind die zurückgemeldeten und an das Pufferlager übergebene KANBAN-Aufträge. Die Information über die produzierte Menge fällt an dem Messpunkt Lagereinbuchung an. Die Information über die Rüst- und Auftragszeiten der KANBAN-Aufträge ist über weitere innerbetriebliche Informationsquellen zu beziehen. Die verfügbare Leistung ist entsprechend der Kennzahl Planauslastung des Anwendungsfalls MRP zu ermitteln.



#### 4.1.3.3 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse

Die Abbildung 4-18 zeigt das Kennzahlensystem zur Beurteilung der Qualität des Steuerungsprozesses und zur Beurteilung des Lieferservices und der Durchlaufzeit. Die Kennzahlen weichen von dem Anwendungsfall der MRP-Steuerung aufgrund des unterschiedlichen Steuerungsprinzips und der damit verbundenen Unterschiede in den Prozessen und Messpunkten ab.

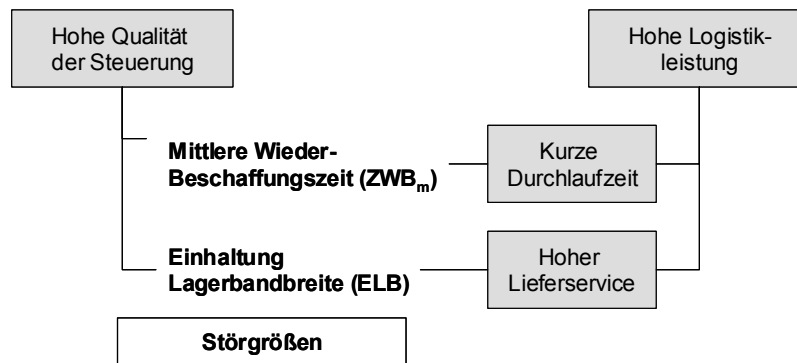


Abbildung 4-18: Kennzahlensystem zur Beurteilung der dezentralen Steuerungs- und Produktionsprozesse (Anwendungsfall KANBAN)

Zur Messung des Ziels kurze Durchlaufzeit wird die Kennzahl Mittlere Wiederbeschaffungszeit herangezogen. Die Kennzahl Einhaltung Lagerbandbreite misst die Erreichung des Ziels hoher Lieferservice. Die Kennzahlen zur Messung der Störgrößen sind identisch mit denen aus Abschnitt 4.1.2.5.

Die Kennzahl Wiederbeschaffungszeit ( $ZWB_m$ ) wird nach folgender Formel berechnet.

$$ZWB_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZWB_i}{n} \text{ [BKT]} \quad (\text{Gl. 4-19})$$

$$ZWB_i = \text{Auftragsende}_i - \text{Auftragsstart}_i \text{ [BKT]}$$

mit

$$n \quad \text{Anzahl KANBAN-Aufträge}$$

Die Wiederbeschaffungszeit beginnt mit dem Zeitpunkt der Bedarfsmeldung durch den Kunden und endet mit der Einlagerung des KANBAN-Auftrages im KANBAN-Lager durch den Lieferanten. Damit schließt die Definition die Dauer der Hauptprozesse Produktionssteuerung, Zugangsmaterial bereitstellen, Abgangsmaterial herstellen und Abgangsmaterial an (internen) Kunden liefern ein. Voraussetzung zur Berechnung der Wiederbeschaffungszeit ist, dass der Zeitpunkt der Bedarfsmeldung durch den internen Kunden (Beginn der Wiederbeschaffungszeit) mit der entsprechenden Nummer der KANBAN-Karte eindeutig verknüpft wird. Je nach

eingesetztem KANBAN-Prinzip können zwei unterschiedliche Zeitpunkte für die Bedarfsmeldung unterschieden werden. Bei dem Ein-Behälter-Prinzip erfolgt die Bedarfsmeldung, sobald eine entsprechende Teilemenge aus dem Pufferlager entnommen wurde. Im Fall des Zwei-Behälter-Prinzips erfolgt die Bedarfsmeldung, nachdem der interne Kunde die entsprechende Teilemenge bereits verarbeitet hat [BUR97]. Im Fall des Ein-Behälter-Prinzips wird dementsprechend der Messpunkt Lagerausbuchung durch den internen Kunden zur Kennzahlenberechnung herangezogen. Für den Fall, dass das Zwei-Behälter-System zum Tragen kommt, ist der Zeitpunkt der Lagereinbuchung der fertig gestellten Erzeugnisse des internen Kunden heranzuziehen.

Der wesentliche Erfolgsfaktor für einen reibungslosen Ablauf einer KANBAN-Steuerung ist die Materialverfügbarkeit im KANBAN-Lager. Wenn es gelingt, permanent mindestens ein Teil im Lager vorzuhalten, können die (internen) Kundenanforderungen auch zu 100 % erfüllt und somit ein maximaler Lieferservice erbracht werden. Mit der Kennzahl Einhaltung Lagerbandbreite (ELB) wird die Verfügbarkeit im KANBAN-Lager und damit der Lieferservice gemessen. Sie ist wie folgt definiert:

$$ELB = \frac{\text{Anzahl Tage innerhalb Bestandsgrenzen}}{\text{Betrachtungszeitraum}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-20})$$

Die Grundlage der Kennzahl stellt ein Bestandsbereich dar, die nicht unter- bzw. überschritten werden sollte. Die Untergrenze sollte dabei derart gewählt werden, dass die Gefahr eines Materialabrisses minimiert wird. Die Obergrenze ist dann von Bedeutung, wenn Überbestände vermieden und damit die Kapitalbindungskosten in einer gewissen Grenze gehalten werden sollen. Die Kennzahl misst den prozentualen Anteil der Tage im Betrachtungszeitraum, an denen die Grenzwerte über- oder unterschritten wurden und damit die Materialverfügbarkeit bzw. das Ziel der geringen Kapitalbindungskosten gefährdet wurde.

## 4.2 Kennzahlenerhebung

Im vorangegangenen Kapitel wurde das Referenzprozessmodell mit den Prozessbausteinen und den Kennzahlen zur Modellierung und Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion eingeführt. Im nun folgenden Kapitel wird eine auf das Referenzprozessmodell abgestimmte Vorgehensweise zur Erhebung der Kennzahlen vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt in der Ermittlung der Datenqualität. Hierzu werden für das Datenmodell des Referenzprozessmodells spezifische Plausibilitätstests entwickelt sowie Kennzahlen zur Messung der Datenqualität definiert.

### 4.2.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung wird in vier Schritte untergliedert:

1. Auswahl der Kennzahlen und Identifizierung der Messpunkte und Messdaten
2. Datenerhebung
3. Ermittlung der Datenqualität
4. Kennzahlenberechnung

In dem ersten Schritt sind für die Prozesskette die zu erhebenden Kennzahlen festzulegen und die erforderlichen Messpunkte und Messdaten zu identifizieren. Die Grundlage dazu stellt das in Kapitel 4.1 vorgestellte Referenzprozessmodell dar. Auf Basis des Referenzprozessmodells kann die Prozesskette modelliert werden. Je nach Prozesskonfiguration (Anwendungsfall, Kopplung der dezentralen Produktionseinheiten) ergeben sich die zu erhebenden Kennzahlen.

Aufgabe des zweiten Schrittes ist es, die für die zu erhebenden Kennzahlen erforderlichen Daten zu ermitteln. Die Auswahl der benötigten Messpunkte und Messdaten hängt von der Auswahl der zu berechnenden Kennzahlen ab. In Abbildung 4-19 ist das Datenmodell des Referenzprozessmodells dargestellt. Es umfasst sämtliche Daten je Messpunkt. In dem Datenmodell werden Primärschlüssel-, Fremdschlüsselfelder sowie Messdaten unterschieden. Die Primärschlüssel (kursiv und unterstrichen) identifizieren eindeutig die einzelnen Ereignisse je Messpunkt (z. B. Lagerbuchung). Die Fremdschlüssel (kursiv) verweisen auf Ereignisse anderer Messpunkte. Die Messdaten (normale Schrift) beschreiben die Ausprägung der jeweiligen Ereignisse (z. B. Buchungsmenge). Für den Anwendungsfall MRP hängt die Auswahl der Primärschlüsselfelder von der Konfiguration der Prozesskette ab. Für den Fall, dass die dezentralen Produktionseinheiten direkt miteinander gekoppelt sind und sie verschiedene Arbeitsgänge eines Produktionsauftrages abarbeiten, sind jeweils die Bearbeitungs- und die Identifikationsnummer der beteiligten dezentralen Produktionseinheit mit anzugeben.

Datenmodell für den Anwendungsfall MRP			Datenmodell für den Anwendungsfall KANBAN		
Messpunkt	Daten	Erläuterung	Messpunkt	Daten	Erläuterung
Auftragsverwaltung	<u>Auftragsnummer</u>	Primärschlüssel	Auftragsverwaltung	<u>Auftragsnummer</u>	Primärschlüssel
	<u>Auftragsposition</u>	Primärschlüssel		<u>Auftragsposition</u>	Primärschlüssel
	Liefertermin	Messdatum		Liefertermin	Messdatum
	Liefermenge	Messdatum		Liefermenge	Messdatum
	Buchungsdatum	Messdatum		Buchungsdatum	Messdatum
	Auftragszeit*	Messdatum			
Produktionsplanung	<u>Produktionsauftragsnummer</u>	Primärschlüssel	Lagerbuchung	<u>Buchungsnummer</u>	Primärschlüssel
	<u>ID Produktionseinheit**</u>	Primärschlüssel		<u>KANBAN-Nummer</u>	Fremdschlüssel
	<u>Bearbeitungsnummer**</u>	Primärschlüssel		<u>Artikelnummer</u>	Fremdschlüssel
	Planmenge	Messdatum		Buchungsdatum	Messdatum
	Planendtermin	Messdatum		Buchungsmenge	Messdatum
	Buchungsdatum	Messdatum		Bestand	Messdatum
	Auftragszeit*	Messdatum			
Lagerbuchung	<u>Buchungsnummer</u>	Primärschlüssel			
	<u>Produktionsauftragsnummer***</u>	Fremdschlüssel			
	<u>Artikelnummer</u>	Primärschlüssel			
	Buchungsdatum	Messdatum			
	Buchungsmenge	Messdatum			
	Bestand	Messdatum			
Produktionsauftragsende	<u>Produktionsauftragsnummer</u>	Primärschlüssel			
	<u>ID Produktionseinheit**</u>	Primärschlüssel			
	<u>Bearbeitungsnummer**</u>	Primärschlüssel			
	Buchungsdatum	Messdatum			
	Buchungsmenge	Messdatum			

\* Die Auftragszeit ist auf die Engpassmaschine der jeweiligen dezentralen Produktionseinheit bezogen.

\*\* Die ID Produktionseinheit und Bearbeitungsnummer ist i.d.R. nur bei einer direkter Kopplung der dezentralen Produktionseinheiten erforderlich.

\*\*\* Die Produktionsauftragsnummer ist ggf. durch die ID- Produktionseinheit und die Bearbeitungsnummer zu ergänzen.

Abbildung 4-19: Datenmodell des Referenzprozessmodells

Die Überprüfung der Datenqualität im dritten Schritt der Vorgehensweise baut auf dem Datenmodell auf. Mit Hilfe der Ermittlung der Datenqualität soll einerseits die Interpretation der erhobenen Kennzahlen unterstützt werden. Zum anderen wird die Grundlage für ein kontinuierliches Monitoring der Datenqualität geschaffen. Eine detaillierte Beschreibung zur Vorgehensweise der Datenqualität ist Gegenstand des Kapitels 4.2.2.

Im vierten Schritt erfolgt die Berechnung der Kennzahlen auf Basis der Kennzahlendefinitionen. Im Vorfeld der Berechnung sind jedoch für einen Teil der Kennzahlen spezifische Parameter festzulegen (vgl. Tabelle 4-1).

Anwendungsfall	Kennzahl	Parameter
MRP	Liefertermintreue (LTT)	Toleranz
	Schwankung der Planauslastung (PA <sub>s</sub> )	Berechnungsperiode
KANBAN	Einhaltung Lagerbandbreite (ELB)	Mindestbestand, Maximalbestand
Störgrößen	Einhaltung Mindestbestand (EMB)	Mindestbestand

Tabelle 4-1: Übersicht über festzulegende Parameter

Für die Kennzahl Liefertermintreue ist die Toleranz festzulegen. Sie gibt eine zulässige positive und negative Abweichung der Fertigstellungstermine vom Planendtermin der Produktionsaufträge an. Die Festlegung der Toleranz ist für den jeweiligen Praxisfall spezifisch festzulegen. Kriterien sind die Kundenforderungen sowie die interne Planungsgenauigkeit (z. B. stunden-, tages-, wochengenau). Zur Berechnung der Kennzahl Schwankung der Planauslastung ist es erforderlich, den

Periodenübergangseffekt zu eliminieren. Unter dem Periodenübergangseffekt wird die fehlerhafte Zuordnung der Planleistung zu einer Periode verstanden. Sie ergibt sich dadurch, dass die Produktionsaufträge über mehrere Perioden abgearbeitet, in der Auswertung jedoch der Periode zugeordnet werden, in der der Endtermin liegt [WIN00]. Zur Bestimmung der Länge der Berechnungsperiode stellt Breithaupt die folgende Formel vor [BRE00]:

$$P = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot ZAU_s}{L_m \cdot FTAB_{zul}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-21})$$

mit:

P	Länge der Berechnungsperiode
$L_m$	Mittlere Leistung
$ZAU_s$	Standardabweichung Auftragszeit
$FTAB_{zul}$	Zulässige Fehlertoleranz des Abgangs

Um vergleichbare Werte für alle Kennzahlen sicherzustellen, bietet es sich an, die mittels der Gleichung 4-21 errechnete Berechnungsperiode für alle Kennzahlen anzuwenden.

Zur Berechnung der Kennzahl Einhaltung Lagerbandbreite sowie der Kennzahl Einhaltung Mindestbestand sind die unteren Bestandsgrenzen festzulegen, die nicht unterschritten werden dürfen. Der Parameter Mindestbestand kann mit dem sonst üblichen Parameter Sicherheitsbestand gleichgesetzt werden. Zur Berechnung eines minimalen Sicherheitsbestands schlägt Nyhuis die folgende Berechnungsvorschrift vor [NYH99]:

$$BL_{s,min} = \sqrt{(TA_{max}^+ \cdot BR_m)^2 + (MA_{max}^-)^2 + ((BR_{max} - BR_m) \cdot WBZ)^2} \quad (\text{Gl. 4-22})$$

mit:

$BL_{s,min}$	Minimaler Sicherheitsbestand [ME]
$TA_{max}^+$	Max. positive Terminabweichung (Verzögerung) [BKT]
$MA_{max}^-$	Max. negative Mengenabweichung (Unterlieferung) [ME]
$BR_{max}$	Maximale Bedarfsrate
$BR_m$	Mittlere Bedarfsrate
WBZ	Wiederbeschaffungszeit

#### 4.2.2 Ermittlung der Datenqualität

Die Güte von Kennzahlen hängt wesentlich von der Qualität der erhobenen Daten ab. Erst wenn die Daten die Prozesse realitätsgetreu abbilden, können aussagefähige Kennzahlen berechnet und damit die Voraussetzungen für eine zielgerichtete Interpretation geschaffen werden. Im nun folgenden Abschnitt wird eine Vorgehens-

weise zur Ermittlung der Datenqualität vorgestellt. Dazu werden zunächst die Qualitätsmerkmale zur Beurteilung der Datenqualität beschrieben. Darauf aufbauend werden entsprechende Plausibilitätstests eingeführt. Zur aggregierten Darstellung der Ergebnisse der Plausibilitätstests werden Kennzahlen zur Messung der Datenqualität eingeführt.

#### 4.2.2.1 Qualitätsmerkmale der Datenqualität

Die Qualitätsmerkmale stellen die Kriterien zur Analyse der Daten dar. Es wird davon ausgegangen, dass die Qualität der Daten dann hoch ist, wenn die folgenden Qualitätsmerkmale erfüllt werden [DOM88]:

1. Zwangskopplung zwischen Material- und Belegfluss
2. Vollständigkeit der Daten
3. Fehlerfreie Daten

Die Zwangskopplung zwischen Material- und Belegfluss ist eine entscheidende Voraussetzung für eine realitätsgerechte Ermittlung der Kennzahlen. Diese Forderung bezieht sich zum einen darauf, dass die Buchungen in das EDV-System zeitnah mit den Ereignissen im Fertigungsablauf erfolgen und somit die Zeitpunkte im System mit den tatsächlich eingetretenen Zeitpunkten übereinstimmen (z. B. Fertigstellung eines Auftrages, Buchung der Fertigstellung). Die Beurteilung einer zeitnahen Buchung erfolgt mittels der messpunktübergreifenden Tests in Abschnitt 4.2.2.2. Zum anderen ist es erforderlich, dass der Fertigungsablauf (z. B. Zuordnung von Aufträgen zu dezentralen Produktionseinheiten, Bearbeitungsreihenfolge), wie er im EDV-System gebucht wird, mit dem realen Fertigungsablauf übereinstimmt. Diese Überprüfung ist dann erforderlich, wenn alternative Produktionsreihenfolgen und alternative dezentrale Produktionsbereiche zur Bearbeitung eines Artikels oder Produktionsauftrages zur Verfügung stehen. Die Einhaltung dieses Qualitätsmerkmals ist im Einzelfall zu überprüfen, indem der Verlauf einzelner Aufträge rekonstruiert wird; sie ist daher nicht Bestandteil der im folgenden Abschnitt erläuterten Plausibilitätstests.

Mit der Vollständigkeit der Daten wird gefordert, dass alle Datenfelder eines Datensatzes mit Daten gefüllt sind, d. h. entsprechend alle notwendigen Datenfelder bei der Buchung im System ausgefüllt werden. Neben der Vollständigkeit wird gefordert, dass die eingegebenen Daten fehlerfrei sind. Die Überprüfung der Qualitätsmerkmale Vollständigkeit und Fehlerfreiheit erfolgt mit Hilfe der im folgenden Kapitel vorgestellten Plausibilitätstests.

#### 4.2.2.2 Plausibilitätstests zur Ermittlung von Datenfehlern

Zur Identifizierung fehlerhafter Datensätze werden im Folgenden messpunktbezogene Plausibilitätstest und der Zeitpunktvergleich unterschieden. Bei den messpunktbezogenen Datentests werden die Daten eines Messpunktes unabhängig von den Daten anderer Messpunkte überprüft. Der Zeitpunktvergleich zielt darauf ab, Datenfehler durch den Vergleich der Daten über mehrere Messpunkte hinweg zu ermitteln.

Ziel der messpunktbezogenen Plausibilitätstests ist es, die Daten hinsichtlich der Qualitätsmerkmale 2 (Vollständigkeit) und 3 (Fehlerfreiheit) zu überprüfen. Ein Datum wird dann als fehlerhaft bezeichnet, wenn das Datenfeld leer ist, ein falsches Datenformat enthält (z. B. Textformat anstatt Zahl) oder der Wert als unrealistisch eingestuft werden kann. Zur Beurteilung unrealistischer Werte ist es erforderlich, für jedes Messdatum Grenzwerte festzulegen und die gemessenen Werte mit diesen Grenzwerten zu vergleichen. Ein Datenfeld wird dann als unplausibel eingestuft, wenn es über dem Grenzwert liegt. Eine detaillierte Vorgehensweise zur Ermittlung von Grenzwerten für Messdaten liefert Dombrowski [DOM88]. Für die Primärschlüsselfelder gilt darüber hinaus noch die Forderung, dass sie eindeutig sind, d. h., dass innerhalb der Datensätze des Messpunktes keine Dubletten vorkommen.

Ziel des Zeitpunktvergleichs ist es, die zeitliche Reihenfolge der Buchungen zu überprüfen. Für eine MRP-gesteuerte Prozesskette werden die Zeitpunkte der Erstellung Produktionsplan, Produktionsstart (Produktionsauftragsendebuchung<sub>Lieferant</sub> oder Lagerbuchung) und Produktionsende (Produktionsauftragsendebuchung oder Lagerbuchung) analysiert. Für den Anwendungsfall einer KANBAN-Steuerung werden beim Zeitpunktvergleich die Messpunkte Auftragsstart und Auftragsende miteinander verglichen. Die Datenfelder Buchungsdatum der Datensätze (Messpunkte Produktionsplanung, Produktionsstart und Produktionsende) eines Auftrages werden dann als fehlerhaft eingestuft, wenn die zeitliche Reihenfolge der Buchungen unplausibel ist. In der Abbildung 4-20 sind die Kennzahlen aufgeführt, die auf Basis der Daten dieser Messpunkte berechnet werden und für die damit eine fehlerfreie zeitliche Abfolge der Buchungen von Bedeutung ist. Darüber hinaus sind die Abfolgen der Messpunkte und deren Bewertung dargestellt.

Der Fall 1 der Anwendung MRP zeigt die Regel, d. h. die Reihenfolge von Produktionsplanung, Produktionsstart und Produktionsende entsprechend der zeitlich logischen Reihenfolge. Aufträge, die mit dieser Reihenfolge in der Datenbasis abgelegt sind, werden als fehlerfrei eingestuft.

Anwendungsfall MRP		Anwendungsfall KANBAN	
<b>Kennzahlen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchlaufzeit (ZDLm):</li> <li>Plan-Wiederbeschaffungszeit (ZWBp):</li> <li>Liefertermintreue (LTT):</li> </ul>	<b>Messpunkte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>②, ③</li> <li>①, ③</li> <li>①, ③</li> </ul>	<b>Kennzahlen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wiederbeschaffungszeit (ZWB):</li> </ul>	<b>Messpunkte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>①, ②</li> </ul>
<b>Zeitliche Reihenfolge der Buchungen:</b> <b>Fall 1:</b> ① → ② → ③ → t → <b>Bewertung:</b> + <b>Fall 2:</b> ② → ① → ③ → t → <b>Bewertung:</b> +/- <b>Fall 3:</b> ② → ③ → ① → t → <b>Bewertung:</b> +/- <b>Fall 4:</b> ① → ③ → ② → t → <b>Bewertung:</b> - <b>Fall 5:</b> ③ → ① → ② → t → <b>Bewertung:</b> - <b>Fall 6:</b> ③ → ② → ① → t → <b>Bewertung:</b> -	<b>Zeitliche Reihenfolge der Buchungen:</b> <b>Fall 1:</b> ① → ② → t → <b>Bewertung:</b> + <b>Fall 2:</b> ② → ① → t → <b>Bewertung:</b> -	<b>Legende:</b> <b>Messpunkte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Produktionsplanung</li> <li>② Produktionsstart</li> <li>③ Produktionseende</li> </ul>	<b>Legende:</b> <b>Messpunkte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Auftragsauslösung</li> <li>② Produktionsstart</li> </ul>
<b>Bewertung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Standardfall</li> <li>+/- Datenfehler/Umplanung</li> <li>- Datenfehler</li> </ul>	<b>Bewertung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Standardfall</li> <li>- Datenfehler</li> </ul>		

Abbildung 4-20: Zeitpunktvergleich zur Ermittlung von fehlerhaften Datensätzen

In den Fällen 2 und 3 liegt der Zeitpunkt der Produktionsplanung zeitlich nach dem Produktionsstart bzw. nach dem Produktionseende. Diese Fälle können entweder durch Datenfehler oder durch Umplanungen hervorgerufen werden. Umplanungen liegen dann vor, wenn bei bereits begonnenen Produktionsaufträgen Veränderungen bzgl. der Planmenge und/oder des Planendtermins vorgenommen werden. In solchen Fällen ist entsprechend der jeweiligen Planungspraxis eine individuelle Vorgehensweise festzulegen. Kommt man zu dem Schluss, dass die Verschiebung des Zeitpunktes der Produktionsplanung durch Umplanungen hervorgerufen wurde, so muss bei der Interpretation der Kennzahl Liefertermintreue im Fall 2 berücksichtigt werden, dass die Planänderungen nach dem Produktionsstart erfolgten. Für den Fall 3 erscheint eine Berechnung der Kennzahl Liefertermintreue nicht sinnvoll, da die Planänderungen nach Beendigung des Produktionsauftrages erfolgt sind, so dass Aufträge mit einer solchen Buchungsreihenfolge für diese Kennzahl als fehlerhaft gewertet werden. Für die Fälle 2 und 3 kann die zeitliche Reihenfolge der Messpunkte Produktionsstart und Produktionseende als korrekt eingestuft werden, so dass die Berechnung der Kennzahl Durchlaufzeit möglich ist. Bei den Fällen 4-6 sind die Buchungszeitpunkte aller drei Messpunkte vertauscht, so dass die Berechnung von Kennzahlen nicht sinnvoll ist. Aufträge mit dieser Buchungsreihenfolge sind für alle drei Kennzahlen als fehlerhaft zu bewerten.

Bei einer Prozesskette, die mit dem KANBAN-Prinzip gesteuert wird, können die Messpunkte Produktionsstart und Produktionseende miteinander in Beziehung gesetzt werden. Für jeden KANBAN-Auftrag muss gelten, dass der Produktionsstart zeitlich



vor dem Produktionsende liegt. Ist dies nicht gewährleistet, kann die Kennzahl Wiederbeschaffungszeit für solche KANBAN-Aufträge nicht berechnet werden.

Kommt es zu verzögerten Buchungen, ohne dass eine zeitliche Vertauschung der Messpunkte vorliegt, so werden diese Fehler durch den Zeitpunktvergleich nicht offen gelegt. Die Identifizierung dieser Fehler ist aber dadurch möglich, dass für den zeitlichen Abstand, der zwischen den einzelnen Buchungen eines Auftrages liegt, Grenzwerte ermittelt werden. So kann z. B. die Mindestdauer, die zwischen dem Produktionsstart und dem Produktionsende liegt, aufgrund von technischen Prozesszeiten festgelegt werden.

Die Datensätze, die zur Berechnung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit herangezogen werden, sind (je nach Prozesskonfiguration) identisch mit den Buchungen des Produktionsstarts und Produktionsendes. Für den Fall, dass bei dem Zeitvergleich unplausible Fälle festgestellt werden (Fälle 4-6), kann daraus gefolgert werden, dass der Zeitpunkt der Buchung nicht mit der Realität übereinstimmt. Dies führt zu einer fehlerhaften Berechnung des Bestandes, so dass diese Buchung als fehlerhaft in die Berechnung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit eingeht.

#### 4.2.2.3 Kennzahlen zur Messung der Datenqualität

Die Ergebnisse der Datenanalyse werden im Folgenden durch Kennzahlen zusammengefasst. Dazu wird zum einen die kennzahlenspezifische Datenqualität und zum anderen die kennzahlenübergreifende Datenqualität unterschieden.

Ziel der Ermittlung der kennzahlenspezifischen Datenqualität ist es, die Interpretation der Kennzahlen des Referenzprozessmodells zu unterstützen. Mit der kennzahlenspezifischen Datenqualität wird für jede Kennzahl des Referenzprozessmodells deutlich, auf welcher Datenbasis sie berechnet wurde. Die Art und Menge der Datenfehler, die dazu führen, dass ein Datensatz zur Berechnung einer Kennzahl nicht verwendet werden kann, tritt bei dieser Betrachtungsweise in den Hintergrund. Mit der Ermittlung der kennzahlenübergreifenden Datenqualität wird die Grundlage zum Monitoring der Datenqualität geschaffen. Dazu werden sämtliche Datenfehler hinsichtlich Art und Menge identifiziert und dem Messpunkt zugeordnet, an dem sie entstanden sind. Durch diese Betrachtungsweise wird die Grundlage dafür geschaffen, zielgerichtete Maßnahmen zur Verbesserung der Datenqualität einleiten zu können.

##### *Kennzahlenspezifische Datenqualität*

Zur Berechnung der kennzahlenspezifischen Datenqualität wird für jede Kennzahl des Referenzprozessmodells der prozentuale Anteil der verwertbaren Datensätze im Verhältnis zur Gesamtzahl der Datensätze ermittelt.

Die Kennzahlen des Referenzprozessmodells werden zum Teil auf der Basis von Aufträgen (z. B. Variationskoeffizient der Kundenaufträge, Mittlere Durchlaufzeit) und zum Teil auf der Basis von Lagerbuchungen (z. B. Einhaltung Lagerbandbreite) berechnet. Für die auftragsbezogenen Kennzahlen werden die Auftragsarten Kundenauftrag, Produktionsauftrag und KANBAN-Auftrag unterschieden. Zur Berechnung der kennzahlenspezifischen Datenqualität wird für jede auftragsbezogene Kennzahl die folgendende Kennzahl definiert:

$$\text{Datenfehlerrate}_{\text{auftragsbezogene Kennzahl}} = \frac{\text{fehlerhafte Aufträge}}{\text{Anzahl Aufträge}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-23})$$

Die folgende Kennzahl wird zur Beurteilung der kennzahlenspezifischen Datenqualität der lagerbezogenen Kennzahlen herangezogen:

$$\text{Datenfehlerrate}_{\text{lagerbezogene Kennzahl}} = \frac{\text{fehlerhafte Lagerbuchungen}}{\text{Anzahl Lagerbuchungen}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-24})$$

Ein Datensatz (Lagerbuchung oder Auftrag) ist dann fehlerhaft, wenn mindestens ein fehlerhaftes (unplausibles) Datenfeld identifiziert wird, welches zur Berechnung der entsprechenden Kennzahl erforderlich ist. Dadurch, dass für die einzelnen Kennzahlen unterschiedliche Messdaten erforderlich sind, ist es dementsprechend denkbar, dass ein Datensatz für einen Teil der Kennzahlen verwendbar ist und für einen anderen Teil der Kennzahlen entfällt.

Zur Ermittlung der Gesamtzahl der Aufträge bzw. der Gesamtzahl der Lagerbuchungen sind sämtliche in den Betrachtungszeitraum fallenden Aufträge bzw. Lagerbuchungen heranzuziehen.

### *Kennzahlenübergreifende Datenqualität*

Ziel bei der Ermittlung der kennzahlenübergreifenden Datenqualität ist es, die Grundlage für die kontinuierliche Verbesserung der Datenqualität zu liefern. Dazu werden die Datenfehler im Folgenden hinsichtlich ihrer Art und Menge den Messpunkten zugeordnet, an denen sie identifiziert wurden. Je Messpunkt ergibt sich dementsprechend folgende Kennzahl:

$$\text{Datenfehlerrate}_{\text{Messpunkt}} = \frac{\text{messpunktbez. Fehler} + \text{messpunktübergr. Fehler}}{\text{Gesamtzahl Daten}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-25})$$

Zur Ermittlung der messpunktbezogenen und der messpunktübergreifenden Fehler werden sämtliche Datenfehler berücksichtigt, die im Rahmen der Plausibilitätstests ermittelt wurden.

Die Gesamtzahl der Daten ergibt sich wie folgt:

$$\text{Gesamtzahl Daten} = \text{Anzahl Datensätze} \cdot \text{Anzahl Daten je Datensatz} \quad (\text{Gl. 4-26})$$

Die Anzahl Datensätze sind sämtliche innerhalb des Betrachtungszeitraums fallenden Datensätze. Die Ergebnisse der messpunktbezogenen Kennzahlen können zur Darstellung der Gesamtqualität wie folgt zusammengefasst werden:

$$\text{Datenfehlerrate}_{\text{Gesamt}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{messpunktbez. Datenfehler} + \text{messpunktüberg. Datenfehler})_i}{\sum_{i=1}^n \text{Gesamtzahl Datenfelder}_i} \cdot 100 [\%];$$

$n = \text{Anzahl Messpunkte}$

(Gl. 4-27)

Mit den Kennzahlen zur Messung der kennzahlenübergreifenden und kennzahlen-spezifischen Datenqualität wird die Ist-Situation der zugrunde liegenden Daten dargestellt. Zur Beurteilung der gemessenen Fehlerrate ist es jedoch erforderlich, die Ist-Werte mit Referenzwerten zu vergleichen. Geeignete Methoden dazu stellen die des Soll-Ist-Vergleiches und der Zeitreihenanalyse dar.

### 4.3 Methoden der Kennzahlenanalyse

In den vorangegangenen Abschnitten wurde das Referenzprozessmodell zur Abbildung und Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion entwickelt. Darüber hinaus wurde eine Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung, dort insbesondere zur Ermittlung der Datenqualität, beschrieben. Im nun folgenden Kapitel werden Methoden zur Analyse der Kennzahlen erläutert.

Zunächst werden Methoden zur isolierten Analyse einzelner Kennzahlen vorgestellt. Es werden die in der Literatur beschriebenen Methoden Soll-Ist-Vergleich, Zeitreihenanalyse und statistische Lage- und Streuungsparameter aufgegriffen und auf das Referenzprozessmodell bezogen.

Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt in der Entwicklung eines Wirkmodells zur Verknüpfung der Kennzahlen des Referenzprozessmodells (Kapitel 4.3.4). Durch das Wirkmodell werden die quantitativen Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen und den Prozessen deutlich. Im Ergebnis wird durch das Wirkmodell die logistische Positionierung und die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen unterstützt.

#### 4.3.1 Soll-Ist-Vergleich

Unter dem Soll-Ist-Vergleich wird die Gegenüberstellung der gemessenen Ist-Leistung mit einem Soll-Wert verstanden. Daraus lässt sich die Zielerreichung bzw. die Abweichung vom Ziel überprüfen [ULL94, GRO90]. Liegt eine unzulässige Ab-

weichung des Ist-Wertes gegenüber dem Soll-Wert vor, sind entsprechende Maßnahmen einzuleiten, um zukünftig eine verbesserte Leistung zu gewährleisten. Neben der Zeitreihenanalyse stellt der Soll-Ist-Vergleich eine zentrale Analysefunktion von Monitoringsystemen dar. Grundvoraussetzung für einen aussagefähigen Soll-Ist-Vergleich ist neben der korrekten Erhebung der Ist-Leistung die Vorgabe sinnvoller Soll-Werte. Die folgenden Verfahren können einen wertvollen Beitrag bei der Ermittlung von Soll-Werten liefern:

- Simulation
- Kennlinientheorie
- Benchmarking

Die Simulation bietet die Möglichkeit, die Prozesskette mit Hilfe von Modellen abzubilden und deren Verhalten bei Veränderungen von Simulationsbedingungen zu analysieren. Je nach Belastungsfall können somit die Leistungsfähigkeit des Produktionsprozesses abgeschätzt und damit Soll-Werte für das Monitoring abgeleitet werden. Die wesentlichen Vorteile der Simulation ist einerseits die Möglichkeit, das dynamische Verhalten des Produktionsprozesses untersuchen zu können. Andererseits kann mit der Simulation ein hoher Detaillierungsgrad bei der Modellbildung erreicht werden. Nachteilig ist der mit der Modellerstellung verbundene Aufwand.

Mit Hilfe der Produktionskennlinien wird die Leistung und Durchlaufzeit eines Arbeitssystems in Abhängigkeit des Bestandes abgebildet [NHY99]. Ihr wesentlicher Vorteil liegt darin, dass die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kenngrößen deutlich werden und somit die Soll-Werte konsistent aufeinander abgestimmt werden können. Eine Vorgehensweise zur kennliniengestützten Ermittlung der Parameter Plandurchlaufzeit, Kapazität und Produktionsauftragsmenge wird durch Jäger vorgestellt [JAE00]. Die Berechnung der Produktionskennlinien ist jedoch an eine Reihe von Randbedingungen gekoppelt. Darüber hinaus liegen die zur Erstellung von Produktionskennlinien erforderlichen Daten bei der prozesskettenorientierten Produktion i.d.R. nicht vor, so dass auf eine manuelle Datenerhebung zurückgegriffen werden muss.

Unter Benchmarking wird der kontinuierliche überbetriebliche Vergleich von Kennzahlen und Prozessen verstanden [LUC00]. Durch den Kennzahlenvergleich mit Unternehmen, die bessere Kennzahlenwerte aufweisen, können Soll-Werte für den eigenen Prozess abgeleitet werden. Wesentlicher Vorteil des Benchmarkings ist die Möglichkeit, von anderen zu lernen. Die wesentliche Schwierigkeit besteht in der einheitlichen Erhebung der Kennzahlen sowie in der Suche nach einem geeigneten Benchmarkingpartner.

Aufgrund des relativ hohen Aufwandes zur Ermittlung von Soll-Werten bietet es sich an, lediglich Soll-Werte für diejenigen Kennzahlen des Referenzprozessmodells zu ermitteln, die einem logistischen Ziel zugeordnet sind. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens zur Bestimmung von Soll-Werten kann nicht allgemein gültig empfohlen werden. Jedes dieser Verfahren hat spezifische Vor- und Nachteile, die in der praktischen Anwendung auch vor dem Hintergrund der bestehenden Gegebenheiten im Einzelfall beurteilt werden müssen.

#### 4.3.2 Zeitreihenanalyse

Neben dem Soll-Ist-Vergleich kommt im Rahmen des Monitoring der Analyse von Zeitreihen eine besondere Bedeutung zu. Dazu werden die Kennzahlenwerte über der Zeit aufgetragen (vgl. Abbildung 4-24, linke Hälfte). Durch die Darstellung des Kennzahlenverlaufs in der Vergangenheit wird deutlich, wie sich die Leistung entwickelt hat. Darüber hinaus können durch die Analyse des Kennzahlverlaufs in der Vergangenheit mit Hilfe von Prognoseverfahren Abschätzungen über den zukünftigen Verlauf der Kennzahl getroffen werden [TEM99].

Die Interpretation von Zeitreihen kann durch Trendlinien ergänzt werden. Unter einem Trend wird eine Entwicklung verstanden, die über eine bestimmte Zeit anhält. Es werden Aufwärts-, Abwärts- und Seitwärtstrends unterschieden. Die Berechnung von Trendlinien erfolgt in der Regel durch die Bildung von gleitenden Durchschnittswerten [STA00]. Die Darstellung von Trendlinien ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Kennzahl auf Basis von Wochen- oder Tagesintervallen erhoben wird, da bei diesen Erhebungsintervallen eine relativ starke Streuung um den Mittelwert zu verzeichnen ist. Durch die Bildung des gleitenden Durchschnitts werden die Zeitreihen geglättet und somit schwankungsärmer.

Im Vergleich zu dem Soll-Ist-Vergleich ist die Zeitreihenanalyse nicht an die Ermittlung eines Soll-Wertes gebunden, so dass sie ohne Bedingungen für jede Kennzahl des Referenzprozessmodells anwendbar ist. Ein Schwachpunkt der Darstellung von Zeitreihen ist jedoch, dass die Integration mehrerer Kennzahlenverläufe innerhalb einer Darstellung unübersichtlich ist. Ein Vergleich der Trendentwicklung mehrerer Kennzahlen wird durch die Zeitreihendarstellung nicht unterstützt. Dieser Schwachpunkt wird mit dem Portfolio zur Trendanalyse in Kapitel 4.3.4.2 aufgegriffen.

#### 4.3.3 Statistische Lage- und Streuungsparameter

Wesentliche Kennzahlen des Referenzprozessmodells sind aus Gründen der Übersichtlichkeit auf Basis von arithmetischen Mittelwerten definiert. Die Beurteilung der Qualität eines Prozesses anhand der isolierten Interpretation von Mittelwerten birgt jedoch die Gefahr von Fehlinterpretationen, da keine Aussage über die Verteilung und damit über die Streuung der Daten möglich ist. Dies trifft insbesondere auf die

logistischen Zielgrößen des Referenzprozessmodells Mittlere Durchlaufzeit ( $ZDL_m$ ) und Mittlere Wiederbeschaffungszeit ( $ZWB_m$ ) zu. Für diese Kennzahlen ist die Kenntnis der Streuung von besonderer Bedeutung. Je geringer die Einzelwerte um den Mittelwert streuen, desto höher ist die Prozessbeherrschung bzgl. dieser logistischen Zielgrößen. Zur Analyse der Streuung bietet sich die Standardabweichung als gebräuchlichstes Streuungsmaß an [STA00].

Sowohl das arithmetische Mittel als auch die Standardabweichung sind jedoch anfällig gegenüber Ausreißern. Unter Ausreißern werden extreme Werte verstanden. Ausreißer können z. B. so genannte verwaiste Produktionsaufträge sein, die mit großer Verspätung gebucht werden. Sie können sowohl das arithmetische Mittel als auch die Standardabweichung erheblich beeinflussen. Für den Fall, dass Datenausreißer bei einer Analyse eine wesentliche Rolle spielen, kann das arithmetische Mittel z. B. durch das gestutzte Mittel ergänzt werden. Zur Berechnung des gestutzten Mittels werden die untersten und obersten Beobachtungen gestrichen und auf die verbleibende Stichprobe wird das arithmetische Mittel gebildet [STA00].

In Abbildung 4-21 ist ein Beispiel für den Einfluss von Ausreißern dargestellt. Das Beispiel zeigt die Daten eines Produktionsbereiches, der innerhalb eines halben Jahres 497 Produktionsaufträge abgearbeitet hat.

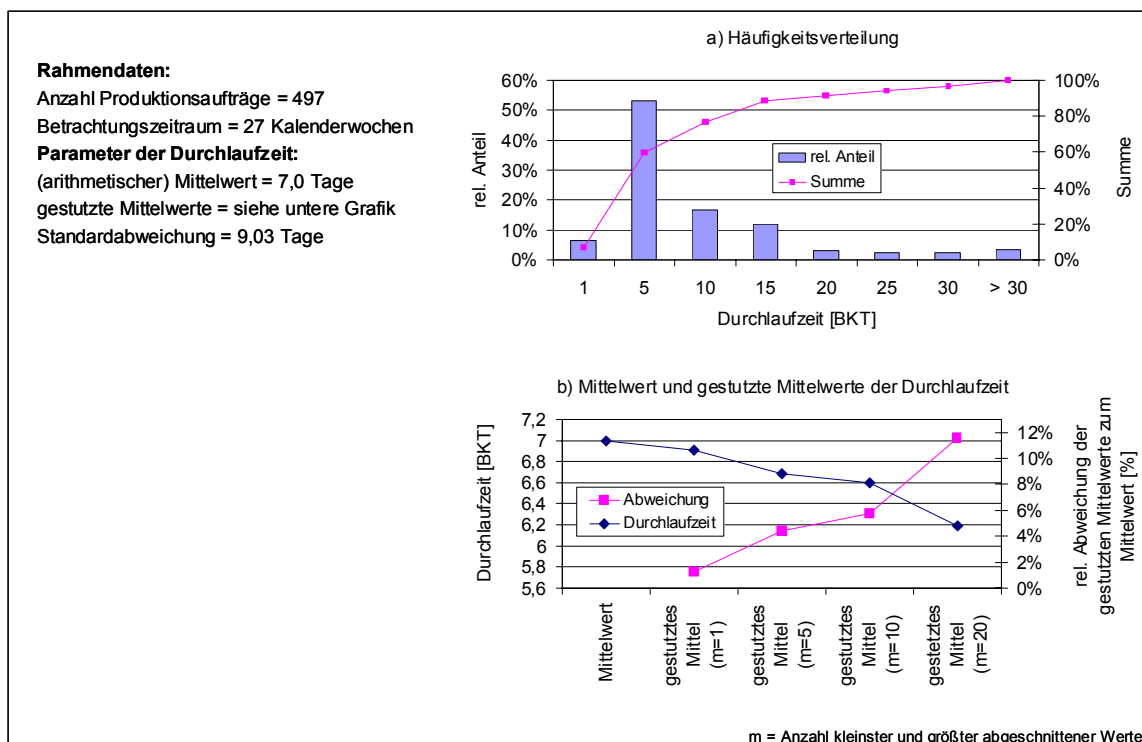


Abbildung 4-21: Beispielrechnung zur Verdeutlichung des Einflusses von Datenausreißern auf das arithmetische Mittel

Aus der Häufigkeitsverteilung (Abbildung 4-21a) wird deutlich, dass 90 % der Produktionsaufträge eine Durchlaufzeit von weniger als 25 Tage aufweisen. Zur Ermittlung

des Einflusses der Datenausreißer wurden das gestutzte Mittel mit verschiedenen Schrittgrößen und die relative Abweichung gegenüber dem arithmetischen Mittel berechnet (Abbildung 4-21b). Es zeigt sich, dass sich z. B. durch das Abschneiden der 20 kleinsten und 20 größten Durchlaufzeitwerte ( $m=20$ , entspricht etwa 10 % der Aufträge) die Durchlaufzeit um etwa 12 % verringert. Damit wird deutlich, dass signifikante Verbesserungen bereits durch einige wenige Ereignisse eine der Kennzahlen erreicht werden. Im Rahmen der Kennzahlenanalyse bietet es sich dementsprechend an, die Robustheit der Kennzahlen mit Hilfe des gestutzten Mittels zu untersuchen.

#### 4.3.4 Wirkmodell

In den vorangegangenen Abschnitten wurden verschiedene Methoden vorgestellt, mit deren Hilfe die separate Analyse einzelner Kennzahlen ermöglicht wird. Mit den Methoden der statistischen Parameter kann die Robustheit einer Kennzahl abgeschätzt werden. Mit Hilfe des Soll-Ist-Vergleichs und des Zeitvergleichs kann die gemessene Leistung mit Referenzwerten verglichen und somit deren Güte beurteilt werden.

Mit dem in den folgenden Abschnitten entwickelten Wirkmodell werden die Kennzahlen des Referenzprozessmodells miteinander verknüpft und in einen quantitativen Zusammenhang gebracht. Ziel ist es, die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen und die logistische Positionierung zu unterstützen. Wirkungsvolle Verbesserungsmaßnahmen können nur dann eingeleitet werden, wenn aus der Vielfalt der potenziellen Einflussfaktoren diejenigen identifiziert werden können, die im jeweiligen Anwendungsfall einen starken Einfluss auf die logistische Leistung ausüben. Mit Hilfe eines logistischen Wirkmodells wird die Suche nach diesen Einflussfaktoren methodisch unterstützt. Darüber hinaus wird durch die Verknüpfung der Kennzahlen untereinander die Wirkung einer Veränderungsmaßnahme auf alle logistischen Ziele deutlich. Erst dadurch ist man in der Lage, die Wirkung einzelner Verbesserungsmaßnahmen zu beurteilen und damit die angestrebte logistische Positionierung zielgerecht zu unterstützen.

Das Wirkmodell zur quantitativen Verknüpfung der Kennzahlen setzt sich aus den qualitativen Wirkungsnetzen (Kapitel 4.3.4.1) und dem Portfolio zur Trendanalyse (Kapitel 4.3.4.2) zusammen. Mit den Ursachen-Wirkungsnetzen werden die Kennzahlen des Referenzprozessmodells qualitativ miteinander verknüpft. Die Überführung der qualitativen in quantitative Wirkungsbeziehungen erfolgt mit Hilfe des Portfolios zur Trendanalyse. Mit dem Portfolio können die Trendverläufe mehrerer Kennzahlen innerhalb einer Darstellung visualisiert werden. Durch den Vergleich der Trendverläufe der Kennzahlen werden die einflussstarken von den ein-

flussschwachen Kennzahlen bezogen auf die logistischen Zielgrößen voneinander getrennt.

In den folgenden Abschnitten werden die Wirkungsnetze und das Portfolio zur Trendanalyse zunächst getrennt voneinander beschrieben. Die Erläuterung der aufeinander aufbauenden Anwendung der Methoden erfolgt in Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung in Kapitel 4.4.

#### 4.3.4.1 Ursachen-Wirkungsnetze

Im Rahmen des prozessbewertenden Teils des Referenzprozessmodells sind die Kennzahlen mit den Prozessen und den logistischen Zielen verknüpft worden. Mit den im Folgenden vorgestellten Ursachen-Wirkungsnetzen werden die Kennzahlen miteinander verknüpft. Dazu wird für jede Kennzahl (Zielgröße), die im Referenzprozessmodell einem logistischen Ziel zugeordnet ist, eine Ursachen-Wirkungsnetz erstellt. In einem Ursachen-Wirkungsnetz werden die Kennzahlen, welche die Qualität derjenigen Prozesse messen, die einen direkten Einfluss auf die jeweilige Zielgröße ausüben, mit der Zielgröße qualitativ verknüpft. Durch die Verknüpfung der Kennzahlen mit den Prozessen im Rahmen des prozessbewertenden Teils des Referenzprozessmodells und durch die Verknüpfung der Kennzahlen miteinander mittels der Ursachen-Wirkungsnetze werden die qualitativen Zusammenhänge zwischen den Prozessen und der logistischen Zielerreichung verdeutlicht. Zur Verknüpfung der Kennzahlen werden „gleichläufige“ und „gegenläufige“ Beziehungen unterschieden [FRI99]. Gleichläufige, bzw. gegenläufige Beziehungen liegen z. B. dann vor, wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Verbesserung bzw. Verschlechterung einer Kennzahl eine Verbesserung der Zielgröße bewirkt. Im Folgenden werden die Wirkungsnetze getrennt für die beiden Anwendungsfälle einer MRP- und einer KANBAN-Steuerung beschrieben.

##### *Ursachen-Wirkungsnetze des Anwendungsfalls MRP*

Für den Anwendungsfall MRP wurden zur Messung der logistischen Ziele die Zielgrößen Mittlere Durchlaufzeit ( $ZDL_m$ ), Planauslastung (PA), Umschlagshäufigkeit (UMH) und Liefertermintreue (LTT) definiert.

Das folgende Ursachen-Wirkungsdiagramm zeigt die möglichen Ursachen, die zu einer Terminabweichung und damit zu einer Verschlechterung der Kennzahl Liefertermintreue führen können [KWO01, TRA97, LUD95]. In der Darstellung sind die Ursachen in Anlehnung an das Referenzprozessmodell den Kategorien Steuerungs- und Planungsprozesse, Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren, Planung sowie Datenqualität zugeordnet.



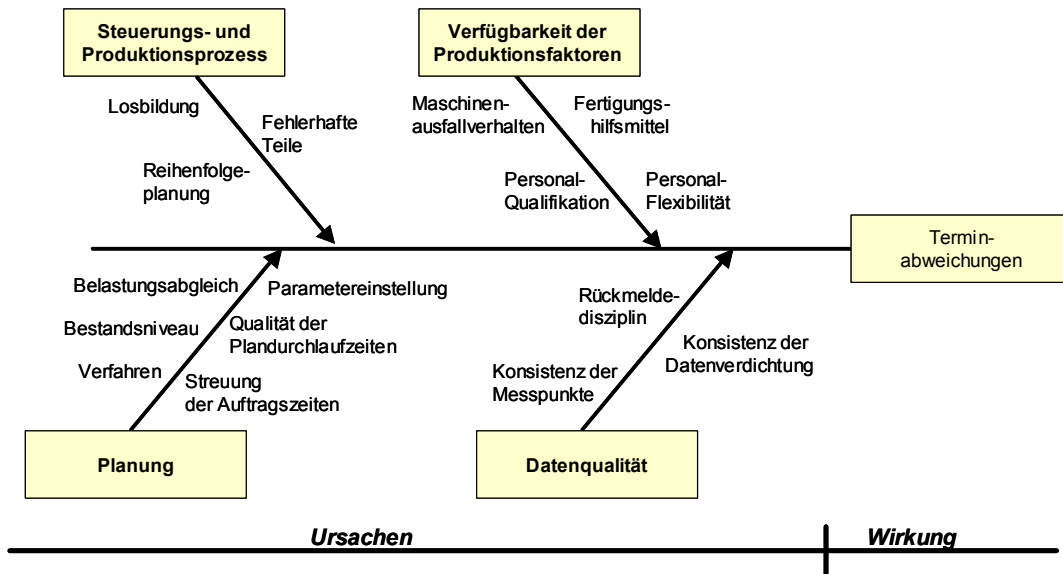


Abbildung 4-22: Ursachen-Wirkungsdiagramm für Terminabweichungen im Produktionsprozess

Durch die Kennzahlen des Referenzprozessmodells wird ein wesentlicher Teil der genannten Ursachen berücksichtigt. Aufbauend auf dem Ursachen-Wirkungsdiagramm kann für die Kennzahl Liefertermintreue dementsprechend ein Ursachen-Wirkungsnetz abgeleitet werden. In der Abbildung 4-23 sind die Kennzahlen des Referenzprozessmodells zur Messung der genannten Ursachen entsprechend ihrer Wirkrichtung bzgl. der Kennzahl Liefertermintreue abgebildet. Dabei wurden die Ursachen der Kategorie Datenqualität nicht berücksichtigt, da dieser Punkt nicht unmittelbar Teil des Referenzprozessmodells ist.

Zur Messung der dezentralen Steuerungs- und Produktionsprozesse werden die Kennzahlen Mittlere Durchlaufzeit sowie die Störgrößen in das Ursachen-Wirkungsnetz aufgenommen. Mit der Kennzahl Mittlere Durchlaufzeit werden die Folgen der Entscheidungen gemessen, die im Rahmen des Steuerungsprozesses gefällt werden (z. B. Losbildung, Reihenfolgeplanung, Maschinenbelegung). Es wird davon ausgegangen, dass die Kennzahlen Mittlere Durchlaufzeit und Liefertermintreue eine gegenläufige Beziehung haben, d. h., dass eine Erhöhung der Mittleren Durchlaufzeit zu einer Verschlechterung der Liefertermintreue führt. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass, je stärker die Störungen im Produktionsprozess sind, die Voraussetzungen für die Einhaltung der Liefertermintreue sinken. Je nach Definition ergeben sich für die Störgrößen sowohl gegenläufige (Fehlerhafte Erzeugnisse) als auch gleichläufige Beziehungen (Einhaltung Mindestbestand, Technische Verfügbarkeit).

Die möglichen Ursachen, die zu einer Terminabweichung führen können und in dem Ursachen-Wirkungsdiagramm (Abbildung 4-23) der Kategorie Planung zugeordnet sind, werden durch die Kennzahlen Variationskoeffizient Produktionsaufträge ( $VK_{PA}$ ),

Planauslastung (PA), Standardabweichung Planauslastung ( $PA_s$ ), Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit ( $ZWBP_m$ ) sowie Umschlagshäufigkeit (UMH) gemessen.

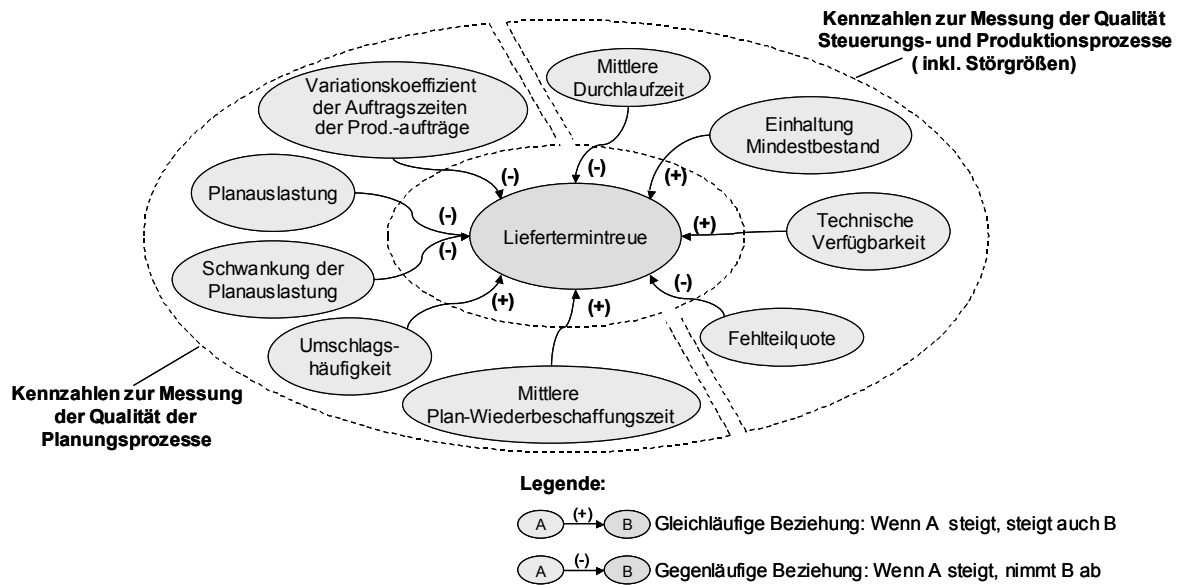


Abbildung 4-23: Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Liefertermintreue

Mit dem Variationskoeffizient der Produktionsaufträge wird die Streuung der Auftragszeiten gemessen. Der Variationskoeffizient steigt mit der Streuung der Auftragszeiten. Es wird in Anlehnung an das vierte logistische Grundgesetz angenommen, dass mit einer steigenden Streuung das logistische Potenzial der Prozesskette und damit die Liefertermintreue abnimmt. Daraus ergibt sich eine gegenläufige Beziehung zwischen den Kennzahlen.

Entsprechend den Qualitätsmerkmalen der Planung aus Kapitel 4.1.2.2 wird davon ausgegangen, dass die Voraussetzung zur Einhaltung der Plantermine steigt, wenn durch den Planungsprozess eine möglichst konstante Planauslastung (<100 %) vorgegeben wird. Daraus ergeben sich für die Kennzahlen Planauslastung und Streuung der Planauslastung gegenläufige Beziehungen in dem Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Liefertermintreue.

Die Qualität der Plandurchlaufzeiten als Ursache für die Termineinhaltung wird für die prozesskettenorientierte Produktion durch die Kennzahl Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit gemessen. Die Plan-Wiederbeschaffungszeit beinhaltet die Zeit, die der jeweiligen dezentralen Produktionseinheit zur Steuerung und Produktion eines Produktionsauftrages zur Verfügung steht. Es wird angenommen, dass mit der Mittleren Plan-Wiederbeschaffungszeit die Voraussetzungen für eine hohe Liefertermintreue steigen, so dass sich eine gleichläufige Beziehung ergibt.

Das Bestandsniveau entlang der Prozesskette wird durch die Kennzahl Umschlagshäufigkeit gemessen. Geht man davon aus, dass mit dem Bestand die Durchlaufzeit steigt, besteht auch eine Beziehung zwischen Bestand und Liefertermintreue.

Dadurch, dass die Kennzahl Umschlagshäufigkeit mit steigendem Bestand sinkt, folgt daraus eine gleichläufige Beziehung zwischen den Kennzahlen Umschlagshäufigkeit und Liefertermintreue.

Entsprechend dem Ursachen-Wirkungsnetz für die Kennzahl Liefertermintreue lassen sich die Ursachen-Wirkungsnetze für verbleibende Zielgrößen ableiten. In der Tabelle 4-2 sind die Ursachen-Wirkungsnetze für die Zielgrößen des Anwendungsfalles MRP dargestellt. In der Darstellung sind die Kennzahlen den Zielgrößen durch die entsprechenden Beziehungssymbole zugeordnet, die Teil des jeweiligen Wirkungsnetzes sind.

Kennzahl \ Zielgröße	Mittlere Durchlaufzeit (ZDL <sub>m</sub> )	Liefertermintreue (LTT)	Umschlagshäufigkeit (UMH)	Mittlere Planauslastung (PA)
Mittlere Durchlaufzeit (ZDL <sub>m</sub> )		(-)	(-)	
Mittlere Liefertermintreue (LTT)				
Mengenabweichung Primärbedarfsplan (PBMA)				(+,-)
Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge (V <sub>k<sub>PA</sub></sub> )	(+)		(-)	
Umschlagshäufigkeit (UMH)	(-)	(+)		
Mittlere Planwiederbeschaffungszeit (ZWP <sub>m</sub> )		(+)		
Mittlere Planauslastung (PA)	(+)	(-)	(-)	
Schwankung der Planauslastung (PA <sub>s</sub> )	(+)	(-)		
Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge (V <sub>k<sub>ka</sub></sub> )				
Nachfrage (NF)				(+)
Schwankung der Nachfrage (NF <sub>s</sub> )				
Mittlere Planlieferzeit (ZLP <sub>m</sub> )				
Einhaltung Mindestbestand (EMB)		(+)		
Liefertermintreue Lieferant (LTT <sub>Lieferant</sub> )		(-)		
Technische Verfügbarkeit (TV)	(-)	(+)		
Fehlerhafte Erzeugnisse (FE)	(+)	(-)		

(+) Gleichläufige Beziehung (-) Gegenläufige Beziehung

Tabelle 4-2: Übersicht der Ursachen-Wirkungsnetze für den Anwendungsfall MRP

Das Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Mittlere Durchlaufzeit deckt sich in weiten Teilen mit dem der Kennzahl Liefertermintreue. Zwischen der Kennzahl Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit und Mittlere Durchlaufzeit wird wegen der zugrunde gelegten Messpunkte kein direkter Zusammenhang zwischen den Kennzahlen vorausgesetzt, so dass die Kennzahl Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit in dem Wirkungsnetz entfällt. Die Materialverfügbarkeit des Zugangsmaterials (Kennzahlen EMB, LTT<sub>Lieferant</sub>) hat ebenfalls keinen direkten Einfluss auf die Mittlere Durchlaufzeit.

Das Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Umschlagshäufigkeit enthält die Kennzahlen Mittlere Durchlaufzeit, Variationskoeffizient der Produktionsaufträge sowie die Kennzahl Planauslastung. Es wird davon ausgegangen, dass der Variationskoeffizient der Produktionsaufträge und die Umschlagshäufigkeit in einer gegenläufigen Beziehung zueinander stehen. Dazu wird zum einen vorausgesetzt, dass sich der Variationskoeffizient der Produktionsaufträge in der betrieblichen Praxis mit der mittleren Auftragsgröße erhöht. Zum anderen wird angenommen, dass

mit der mittleren Auftragsgröße der Bestand in der Prozesskette steigt, so dass sich im Ergebnis eine gegenläufige Beziehung zwischen den Kennzahlen UMH und  $VK_{PA}$  ergibt. Die dargestellte gegenläufige Beziehung zwischen der Kennzahl Mittlere Planauslastung und Umschlagshäufigkeit fußt auf der Überlegung, dass mit einer steigenden Planauslastung der Bestand entlang der Prozesskette in der betrieblichen Praxis überproportional zunimmt. Dies hat wiederum eine sinkende Umschlagshäufigkeit zur Folge.

Das Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Planauslastung enthält die Kennzahlen Mengenabweichung Primärbedarfsplan sowie Nachfrage. Je höher die Übereinstimmung zwischen der prognostizierten Primärbedarfsmenge mit der tatsächlich eingetroffenen Nachfrage ist, desto besser sind die Voraussetzungen, um eine gewünschte Planauslastung zu erreichen.

*Ursachen-Wirkungsnetze des Anwendungsfalls KANBAN*

Entsprechend den Überlegungen für den Anwendungsfall MRP lassen sich die Wirkzusammenhänge für die Kennzahlen des Anwendungsfalls KANBAN ableiten. In der folgenden Tabelle sind die Wirkungsnetze der Zielgrößen des Anwendungsfalls KANBAN dargestellt (vgl. Tabelle 4-3).

Zielgröße Kennzahl	Einhaltung Lagerbandbreite (ELB)	Mittlere Wiederbeschaffungszeit (ZWB <sub>m</sub> )	Umschlagshäufigkeit (UMH)	Istauslastung (IA)
Mittlere Wiederbeschaffungszeit (ZWB <sub>m</sub> )	(-)			
Einhaltung Lagerbandbreite (ELB)				
Mengenabweichung Primärbedarfsplan (PBMA)				(-)
Umschlagshäufigkeit (UMH)				
Istauslastung (IA)		(+)	(+)	
Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge ( $VK_{ka}$ )	(-)		(-)	
Nachfrage (NF)	(-)		(+)	(+)
Schwankung der Nachfrage (NF <sub>s</sub> )	(-)		(-)	
Mittlere Planlieferzeit (ZLP <sub>m</sub> )			(-)	
Einhaltung Mindestbestand (EMB)	(+)	(-)		
Liefertermintreue Lieferant (LLT <sub>Lieferant</sub> )	(+)	(+)		
Technische Verfügbarkeit (TV)	(+)	(-)		
Fehlerhafte Erzeugnisse (FE)	(-)	(+)		

(+) Gleichläufige Beziehung      (-) Gegenläufige Beziehung

Tabelle 4-3: Übersicht der Ursachen-Wirkungsnetze für den Anwendungsfall KANBAN

Das Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Einhaltung Lagerbandbreite enthält die Kennzahl Mittlere Wiederbeschaffungszeit, die Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen sowie die Störgrößen. Die Einhaltung der Lagerbandbreite hängt davon ab, inwieweit der Lagerzugang und der Lagerabgang des KANBAN-Lagers aufeinander abgestimmt sind. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass die entnommene Menge schnell nachproduziert werden kann. Daraus ergibt sich eine gegenläufige Beziehung zwischen den Kennzahlen Mittlere Wiederbeschaffungszeit und Einhaltung Lagerbandbreite. Geht man davon aus, dass die Wieder-

beschaffungszeit durch Störungen verlängert wird, ergeben sich daraus die dargestellten Beziehungen zwischen den Störgrößen und der Kennzahl Einhaltung Lagerbandbreite. Bedingt dadurch, dass bei der Anwendung des KANBAN-Prinzips das Kundenverhalten einen unmittelbaren Einfluss auf die komplette Prozesskette hat, steigt der Lagerabgang entlang der Prozesskette mit der Nachfrage des Kunden. Dementsprechend steigt insbesondere bei starken Schwankungen der Nachfrage die Gefahr, dass die Lagerbandbreite nicht eingehalten werden kann. Daraus ergeben sich für die Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen gegenläufige Beziehungen zur Kennzahl Einhaltung Lagerbandbreite.

Das Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Mittlere Wiederbeschaffungszeit enthält neben der Kennzahl Istauslastung die Störgrößen. Der Zusammenhang zwischen der Istauslastung und der Wiederbeschaffungszeit lässt sich aus der Kennlinientheorie ableiten [NHY99]. Je höher die Leistung und damit die Istauslastung an der Engpassressource ist, desto länger ist die Durchlaufzeit und damit die Wiederbeschaffungszeit für die einzelnen KANBAN-Aufträge.

Die Kennzahl Umschlagshäufigkeit errechnet sich aus den Bestandteilen Bestand und Abgang. Der Bestand eines KANBAN-Regelkreises wird durch die Behältergröße und durch die Anzahl der KANBANS bestimmt. Der Bestand ist damit konstant. Daraus resultiert, dass sich eine Veränderung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit durch die Veränderung des Abgangs ergibt. Daraus lässt sich eine gleichläufige Beziehung der Kennzahlen Umschlagshäufigkeit zu den Kennzahlen Istauslastung und Nachfrage schließen. Für die Kennzahlen Variationskoeffizient der Kundenaufträge und Plan-Wiederbeschaffungszeit sind in dem Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Umschlagshäufigkeit gegenläufige Beziehungen abgebildet. Diese Beziehungen beruhen auf der Überlegung, dass in der betrieblichen Praxis mit steigenden Schwankungen der kundenseitigen Nachfrage der Bestand zur Sicherung der Materialverfügbarkeit entlang der Prozesskette erhöht wird.

Das Ursachen-Wirkungsnetz der Kennzahl Istauslastung enthält neben der Kennzahl Mengenabweichung Primärbedarfsplan die Kennzahl Nachfrage. Geht man davon aus, dass die Kapazitätsplanung auf die Ergebnisse der Primärbedarfsplanung abgestimmt sind, hängt die erreichte Istauslastung wesentlich von der Übereinstimmung der prognostizierten und der tatsächlich eingetroffenen Nachfrage ab.

Die im Rahmen dieses Kapitels erstellten Ursachen-Wirkungsnetze sind auf der Basis von theoretischen Überlegungen abgeleitet worden. Es ist durchaus denkbar, dass sie für spezifische Anwendungsfälle angepasst werden müssen. Zur Ableitung von Ursachen-Wirkungsbeziehungen schlägt Horváth einen intensiven Kommunikationsprozess vor [HOR00].

### 4.3.4.2 Portfolio zur Trendanalyse

Mit dem im Folgenden vorgestellten Portfolio zur Trendanalyse wird eine Visualisierungsform entwickelt, welche es ermöglicht, die Trendverläufe mehrerer Kennzahlen übersichtlich innerhalb einer Darstellung abzubilden.

Abbildung 4-24 zeigt exemplarisch für eine Kennzahl die Überführung der Zeitreihendarstellung in die Portfoliodarstellung. In der linken Hälfte der Abbildung ist die Zeitreihe der Kennzahl Liefertermintreue eines Fertigungsbereichs dargestellt. Die Zeitreihe enthält neben den Wochenwerten der Kennzahl (Kennzahlenlinie) eine Trendlinie. Die Trendlinie wurde durch das ungewichtete gleitende Mittel auf Basis der letzten vier Perioden ermittelt.

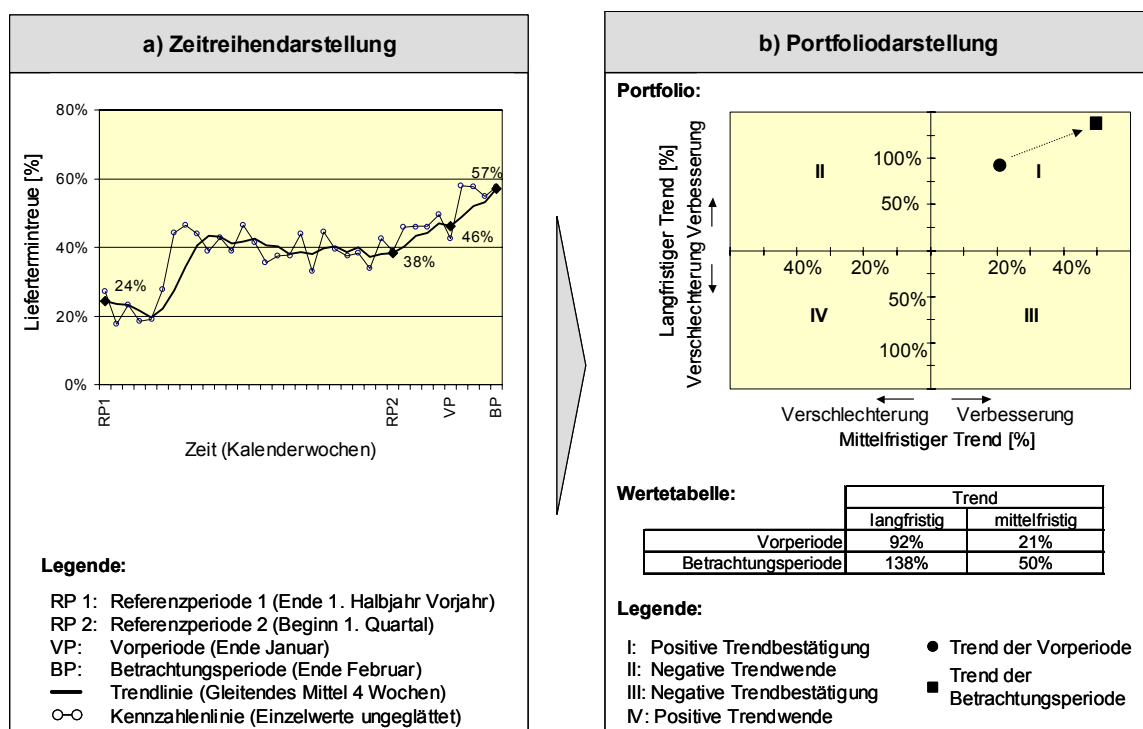


Abbildung 4-24: Exemplarische Zeitreihen- und Portfoliodarstellung zur Trendanalyse

Aus der Zeitreihe wird deutlich, dass im Vergleich zur Vergangenheit eine deutliche Steigerung der Liefertermintreue zu verzeichnen ist. So konnte die Liefertermintreue gegenüber dem Wert der Referenzperiode 1 um 138 % verbessert werden.

In der Portfoliodarstellung werden der langfristige und der mittelfristige Trend unterschieden. Zur Ermittlung der Trends wird der Kennzahlenwert (oder wahlweise Trendlinienwert) der Betrachtungsperiode mit Referenzwerten aus der Vergangenheit verglichen. Es werden ein langfristig in der Vergangenheit liegender Referenzwert (Kennzahlen- bzw. Trendlinienwert der Referenzperiode 1) und ein mittelfristig in der Vergangenheit liegender Referenzwert (Kennzahlen- bzw. Trendlinienwert der Referenzperiode 2) zum Vergleich herangezogen. Die Entwicklung gegenüber den Referenzwerten wird durch die prozentuale Abweichung dargestellt. Die Berechnung des

langfristigen und des mittelfristigen Trends der Betrachtungsperiode erfolgt auf Basis der folgenden Formel:

$$\text{Trend} = \frac{KW_{RP} - KW_{BP}}{KW_{RP}} \cdot 100 [\%] \quad (\text{Gl. 4-28})$$

mit :

$KW_{RP}$  = Kennzahlenwert der Referenzperiode

$KW_{BP}$  = Kennzahlenwert der Betrachtungsperiode

Der langfristige Trend ergibt sich durch die prozentuale Abweichung des Kennzahlen- bzw. Trendwertes der Betrachtungsperiode bezogen auf den entsprechenden Wert der Referenzperiode 1. Zur Berechnung des mittelfristigen Trends werden die Werte der Betrachtungsperiode und der Referenzperiode 2 miteinander in Beziehung gesetzt. Die Trends werden in das Portfolio übertragen. Dadurch, dass die Trends sowohl positiv als auch negativ sein können, ergeben sich für das Portfolio vier Quadranten (I bis IV). Die Interpretation des Trendverlaufs (mittelfristige und langfristige Sicht) erfolgt auf Basis des Quadranten, in dem die jeweilige Kennzahl für die Betrachtungsperiode eingetragen wird. Folgt der mittelfristige Trend dem langfristigen Trend (Verbesserung oder Verschlechterung) liegt eine Trendbestätigung vor. Die Kennzahlen liegen dann im Quadranten I (Verbesserung - positive Trendbestätigung) oder im Quadranten III (Verschlechterung - negative Trendbestätigung). Verläuft der mittelfristige Trend gegenüber dem langfristigen Trend gegenläufig, so liegt eine Trendwende vor (Quadrant II und IV). Die Trendwende ist positiv (Quadrant IV), wenn der mittelfristige Trend im Gegensatz zum langfristigen Trend eine Verbesserung aufweist. Die Trendwende ist negativ (Quadrant II), wenn der mittelfristige Trend eine negative Entwicklung aufzeigt und der langfristige Trend einen positiven Wert aufzeigt. Das Beispiel der Abbildung 4-24 zeigt für die Kennzahl eine positive Trendbestätigung.

Neben dem Trendverlauf der Betrachtungsperiode ist in Abbildung 4-24b der Trendverlauf der Vorperiode (bezogen auf die gleichen Referenzperioden) abgebildet. Durch den Vergleich der Trends der Vorperiode mit denen der Betrachtungsperiode kann die kurzfristige Entwicklung der Kennzahl abgelesen werden. Eine Verbesserung des Kennzahlenwertes der Betrachtungsperiode gegenüber der Vorperiode führt zu einer horizontalen Bewegung nach rechts und einer vertikalen Bewegung nach oben. Eine Verschlechterung führt zu einer Bewegung nach links unten. Für den Fall einer Übereinstimmung des Trends mit der kurzfristigen Entwicklung kann mit Hilfe der in Abbildung 4-25 vorgestellten Berechnungsvorschriften eine quantitative Beurteilung der kurzfristigen Entwicklung durchgeführt werden.

Es wird eine proportionale, unterproportionale und überproportionale Veränderung gegenüber der Vorperiode unterschieden. Eine proportionale Entwicklung liegt vor,

wenn der Kennzahlenwert (bzw. Trendlinienwert) der Referenzperiode, der Vorperiode und der Betrachtungsperiode in der Zeitreihendarstellung durch eine Gerade miteinander verbunden werden können (vgl. Abbildung 4-25a).

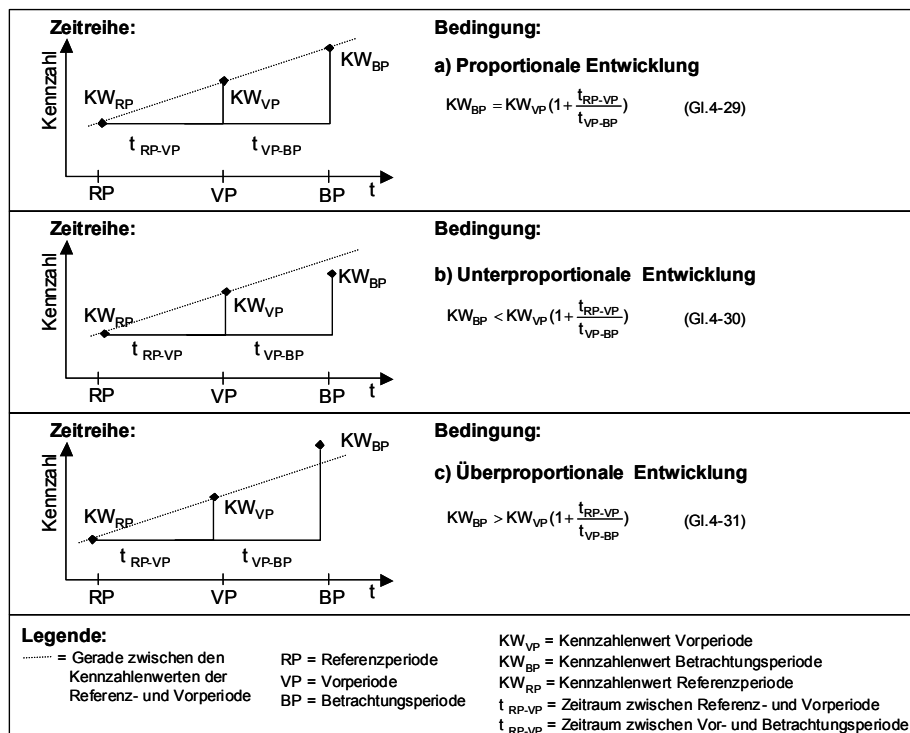


Abbildung 4-25: Quantitative Beurteilung der kurzfristigen Entwicklung

Eine Abschwächung des Trends liegt dann vor, wenn der Wert der Betrachtungsperiode unterhalb der Geraden und oberhalb des Wertes der Vorperiode liegt (vgl. Abbildung 4-25b). Die Entwicklung ist überproportional, wenn der Wert bei einem positiven Trend oberhalb der Geraden liegt (vgl. Abbildung 4-25c). Für den Fall eines negativen Trends sind die Bedingungen für eine überproportionale und unterproportionale Entwicklung vertauscht. Für das vorliegende Beispiel aus Abbildung 4-24 ergibt sich gegenüber dem mittelfristigen Trend eine überproportional gute kurzfristige Entwicklung. Es liegt dementsprechend eine Verstärkung des ohnehin bereits sehr positiven Trends vor.

Der Aufbau des Portfolios wurde in Abbildung 4-24 anhand der Trendlinienwerte, ermittelt mit Hilfe des gleitenden Mittels, vorgenommen. Prinzipiell ist es auch denkbar, nicht die Werte der Trendlinie, sondern die ungeglätteten Kennzahlenwerte heranzuziehen. Dadurch, dass im vorliegenden Beispiel die Kennzahl wöchentlich erhoben wurden und die einzelnen Periodenwerte relativ stark streuen, wurden kurzfristige Schwankungen durch das Heranziehen der Werte der Trendlinie bei der Berechnung des Trends eliminiert. Für längere Berechnungsperioden (z. B. monatlich) ergeben sich in der Regel keine so deutlichen Schwankungen bei den Kennzahlenwerten. In einem solchen Fall bietet es sich an, nicht auf die Kennzahlenwerte zurückzugreifen.



Neben der Wahl der zur Trendberechnung heranzuziehenden Werte sind zur Erstellung des Portfolios die Referenzperioden sowie die Vorperiode festzulegen. Mögliche Kriterien zur Auswahl können einerseits spezifische Gegebenheiten in der Vergangenheit (z. B. Abschluss von Restrukturierungsmaßnahmen) oder typische Referenzperioden der betrieblichen Planungspraxis und Controllingpraxis (z. B. Jahres-, Quartalsplanung) sein.

Das Portfolio zur Trendanalyse wird im Folgenden sowohl zum Monitoring aus strategischer als auch aus taktischer Sicht herangezogen. Aus strategischer Sicht dient es insbesondere dazu, die Entwicklung des Kundenverhaltens zu visualisieren. Aus taktischer Sicht wird es dazu verwendet, die Kennzahlen eines Ursachen-Wirkungsnetzes innerhalb einer Darstellung abzubilden. Ziel dieser Darstellungsform ist es, die starken von den schwachen Einflussfaktoren bezogen auf eine logistische Zielgröße voneinander zu trennen und damit die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen zu unterstützen.

#### **4.4 Vorgehensweise zur Anwendung der Methoden**

In den vorangegangenen Kapiteln wurden das Referenzprozessmodell zur Modellierung und Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion sowie eine Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung entwickelt. Darüber hinaus wurden verschiedene Methoden zur Kennzahlenanalyse beschrieben. Im nun folgenden Kapitel wird je eine Vorgehensweise zum Monitoring aus strategischer und taktischer Sicht vorgestellt. Dazu werden die Methoden der Kennzahlenanalyse aufgegriffen und es wird deren Nutzung in Verbindung mit dem Referenzprozessmodell geschildert. Kern der Vorgehensweise aus strategischer Sicht ist die Beurteilung kompletter Prozessketten. Die umfassende Analyse einzelner dezentraler Produktionseinheiten ist Bestandteil des Monitoring aus taktischer Sicht.

##### **4.4.1 Vorgehensweise aus strategischer Sicht**

Ziel der im Folgenden vorgestellten Vorgehensweise ist es, die Beurteilung der logistischen Leistung kompletter Prozessketten der prozesskettenorientierten Produktion mittels weniger Kennzahlen zu ermöglichen. Im Ergebnis wird damit das im Rahmen des strategischen Produktionsmanagements angewendete Top-Down-Prinzip unterstützt [GAB97]. Die Vorgehensweise besteht aus den folgenden drei Schritten:

1. Auswahl und Bildung der Topkennzahlen
2. Kennzahlenerhebung
3. Kennzahlenanalyse
  - a. Analyse der Topkennzahlen
  - b. Analyse der Entwicklung des Kundenverhaltens

### 1. Auswahl von Topkennzahlen

Entsprechend der Betrachtungskategorie erfolgt die Modellierung und Bewertung der prozesskettenorientierten Produktion mit Hilfe des Referenzprozessmodells auf der Ebene der dezentralen Produktionseinheiten (vgl. Kapitel 4.1.1.1). Je Anwendungsfall enthält der prozessbewertende Teil entsprechend des zugrunde gelegten Zielsystems vier Kennzahlen (Zielgrößen) zur Bewertung der logistischen Zielerreichung (vgl. Kapitel 4.1.1.3). Im Ergebnis kann somit die logistische Zielerreichung jeder einzelnen dezentralen Produktionseinheit einer Prozesskette beurteilt werden. Im Sinne des Top-Down-Prinzips steht jedoch aus strategischer Sicht nicht die Leistung einzelner dezentraler Produktionseinheiten, sondern die logistische Leistung kompletter Prozessketten im Vordergrund. Mit der Auswahl von Topkennzahlen wird eine aggregierte Abbildung der logistischen Leistung kompletter Prozessketten der prozesskettenorientierten Produktion ermöglicht. Grundlage dafür sind die Kennzahlen des Referenzprozessmodells, welche den logistischen Zielen zugeordnet sind. Die Auswahl bzw. Bildung der Topkennzahlen wird im Folgenden exemplarisch erläutert.

In der Abbildung 4-26 sind zwei beispielhafte Prozessketten des Anwendungsfalls MRP auf der Ebene der dezentralen Produktionseinheiten dargestellt.

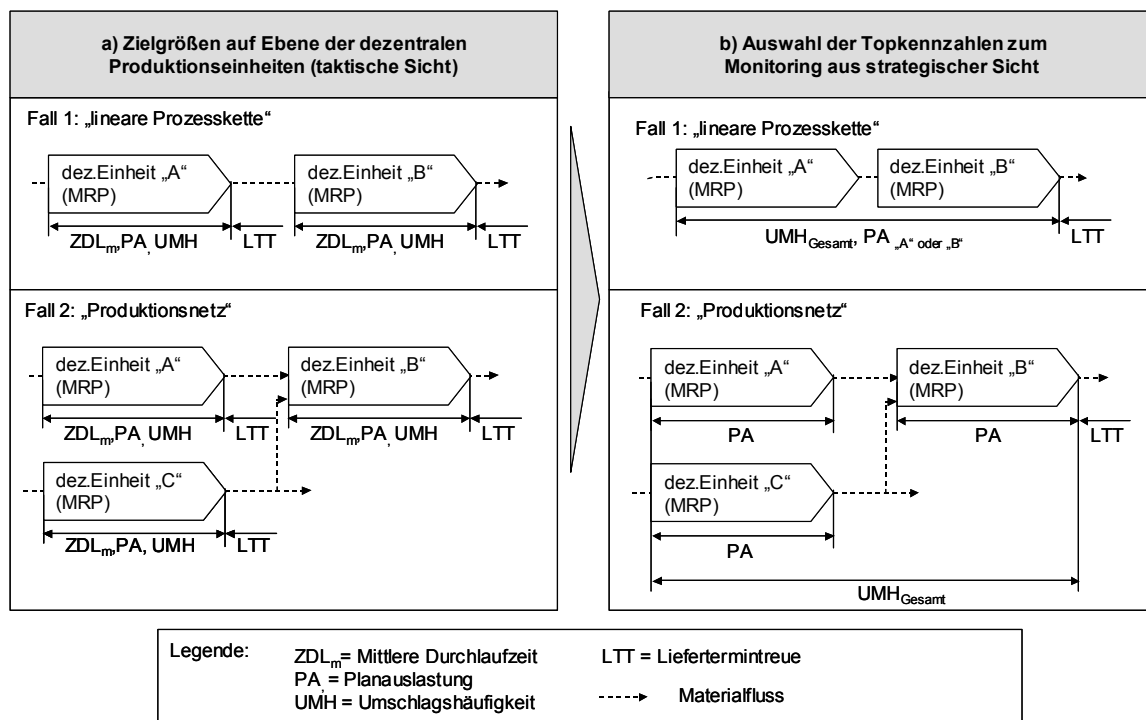


Abbildung 4-26: Auswahl und Verdichtung der Kennzahlen zum strategischen Monitoring am Beispiel des Anwendungsfalls MRP

Fall 1 repräsentiert eine „lineare Prozesskette“. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass die betrachteten Produktionseinheiten Teil einer Kunden-Lieferanten-Beziehung sind. Fall 2 repräsentiert den Fall eines Produktionsnetzes, bei dem die dezentralen

Produktionseinheiten Teile mehrerer Kunden-Lieferanten-Beziehungen sind (vgl. dezentrale Produktionseinheit „C“ in Abbildung 4-26). Auf der linken Seite der Abbildung sind die Zielgrößen entsprechend der Betrachtungskategorie des Referenzprozessmodells dargestellt. Die logistische Zielerreichung wird je dezentraler Produktionseinheit entsprechend dem Zielsystem mit Hilfe von vier Kennzahlen gemessen. Für den Fall 1 ergeben sich damit insgesamt 8, für Fall 2 insgesamt 12 Kennzahlen.

Die rechte Bildhälfte zeigt die Auswahl von Topkennzahlen zur Reduktion der betrachteten Kennzahlen für das strategische Monitoring. Das wesentliche Kriterium zur Beurteilung der logistischen Leistung der Prozesskette ist die Einhaltung der Liefertermine gegenüber dem Kunden. Dementsprechend ist es aus strategischer Sicht ausreichend, die entsprechende Kennzahl (Liefertermintreue für den Anwendungsfall MRP, Einhaltung Lagerbandbreite für den Anwendungsfall KANBAN) der dezentralen Produktionseinheiten heranzuziehen, welche die Erzeugnisse an die Kunden liefern. Für beide Beispiele aus Abbildung 4-26 bedeutet dies, dass die Kennzahl Liefertermintreue der dezentralen Produktionseinheit „B“ als Topkennzahl zur Messung der logistischen Leistung herangezogen wird.

Mit den Kennzahlen zur Messung der Ziele hohe Auslastung und niedriger Bestand werden die verschiedenen Aspekte des Ziels geringer Logistikkosten gemessen.

Die Messung der Kapitalbindungskosten erfolgt im Referenzprozessmodell indirekt durch die Kennzahl Umschlagshäufigkeit. Zur Ermittlung der Kennzahl Mittlere Umschlagshäufigkeit wird der Bestand einer dezentralen Produktionseinheit mit dem Abgang ins Verhältnis gesetzt. Je geringer die Umschlagshäufigkeit ist, desto höher ist die Kapitalbindung an der entsprechenden dezentralen Produktionseinheit. Aus strategischer Sicht tritt die Höhe der Kapitalbindung der einzelnen Produktionseinheiten in den Hintergrund. Vielmehr ist die Kapitalbindung entlang der kompletten Prozesskette von Bedeutung. Aus diesem Grund wird eine Kennzahl zur Messung der Umschlagshäufigkeit der gesamten Prozesskette definiert. Die Kennzahl Umschlagshäufigkeit<sub>Gesamt</sub> berechnet sich wie folgt:

$$\text{UMH}_{\text{Gesamt}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Istmenge}_i}{\text{Zugangsbstand}_{\text{Gesamt}} + \text{Umlaufbestand}_{\text{Gesamt}}} \left[ \frac{1}{\text{Jahr}} \right] \quad (\text{Gl. 4-32})$$

mit:

- m      Anzahl dezentraler Produktionseinheiten
- n      Anzahl fertig gestellter Produktionsaufträge für Enderzeugnisse

Die Istmenge ergibt sich aus der Summe der fertig gestellten Erzeugnisse der Prozesskette. Bezogen auf das Beispiel aus Abbildung 4-26 ist dies die Summe der durch die dezentrale Produktionseinheit „B“ produzierten Erzeugnisse. Der Zugangs-

bestand ist der zu Materialkosten bewertete Bestand der Materialien, die der Prozesskette als Zugangsmaterial zugehen. Der Umlaufbestand ist der zu anteiligen Herstellkosten bewertete Bestand an Halbfertigerzeugnissen entlang der betrachteten Prozesskette. Für den Fall, dass die dezentralen Produktionseinheiten Teile verschiedener Prozessketten, also Teile eines Produktionsnetzes sind (Abbildung 4-26, Fall 2), sind zur Bewertung des Bestandes entsprechend die Materialien abzugrenzen, die Teile der betrachteten Prozesskette sind.

Die Kennzahlen zur Messung des Ziels einer hohen Auslastung (Planauslastung für den Anwendungsfall MRP, Istauslastung für den Anwendungsfall KANBAN) dienen dazu, die Nutzung des eingesetzten Kapitals zu messen. Die Kennzahlen werden auf die Engpassressource der jeweiligen dezentralen Produktionseinheit bezogen. Die Ermittlung einer „Gesamtauslastung“ ist dann sinnvoll, wenn die betrachteten dezentralen Produktionseinheiten ausschließlich Teil einer Prozesskette sind. Für diesen Fall kann als Gesamtauslastung der kompletten Prozesskette die dezentrale Produktionseinheit herangezogen werden, welche den Engpass der Prozesskette darstellt (Abbildung 4-26, Fall 1).

Ein Produktionsnetz ist dadurch gekennzeichnet, dass die betrachteten dezentralen Produktionseinheiten Teile mehrerer Prozessketten sind (Abbildung 4-26, Fall 2). Dadurch, dass die Interpretation der Gesamtauslastung einer Prozesskette im Fall des Produktionsnetzes nicht ohne die Gegebenheiten der parallel verlaufenden Prozessketten möglich ist, wird für den Fall 2 vorgeschlagen, die Kennzahlen aller dezentralen Produktionseinheiten der Prozesskette zur Analyse der Zielerreichung Auslastung heranzuziehen.

Durch die beschriebene Vorgehensweise kann die Anzahl der Kennzahlen zur Beurteilung von Prozessketten aus strategischer Sicht deutlich reduziert werden. Für den Fall 1 wurde die Anzahl der Kennzahlen von 8 auf 3 verringert. Im Fall 2 wurde die Anzahl der Kennzahlen von 12 auf 5 herabgesetzt.

## *2. Kennzahlenerhebung*

Die Vorgehensweise zur Erhebung der Kennzahlen ist in Kapitel 4.2 erläutert. Sie beginnt mit der Modellierung der Prozesskette mit Hilfe des Referenzprozessmodells und endet mit der Berechnung der Kennzahlen.

## *3. Kennzahlenanalyse*

Die Bewertung der logistischen Leistung der Prozesskette erfolgt durch die Analyse der Topkennzahlen. Als Grundlage dafür dienen der Soll-Ist-Vergleich sowie die Zeitreihenanalyse (vgl. Kapitel 4.3.1 und 4.3.2). Zur Darstellung von Ergebnissen des Soll-Ist-Vergleichs und der Zeitreihendarstellung wurden bereits eine Reihe von Vorschlägen unterbreitet [BIA98, SCH95, ULL94]. Um ein differenziertes Bild von der

erbrachten Leistung zu bekommen, bietet es sich darüber hinaus an, die Kennzahlen zur Beschreibung der kennzahlenspezifischen Datenqualität, die statistischen Parameter und das Portfolio zur Trendanalyse hinzuzuziehen.

Die Abbildung 4-27 zeigt beispielhaft ein Analyseblatt, welches die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Methoden innerhalb einer Darstellung vereint.

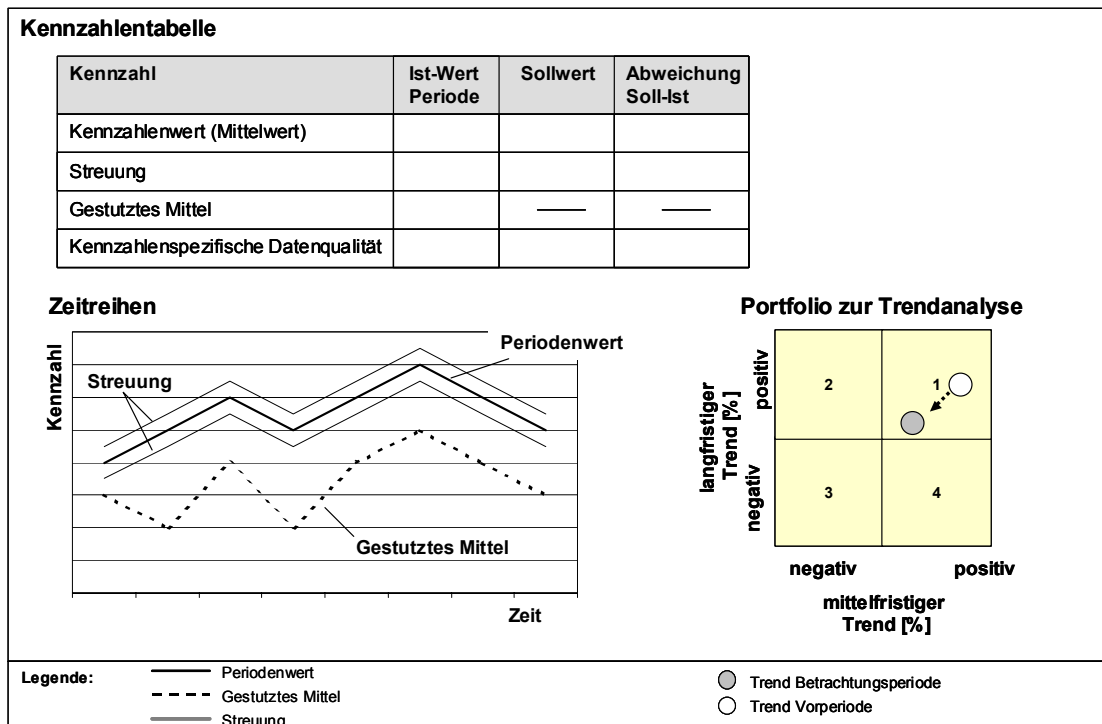


Abbildung 4-27: Beispielhaftes Berichtsblatt zur Kennzahlenanalyse

Die Abbildung enthält eine Kennzahlentabelle zur Gegenüberstellung der Ist-Werte mit den Sollwerten. In der Zeitreihendarstellung sind der Ist-Wert, die Streuung sowie das gestutzte Mittel abgebildet. Die Ergebnisse der Zeitreihe der jeweiligen Topkennzahl werden im Portfolio zur Trendanalyse bezogen auf die Referenzperioden zusammengefasst. Das Portfolio zur Trendanalyse bietet sich darüber hinaus dazu an, alle Topkennzahlen einer Prozesskette innerhalb einer Darstellung abzubilden. Damit kann die Entwicklung der logistischen Leistung der kompletten Prozesskette innerhalb einer Darstellungsform visualisiert werden.

Neben der Analyse der Topkennzahlen hat die Analyse der Kennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens eine strategische Bedeutung. Ziel des strategischen Produktionsmanagements aus logistischer Sicht ist es u. a., die Rahmenbedingungen zur Erfüllung der Kundenwünsche zu schaffen. Durch die Analyse des Kundenverhaltens werden die kundenseitig gestellten Anforderungen an die Prozesskette deutlich. Sinkende logistische Anforderungen können zu Kostensenkungsmaßnahmen genutzt werden (z. B. Bestandsabbau). Steigenden Anforderungen muss u. U. mit leistungsverbessernden Maßnahmen (z. B. Investitionen) begegnet werden. Der prozessbewertende Teil des Referenzprozessmodells enthält

zur Messung des Kundenverhaltens die Kennzahlen Mittlere Nachfrage, Schwankung der Nachfrage, Mittlere Plan-Lieferzeit sowie die Kennzahl Variationskoeffizient der Kundenaufträge (vgl. Kapitel 4.1.2.3). Diese Kennzahlen beschreiben die logistischen Anforderungen, die von den Kunden an die Prozesskette gestellt werden. Mit der Nachfrage steigt der erforderliche Durchsatz der Prozesskette. Die Streuung der Nachfrage und der Variationskoeffizient der Kundenaufträge haben Einfluss auf die erforderliche Kapazitätsflexibilität. Mit sinkender Mittlerer Soll-Lieferzeit steigt die Anforderung bzgl. der erforderlichen zeitlichen Reaktionsfähigkeit. Die sich aus den Kennzahlen ergebenden Anforderungen an die Flexibilität der Prozesskette können sich gegenseitig verstärken oder aber auch kompensieren. So kann z. B. eine verkürzte geforderte Lieferzeit durch eine verringerte Nachfrage und damit durch eine verringerte Auslastung der Anlagen kompensiert werden. Zur Analyse des Kundenverhaltens bietet sich das Portfolio zur Trendanalyse an. Mit Hilfe dieser Visualisierungsform können sämtliche Kennzahlen in einer Darstellung abgebildet und analysiert werden. Im Gegensatz zu der Portfoliodarstellung in Kapitel 4.3.4.2 werden nicht positive und negative Kennzahlentrends, sondern steigende und fallende Anforderungen in der Darstellung unterschieden. In Abbildung 4-28 ist ein beispielhafter Verlauf der Kennzahlen zum Messen des Kundenverhaltens dargestellt. Die Abbildung enthält neben dem Portfolio eine Tabelle, welche für die einzelnen Kennzahlen den Zusammenhang zwischen den Trends und den daraus resultierenden logistischen Anforderungen darstellt.

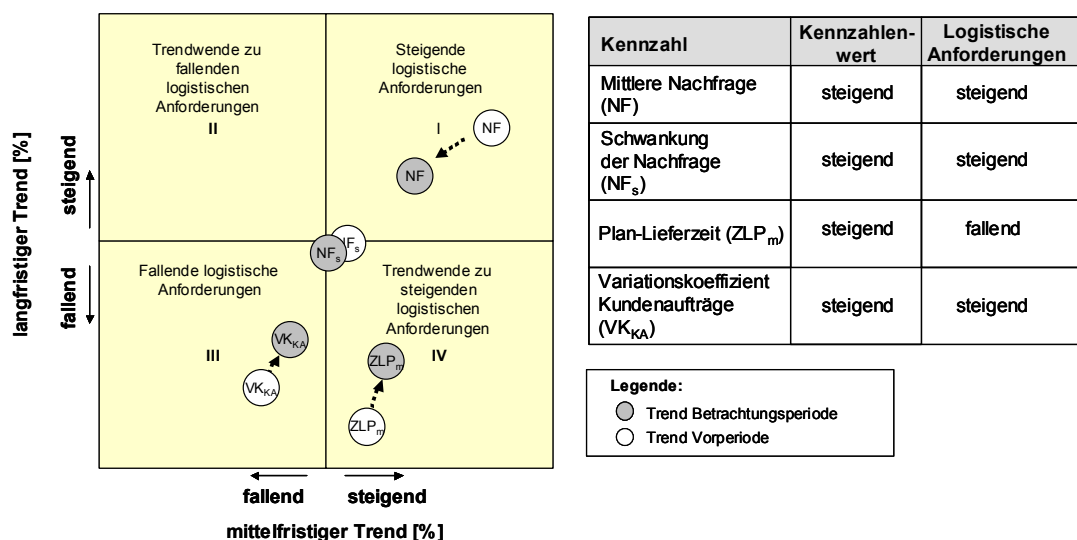


Abbildung 4-28: Portfolio zur Trendanalyse des Kundenverhaltens

Das Beispiel zeigt, bezogen auf den langfristigen und mittelfristigen Wert der Referenzperioden, eine gestiegene Mittlere Nachfrage. Gegenüber der Vorperiode liegt eine Verringerung der Nachfrage vor. Die Streuung der Nachfrage ist nahezu unverändert. Die Kennzahlen Variationskoeffizient der Kundenaufträge und Plan-Lieferzeit zeigen gegenüber dem langfristigen Referenzwert fallende logistische

Anforderungen. Dadurch, dass für die Kennzahl Mittlere Plan-Lieferzeit bezogen auf den mittelfristigen Referenzwert eine Verkürzung vorliegt, kann von einer Trendwende hin zu erhöhten Anforderungen gesprochen werden. Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die kundenseitig gestellten Anforderungen in diesem Beispiel gegenseitig kompensieren. Die Entscheidung darüber, welche der Entwicklungen das entscheidende Gewicht hat, hängt von den Rahmenbedingungen der Prozesskette ab. So kann z. B. eine Erhöhung der Nachfrage dann von strategischer Bedeutung sein, wenn sie die Annahmen, die bei der Auslegung der Prozesskette herangezogen wurden, übersteigt. Kommt man zu dem Ergebnis, dass ein solcher Anstieg auch zukünftig zu erwarten ist, sollten u. U. Investitionsmaßnahmen eingeleitet werden.

Zeigt sich durch die Analyse der Topkennzahlen und der Kennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens, dass die erbrachte Leistung den heutigen Anforderungen nicht gerecht wird bzw. Anlass dazu bietet, die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit in Frage zu stellen, ist gegebenenfalls eine gezielte Schwachstellenbeseitigung oder eine Anpassung der Produktionsstrategie vorzunehmen. Zur Spezifizierung dieser Maßnahmen ist es gegebenenfalls sinnvoll, die Stärken und Schwächen entlang der Prozesskette zu analysieren. Diese Betrachtung ist Bestandteil des folgenden Abschnitts.

#### 4.4.2 Vorgehensweise aus taktischer Sicht

Die Aufgabe des Produktionsmanagements aus taktischer Sicht ist es, die logistische Leistung der Prozesskette unter den strategisch vorgegebenen Rahmenbedingungen kontinuierlich zu verbessern. Um strukturelle Schwachstellen innerhalb der Prozesskette identifizieren zu können, reicht die aggregierte Abbildung der Prozesskette durch Kennzahlen, wie sie im Rahmen des strategischen Monitoring gefordert wird, nicht aus. Vielmehr ist es erforderlich, dass die Leistungsfähigkeit der einzelnen Prozesse deutlich wird. Eine Auswahl von Topkennzahlen, wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, entfällt somit für das taktische Monitoring. Grundlage sind vielmehr alle Kennzahlen und Prozesse des Referenzprozessmodells. Die Vorgehensweise besteht aus den folgenden 3 Schritten:

1. Kennzahlenerhebung
2. Auswahl der relevanten Prozesse
3. Kennzahlenanalyse
  - a. Analyse der Zielgrößen
  - b. Suche nach Verbesserungsmaßnahmen

Die Schritte 2 und 3 werden im Folgenden näher beschrieben. Die Vorgehensweise zu Schritt 1, der Kennzahlenerhebung, ist Kapitel 4.2 zu entnehmen.

## 2. Auswahl der relevanten Prozesse

Ziel dieses Schrittes ist es, die Prozesse der Prozesskette zu identifizieren, welche das größte Potenzial zur Verbesserung der logistischen Leistung haben. Die Grundlage dazu stellen die Kennzahlen zur Messung der logistischen Zielerreichung dar (vgl. Abbildung 4-26, linke Hälfte). Die Zielgrößen der dezentralen Produktionseinheiten werden entsprechend ihrer Ausprägung absteigend sortiert, so dass diejenige Kennzahl der dezentralen Produktionseinheit in der Liste oben steht, die im Verhältnis den schlechtesten Wert aufweist (vgl. Abbildung 4-29).

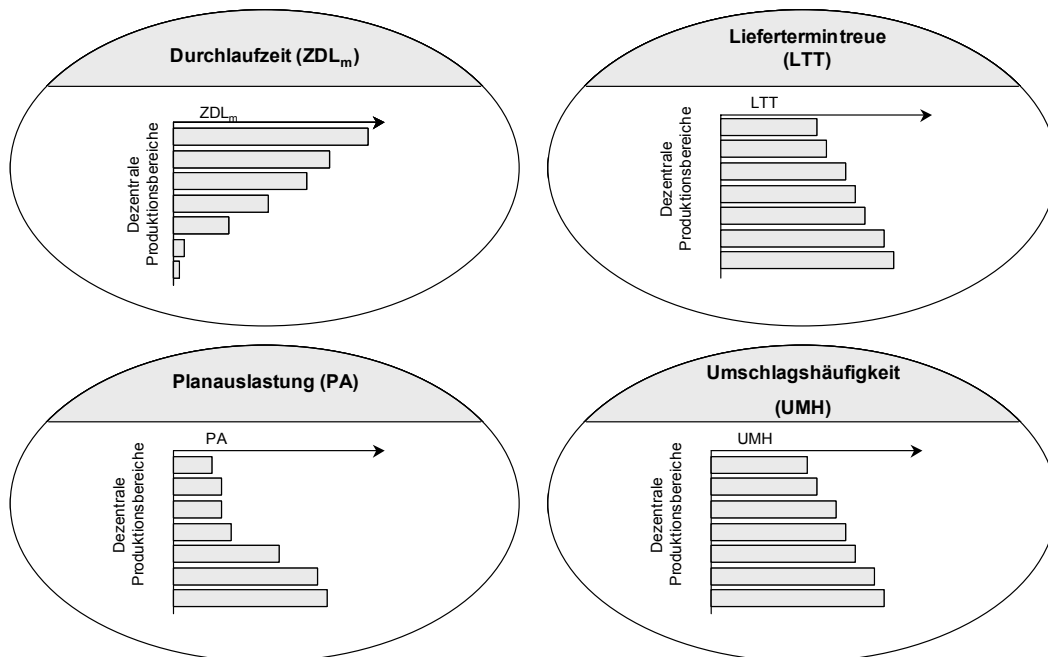


Abbildung 4-29: Kriterien zur Ermittlung relevanter dezentraler Produktionseinheiten am Beispiel des Anwendungsfalls MRP [in Anlehnung an NYH99]

Steht das Ziel einer Kostenreduzierung im Vordergrund, sind diejenigen dezentralen Produktionseinheiten auszuwählen, welche die geringste Planauslastung (Anwendungsfall MRP) bzw. die geringste Istauslastung (Anwendungsfall KANBAN) und die geringste Umschlagshäufigkeit aufweisen. Für den Fall, dass die Zielsetzung Maximierung des Lieferservices lautet, sollten die dezentralen Produktionseinheiten einer detaillierten Analyse unterzogen werden, welche für die Kennzahlen zur Messung der Leistungsziele (hoher Lieferservice, geringe Durchlaufzeit) im Verhältnis zu den anderen dezentralen Produktionseinheiten die schlechtesten Werte aufweisen.

## 3. Kennzahlenanalyse

Ziel des Schrittes Kennzahlenanalyse ist es, eine detaillierte Bewertung der Leistungsfähigkeit der Prozesse der dezentralen Produktionseinheiten und die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen zu unterstützen.



Grundlage zur Bewertung der logistischen Leistungsfähigkeit stellen die Kennzahlen zur Messung der logistischen Zielerreichung dar (Zielgrößen). Deren Analyse erfolgt im Wesentlichen auf Basis des Soll-Ist-Vergleichs und der Zeitreihenanalyse. Die Analyse wird durch statistische Parameter, das Portfolio zur Trendanalyse und die Messung der zugrunde liegenden Datenqualität unterstützt (vgl. hierzu Abbildung 4-27).

Um die logistische Leistung einer dezentralen Produktionseinheit zielgerecht verbessern zu können, ist es erforderlich, diejenigen Teilprozesse zu identifizieren, die in dem jeweils spezifischen Fall den größten Einfluss auf die jeweilige logistische Zielgröße haben. Die Suche nach den zu verbessernden Prozessen wird durch das Referenzprozess- und das Wirkmodell unterstützt. Das Prinzip zur Identifikation relevanter Teilprozesse ist in der folgenden Abbildung dargestellt (Abbildung 4-30).

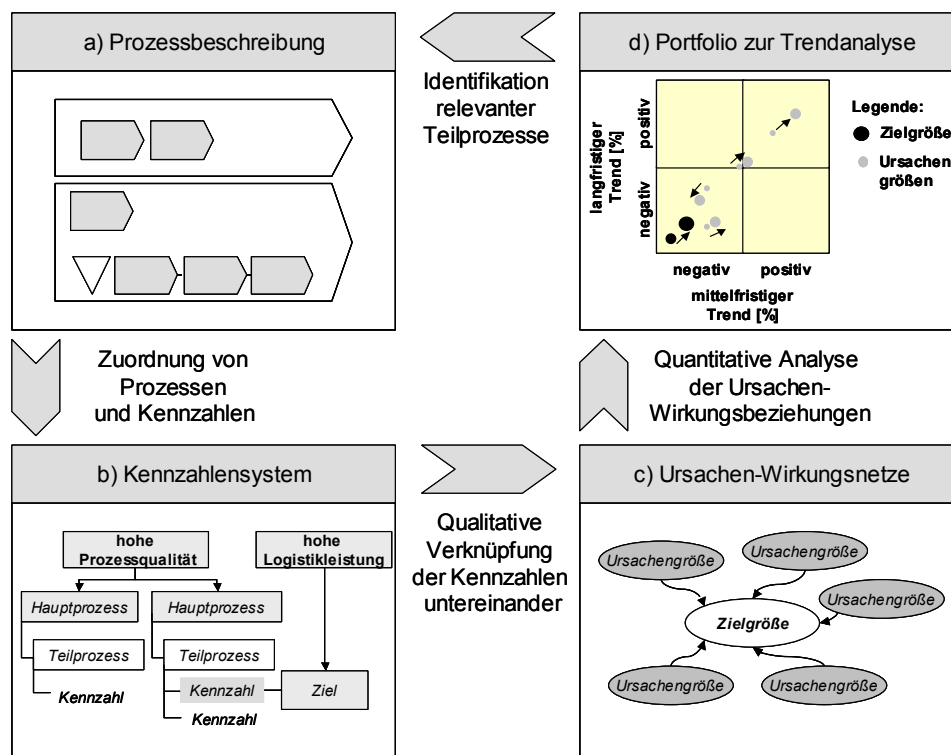


Abbildung 4-30: Identifikation relevanter Teilprozesse

Mit Hilfe des prozessbeschreibenden Teils des Referenzprozessmodells wird die untersuchte Prozesskette auf der Ebene der dezentralen Produktionseinheiten modelliert (Abbildung 4-30a). Die Bewertung der Teilprozesse einer dezentralen Produktionseinheit erfolgt mit Hilfe der Kennzahlen des Referenzprozessmodells (Abbildung 4-30b). Durch die Zuordnung der Kennzahlen zu den Prozessen wird eine Bewertung der einzelnen Teilprozesse ermöglicht. Mit den Ursachen-Wirkungsnetzen werden die Kennzahlen des Referenzprozessmodells untereinander verknüpft. Jeder Zielgröße werden die Kennzahlen zugeordnet, deren Teilprozesse einen direkten Einfluss auf die jeweilige Zielgröße haben (Abbildung 4-30c). Der qualitative Zusam-

menhang zwischen den logistischen Zielgrößen und den Teilprozessen wird demnach zum einen über die Verknüpfung der Kennzahlen mit den Teilprozessen (Kennzahlensystem) und zum anderen über die Verknüpfung der Kennzahlen untereinander (Ursachen-Wirkungsnetze) hergestellt.

Die Analyse der qualitativen Ursachen-Wirkungsbeziehungen erfolgt mit Hilfe des Portfolios zur Trendanalyse (Abbildung 4-30d). Grundgedanke ist, dass die Veränderung einer Zielgröße auf eine zeitgleiche Veränderung einer oder mehrerer Kennzahlen des Ursachen-Wirkungsnetzes zurückzuführen ist. Das Portfolio zur Trendanalyse ermöglicht den Vergleich der Trends aller Kennzahlen eines Ursachen-Wirkungsnetzes innerhalb einer Darstellung. Es wird davon ausgegangen, dass die Kennzahlen, die einen vergleichbaren Trend wie die Zielgröße genommen haben, einen wesentlichen Einfluss auf sie ausgeübt haben. Je näher eine Kennzahl im Portfolio an der Zielgröße liegt, desto vergleichbarer ist der Trend in der Vergangenheit. Durch die Verknüpfung der Kennzahlen mit den Prozessen kann somit auf die relevanten Teilprozesse geschlossen werden.

In Abbildung 4-30d ist ein beispielhafter Verlauf der Kennzahlen eines Ursachen-Wirkungsnetzes in einem Portfolio zur Trendanalyse dargestellt. Die Darstellung zeigt einen negativen Trend der Zielgröße. In dem Beispiel liegen zwei der potenziellen Ursachengrößen innerhalb des gleichen Quadranten wie die Zielgröße. Die verbleibenden Ursachengrößen weisen entweder kaum eine Veränderung oder eine Verbesserung auf. Dementsprechend wird davon ausgegangen, dass die Kennzahlen einen entscheidenden Einfluss auf die logistische Leistung genommen haben, die ebenfalls eine Verschlechterung aufweisen. Über die Verknüpfung von Ursachengrößen zu den Prozessen lässt sich somit der Teilprozess identifizieren, bei dem davon ausgegangen werden kann, dass er einen entscheidenden Einfluss auf die negative Entwicklung der logistischen Leistung genommen hat.

Zur Bewertung der einzelnen Teilprozesse kann die jeweils zugeordnete Kennzahl wiederum einer detaillierten Analyse auf Basis der in Kapitel 4.3 vorgestellten Methoden unterzogen werden. Die Beurteilung der Qualität einzelner Planungsprozesse kann darüber hinaus durch die Gegenüberstellung der Kennzahlen mit den Kennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens unterstützt werden (vgl. Abbildung 4-10). So ist die Qualität der Planungsprozesse insbesondere dann in Frage zu stellen, wenn durch den Planungsprozess die logistischen Anforderungen an die dezentralen Steuerungs- und Produktionsprozesse im Vergleich zu den kundenseitig gestellten Anforderungen erhöht wird.

Nachdem mittels des Monitoring die logistische Leistung der einzelnen dezentralen Produktionseinheiten sowie der Teilprozesse analysiert wurde, die einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung ausüben, gilt es, entsprechende Maßnahmen

zur Verbesserung der einzelnen Prozesse einzuleiten. Die Auswahl und Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen ist nicht Bestandteil des Monitoring. Vielmehr sind zu diesem Zweck geeignete Methoden, wie z. B. das BPR (Business Prozess Redesign), anzuwenden [OES95].

## 5 Pilotanwendung

Der Einsatz der konzipierten Methode zum strategischen und taktischen Logistikmonitoring wird im Folgenden anhand eines Praxisfalls vorgestellt. Im Einzelnen wird die betrachtete Prozesskette mit Hilfe des Referenzprozessmodells modelliert, die Qualität der Datengrundlage gemessen sowie eine Analyse aus strategischer und taktischer Sicht durchgeführt.

Die Pilotanwendung wurde bei einem Unternehmen durchgeführt, welches Kupferbänder sowie Messingbänder und -rohre in Klein- und Mittelserie herstellt. Das Unternehmen beschäftigt etwa 120 Mitarbeiter und erzielt einen Jahresumsatz von ca. 30 Mio. Euro. Die Produkte werden im Wesentlichen in der Elektro-, Automobilzuliefer- sowie in der Dekorindustrie verarbeitet.

### 5.1 Prozessmodellierung und Kennzahlenauswahl

#### Prozessmodellierung

Die Prozesskette ist durch die drei Produktionseinheiten Gießerei, Walzwerk und Rohrwerk gekennzeichnet, die über Kunden-Lieferanten-Beziehungen miteinander verbunden sind. Die Produktionsplanung und -steuerung erfolgt entlang der kompletten Prozesskette mit Hilfe des MRP-Verfahrens. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Prozesskette auf Basis der ersten Ebene des Referenzprozessmodells.

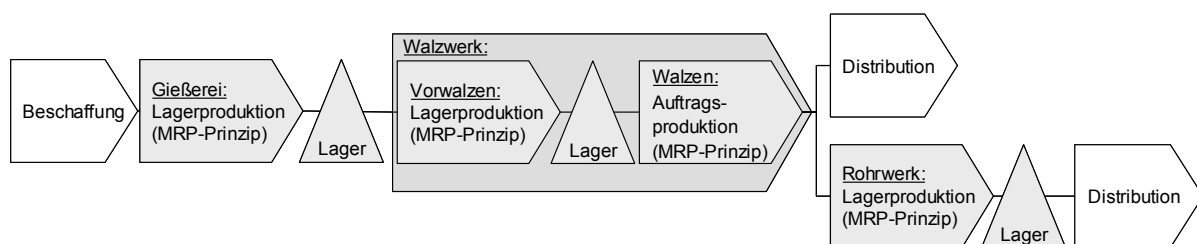


Abbildung 5-1: Prozesskette der Produktion des betrachteten Unternehmens

Der Produktionsprozess beginnt in der Gießerei. Dort werden Kupferkathoden und Feinzink sowie weitere Zusätze zu Gießbändern gegossen. Die Herstellung der Gießbänder erfolgt in der Gießerei auf Lager. An die Gießerei schließt sich das Walzwerk an. Im Walzwerk werden die Prozesse Vorwalzen und Walzen unterschieden. Das Vorwalzen erfolgt ebenfalls kundenauftragsanonym auf Lager. Im Anschluss an das Vorwalzen werden die Vorwalzbänder kundenauftrags-

spezifisch zu Walzbändern verarbeitet. Die Produktionseinheit Walzwerk beliefert sowohl den internen Kunden Rohrwerk als auch externe Kunden. Im Rohrwerk werden die Messing- und Kupferbänder in einem Umform- und Schweißprozess zu Rohren verarbeitet. Die Produktion im Rohrwerk erfolgt ebenfalls kundenauftragsanonym auf Lager. Für den vorliegenden Praxisfall wurde das Walzwerk für eine detaillierte Analyse ausgewählt.

In Abbildung 5-2 sind die zentralen und dezentralen Hauptprozesse und die für die Analyse in Anspruch genommenen Messpunkte der Prozesskette abgebildet. Eine Besonderheit der Produktionseinheit Walzwerk ist, dass der Kundenentkopplungspunkt innerhalb der Produktionseinheit liegt und dementsprechend das Steuerungsprinzip innerhalb der dezentralen Produktionseinheit variiert. Im Rahmen der Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf den zweiten Teil der Prozesskette, das Walzen gelegt (in der Abbildung grau hinterlegt).

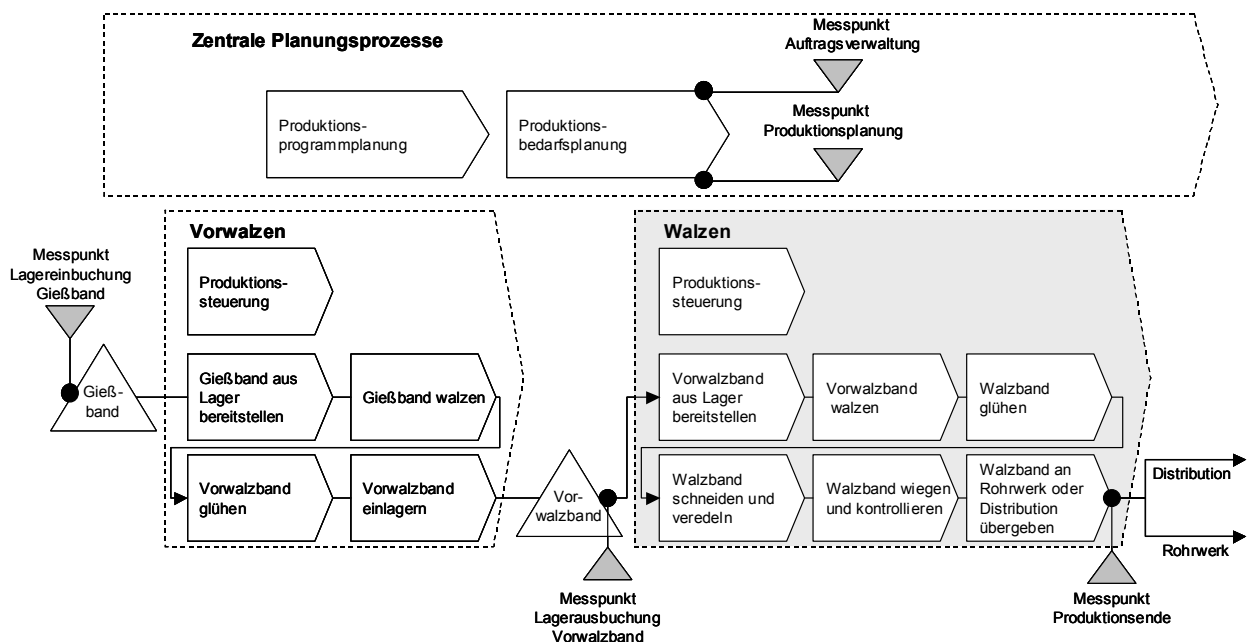


Abbildung 5-2: Hauptprozesse und Messpunkte der Produktionseinheit Walzwerk

Ausgangsmaterial des Walzwerkes ist Gießband verschiedener Legierungen aus der Gießerei. Im ersten Abschnitt der Prozesskette wird im Rahmen des Vorwalzprozesses das Gießband vorgewalzt, weich gegläut und als Vorwalzband eingelagert. Im zweiten Abschnitt der Prozesskette werden die Vorwalzbänder entsprechend den Kundenaufträgen auf Maß gewalzt, gegläut, oberflächenbehandelt und geschnitten. Der Materialfluss erfolgt linear. Für die Prozesse Glühen, Schneiden und Veredeln stehen verschiedene Produktionsanlagen zur Verfügung. Die Auswahl erfolgt aufgrund technischer Kriterien.

Im Rahmen der Analyse wurden die Daten der Kundenaufträge des Messpunktes Auftragsverwaltung erhoben. Die Aufträge der externen Kunden und des Rohrwerkes

stellen die wesentliche Eingangsgröße für die kundenauftragsbezogene Produktion im zweiten Teil der Prozesskette im Walzwerk dar. Sie werden im Rahmen der Produktionsbedarfsplanung zu Produktionsaufträgen zusammengefasst. Die Daten der Produktionsaufträge wurden am Messpunkt Produktionsplanung erfasst. Zur Erhebung der Kennzahlen lagen darüber hinaus die Daten der Messpunkte „Lagereinbuchung Gießband“, „Lagerausbuchung Vorwalzband“ sowie „Produktionsendemeldung“ vor.

**Kennzahlenauswahl**

Zur Analyse konnten nahezu sämtliche Kennzahlen des Referenzprozessmodells berechnet werden. Die Kennzahl Mengenabweichung Primärbedarfsplan (PBMA), die Kennzahlen zur Messung der Störungen Einhaltung Mindestbestand (EMB) und Technische Verfügbarkeit (TV) konnten aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit nicht erhoben werden. Die Kennzahl Fehlerhafte Erzeugnisse (FE) wurde durch die Kennzahl Ausschuss ersetzt. Für den Untersuchungszeitraum wurde eine Periode von 9 Monaten (März-November 2001) gewählt.

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über die erhobenen Kennzahlen abgebildet. Für jede Kennzahl ist darüber hinaus angegeben, für welche Prozesse der Produktionseinheit Walzwerk sie erhoben wurde.

Kennzahlengruppe	Kennzahl	Bemerkung
Qualität der Steuerung und Durchführung	Mittlere Durchlaufzeit (ZDL <sub>m</sub> )	Prozess Walzen
	Liefertermintreue (LTT)	Prozess Walzen
Qualität der Planung	Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge (V <sub>k<sub>pa</sub></sub> )	Prozess Walzen
	Umschlagshäufigkeit (UMH)	Prozesse Vorwalzen und Walzen
	Mittlere Planwiederbeschaffungszeit (ZWB <sub>P<sub>m</sub></sub> )	Prozess Walzen
	Mittlere Planauslastung (P <sub>a<sub>m</sub></sub> )	Prozesse Vorwalzen und Walzen
	Schwankung Planauslastung (P <sub>a<sub>s</sub></sub> )	Prozesse Vorwalzen und Walzen
Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen	Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge (V <sub>k<sub>ka</sub></sub> )	Prozess Walzen
	Nachfrage (NF)	Prozess Walzen
	Schwankung Nachfrage (NF <sub>s</sub> )	Prozess Walzen
	Mittlere Planlieferzeit (ZLP <sub>m</sub> )	Prozess Walzen
Störgrößen	Ausschuss	Prozesse Vorwalzen und Walzen

Tabelle 5-1: Übersicht über die erhobenen Kennzahlen

Bis auf die Kennzahlen Umschlagshäufigkeit (UMH), die Kennzahlen zur Messung der Planauslastung (PA, P<sub>a<sub>s</sub></sub>) und die Kennzahl Ausschuss beziehen sich sämtliche Kennzahlen auf den zweiten Teil der Prozesskette innerhalb des Walzwerkes.

Zur Berechnung der Kennzahlen Umschlagshäufigkeit, Planauslastung, Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktions- und Kundenaufträge wurden die folgenden Festlegungen getroffen:

- Zur Ermittlung der Umschlagshäufigkeit wurden der Umlaufbestand des Prozesses Vorwalzen sowie der Lagerbestand des Vorwalzbandes zur Kennzahlenberechnung hinzugezogen.
- Zur Messung der Planauslastung wurde eine maximale Tageskapazität von 50t Walzband angenommen. Den Engpass innerhalb der Prozesskette stellt die Walzanlage dar. Zur Ermittlung der Planauslastung wurde angenommen, dass sämtliche Produktionsaufträge den Engpass in der Periode durchlaufen, in der der Planendtermin liegt.
- Die Kennzahlen  $VK_{Pa}$ ,  $VK_{Ka}$ ,  $NF$ ,  $NF_s$ ,  $PA$  und  $PA_s$  wurden auf Basis der Mengen pro Auftrag auf den Produktionsengpass bezogen.
- Als Liefertermintreu wurden alle Produktionsaufträge gewertet, die spätestens innerhalb der gleichen Kalenderwoche fertig gestellt wurden, in der der Planendtermin lag.

## 5.2 Messung der Datenqualität

Gemäß der in Kapitel 4.2.2 dargestellten Vorgehensweise werden im Folgenden die Daten bzgl. der Qualitätsmerkmale mittels Plausibilitätstests überprüft. Die Ergebnisse der Datenanalyse werden zu den Kennzahlen kennzahlenspezifische Datenfehlerrate und kennzahlenübergreifende Datenfehlerrate zusammengefasst.

Im Rahmen der Plausibilitätstests wurden die Daten auf die Qualitätsmerkmale Vollständigkeit und Fehlerfreiheit überprüft. Das Qualitätsmerkmal Zwangskopplung zwischen Material- und Informationsfluss ist aufgrund der Gegebenheiten der Prozesskette gewährleistet. Ein Datensatz wurde dann als fehlerhaft eingestuft, wenn:

- ein Datenfeld ein falsches Datenformat hatte,
- keine korrespondierenden Datensätze zwischen den Messpunkten aufgrund fehlender Primär- und Fremdschlüsselfelder gefunden werden konnten,
- die Kennzahlenberechnung eine negative Plandurchlaufzeit, eine negative Planlieferzeit oder eine negative Durchlaufzeit ergeben hatte,
- die Durchlaufzeit eines Produktionsauftrages den Wert von 100 Tagen überschritten hatte.

Die Datenfehler als Ergebnis der Plausibilitätstests sind in der Abbildung 5-3 dargestellt. In der linken Hälfte der Darstellung sind die Anzahl und der Anteil der Datenfehler je Messpunkt über den gesamten Untersuchungszeitraum abgebildet. Die Verteilung der Fehler über die Zeit und Messpunkte wird aus der rechten Hälfte der Abbildung deutlich.

Insgesamt wurden 998 Datenfehler über den gesamten Untersuchungszeitraum identifiziert. Der größte Anteil wurde mit 59 % bei dem Messpunkt Produktionsauftragende festgestellt. Diese insgesamt 590 Datenfehler beziehen sich im Wesentlichen auf eine fehlende Rückmeldung der produzierten Gutmenge. Dieser Fehler wird damit erklärt, dass in der betrieblichen Praxis die produzierte Gutmenge eines Auftrages auf andere Aufträge zurückgemeldet wird, welche am gleichen Tag fertig gestellt werden und das gleiche Enderzeugnis beinhalten. Dieser Datenfehler ist für die Analyse des Praxisfalls von untergeordneter Bedeutung.

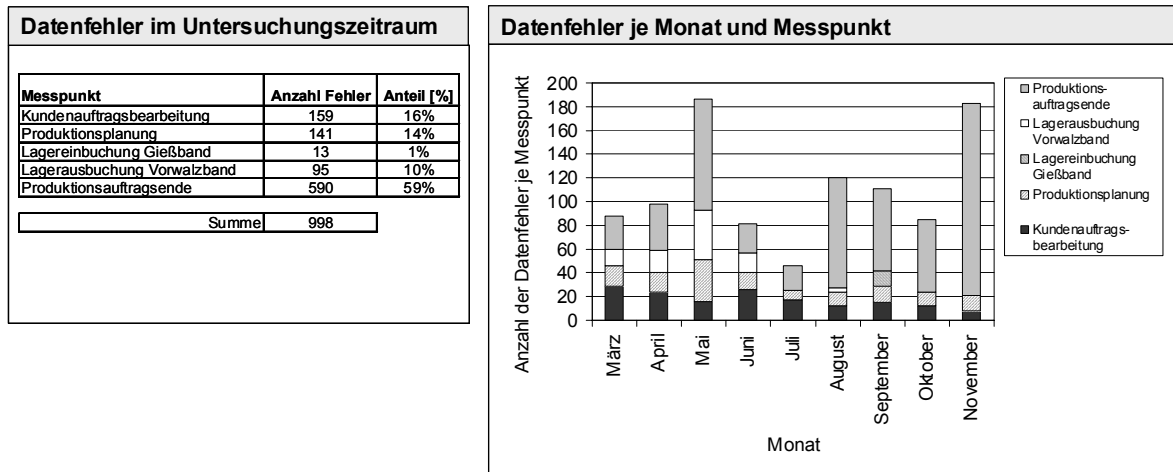


Abbildung 5-3: Verteilung der Datenfehler je Messpunkt und Monat

Die Datenfehler des Messpunktes Auftragsverwaltung ergeben sich insbesondere durch negative Soll-Lieferzeiten, die dadurch entstehen, dass die Planliefertermine der Kundenaufträge zum Teil nicht gepflegt werden. Die Datenfehler des Messpunktes Produktionsplanung ergeben sich zum größten Teil durch fehlende Planendtermine für die einzelnen Produktionsaufträge. Fehlerhafte Datensätze des Messpunktes Lagerausbuchung Vorwalzband waren insbesondere fehlende korrespondierende Datensätze zu dem Messpunkt Produktionsauftragende. Die im Monat September auftretenden Datenfehler des Messpunktes Lagereinbuchung Gießband sind auf negative Zubuchungen zurückzuführen.

Die Bewertung der Datenqualität erfolgt durch die Kennzahlen kennzahlenübergreifende Datenfehlerrate sowie kennzahlenspezifische Datenfehlerrate. Die Kennzahl kennzahlenübergreifende Datenfehlerrate<sub>Gesamt</sub> setzt die fehlerhaften Daten mit der Gesamtzahl der Daten miteinander ins Verhältnis (vgl. Gl 4-27).

Die Tabelle 5-2 enthält die Monatswerte der Kennzahl kennzahlenübergreifende Datenfehlerrate<sub>Gesamt</sub> im Betrachtungszeitraum. Im Ergebnis wird deutlich, dass die kennzahlenübergreifende Datenfehlerrate über den gesamten Zeitraum zwischen 0,7 % und 2,7 % schwankt. Ein positiver oder negativer Trend geht aus der Darstellung nicht hervor. Die identifizierten Datenfehler sind im Wesentlichen auf

mangelnde Sorgfalt bei der Rückmeldung bzw. Datenpflege zurückzuführen. Um zukünftig die Datenqualität weiter zu verbessern, sollte insbesondere bei der Rückmeldung der Produktionsaufträge eine detailliertere Zuordnung der Gutmengen zu den einzelnen Produktionsaufträgen erfolgen. Darüber hinaus sollte der Pflege der Planliefertermine und der Planendtermine der Produktionsaufträge eine erhöhte Priorität eingeräumt werden.

Monat	Anzahl Datenfehler	Anzahl Daten	Datenfehler-rate
März	88	8.230	1,1%
April	98	8.104	1,2%
Mai	186	7.820	2,4%
Juni	81	6.582	1,2%
Juli	46	6.772	0,7%
August	120	6.810	1,8%
September	111	6.592	1,7%
Oktober	85	7.262	1,2%
November	183	6.852	2,7%
Summe	998	65024	1,5%

Tabelle 5-2: Kennzahlenübergreifende Datenfehlerrate

Die Datenfehler führen dazu, dass ein Teil der Produktionsaufträge und Kundenaufträge nicht zur Berechnung einzelner Kennzahlen herangezogen werden kann. Die sich aus den Datenfehlern ergebende kennzahlenspezifische Datenfehlerrate ist in der folgenden Tabelle abgebildet (Tabelle 5-3). Zur Berechnung der kennzahlenspezifischen Datenfehlerrate wird der Prozentsatz der fehlerhaften Aufträge im Verhältnis zu der Gesamtanzahl der Aufträge gebildet.

	ZDLm	LTT	ZWBP	VK <sub>PA</sub>	PA, Pas	ZLP <sub>m</sub> , NF, NF <sub>s</sub> , VK <sub>Ka</sub>
<b>März</b>	6%	16%	16%	5%	13%	5%
<b>April</b>	10%	18%	18%	6%	10%	4%
<b>Mai</b>	21%	24%	24%	11%	7%	3%
<b>Juni</b>	8%	16%	16%	6%	11%	6%
<b>Juli</b>	4%	15%	15%	3%	8%	3%
<b>August</b>	14%	16%	16%	4%	11%	3%
<b>September</b>	1%	18%	18%	5%	7%	5%
<b>Oktober</b>	2%	14%	14%	4%	9%	3%
<b>November</b>	14%	17%	17%	4%	2%	2%
<b>Mittelwert</b>	9%	17%	17%	5%	9%	4%

Tabelle 5-3: Kennzahlenspezifische Datenfehlerrate im Betrachtungszeitraum

Die Darstellung zeigt, dass die kennzahlenspezifische Datenfehlerrate je nach Kennzahl im Mittel zwischen 4 % und 17 % schwankt. Dabei ist die Datenqualität zur Berechnung der Kennzahlen LTT und ZWBP mit 17 % im Mittel am schlechtesten.



Bei der Berechnung der Kennzahlen machen sich insbesondere die Datenfehler des Messpunktes Produktionsplanung bemerkbar. Die Datenanalyse hat einerseits gezeigt, dass der überwiegende Teil der Daten zur Analyse herangezogen werden konnte. Andererseits wird jedoch auch deutlich, dass insbesondere die Datengrundlage für die Kennzahlen Liefertermintreue und Plan-Wiederbeschaffungszeit durch mehr Sorgfalt im Rahmen der Produktionsplanung verbessert werden sollte.

### 5.3 Kennzahlenanalyse aus strategischer Sicht

Im Folgenden werden die logistischen Zielgrößen und die Kennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens analysiert. Dadurch, dass für die gemessenen Kennzahlen in dem Unternehmen keine Soll-Werte zur Verfügung stehen, steht die Analyse der Zeitreihen und die Anwendung des Portfolios zur Trendanalyse im Vordergrund.

In Abbildung 5-4 sind die Kennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens für den Untersuchungszeitraum dargestellt.

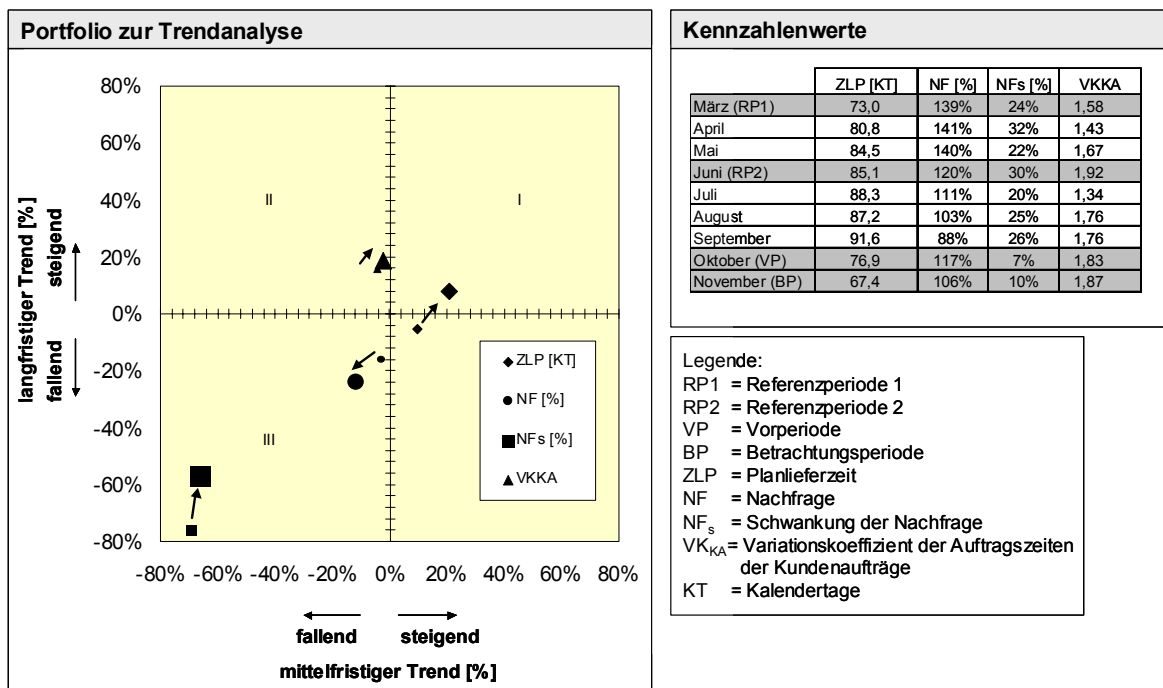


Abbildung 5-4: Kennzahlen und Portfolio zur Analyse des Kundenverhaltens

Die Darstellung enthält die einzelnen Kennzahlenwerte der Perioden des Untersuchungszeitraums sowie das Portfolio zur Trendanalyse. Es werden die Kennzahlen Mittlere Nachfrage, Standardabweichung der Nachfrage, Soll-Lieferzeit und Variationskoeffizient der Arbeitsinhalte abgebildet. Die Soll-Lieferzeit ist in Kalendertagen angegeben. Die Kennzahlen Nachfrage und Schwankung der Nachfrage sind ebenso wie die Kennzahl Variationskoeffizient der Kundenaufträge auf die Engpasskapazität der Prozesskette bezogen. Die in der Tabelle grau hinterlegten Zeilen markieren die Perioden, die zum Aufbau des Portfolios

herangezogen wurden. Als langfristige Referenzperiode (RP1) wurde der März, als mittelfristige Referenzperiode (RP2) der Monat Juni festgelegt. Der Oktober dient als Vorperiode (VP). Die Betrachtungsperiode (BP) ist der November.

Durch die Portfoliodarstellung wird insbesondere die verhältnismäßig starke prozentuale Veränderung der Kennzahl Streuung der Nachfrage deutlich. Diese Kennzahl liegt ebenso wie die Kennzahl NF in dem 3. Quadranten des Portfolios. Sie weisen damit fallende logistische Anforderungen an den betrachteten Produktionsprozess auf. Die nähere Betrachtung dieser Kennzahlen zeigt, dass insbesondere zu Beginn der Betrachtungsperiode die kundenseitige Nachfrage die Produktionskapazität weit überstiegen hat (vgl. grafische Darstellung der Zeitreihe in Abbildung 5-5).

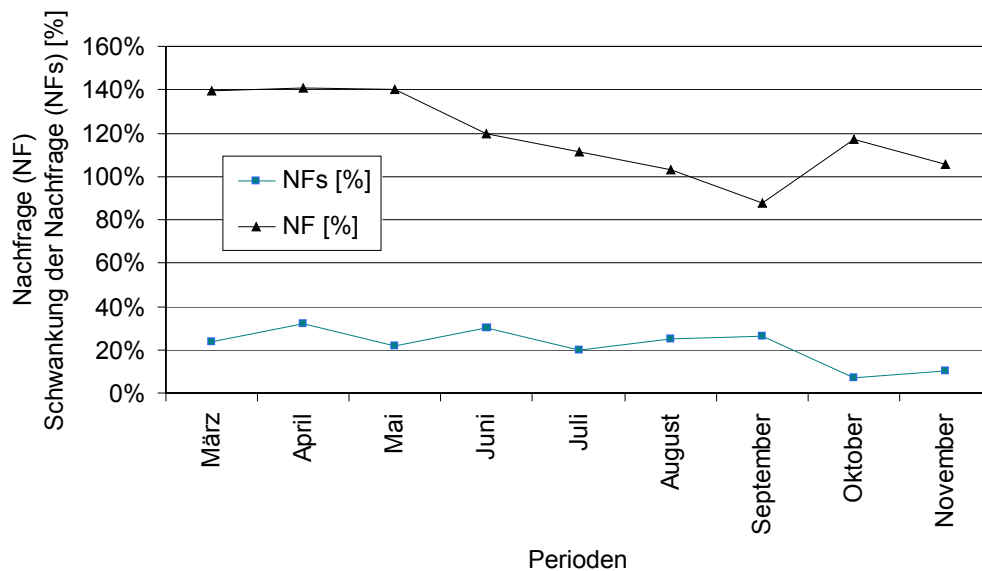


Abbildung 5-5: Zeitreihen der Kennzahlen Mittlere Nachfrage (NF) und Schwankung der Nachfrage (NF<sub>s</sub>)

So wurden mit den Kunden Termine und Mengen vereinbart, die zu theoretischen Auslastungsspitzen von bis zu 140 % führten. Die Schwankung der Nachfrage zeigt zu Beginn der Betrachtungsperiode hohe Streuung (20-30 %). Die hohe prozentuale Abweichung der Vor- und Betrachtungsperiode im Vergleich zu den Referenzperioden ergibt sich rechnerisch dadurch, dass im Vergleich eine deutliche Verringerung der Schwankung in diesen beiden Perioden zu verzeichnen ist. Inwieweit die Entwicklung dieser letzten beiden Perioden einen Trend widerspiegelt, ist zukünftigen Kennzahlenerhebungen zu entnehmen. Bezüglich der nachgefragten Menge ist insgesamt zum Ende der Betrachtungsperiode eine Annäherung der Nachfrage an die Produktionskapazität festzustellen. Diese Entwicklung führt zu einer Verringerung der Anforderungen an die logistischen Planungs- und Durchführungsprozesse.

Dieser Entwicklung stehen erhöhte logistische Anforderungen durch eine Verkürzung der Planlieferzeit und durch eine Erhöhung des Variationskoeffizienten der Kundenaufträge gegenüber.

Der Verlauf der Plan-Lieferzeit ist insbesondere durch eine Reduktion von ca. 91KT auf ca. 67 KT in den letzten drei Perioden gekennzeichnet (vgl. Abbildung 5-4). Diese kurzfristige Reduktion geht mit einer Verringerung der Nachfragemenge einher. Je kürzer die Planlieferzeit jedoch ist, desto höher sind die Anforderungen hinsichtlich der Reaktionsfähigkeit und Geschwindigkeit des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses. Die Kennzahl Variationskoeffizient der Kundenaufträge zeigt gegenüber dem langfristigen Referenzwert eine Erhöhung. Dadurch steigen die logistischen Anforderungen an den Prozess der Produktionsbedarfsplanung. Je stärker die Kundenaufträge schwanken, desto anspruchsvoller ist es, diese auf möglichst gut aufeinander abgestimmte Produktionsaufträge zu verteilen. Der Verringerung der Lieferzeit und der Erhöhung des Variationskoeffizienten wird jedoch vor dem Hintergrund der verhältnismäßig hohen mittleren Nachfrage eine untergeordnete Rolle zugesprochen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die mittlere Nachfrage insbesondere zu Beginn des Untersuchungszeitraums das Kapazitätsangebot des Prozesses weit überstieg. Kommt man im Rahmen des strategischen Managements zu dem Schluss, dass auch zukünftig mit einer Nachfrage auf solch hohem Niveau gerechnet werden muss, stellt sich die Frage, wie man diesem Missverhältnis von Nachfrage zu Angebot begegnet. Neben der Investition in neue Produktionsanlagen könnten strategische Partnerschaften, Fremdvergabe oder die Konzentration auf wenige wichtige Kunden mögliche alternative Strategien darstellen.

Die gemessene logistische Leistung ist in Abbildung 5-6 dargestellt. Die Abbildung zeigt die Kennzahlen Liefertermintreue, Mittlere Durchlaufzeit, Planauslastung sowie Umschlagshäufigkeit.

Die vier Kennzahlen zur Messung der logistischen Leistung können in dem Portfolio in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Die Kennzahl Umschlagshäufigkeit zeigt sowohl gegenüber dem langfristigen als auch gegenüber dem mittelfristigen Referenzwert eine deutliche Verschlechterung. Dem steht eine Verbesserung der Kennzahlen Planauslastung, Durchlaufzeit und Liefertermintreue gegenüber. Bedingt durch die außergewöhnliche Nachfrage seitens der Kunden und eine sich daraus ergebende Planauslastung von über 100 % zu Beginn der Betrachtungsperiode wurde entgegen der üblichen Zielformulierung in diesem Fall eine Verringerung der Planauslastung als Verbesserung eingestuft.

Die einzelnen Kennzahlenwerte der Umschlagshäufigkeit zeigen, dass der Wert der Referenzperiode mit 23 [1/Jahr] mit Abstand der höchste Wert in der Zeitreihe ist.

Dementsprechend hoch fällt die prozentuale Abweichung gegenüber den Werten der Vorperiode und der Betrachtungsperiode aus. In der Portfoliodarstellung wird deutlich, dass Umschlagshäufigkeit und Durchlaufzeit entgegengesetzt verlaufen. Diese Entwicklung ist vor dem Hintergrund, dass sowohl die Durchlaufzeit als auch die Umschlagshäufigkeit von der Bestandshöhe abhängen, nicht unmittelbar zu erwarten. Dies kann dadurch erklärt werden, dass zur Berechnung der Umschlagshäufigkeit die mittleren Bestände der kompletten Prozesskette berücksichtigt wurden. Die Kennzahl Durchlaufzeit bezieht sich nur auf den Prozess Walzen. Eine Bestandserhöhung im Bereich des Vorwalzens bleibt dementsprechend für die Kennzahl Durchlaufzeit ohne Auswirkung.

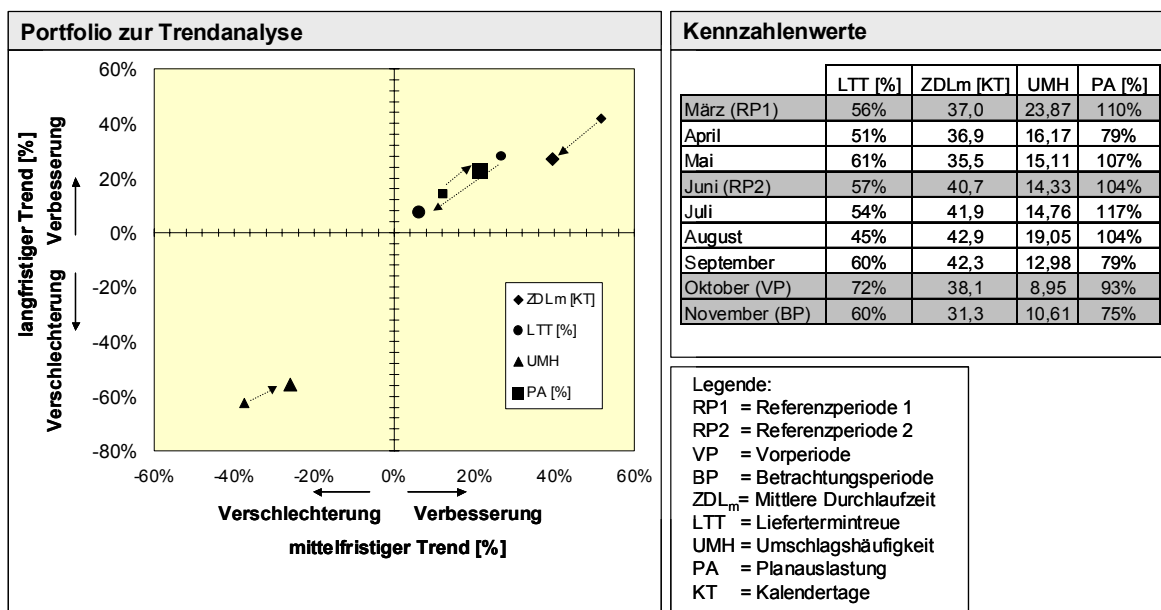


Abbildung 5-6: Kennzahlen und Portfolio zur Analyse der logistischen Zielgrößen

Die Kennzahl Planauslastung zeigt, dass es im Rahmen des Prozesses Produktionsbedarfsplanung gelungen ist, die Kapazitätsspitzen gegenüber den Kundenwünschen zu glätten. Trotzdem liegt die Planauslastung bis zum August im Mittel bei 100 %. Zum Ende des Untersuchungszeitraums lag die Planauslastung bei unter 80 %.

Für die Kennzahlen Liefertermintreue und Mittlere Durchlaufzeit ist ein deutlicher Anstieg der Kennzahlenwerte zum Ende des Untersuchungszeitraums festzustellen. Die Liefertermintreue steigt von 56 % auf 60 % im Untersuchungszeitraum. Zeitgleich ist eine Verringerung der Durchlaufzeit von ca. 6 Tagen zu beobachten. Unter Berücksichtigung der Werte der Vorperioden wird in der Portfoliodarstellung deutlich, dass die Werte der Liefertermintreue und der Mittleren Durchlaufzeit verhältnismäßig starken Schwankungen unterliegen. Um entsprechende Maßnahmen einleiten zu können, welche eine Fortsetzung des positiven Trends bei einer Verringerung der Schwankungen gewährleistet, gilt es, die Ursachen für die beobachtete Kennzahlen-

entwicklung zu identifizieren. Im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung ist es ebenso erforderlich, die Gründe für die Verschlechterung der UMH ausfindig zu machen. Diese Fragestellung soll im folgenden Abschnitt aufgegriffen werden.

#### **5.4 Kennzahlenanalyse aus taktischer Sicht**

Im vorangegangenen Abschnitt wurde neben dem Kundenverhalten die Entwicklung der logistischen Zielgrößen analysiert. Dabei wurde eine Verschlechterung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit festgestellt. Dieser Entwicklung steht eine Verbesserung der Kennzahlen Mittlere Durchlaufzeit und Liefertermintreue gegenüber. Im nun folgenden Abschnitt sollen einerseits die Ursachen für die Verschlechterung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit gefunden werden. Andererseits sollen die Gründe für den positiven Trend der Kennzahlen Liefertermintreue und Mittlere Durchlaufzeit aufgedeckt werden, um auch zukünftig die positive Entwicklung dieser Kennzahlen fördern zu können.

##### *Analyse der Kennzahlen Liefertermintreue und Mittlere Durchlaufzeit*

In dem folgenden Portfolio sind die Kennzahlen eingetragen, die entsprechend dem qualitativen Wirkmodell aus Kapitel 4.3.4 einen potenziellen Einfluss auf die Kennzahlen Liefertermintreue und Mittlere Durchlaufzeit haben (vgl. Abbildung 5-7). Mit Hilfe des Portfolios sollen nun die Kennzahlen identifiziert werden, die eine vergleichbare Entwicklung wie die beiden Zielgrößen genommen haben. Es wird davon ausgegangen, dass eine potenzielle Einflussgröße nur dann innerhalb des Untersuchungszeitraums einen Einfluss auf die Zielgröße genommen hat, wenn sie eine vergleichbare Entwicklung aufzeigt. Dies trifft insbesondere auf die Kennzahlen zu, die in der Portfoliodarstellung innerhalb des gleichen Quadranten liegen.

Aus Abbildung 5-7 wird deutlich, dass auch unter Berücksichtigung der Werte der Vorperioden lediglich die Kennzahlen Liefertermintreue, Mittlere Durchlaufzeit und Planauslastung innerhalb des gleichen Quadranten liegen. Die Kennzahl Ausschuss weist innerhalb des Untersuchungszeitraums keine nennenswerte Veränderung auf.

Die Kennzahlen mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit und Streuung der Plan-Wiederbeschaffungszeit weisen sowohl mittel- als auch langfristig eine Verschlechterung auf, so dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese negative Entwicklung einen positiven Einfluss auf die Verbesserung der Kennzahl Liefertermintreue ausgeübt hat. Aus der Portfoliodarstellung und dem qualitativen Wirkmodell kann folglich die These formuliert werden, dass im vorliegenden Fall die Verbesserung der Liefertermintreue mit einer verkürzten Mittleren Durchlaufzeit und einer Verringerung der Planauslastung einhergeht.

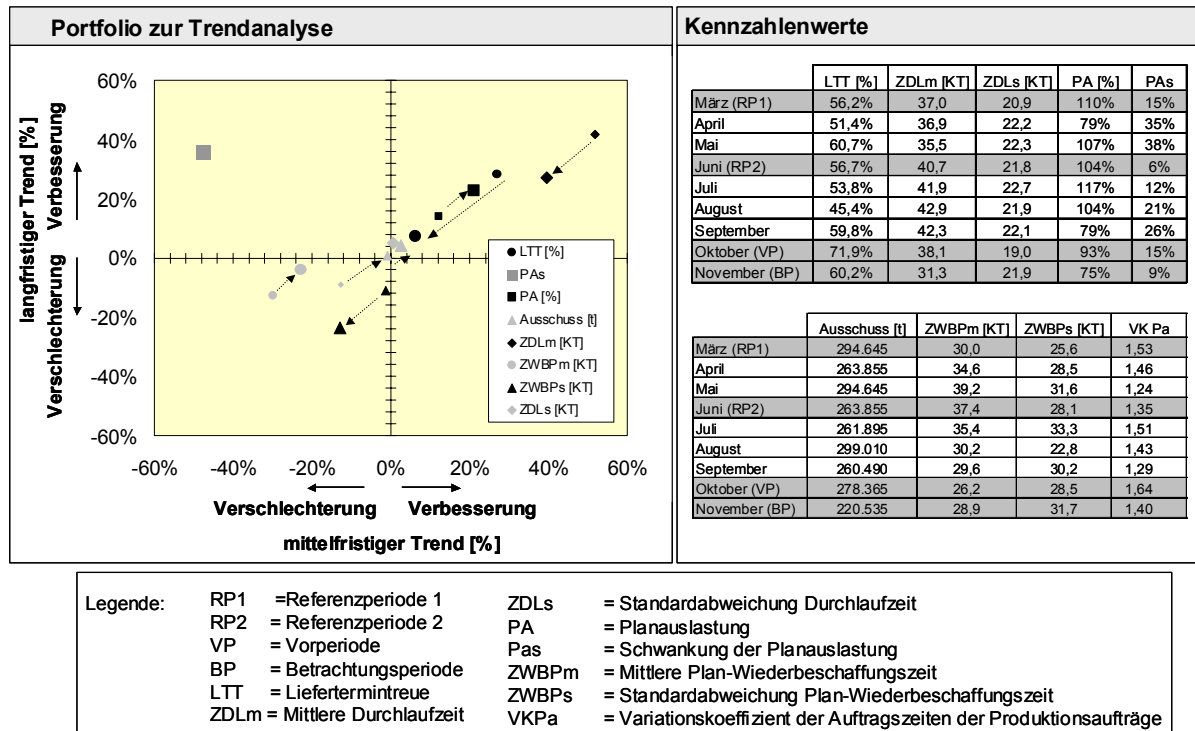


Abbildung 5-7: Portfolio zur Ursachenanalyse der Kennzahlen LTT und ZDL

Abbildung 5-8 zeigt die Zeitreihen der Kennzahlen Liefertermintreue und Mittlere Durchlaufzeit. Aus der Darstellung geht hervor, dass sich die beiden Kennzahlen im zweiten Teil des Untersuchungszeitraums gegenläufig zueinander entwickeln, d. h., dass eine Durchlaufzeitverringerung zu einer Lieferterminerhöhung geführt hat. So konnte durch eine Verringerung der Mittleren Durchlaufzeit im Oktober auf unter 30 Tage eine Erhöhung der Liefertermintreue auf über 70 % erreicht werden.

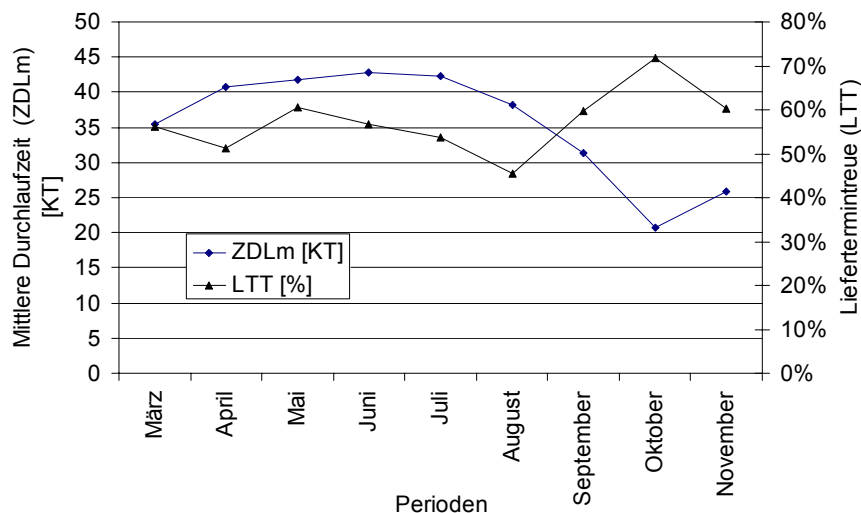


Abbildung 5-8: Zeitreihen der Kennzahlen Mittlere Durchlaufzeit und Liefertermintreue

Die Ursache für den positiven Trend der beiden Kennzahlen liefert die Zeitreihe der Abbildung 5-9, welche die Kennzahlen Mittlere Durchlaufzeit und Planauslastung darstellt. Es zeigt sich, dass mit einer Reduzierung der Planauslastung eine Durch-

laufzeitreduzierung erreicht wird. Ab dem Monat Juli liegt die Planauslastung bei unter 100 %. Die Verringerung der Durchlaufzeit setzt etwa mit einem Monat Verspätung ein.

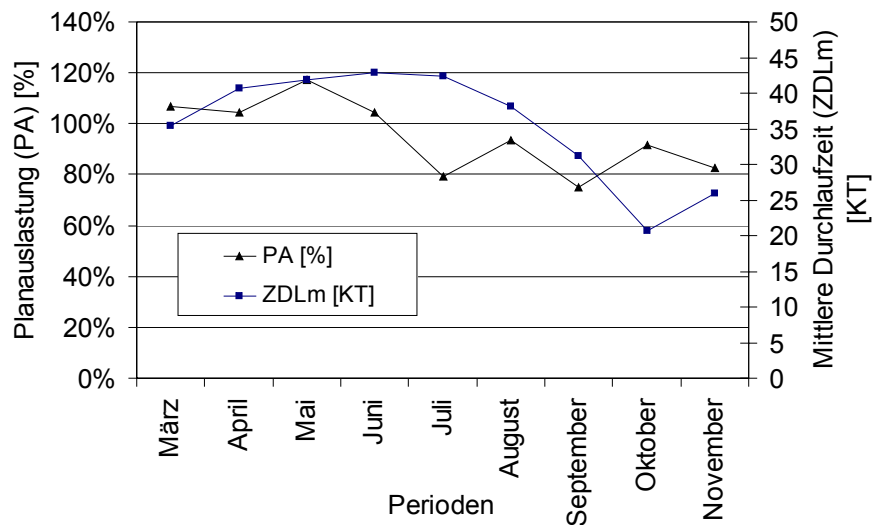


Abbildung 5-9: Zeitreihen der Kennzahlen Planauslastung und Mittlere Durchlaufzeit

Dadurch, dass die Mittlere Durchlaufzeit im Mittel zwischen 30 und 40 Kalendertagen liegt, setzt die Verringerung der Durchlaufzeit etwa mit einem Monat Verspätung ein. Dementsprechend führt eine Erhöhung der Planauslastung im Oktober zu einer erhöhten Durchlaufzeit im Folgemonat. Der Zusammenhang zwischen der Ist-Durchlaufzeit und der Planauslastung kann dadurch erklärt werden, dass mit der Anzahl fertig zu stellender Produktionsaufträge die Anzahl gestarteter Produktionsaufträge steigt. Daraus lässt sich schließen, dass der Auftragsstart unabhängig vom Umlaufbestand veranlasst wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine nachhaltige Erhöhung der Liefertermintreue und eine Verkürzung der Mittleren Durchlaufzeit nur dann erreicht werden kann, wenn es gelingt, die das Kapazitätsangebot auf den Kapazitätsbedarf, z.B. durch Sonderschichten anzupassen und den Auftragsstart von der Bestandsituation innerhalb der Fertigung abhängig zu machen. Die Entscheidung zum Auftragsstart erfolgt dezentral im Rahmen des Steuerungsprozesses. Die Planauslastung wird im Rahmen des Hauptprozesses Produktionsbedarfsplanung und im Rahmen des Teilprozesses Kapazitätsabgleich festgelegt. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, den Prozess der Produktionsprogrammplanung und den Auftragsgewinnungsprozess - und dort insbesondere den Teilprozess der Terminbestätigung - bei der Suche nach Verbesserungsmaßnahmen mit einzubeziehen. Denn der Ausgangspunkt für das Missverhältnis von Kapazitätsangebot zur Kapazitätsnachfrage war entweder eine mangelnde Kapazitätsgrobplanung und/oder eine mangelhafte Vorgehensweise bei der Bestätigung der Kundenaufträge.

*Analyse der Kennzahl Umschlagshäufigkeit*

Aus dem Portfolio zur Trendanalyse der Zielgrößen wird eine deutliche Verschlechterung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit deutlich. Zur Berechnung der Umschlagshäufigkeit wird der mittlere Bestand und der Abgang ins Verhältnis gesetzt. Die Bestandshöhe innerhalb des Prozesses ergibt sich aus dem Anfangsbestand und der Abstimmung von Zugang und Abgang während des Untersuchungszeitraums. Die folgende Darstellung zeigt die Zeitreihen der Zugänge und Abgänge sowie des mittleren Bestands.

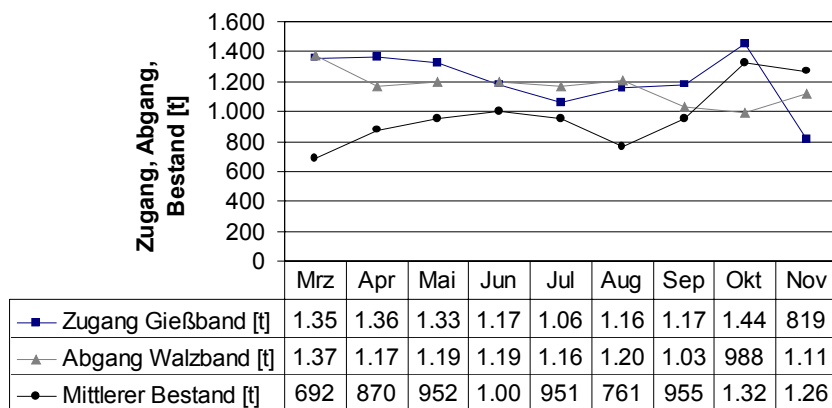


Abbildung 5-10: Zeitreihen des Zugangs, Abgangs und des Bestandes der Produktionseinheit Walzwerk

Aus der Darstellung wird deutlich, dass die Zugangskurve bis auf die Monate Juli und August deutlich über der Abgangskurve liegt. Folglich ergibt sich ein Bestandsaufbau. Daraus lässt sich schließen, dass die Abstimmung der Kunden-Lieferanten-Beziehung zwischen der Produktionseinheit Walzwerk und der Produktionseinheit Gießerei nicht optimal verläuft. Die Abstimmung über die Bedarfsmenge erfolgt innerhalb der zentralen Planungsprozesse entlang der Prozesskette. Wesentlich ist, dass die Bedarfsmengen des Walzwerkes abgestimmt werden und dass bei Leistungsverlusten im Walzwerk entsprechende Regelmechanismen eingeführt werden, um somit eine Verringerung der Kennzahl Umschlagshäufigkeit und damit einen Bestandsaufbau zu unterbinden.

**5.5 Zusammenfassung der Pilotanwendung**

In der vorliegenden Pilotanwendung wurde eine dezentrale Produktionseinheit einer Prozesskette zur Herstellung von Messing- und Kupferbändern und -rohren analysiert. Diese Prozesskette wird nach dem Push-Prinzip gesteuert. Im Rahmen der Untersuchung wurde die Prozesskette mit Hilfe des Referenzprozessmodells modelliert. Im Vorfeld der Kennzahlenanalyse wurde die Datenqualität überprüft und



die Ergebnisse wurden durch spezifische Kennzahlen zusammengefasst. Darauf aufbauend wurden die Kennzahlen aus strategischer und taktischer Sicht analysiert.

Die Prozesskette des betrachteten Produktionsprozesses wurde mit Hilfe der ersten und zweiten Ebene des Referenzprozessmodells beschrieben. Mit den Prozessbausteinen des Referenzprozessmodells konnte die Prozesskette anschaulich visualisiert werden. Die Möglichkeit einer detaillierteren Prozessbeschreibung ist durch die 3. Ebene des Referenzprozessmodells gegeben. Durch die Verknüpfung der Kennzahlendefinition mit dem Referenzprozessmodell über das Datenmodell und die Messpunkte waren der Aufwand zur Modellierung der Prozesskette, die Kennzahlenauswahl und die Datenerhebung mit insgesamt etwa 3 Manntagen verhältnismäßig gering. Daraus lässt sich schließen, dass das Referenzprozessmodell zweckmäßig aufgebaut ist.

Die Überprüfung der kennzahlenspezifischen Datentests hat gezeigt, dass die vorhandene Datengrundlage eine Kennzahlenerhebung und -analyse zulässt. Die kennzahlenspezifische Datenfehlerrate schwankt in der vorliegenden Pilotanwendung im Mittel zwischen 4 % und 17 %. Diese Werte sind ausreichend, um Rückschlüsse zur Bewertung der logistischen Leistungsfähigkeit zu ziehen. Mit der Bildung der kennzahlenübergreifenden Datenfehlerrate auf Ebene der Messpunkte können die wesentlichen Fehlerquellen identifiziert werden. Mit der Identifizierung der wesentlichen Datenfehler kann somit die Grundlage für die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen zur Gewährleistung einer hohen Datenqualität geschaffen werden. Die wesentlichen Schwachpunkte im vorliegenden Fall sind die Messpunkte Produktionsplanung und Produktionsendemeldung.

Das entscheidende Ergebnis der Kennzahlenanalyse aus strategischer Sicht ist zum einen, dass die kundenseitige Nachfrage das vorhandene Kapazitätsangebot insbesondere zu Beginn des Untersuchungszeitraums überschreitet. Im Rahmen des strategischen Produktionsmanagements stellt sich die Frage, wie diesem Missverhältnis in Zukunft begegnet werden soll. Zum anderen wurde deutlich, dass zum Ende des Untersuchungszeitraums die Kennzahlen Liefertermintreue, Durchlaufzeit und Auslastung eine Verbesserung verzeichneten. Durch die mangelnde Vorgabe von Soll-Werten ist eine abschließende Bewertung der logistischen Leistung an dieser Stelle nicht möglich.

Die Analyse der Kennzahlen aus taktischer Sicht hat gezeigt, dass die Höhe der Planauslastung innerhalb der Untersuchungszeitraums die wesentliche Kennzahl zur Beeinflussung der Kennzahlen Liefertermintreue und Mittlere Durchlaufzeit darstellt. Mit der Planauslastung steigt die Durchlaufzeit und sinkt die Liefertermintreue. Dieser Zusammenhang kann damit erklärt werden, dass der Auftragsstart unabhängig von der Bestandshöhe in der Fertigung veranlasst wird. Um zukünftig diese

Schwachstelle zu vermeiden, gilt es einerseits, im Rahmen der dezentralen Steuerung den Zeitpunkt des Auftragsstarts bestandsorientiert vorzunehmen, und andererseits sollte die Planauslastung dem Kapazitätsangebot angepasst werden.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass durch eine mangelnde Abstimmung zwischen den dezentralen Produktionseinheiten Gießerei und Walzwerk der Bestand erhöht wurde. Um eine Verbesserung der Kennzahl UMH sicherstellen zu können, ist es erforderlich, dass die Abstimmung zwischen den Produktionseinheiten Gießerei und Walzwerk bzgl. der Bedarfe im Walzwerk verbessert wird. Dies ist insbesondere durch eine Verbesserung der Produktionsbedarfsplanung entlang der Prozesskette zu gewährleisten. Weiterhin ist es erforderlich, dass im Rahmen der Steuerung Regelmechanismen eingeführt werden, welche die kurzfristige Abstimmung zwischen den beiden Produktionseinheiten sicherstellen.

Des Weiteren kann festgestellt werden, dass mit Hilfe der Portfolios eine Darstellungsform entwickelt wurde, die eine übersichtliche Analyse mehrerer Kennzahlen erlaubt. Im Zusammenhang mit den qualitativen Wirkungsnetzen konnten so die starken von den schwachen Einflussfaktoren getrennt werden. Durch die Zuordnung von Kennzahl zu Prozess im Rahmen des Referenzprozessmodells konnten die Prozesse innerhalb der Prozesskette, die in der Vergangenheit einen maßgeblichen Einfluss auf die logistische Leistung hatten, identifiziert werden.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Bedingt durch die stetig steigenden Marktanforderungen an die logistische Leistungsfähigkeit ist es zum Ausbau der eigenen Wettbewerbsfähigkeit erforderlich, die Produktion konsequent an den Kundenwünschen auszurichten. Wesentliche Voraussetzungen dazu stellen moderne Produktionsstrukturen wie z. B. das Strategische Zuliefernetz und das Produktionsnetzwerk dar. Ein Kernbestandteil dieser Strukturen ist die prozesskettenorientierte Produktion. Sie ist insbesondere durch dezentrale Produktionseinheiten, die über Kunden-Lieferanten-Beziehungen zu Prozessketten miteinander vernetzt werden, gekennzeichnet.

Neben der Schaffung moderner Fabrikkonzepte auf Basis der prozesskettenorientierten Produktion ist es erforderlich, die logistische Leistung kontinuierlich zu verbessern. Dazu stellt das Monitoring eine wichtige Grundlage dar. Mit Hilfe des Monitoring werden die zur Beurteilung der logistischen Leistung erforderlichen Kennzahlen erhoben und visualisiert. Damit vom Monitoring jedoch ein sinnvoller Beitrag zur Verbesserung der logistischen Leistung erbracht werden kann, ist es erforderlich, dass neben den allgemein gültigen Anforderungen an Kennzahlen die spezifischen Anforderungen der prozesskettenorientierten Produktion im Umfeld moderner Produktionsstrukturen berücksichtigt werden. Dies beinhaltet im Wesentlichen die Forderung nach einer hohen Anpassungsfähigkeit an sich wandelnde Prozessketten sowie die Unterstützung einer unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit. Darüber hinaus ist es erforderlich, dass durch das Monitoring die Rahmenbedingungen der prozesskettenorientierten Produktion, wie z. B. der Informationsbedarf der Organisationseinheiten oder die Datenverfügbarkeit, berücksichtigt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik zum strategischen und taktischen Logistikmonitoring der prozesskettenorientierten Produktion entwickelt. Mit dieser Methodik wird der Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung der logistischen Leistung unterstützt. Sie setzt sich aus einem Referenzprozessmodell, einer Vorgehensweise zur Kennzahlenerhebung, aus Methoden zur Kennzahlenanalyse sowie aus spezifischen Vorgehensweisen zum Monitoring aus strategischer und taktischer Sicht zusammen.

Das Referenzprozessmodell stellt die Grundlage der Methodik dar. Es setzt sich aus einem prozessbeschreibenden und einem prozessbewertenden Teil zusammen. Mit Hilfe des prozessbeschreibenden Teils können verschiedene Konfigurationen der prozesskettenorientierten Produktion in Abhängigkeit des eingesetzten Steuerungsverfahrens abgebildet werden. Das Referenzprozessmodell unterstützt die Modellierung von Prozessketten, die nach dem MRP- und KANBAN-Verfahren gesteuert werden. Es umfasst den kompletten Produktionsprozess von der Produktionsplanung

bis zur Fertigstellung der Erzeugnisse. Zur Modellierung werden drei verschiedene Ebenen bereitgestellt, so dass die Prozessketten durch verschiedene Verdichtungsstufen modelliert werden können. Im prozessbewertenden Teil des Referenzprozessmodells werden Kennzahlen zur Messung der logistischen Zielerreichung und zur Messung der Qualität der Planungs- und Steuerungsprozesse definiert. Darüber hinaus enthält das Referenzprozessmodell Kennzahlen zur Messung des Kundenverhaltens und der Störgrößen. Die Kennzahlen werden in Kennzahlensystemen geordnet. Die Auswahl und Definition der Kennzahlen erfolgt in Abhängigkeit vom Steuerungsverfahren der jeweils verfügbaren Messdaten. Mit Hilfe des Referenzprozessmodells können im Ergebnis verschiedene Konfigurationen der prozesskettenorientierten Produktion aufwandsarm modelliert und bewertet werden. Durch den modularen Aufbau kann es flexibel an sich wandelnde Prozessketten angepasst werden. Im Zuge der Standardisierung der Prozesse und Kennzahlen wird durch das Referenzprozessmodell eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit gefördert.

Die Aussagefähigkeit von Kennzahlen hängt wesentlich von der Qualität der erhobenen Daten ab. Erst wenn die Daten die Prozesse realitätsgetreu abbilden, können aussagefähige Kennzahlen berechnet und damit die Grundlage für eine zielgerichtete Interpretation geschaffen werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine auf das Referenzprozessmodell angepasste Vorgehensweise zur Ermittlung der Datenqualität entwickelt. Die Vorgehensweise unterscheidet die Messung der kennzahlen-spezifischen und der kennzahlenübergreifenden Datenfehlerrate. Die kennzahlen-spezifische Datenfehlerrate macht deutlich, auf welcher Datengrundlage die einzelnen Kennzahlen des Referenzprozessmodells berechnet werden. Damit wird die Interpretation der Kennzahlen des Referenzprozessmodells unterstützt. Mit der kennzahlenübergreifenden Datenfehlerrate wird die Grundlage zum Monitoring und damit zur kontinuierlichen Verbesserung der Datenqualität geschaffen.

Zur Analyse der Kennzahlen wurden die Methoden Soll-Ist-Vergleich, Zeitreihenanalyse und statistische Parameter vorgestellt und auf das Referenzprozessmodell bezogen. Darüber hinaus wurde ein Wirkmodell erstellt, welches die Kennzahlen des Referenzprozessmodells in einen qualitativen Zusammenhang bringt. Dazu wurden zum einen qualitative Ursachen-Wirkungsnetze abgeleitet, zum anderen wurde ein Portfolio zur Trendanalyse entwickelt. Mit Hilfe des Portfolios können die Trends mehrerer Kennzahlen innerhalb einer Darstellung übersichtlich abgebildet werden. Durch das Portfolio wird der quantitative Zusammenhang zwischen den Kennzahlen eines Ursachen-Wirkungsnetzes deutlich.

Mit der Vorgehensweise zum Monitoring aus strategischer und taktischer Sicht wurde die Anwendung des Referenzprozessmodells und der Methoden zur Kennzahlenanalyse vorgestellt. Das Monitoring aus strategischer Sicht zielt darauf ab, die

Beurteilung der logistischen Leistung kompletter Prozessketten zu ermöglichen. Das Monitoring aus strategischer Sicht erfolgt auf Basis von Topkennzahlen. Mit dem Monitoring aus taktischer Sicht wird die Suche nach Verbesserungsmaßnahmen unterstützt. Zu diesem Zweck werden sämtliche Kennzahlen des Referenzprozessmodells herangezogen.

Eine sinnvolle Weiterentwicklung der Methodik ist insbesondere durch die Erweiterung des Referenzprozessmodells denkbar. Die Erweiterung sollte einerseits durch die Aufnahme weiterer Steuerungsverfahren (z. B. Conwip, Fortschrittszahlen etc.) erfolgen. Andererseits ist es zum Monitoring kompletter Prozessketten erforderlich, die beschaffungs- und distributionslogistischen Prozesse im Kontext moderner Fabrikkonzepte in das Referenzprozessmodell mit aufzunehmen.

Um einen praktischen Einsatz der vorgestellten Methodik gewährleisten zu können, bedarf es einer Implementierung der Methodik in eine Software. Hier könnte insbesondere ein internetbasiertes und damit unternehmensunabhängiges Monitoringssystem die Bewertung unternehmensübergreifender Prozesse sicherstellen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [BAE93] Bäck, S.: Monitoring, eine Problemlösung für das Controlling der Logistikkette. Dortmund: LogBuch, Verl. für Logistik in Praxis und Wiss., 1993.
- [BAM91] Bamberg, G.; Baur, F.: Statistik. 7. Aufl. München: Oldenbourg, 1991.
- [BIA98] Bialetzki, F.; Colzman, R.; Seidemann, H.: Weniger ist manchmal mehr. In: it.AV 8, 1998.
- [BRE01] Breithaupt, J.-W.: Rückstandsorientierte Produktionsregelung von Fertigungsbereichen. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 571, Düsseldorf: VDI, 2001.
- [BRO97] Brown, M.G.: Kennzahlen - Harte und weiche Faktoren erkennen, messen und bewerten. München: Carl Hanser, 1997.
- [BRÜ97] Brüggemann, H.; Griffel, N.; Köhrmann, C.: Kennwertansatz für die Verfügbarkeitssicherung von Produktionsanlagen. In: VDI-Z 139, Nr. 4, 1997.
- [BUR97] Burmeister, M.: Auslegung der Verbrauchssteuerung bei vernetzter Produktion. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 8, Mess- Steuerungs- und Regelungstechnik; 658, Düsseldorf: VDI, 1997.
- [DEU98] Deutsche EFQM: Prozessorientierung und Zielabstimmung. In: QZ, Jahrg. 43 (1998), Nr. 11, 1998.
- [DOM88] Dombrowski, U.: Qualitätssicherung im Terminwesen der Werkstattfertigung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 159, Düsseldorf: VDI, 1998.
- [ERD00] Erdmann, J.: Integriertes Prozessmanagement: ein multidimensionaler Ansatz für das Management von Prozessen im Unternehmen. Hannover: Libri Books on Demand, 2000.
- [EVE95] Eversheim, W.: Prozessorientierte Unternehmensorganisation. Berlin: Springer, 1995.
- [EVE89] Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik, Band 4: Fertigung und Montage. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989.

- [FAS97] Fastabend, H.: Kennliniengestützte Synchronisation von Fertigungs- und Montageprozessen. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 452. Düsseldorf: VDI, 1997.
- [FRI99] Friemuth, U.: Kennzahlenbasierter Vergleich und Verbesserung von Logistikprozessen in Produktionsunternehmen. Schriftreihe Rationalisierung und Humanisierung, Band 23. Aachen: Shaker, 1999.
- [GAB97] Gabler-Wirtschaftslexikon. Taschenbuch Kasette mit 10 Bd. Wiesbaden: Gabler
- [GLE00] Gleich, R.: Prozessorientiertes Performance Management. In: ZWF, Jahrg. 95 (2000), Nr. 5, 2000.
- [GRO90] Grochla, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft. Wiesbaden: Gabler, 1990.
- [GRO91] Groth, U.: Kennzahlensystem zur Beurteilung und Analyse der Leistungsfähigkeit einer Fertigung. Dissertation Technische Universität Braunschweig. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Nr. 6. Düsseldorf: VDI, 1991.
- [GUE00] Günther, H.-O.; Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik. 4.,neubearb. und erweiterte Auflage. Berlin: Springer, 1994.
- [HOR96] Hornung, V. u. a.: Aachener PPS-Modell - Das Aufgabenmodell. Forschungsinstitut für Rationalisierung an der RWTH Aachen (Hrsg.), Sonderdruck/FIR; 6/94: Aachen, 1996.
- [HOR98] Horváth, P.: Controlling. München: Vahlen, 1998.
- [HOR00] Horváth & Partner (Hrsg.): Balanced Scorecard umsetzen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2000.
- [JAE00] Jäger, M.: Kennliniengestützte Parametereinstellung von PPS-Systemen. Dissertation Universität Hannover, 2000.
- [KAP92] Kaplan, R.; Norton, D.: The Balanced Scorecard - Measures that drive Performance. Harvard Business Review January-February 1992.
- [KLO99] Kloth, M.: Steuerung der Supply Chain auf Basis des SCOR-Modells. In: Weber, J.; Dehler, M.: Effektives Supply Chain Management auf Basis von Standardprozessen und Kennzahlen. Dortmund: Praxiswissen, 1999.

- [KRA98] Krahn, A.: Vom Prozessmonitoring zum Prozessmanagement: ein Vorgehensmodell zur Indikatorenherleitung für ein Prozess-Monitoring-System - dargestellt an der Firma H. Hoffmann-La Roche AG. Bern: Lang, 1998.
- [KUH99] Kuhn, A. (Hrsg.): Erfolgsbeispiele aus der Praxis. Dortmund: Praxiswissen, 1999.
- [LEO02] Internetadresse:  
<http://dict.leo.org>; 10.5.2002
- [LOE95] Loeper, S.: Kennzahlengestütztes Beratungssystem zur Verbesserung der Logistikleistung in der Werkstattfertigung. Dissertation Karlsruhe. Forschungsbericht aus dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe, Band 63, 1995.
- [LOE01] Lödding, H.: Dezentrale bestandsorientierte Fertigungsregelung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 587, Düsseldorf: VDI, 2001.
- [LOO96] Looks, St.: Kennzahlen für Fertigungsinseln. In: io Management Zeitschrift 65 (1996), Nr. 3, 1996.
- [LUC00] Luczak, H.; Wiendahl H.-P.; Weber, J. (Hrsg.): Logistik-Benchmarking - Praxisleitfaden mit LogiBEST. Berlin: Springer, 2000.
- [LUD95] Ludwig, E.: Modellgestützte Diagnose logistischer Produktionsabläufe. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 362, Düsseldorf: VDI, 1995.
- [MAS94] Masing, W. (Hrsg.): Handbuch der Qualitätssicherung. 3., überarbeitete Auflage. München: Carl Hanser, 1994.
- [MUE01] Mueller, R.: Fertigungsinseln: Strukturierung der Produktion in dezentrale Verantwortungsbereiche. 3. Auflage. Renningen-Malsheim: expert-Verlag, 2001.
- [NYH99] Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Berlin: Springer, 1999.
- [OES95] Österle, H.: Business Engineering – Prozess- und Systementwicklung. Band 1 Entwurfstechniken, 2.,verb. Aufl.. Berlin: Springer 1995.
- [PER91] Peridon, L.; Steiner, M.: Finanzwirtschaft der Unternehmung. 6., völlig überarb. und erw. Aufl. München: Franz Vahlen, 1991.



- [PFO00] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 6. Aufl. Berlin: Springer, 2000.
- [REI95] Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten – Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption. 4., überarb. und erw. Aufl. München: Franz Vahlen, 1995.
- [ROT99] Rotzoll, M.: Erfahrungsgestützte Optimierung der Produktionsleistung - Systematische Aufdeckung und Ausschöpfung von Verbesserungspotentialen mittels Interdependenzbenchmarking. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Nr. 106. Düsseldorf: VDI, 1999.
- [RUF91] Ruffing, Th.: Fertigungssteuerung bei Fertigungsinseln: Eine funktionale und datentechnische Informationsarchitektur. Köln: TÜV-Reinland, 1991.
- [SCC01] Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-Model. SCOR Version 5.0, [www.supply-chain.org](http://www.supply-chain.org). Pittsburgh: 2001.
- [SCH97] Schmolling, J.R.: Betriebsdatengestütztes PPS-Controlling für die durchlaufzeitorientierte Grobplanung bei Einzel- und Kleinserienfertigung. Als Ms. gedr. Aachen: Shaker, 1997.
- [SCH99] Schölling, W.: Kundenorientierte Prozessorganisation. In: ZWF, Jahrg. 94 (1999), Nr. 1-2, 1999.
- [SCH95] Schulte, C.: Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses. 2. Aufl. München: Franz Vahlen, 1995.
- [SPU94] Spur, G. (Hrsg.): Fabrikbetrieb. München: Carl Hanser, 1994.
- [STA00] Stahel, W.: Statistische Datenanalyse. 3., durchgesehene Aufl. Braunschweig: Vieweg, 2000.
- [STR01] Strigl, T.: Bewertung der Logistikeffizienz von Produktionsunternehmen durch datenbankgestütztes Benchmarking. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 567, Düsseldorf: VDI, 2001.
- [SUR98] Suri, R.: Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead Times. Portland: Productivity Press, 1998.
- [SYS90] Syska, A.: Kennzahlen für die Logistik – Entwicklung einer Vorgehensweise zur Bildung von betriebsspezifischen Logistik-Kennzahlensystemen. Heidelberg: Springer-Verlag, 1990.

- [TRA97] Tracht, T.: Auditierung der Produktionsplanung und -steuerung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 430. Düsseldorf: VDI, 1997.
- [TEM99] Tempelmeier, H.: Material-Logistik: Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung und das Supply-Chain-Management. 4., überarbeitete und erw. Auflage. Berlin: Springer, 1999
- [ULL94] Ullmann, W.: Controlling logistischer Produktionsabläufe am Beispiel des Fertigungsbereichs. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 311. Düsseldorf: VDI, 1994.
- [VDI95] VDI-Richtlinie 2525: Praxisorientierte Logistikkennzahlen für kleine und mittelständische Unternehmen. Düsseldorf: Beuth, 1995.
- [VDI98] VDI-Richtlinie 3423 (Entwurf): Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen. Düsseldorf: Beuth, 1998.
- [VDI00] VDI-Richtlinie 4400: Blatt 1: Logistikkennzahlen für die Beschaffung; Blatt 2: Logistikkennzahlen für die Produktion; Blatt 3: Logistikkennzahlen für die Distribution. Düsseldorf: Beuth, 2000.
- [WAR93] Warnecke, H.-J.: Der Produktionsbetrieb 2. 2., völlig überarbeitete Aufl. Berlin: Springer, 1993.
- [WEB93] Weber, J.: Logistik-Controlling. 3., überarbeitete und erw. Aufl. Stuttgart: Schaefer-Poeschel, 1993.
- [WEB99a] Weber, J.: Logistik- und Produktionscontrolling. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management, Band 4: Betrieb von Produktionssystemen. Berlin: Springer-Verlag, 1999.
- [WEB99b] Weber, J.; Schäffer, U.: Balanced Scorecard und Controlling - Nutzen für Manager und Controller - Erfahrungen in deutschen Unternehmen. Wiesbaden: Gabler, 1999.
- [WIE97a] Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. 4., vollst. überarb. Aufl. München: Hanser, 1997.
- [WIE97b] Wiendahl, H.-P.: Fertigungsregelung – logistische Beherrschung von Fertigungsabläufen auf Basis des Trichtermodells. München: Carl Hanser, 1997.
- [WIE99] Wiendahl, H.-P.: Logistik- und Produktionscontrolling. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management, Band 4: Betrieb von Produktionssystemen. Berlin: Springer-Verlag, 1999.

- [WIE02a] Wiendahl, H.-P.: Fabriken-Standorte in Produktionsnetzwerken. In: wt Werkstatttechnik online, Jahrgang 92 (2002), H.4, 2002.
- [WIE02b] Wiendahl, H.-P.; Hernández, R.: Fabrikplanung im Blickpunkt. In: wt Werkstatttechnik online, Jahrgang 92 (2002 ), H.4, 2002.
- [WIE02c] Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität – Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2002.
- [WIL98] Wildemann, H.: KANBAN-Produktionssteuerung, Leitfaden zur Einführung des Hol-Prinzips. München: TCW Transfer-Centrum, 1998.
- [WIL99] Wildemann, H.: Logistikstrategien. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management, Band 4: Betrieb von Produktionssystemen. Berlin: Springer-Verlag, 1999.
- [WIN01] Wind, K.: Engpassorientierte Fremdvergabe in Produktionsnetzen. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 579, Düsseldorf: VDI, 2001.
- [WOL97] Wolter, O.: Entwicklung und Erprobung eines Kennzahlensystems für das Total Quality Management. Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, IPK Berlin. Berlin: 1997.
- [YU01] Yu, K.-W.: Terminkennlinie – Eine Beschreibungsmethodik für die Terminabweichung im Produktionsbereich. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 576, Düsseldorf: VDI, 2001.

## Anhang

## Anhang A1 Kennzahlen des SCOR-Modells für den Produktionsprozess

	Kennzahlen	Plan Make	Make-to-Stock	Make-to-Order	Engineer-to-Order
1	Forecast Accuracy	+			
2	Cumulative Make Cycle Time	+			
3	Total WIP Inventory DOS	+			
4	Inventory Obsolescence		+	+	+
5	Production Plan Adherence	+			
6	Schedule cycle time	+	+	+	
7	Schedule interval		+	+	
8	WIP inventory days of supply		+	+	
9	Product losses (Sourced/in-process/finished)		+	+	
10	Scheduled resource cost		+	+	
11	Schedule achievement		+	+	+
12	Capacity utilization		+	+	+
13	Make cycle time		+		
14	Sourced/in-process product requisition cycle time		+	+	
15	% Of parts received at point of use		+	+	+
16	Inventory days supply - sourced produkt, in-process product		+		
17	Inventory accuracy		+	+	+
18	Cash-to-cash cycle time		+	+	+
19	Product/grade changeover time		+	+	
20	Ratio of actual to theoretical cycle time		+	+	+
21	Intra-production re-plan cycle		+	+	+
22	Total build cycle time		+		
23	Total production employment		+	+	+
24	Value added productivity		+	+	+
25	Asset turns		+	+	+
26	Warranty costs		+	+	+
27	Scrap Expense		+	+	+
28	Fill rates		+		
29	Warranty and returns		+		
30	Yields		+	+	+
31	Quality levels		+	+	
32	In-process failure rates		+	+	
33	Build-to-ship cycle time		+	+	+
34	Packaging cost		+	+	
35	Inventory carrying cost		+	+	
36	Staging time		+	+	
37	Inventory days supply-plant FG		+	+	
38	Quarantine time		+	+	
39	Release cost per unit		+	+	
40	% Release errors		+	+	
41	Responsiveness lead time			+	+
42	Plant level order management costs			+	+
43	Production Flexibility			+	+
44	Percent of orders scheduled to customer request date			+	
45	Total Build Time			+	+
46	Number of ECOs				+
47	Deliver to commit date				+
48	Order fulfillment cycle time				+
49	ECO cost				+
50	Inventory days of supply				+
51	% Of Orders scheduled to customer request date				+
52	Cross training				+
53	Touch labor job classifications				+
54	Material requisition cycle time				+
55	Receiving and put away cycle time				+
56	Yield variability				+

Abbildung A-1: Übersicht über die Kennzahlen des SCOR-Modells für den Produktionsprozess [SCC01]

## Anhang A2 Kennzahldefinitionen

### A.2.1 Kennzahlen des Anwendungsfalls MRP

#### A.2.1.1 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung

Mengenabweichung Primärbedarfsplan (PBMA)	
$PBMA = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Planmenge}_i - \text{Istmenge}_i)}{\sum_{i=1}^n \text{Planmenge}_i} \cdot 100 [\%]$	
mit	n
	Anzahl verkaufsfähiger Artikel
<b>Zweck</b>	
Mit der Kennzahl wird die Qualität des Hauptprozesses Primärbedarfsplanung gemessen.	
<b>Beschreibung</b>	
Die Mengenabweichung Primärbedarfsplanung ist die prozentuale Abweichung des Istbedarfs von dem geplanten Bedarf verkaufsfähiger Artikel (Primärbedarf).	
Die Planmenge ist die für den Betrachtungszeitraum im Rahmen der Produktionsprogrammplanung prognostizierte Primärbedarfsmenge.	
Die Istmenge ist die innerhalb der Betrachtungsperiode tatsächlich benötigte Primärbedarfsmenge.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
Die Produktionsprogrammplanung wird in der Regel nicht durch ein ERP-System unterstützt, so dass zur Berechnung dieser Kennzahl keine standardisierten Messpunkte angegeben werden.	

Bewertete Umschlagshäufigkeit (UMH)	
$UMH = \frac{\text{Abgang Untersuchungsobjekt}}{\text{Mittlerer Zugangsbestand} + \text{Mittlerer Umlaufbestand}} \left[ \frac{1}{\text{Jahr}} \right]$	
$\text{Abgang Untersuchungsobjekt} = \left( \sum_{i=1}^n (\text{Istmenge}_i \cdot \text{Herstellkosten}_i) \right) \cdot \frac{\text{Anzahl Betriebskalendertage pro Jahr}}{\text{Betrachtungszeitraum}}$	
mit	n      Anzahl Produktionsaufträge
<b>Zweck</b>	
Mit der Kennzahl wird einerseits die Erreichung des Ziels eines geringen Bestandes erhoben und andererseits dient sie zur Messung der Prozessqualität des Prozesses Bedarfsrechnung.	
<b>Beschreibung</b>	
Die <i>Bewertete Umschlagshäufigkeit Gesamtbestand</i> berechnet sich aus dem Quotienten des bewerteten Materialabgangs und der Summe aus <i>mittlerem Zugangsbestand</i> und <i>mittlerem Umlaufbestand</i> .	
<i>Mittlerer Zugangsbestand</i> ist der mittlere zu Materialkosten bewertete Lagerbestand aller Artikel, die Zugangsmaterialien der untersuchten dezentralen Produktionseinheit sind.	
<i>Mittlerer Umlaufbestand</i> ist der mittlere zu angefallenen Herstellkosten bewertete Bestand an Halbfertigerzeugnissen.	
<i>Abgang Untersuchungsobjekt</i> ist der zu anteiligen Herstellkosten bewertete Materialabgang der untersuchten dezentralen Produktionseinheit.	
<i>Anzahl Produktionsaufträge</i> sind alle im Betrachtungszeitraum abgeschlossenen Produktionsaufträge.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
<i>Lagereinbuchung</i> <small>(interner Lieferant)</small> ( <u>Buchungsnummer</u> , <u>Artikelnummer</u> , Buchungsdatum, Buchungsmenge)	
<i>Lagerausbuchung</i> ( <u>Buchungsnummer</u> , <u>Artikelnummer</u> , Buchungsdatum, Buchungsmenge)	
oder alternativ	
<i>Produktionsauftragsende</i> <small>(interner Lieferant)</small> ( <u>Produktionsauftragsnummer</u> , <u>Artikelnummer</u> , Istmenge, Buchungsdatum)	
<i>Lagereinbuchung</i> ( <u>Buchungsnummer</u> , <u>Artikelnummer</u> , Buchungsdatum, Buchungsmenge)	
oder alternativ	
<i>Produktionsauftragsende</i> ( <u>Produktionsauftragsnummer</u> , <u>Artikelnummer</u> , Istmenge, Buchungsdatum)	
<b>Sonstiges:</b>	
Zur Berechnung des Zugangs- und des Umlaufbestandes ist es erforderlich, dass der Anfangsbestand zu Beginn der Betrachtungsperiode angegeben wird. Darüber hinaus sind Bewertungssätze zur Ableitung der Herstellkosten erforderlich.	

### Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge ( $VK_{PA}$ )

$$VK_{PA} = \frac{\text{Standardabweichung Auftragszeit}}{\text{Mittlere Auftragszeit}}$$

$$\text{Mittlere Auftragszeit} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Auftragszeit}_i}{n} \quad [\text{h}]$$

$$\text{Standardabweichung Auftragszeit} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Auftragszeit}_i - \text{Mittlere Auftragszeit})^2}{n}} \quad [\text{h}]$$

mit

n Anzahl Produktionsaufträge

#### Zweck

Mit der Kennzahl wird die Qualität des Teilprozesses Bedarfsrechnung gemessen.

#### Beschreibung

Der Variationskoeffizient beschreibt das Verhältnis von der mittleren Auftragszeit zur Standardabweichung der Auftragszeit bezogen auf die Engpassmaschine der untersuchten dezentralen Produktionseinheit.

Die Mittlere Auftragszeit ist das arithmetische Mittel der Auftragszeiten der innerhalb der Betrachtungsperiode fertig gestellten Produktionsaufträge.

Die Standardabweichung Auftragszeit ist die Streuung der Auftragszeiten.

Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource.

Die Anzahl Produktionsaufträge sind sämtliche innerhalb der Betrachtungsperiode abgeschlossenen Produktionsaufträge des Untersuchungsobjektes.

#### Messpunkte und Messdaten

*Produktionsplanung (Produktionsauftragsnummer, Auftragszeit)*

Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit (ZWBP)	
$ZWBP_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZWBP_i}{n} \text{ [BKT];}$	
<p style="text-align: center;"> <math>ZWBP_i = \text{Planendtermin}_i - \text{Buchungsdatum Produktionsbedarfsplanung}_i \text{ [BKT];}</math>  mit  n      Anzahl Produktionsaufträge </p>	
<p><b>Zweck</b>  Mit der Kennzahl wird die Qualität des Teilprozesses Bedarfsrechnung gemessen.</p>	
<p><b>Beschreibung</b>  Die Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit ist das arithmetische Mittel der Plan-Wiederbeschaffungszeiten der Produktionsaufträge.  Die Plan-Wiederbeschaffungszeit eines Produktionsauftrages beinhaltet den Zeitraum in Betriebskalendertagen (BKT), der zwischen der Erstellung eines Produktionsauftrages im Rahmen der Produktionsbedarfsplanung und dem Planendtermin liegt.  Anzahl Produktionsaufträge sind alle im Betrachtungszeitraum abgeschlossenen Produktionsaufträge.</p>	
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b>  <i>Produktionsplanung (Produktionsauftragsnummer, Planendtermin, Buchungsdatum)</i></p>	



Planauslastung (PA)	
$PA = \frac{\text{Planleistung}}{\text{verfügbare Leistung}} \cdot 100 \text{ [\%];}$ $\text{Planleistung} = \sum_{i=1}^n \text{Auftragszeit}_i \text{ [h]}$	
mit	n      Anzahl Produktionsaufträge
<b>Zweck</b>	
Mit der Kennzahl wird die Qualität des Teilprozesses Kapazitätsabgleich gemessen. Darüber hinaus dient sie zur Messung des Ziels einer hohen Auslastung.	
<b>Beschreibung</b>	
Die Planauslastung ist das Verhältnis von geplanter Leistung zu verfügbarer Leistung bezogen auf die Engpassressource innerhalb der betrachteten dezentralen Produktionseinheit.	
Die Planleistung ergibt sich aus der Summe der Auftragszeiten der Produktionsaufträge. Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource.	
Die verfügbare Leistung ist die maximal mögliche Leistung der Engpassressource innerhalb des Betrachtungszeitraums.	
Die Anzahl Produktionsaufträge sind sämtliche innerhalb der Betrachtungsperiode abgeschlossenen Produktionsaufträge des Untersuchungsobjektes.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
<i>Produktionsplanung (Produktionsauftragsnummer, Auftragszeit)</i>	
<i>Sonstige:</i>	
<i>Die verfügbare Leistung ist in der Regel nicht dem ERP-System zu entnehmen und deswegen auf sonstige Weise zu ermitteln.</i>	

Schwankung der Planauslastung ( $PA_s$ )

$$PA_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Planauslastung}_i - \text{Mittlere Planauslastung})^2}{n}} \quad [\%];$$

$$\text{Mittlere Planauslastung} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Planauslastung}_i}{n} \quad [\%];$$

$$\text{Planauslastung}_i = \frac{\text{Planleistung}_i}{\text{verfügbare Leistung}_i} \cdot 100 \quad [\%];$$

$$\text{Planleistung}_i = \sum_{j=1}^m \text{Auftragszeit}_j \quad [\text{h}]$$

mit

- n     Anzahl Teilperioden innerhalb der Betrachtungsperiode  
m     Anzahl Produktionsaufträge innerhalb einer Teilperiode

**Zweck**

Mit der Kennzahl wird die Qualität des Teilprozesses Kapazitätsabgleich gemessen. Je höher die Schwankungen der Planauslastung sind, desto anspruchsvoller ist die Erreichung der logistischen Ziele kurze Durchlaufzeit und hohe Termintreue.

**Beschreibung**

Schwankung der Planauslastung ist die Standardabweichung der Planauslastung innerhalb des Betrachtungszeitraums bezogen auf die Engpassressource der untersuchten dezentralen Produktionseinheit. Zur Berechnung der Kennzahl wird die Betrachtungsperiode in Teilperioden unterteilt.

Die mittlere Planauslastung ist das arithmetische Mittel der Planauslastung über die Teilperioden der Betrachtungsperiode.

Die Planauslastung ist das Verhältnis von geplanter Leistung zu verfügbarer Leistung einer Teilperiode.

Die Planleistung ergibt sich aus der Summe der Auftragszeiten der Produktionsaufträge. Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource.

**Messpunkte und Messdaten**

*Produktionsplanung (Produktionsauftragsnummer, Auftragszeit, Planendtermin)*

## A.2.1.2 Kennzahlen zur Messung der Rahmenbedingungen

Variationskoeffizient der Auftragszeit der Kundenaufträge ( $VK_{KA}$ )	
$VK_{KA} = \frac{\text{Standardabweichung Auftragszeit}_{KA}}{\text{Mittlere Auftragszeit}_{KA}}$ $\text{Mittlere Auftragszeit}_{KA} = \frac{\sum_i^n \text{Auftragszeit}_i}{n}$ $\text{Standardabweichung Auftragszeit}_{KA} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\text{Auftragszeit}_i - \text{Mittlere Auftragszeit}_{KA})^2}{n}}$	
mit	
n	Anzahl Kundenaufträge
<b>Zweck</b>	
Ziel ist es, das Kundenverhalten zu messen. Durch den Variationskoeffizienten wird die Struktur der Kundenaufträge analysiert.	
<b>Beschreibung</b>	
Der Variationskoeffizient der Auftragszeit der Kundenaufträge ist das Verhältnis der Streuung der Auftragszeiten zu der mittleren Auftragszeit der Kundenaufträge. Zur Berechnung der Kennzahl werden die Kundenaufträge auf die Engpassmaschine der betrachteten Produktionseinheit bezogen.	
Die Mittlere Auftragszeit ist das arithmetische Mittel der Auftragszeiten der Engpassmaschine. Die Auftragszeiten der Engpassmaschine ergeben sich aus den Arbeitsplänen der Artikel, die zur Befriedigung der Kundenaufträge benötigt und in der betrachteten dezentralen Produktionseinheit gefertigt werden. Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource.	
Die Standardabweichung Auftragszeit beschreibt die Streuung der Auftragszeiten.	
Anzahl Kundenaufträge sind die Kundenaufträge, deren Planliefertermine innerhalb der Betrachtungsperiode liegen und für die die betrachtete Produktionseinheit Erzeugnisse oder Bauteile liefert.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
<i>Auftragsbearbeitung (Auftragsnummer, Auftragsposition, Auftragszeit)</i>	
<b>Sonstige:</b>	
<i>Zur Ermittlung der Auftragszeiten sind ggf. die Arbeitspläne und die Stücklisten heranzuziehen</i>	

Nachfrage (NF)
$NF = \sum_{i=1}^n \text{Auftragszeiten}_i$
<p>mit</p> <p style="text-align: center;">n Anzahl Kundenaufträge</p>
<p><b>Zweck</b></p> <p>Die Kennzahl dient zur Messung des Kundenverhaltens. Mit steigender Nachfrage steigt die Auslastung. Mit der Auslastung steigt die Durchlaufzeit und damit sinkt die Wahrscheinlichkeit für eine hohe Liefertermintreue.</p>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Die Nachfrage ist die Summe der Auftragszeiten der Kundenaufträge bezogen auf die Engpassressource innerhalb der betrachteten dezentralen Produktionseinheit. Die Auftragszeiten der Engpassmaschine ergeben sich aus den Arbeitsplänen der Artikel, die zur Befriedigung der Kundenaufträge benötigt und in der betrachteten dezentralen Produktionseinheit gefertigt werden. Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource.</p> <p>Anzahl Kundenaufträge sind die Kundenaufträge, deren Planliefertermine innerhalb der Betrachtungsperiode liegen und für die die betrachtete Produktionseinheit Erzeugnisse oder Bauteile liefert.</p>
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Auftragsbearbeitung (Auftragsnummer, Auftragsposition, Auftragszeit)</i></p> <p>Sonstige:</p> <p style="text-align: center;"><i>Zur Ermittlung der Auftragszeiten sind ggf. die Arbeitspläne und die Stücklisten heranzuziehen</i></p>

Schwankung der Nachfrage (NF <sub>s</sub> )	
$NF_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Nachfrage}_i - \text{Mittlere Nachfrage})^2}{n}} \quad [\%];$	
$\text{Mittlere Nachfrage} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Nachfrage}_i}{n} \quad [\%];$	
$\text{Nachfrage}_i = \sum_{j=1}^m \text{Auftragszeit}_j \quad [\text{h}]$	
mit	<p>n      Anzahl Teilperioden innerhalb der Betrachtungsperiode</p> <p>m      Anzahl Kundenaufträge je Teilperiode</p>
<b>Zweck</b>	
Die Kennzahl dient zur Messung des Kundenverhaltens. Mit steigenden Schwankungen der Nachfrage steigen die Anforderungen bzgl. der Flexibilität der Prozesskette zur Erfüllung der Kundenwünsche.	
<b>Beschreibung</b>	
Die Schwankung der Nachfrage ist die Standardabweichung der Nachfrage innerhalb der Betrachtungsperiode. Zur Berechnung der Kennzahl wird die Betrachtungsperiode in Teilperioden unterteilt. Die Kennzahl wird auf die Engpassressource der betrachteten dezentralen Produktionseinheit bezogen.	
Die Mittlere Nachfrage ist das arithmetische Mittel der Nachfrage über die Teilperioden der Betrachtungsperiode.	
Die Nachfrage <sub>i</sub> ist die Summe der Arbeitsinhalte der Kundenaufträge bezogen auf die Engpassressource der betrachteten dezentralen Produktionseinheit. Die Auftragszeiten der Engpassmaschine ergeben sich aus den Arbeitsplänen der Artikel, die zur Befriedigung der Kundenaufträge benötigt und in der betrachteten dezentralen Produktionseinheit gefertigt werden. Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource.	
Anzahl Kundenaufträge sind die Kundenaufträge, deren Planliefertermine innerhalb der Teilperiode liegen.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
<i>Auftragsbearbeitung (Auftragsnummer, <u>Auftragsposition</u>, Auftragszeit)</i>	
<i>Sonstige</i>	
<i>Zur Ermittlung der Auftragszeiten sind die Arbeitspläne und ggf. die Stücklisten heranzuziehen</i>	

Mittlere Planlieferzeit (ZLP <sub>m</sub> )	
$ZLP_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZLP_i}{n} \quad [\text{BKT}]$	
<p>ZLP<sub>i</sub> = Planliefertermin - Buchungsdatum Kundenauftragserfassung [BKT]</p>	
mit	
n	Anzahl Kundenaufträge
<p><b>Zweck</b></p> <p>Die mittlere Planlieferzeit dient zur Beschreibung des Kundenverhaltens. Mit sinkender Planlieferzeit steigen die Anforderungen bzgl. der Reaktionsfähigkeit der Prozesskette von der Kundenauftragsbearbeitung bis zur Auslieferung des jeweiligen Auftrages. Bei einer kundenauftragsbezogenen Produktion beinhaltet die Planlieferzeit die Durchlaufzeit durch die Produktion. Bei einer kundenauftragsanonymen Produktion ist die Produktion nur indirekt durch eine Veränderung der Planlieferzeit betroffen.</p>	
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Mittlere Planlieferzeit ist das arithmetische Mittel der Planlieferzeiten der Kundenaufträge.</p> <p>Die Planlieferzeit eines Kundenauftrags beginnt mit der letzten Buchung des Kundenauftrages im System und endet mit dem bestätigten Liefertermin.</p> <p>Anzahl Kundenaufträge sind die Kundenaufträge, deren Planliefertermine innerhalb der Betrachtungsperiode liegen.</p>	
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b></p> <p><i>Auftragsbearbeitung (Auftragsnummer, Auftragsposition, Buchungsdatum, Lieferdatum)</i></p>	

### A.2.1.3 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse

Mittlere Durchlaufzeit (ZDL <sub>m</sub> )	
$ZDL_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZDL_i}{n} \text{ [BKT]}$	
	$ZDL_i = \text{Produktionsauftragsende}_i - \text{Produktionsauftragsstart} \text{ [BKT]}$
	$ZDL_i$ Durchlaufzeit des Produktionsauftrages $i$
mit	$n$ Anzahl Produktionsaufträge
<b>Zweck</b>	
<p>Mit der Kennzahl wird einerseits die Erreichung des Ziels einer geringeren Durchlaufzeit gemessen. Andererseits dient die Kennzahl dazu, die Leistungsfähigkeit der dezentralen Steuerungsprozesse zu beurteilen.</p>	
<b>Beschreibung</b>	
<p>Die Mittlere Durchlaufzeit ist das arithmetische Mittel der Durchlaufzeiten der Produktionsaufträge des Betrachtungszeitraums.</p> <p>Die Durchlaufzeit eines Produktionsauftrages ist die Zeit in Betriebskalendertagen, die ein Produktionsauftrag von der Auslagerung des Materials (bzw. der Produktionsauftragsendebuchung des internen Lieferanten) bis zur Produktionsauftragsendemeldung des letzten Arbeitsganges (bzw. der Lagereinbuchung nach Fertigstellung) benötigt.</p> <p>Die Durchlaufzeit setzt sich aus Übergangszeiten (Transportzeiten, Liegen vor und nach der Bearbeitung) und Durchführungszeiten (Rüstzeiten und Bearbeitungszeiten) zusammen.</p> <p>Anzahl Produktionsaufträge sind alle im Betrachtungszeitraum abgeschlossenen Produktionsaufträge des Untersuchungsobjektes.</p>	
<b>Messpunkte und Messdaten:</b>	
<p><i>Lagerausbuchung</i> (<u>Buchungsnummer</u>, <u>Produktionsauftragsnummer</u>, Buchungsdatum)  oder alternativ:  <i>Produktionsauftragsende</i><sub>interner Lieferant</sub> (<u>Produktionsauftragsnummer</u>, Buchungsdatum)</p> <p>und</p> <p><i>Lagereinbuchung</i> (<u>Buchungsnummer</u>, <u>Produktionsauftragsnummer</u>, Buchungsdatum)  oder alternativ:  <i>Produktionsauftragsende</i> (<u>Produktionsauftragsnummer</u>, Buchungsdatum)</p>	
<b>Hinweis:</b>	
<p>Für den Fall, dass mehrere Zugangsmaterialien für einen Produktionsauftrag ausgelagert werden, ist die Durchlaufzeit mittels der ersten (frühesten) Lagerausbuchung zu ermitteln.</p> <p>Falls mehrere interne Lieferanten, dann u. U. gestörter Bestand. ZDL sollte in dem Fall dann mit dem letzten Zugang beginnen.</p>	

<b>Liefertermintreue (LTT)</b> [-x BKT / +x BKT]
$\text{LTT} = \frac{\text{Anzahl termingerechter Produktionsaufträge}}{\text{Anzahl Produktionsaufträge}} \cdot 100 [\%]$
<b>Zweck</b> Mit der Kennzahl wird einerseits die Erreichung des Ziels eines hohen Lieferservices gemessen. Andererseits dient die Kennzahl dazu, die Leistungsfähigkeit der dezentralen Steuerungsprozesse zu beurteilen.
<b>Beschreibung</b> Die Liefertermintreue ist der Prozentsatz der durch das Untersuchungsobjekt termingerecht gefertigten Produktionsaufträge. Anzahl termingerechter Produktionsaufträge sind alle Produktionsaufträge, die zum vorgegebenen Planendtermin fertig gestellt wurden. Anzahl Produktionsaufträge sind alle im Betrachtungszeitraum abgeschlossenen Produktionsaufträge des Untersuchungsobjektes. Die Toleranz des Endtermins der Produktionsaufträge wird in einer zulässigen positiven und negativen Abweichung in Betriebskalendertagen (BKT) vom Planendtermin angegeben (+ x BKT und – x BKT).
<b>Produktionsplanung und -steuerung:</b>  <i>Produktionsplanung</i> ( <u>Produktionsauftragsnummer</u> , Planendtermin) und <i>Produktionsauftragsende</i> ( <u>Produktionsauftragsnummer</u> , Buchungsdatum)  <i>oder alternativ:</i> <i>Lagereinbuchung</i> ( <u>Buchungsnummer</u> , <u>Produktionsauftragsnummer</u> , Buchungsdatum)



## A.2.1.4 Kennzahlen zur Messung der Störgrößen

<b>Einhaltung Mindestbestand Zugangsmaterial (EMB)</b>
$\frac{\text{Anzahl Tage ohne Bestandsunterschreitung}}{\text{Betrachtungszeitraum}} \cdot 100 \text{ [\%]}$
<p><b>Zweck</b></p> <p>Die Kennzahl dient zur Messung der Materialverfügbarkeit. Je höher die Materialverfügbarkeit, desto besser ist die Ausgangslage zur Erzielung einer hohen Liefertermintreue. Die Kennzahl wird dann zur Messung der Materialverfügbarkeit herangezogen, wenn die betrachtete dezentrale Produktionseinheit und der (interne) Lieferant durch ein Lager voneinander entkoppelt sind.</p>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Die <i>Einhaltung Mindestbestand Zugangsmaterial</i> ist der Prozentsatz der Tage, an denen der Lagerbestand aller Zugangsmaterialien über den jeweils definierten Bestandsgrenzen lag.</p> <p><i>Anzahl Tage ohne Bestandsunterschreitungen</i> sind alle Tage im Betrachtungszeitraum, an denen der Lagerbestand aller Zugangsmaterialien nicht unter den vorgegebenen Mindestbestand gefallen ist.</p>
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b></p> <p><i>Lagereinbuchung</i> (<u>Buchungsnummer</u>, Artikelnummer, Buchungsdatum, Buchungsmenge)</p> <p><i>Lagerausbuchung</i> (<u>Buchungsnummer</u>, Artikelnummer, Buchungsdatum, Buchungsmenge)</p> <p>Sonstige:</p> <p><i>Zur Berechnung des Bestandes ist es darüber hinaus erforderlich, dass der Anfangsbestand zu Beginn der Betrachtungsperiode angegeben wird.</i></p>

Mittlere Liefertermintreue <sub>Lieferant</sub>
Siehe Liefertermintreue

<b>Technische Verfügbarkeit (TV)</b>
$TV = \left(1 - \frac{\text{Technische Ausfallzeit}}{\text{Belegungszeit}}\right) \cdot 100 [\%]$
<p><b>Zweck</b></p> <p>Die Kennzahl dient zur Messung der Maschinenverfügbarkeit. Je höher die Verfügbarkeit, desto besser ist die Ausgangssituation zur Erlangung einer kurzen Durchlaufzeit und einer hohen Liefertermintreue.</p>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Die Technische Ausfallzeit ist die Summe aller Ausfallzeiten, die ihre Ursache in Mängeln der Konzeption oder Ausführung einer Maschine/Anlage haben. Die Berechnung der technischen Verfügbarkeit erfolgt für die Engpassressource innerhalb der untersuchten dezentralen Produktionseinheit.</p> <p>Die Belegungszeit ist der Zeitanteil innerhalb des Betrachtungszeitraums, für den eine Nutzung der Maschine geplant ist.</p>
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b></p> <p>Sonstige:</p> <p style="padding-left: 20px;"><i>Die Informationen über Stör- und Belegungszeiten werden in der Regel nicht mit Hilfe von ERP-Systemen verwaltet.</i></p>

<b>Fehlerhafte Erzeugnisse (FE)</b>
$FE = \frac{\text{Anzahl fehlerhafter Teile}}{\text{Istmenge}} \cdot 100 [\%]$
<p><b>Zweck</b></p> <p>Die Kennzahl dient zur Messung der technischen Prozessfähigkeit. Je geringer die Anzahl fehlerhafter Teile ist, desto höher ist die technische Prozessfähigkeit. Mit der Prozessfähigkeit sinken die Zeiten für Nacharbeit, so dass die Ausgangssituation zur Erreichung einer kurzen Durchlaufzeit, einer hohen Liefertermintreue und einer hohen Umschlagshäufigkeit verbessert wird.</p>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Anzahl fehlerhafter Teile ist die Summe der Teile, an denen während der Bearbeitung ein oder mehrere Fehler beobachtet wurden, welche entweder zu Nacharbeit oder Ausschuss führen.</p> <p>Die Istmenge ist die Summe der innerhalb des Betrachtungszeitraums produzierten Teile (Gutmenge).</p>
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><i>Produktionsauftragsende (<u>Produktionsauftragsnummer</u>, Buchungsmenge)</i>  <i>oder alternativ</i>  <i>Lagereinbuchung (<u>Buchungsnummer</u>, Buchungsmenge)</i></p> <p>Sonstige:</p> <p style="padding-left: 20px;"><i>Anzahl fehlerhafter Erzeugnisse wird in der Regel nicht im ERP-System gebucht, so dass auf Aufzeichnungen im Rahmen des Qualitätsmanagements zurückgegriffen werden muss.</i></p>

## A.2.2 Kennzahlen des Anwendungsfalls KANBAN

## A.2.2.1 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Planung

Mengenabweichung Primärbedarfsplan
Siehe Anwendungsfall MRP

<b>Bewertete Umschlagshäufigkeit (UMH)</b>
$UMH = \frac{\text{Abgang Untersuchungsobjekt}}{\text{Mittlerer Zugangsbestand} + \text{Mittlerer Umlaufbestand}} \left[ \frac{1}{\text{Jahr}} \right]$
<p>Abgang Untersuchungsobjekt = <math>\left( \sum_{i=1}^n (\text{Istmenge}_i \cdot \text{Herstellkosten}_i) \right) \cdot \frac{\text{Anzahl Betriebskalendertage pro Jahr}}{\text{Betrachtungszeitraum}}</math></p> <p>mit n Anzahl Lagerbuchungen</p>
<p><b>Zweck</b></p> <p>Mit der Kennzahl wird einerseits die Erreichung des Ziels eines geringen Bestandes geprüft und andererseits dient sie zur Messung der Prozessqualität des Prozesses Pufferdimensionierung.</p>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Die Bewertete Umschlagshäufigkeit Gesamtbestand berechnet sich aus dem Quotienten des bewerteten Materialabgangs und der Summe aus mittlerem Zugangsbestand und mittlerem Umlaufbestand.</p> <p>Mittlerer Zugangsbestand ist der mittlere zu Materialkosten bewertete Lagerbestand aller Artikel, die Zugangsmaterialien der untersuchten dezentralen Produktionseinheit sind.</p> <p>Mittlerer Umlaufbestand ist der mittlere zu angefallenen Herstellkosten bewertete Bestand an Halbfertigerzeugnissen im Betrachtungszeitraum.</p> <p>Abgang Untersuchungsobjekt ist der zu anteiligen Herstellkosten bewertete Materialabgang der untersuchten dezentralen Produktionseinheit.</p> <p>Anzahl Lagerbuchungen sind alle im Betrachtungszeitraum durch die betrachtete dezentrale Produktionseinheit getätigten Zugangsbuchungen zu den KANBAN-Lagern.</p>
<p><b>Messpunkte und Messdaten</b></p> <p><i>Lagereinbuchung</i> (<i>interner Lieferant</i>) (<u>Buchungsnummer</u>, <u>Artikelnummer</u>, Buchungsdatum, Buchungsmenge)</p> <p><i>Lagerausbuchung</i> (<u>Buchungsnummer</u>, <u>Artikelnummer</u>, Buchungsdatum, Buchungsmenge)</p> <p><i>Lagereinbuchung</i> (<u>Buchungsnummer</u>, <u>Artikelnummer</u>, Buchungsdatum, Buchungsmenge)</p> <p><b>Sonstige:</b></p> <p><i>Zur Berechnung des Zugangs- und des Umlaufbestandes ist es darüber hinaus erforderlich, dass der Anfangsbestand zu Beginn der Betrachtungsperiode angegeben wird. Darüber hinaus sind Bewertungsätze zur Ableitung der Herstellkosten erforderlich.</i></p>

Istauslastung (IA)	
$IA = \frac{\text{Istleistung}}{\text{verfügbare Leistung}} \cdot 100 \text{ [%]};$	
$\text{Istleistung} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{Auftragszeit}_j \text{ [h]}$	
mit	<p>n      Anzahl Lagerbuchungen</p> <p>m      Anzahl KANBAN-Aufträge eines Artikels</p>
<b>Zweck</b>	
Mit der Kennzahl wird die Qualität des Teilprozesses Kapazitätsplanung gemessen. Darüber hinaus dient sie zur Messung des Ziels einer hohen Auslastung.	
<b>Beschreibung</b>	
Die Istauslastung ist das Verhältnis von erbrachter Leistung zu verfügbarer Leistung im Betrachtungszeitraum. Die Kennzahl wird auf die Engpassmaschine innerhalb der betrachteten dezentralen Produktionseinheit bezogen.	
Die Istleistung ist die Summe der Auftragszeiten der durch die dezentrale Produktionseinheit innerhalb der Betrachtungsperiode abgearbeiteten KANBAN-Aufträge.	
Die Auftragszeit ist die Summe aus Planbearbeitungszeit und Planrüstzeit des Arbeitsganges der Engpassressource für einen KANBAN-Auftrag.	
Die Anzahl KANBAN-Aufträge eines Artikels ergibt sich aus dem Quotienten der Istmenge und der Stückzahl je KANBAN-Auftrag.	
Die Anzahl Artikel sind sämtliche innerhalb des Betrachtungszeitraums produzierten Artikel.	
Die verfügbare Leistung ist die maximal mögliche Leistung der Engpassressource innerhalb des Betrachtungszeitraums.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
<i>Lagereinbuchung (Buchungsnummer, Buchungsdatum)</i>	
<i>Sonstige:</i>	
<i>Die verfügbare Leistung und die Auftragszeit je KANBAN-Auftrag ist in der Regel nicht dem ERP-System zu entnehmen und deswegen auf sonstige Weise zu ermitteln.</i>	

### A.2.2.2 Kennzahlen zur Beurteilung der Qualität der Steuerungs- und Produktionsprozesse

Mittlere Wiederbeschaffungszeit ( $ZWB_m$ )	
$ZWB_m = \frac{\sum_{i=1}^n ZWB_i}{n} \text{ [BKT]}$	
$ZWB_i = \text{Auftragsende}_i - \text{Auftragsstart}_i \text{ [BKT]}$	
mit	
n	Anzahl KANBAN-Aufträge
<b>Zweck</b>	
Die Mittlere Wiederbeschaffungszeit dient einerseits zur Messung der Erreichung des Ziels einer kurzen Durchlaufzeit. Andererseits kann mit ihr die Qualität des Steuerungs- und Durchführungsprozesses beurteilt werden.	
<b>Beschreibung</b>	
Die Mittlere Wiederbeschaffungszeit ist das arithmetische Mittel der Wiederbeschaffungszeiten der KANBAN-Aufträge im Betrachtungszeitraum.	
Die Wiederbeschaffungszeit umfasst den Zeitraum in Betriebskalendertagen (BKT), der zwischen der Ausbuchung eines KANBAN-Behälters aus dem KANBAN-Lager durch den internen Kunden und der Einlagerung des KANBAN-Auftrages durch die betrachtete dezentrale Produktionseinheit liegt.	
Die Anzahl KANBAN-Aufträge sind sämtliche innerhalb der Betrachtungsperiode abgeschlossenen KANBAN-Aufträge.	
<b>Messpunkte und Messdaten</b>	
<i>Bedarfsmeldung</i> <sub>interner Kunde</sub> ( <u>Buchungsnummer</u> , KANBAN-Nummer, Buchungsdatum)	
<i>Lagereinbuchung</i> ( <u>Buchungsnummer</u> , KANBAN-Nummer, Buchungsdatum)	

<b>Einhaltung Lagerbandbreite (ELB)</b>
$\text{ELB} = \frac{\text{Anzahl Tage innerhalb Bestandsgrenzen}}{\text{Betrachtungszeitraum}} \cdot 100 [\%]$
<b>Zweck</b> Diese Kennzahl dient der Messung der Liefertreue des betrachteten Untersuchungsobjektes.
<b>Beschreibung</b> Die <i>Einhaltung Lagerbandbreite</i> ist der Prozentsatz der Tage, an denen der Lagerbestand aller durch das Untersuchungsobjekt gefertigten Erzeugnisse innerhalb der vorgegebenen Bestandsgrenzen lag. <i>Anzahl Tage innerhalb der Bestandsgrenzen</i> ist die Anzahl der Tage im Betrachtungszeitraum, an denen der tatsächliche Lagerbestand des Erzeugnisses die jeweils vorgegebenen Unter- bzw. Obergrenzen weder unter- noch überschritten hat.
<b>Messpunkte und Messdaten</b> <i>Lagerausbuchung</i> ( <u>Buchungsnummer</u> , Artikelnummer, Buchungsmenge, Buchungsdatum) <i>Lagereinbuchung</i> ( <u>Buchungsnummer</u> , Artikelnummer, Buchungsdatum) Sonstige: <i>Zur Berechnung der Kennzahlen ist pro Kennzahl die Lagerbandbreite festzulegen.</i>

---

## Lebenslauf

### Persönliche Daten

26.05.1970 Robin Colzman  
geboren in Lüdenscheid  
Eltern: Peter Colzman  
Franka Colzman, geb. Hamm  
seit 17.05.1996 verheiratet mit Dr. Maria Cristina Cadenas Garcia

### Schulbildung

8/1976-6/1980 Katholische Grundschule Werdohl  
8/1980- 6/1986 Städtische Realschule Werdohl  
8/1986-6/1987 Roseville High, St. Paul, MN, USA  
8/1987-6/1990 Berufliche Schulen Lennetal des Märkischen Kreises  
08.6.1990 Abitur

### Studium

10/1990-6/1996 Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der  
Technischen Universität Braunschweig  
30.7.1996 Diplom

### Wehrdienst

7/1996-4/1997 Grundwehrdienst, Panzerbataillon

### Berufstätigkeit

5/1997-12/2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH-Institut für  
Integrierte Produktion Hannover  
seit 3/2002 Colzman & Co GmbH, Werdohl