

Erstellung eines konzeptuellen  
Datenbankschemas im Umfeld von Supply Chains

**Masterthesis**

der Technischen Universität Dortmund  
der Fakultät Maschinenbau  
dem Fachgebiet IT in Produktion und Logistik  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Master of Science (M. Sc.), Wirtschaftsingenieurwesen

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe  
Dipl.-Inf. Anne Antonia Scheidler

Vorgelegt von: Philipp Guhl  
Matrikelnummer: 162766

Dortmund, 23. April 2014

## Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....   | <b>IV</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....   | <b>VI</b>  |
| <b>Abkürzungen und Formelzeichen</b> .....   | <b>VII</b> |
| <b>1 Einleitung</b> .....  | <b>1</b>   |
| <b>2 Theoretische Grundlagen des Informationsmanagements</b> .....                                     | <b>3</b>   |
| 2.1 Begriffliche Grundlagen des Informationsmanagements .....  | 3          |
| 2.2 Aufgabenmodelle des Informationsmanagements .....  | 9          |
| 2.3 Informationsmanagement entlang von Supply Chains .....   | 12         |
| 2.3.1 Begriffliche Grundlagen des Supply Chain Managements .....                                       | 12         |
| 2.3.2 Das Supply Chain Operations Reference - Modell .....   | 14         |
| 2.3.3 Der Informationsfluss in Supply Chains .....   | 17         |
| 2.3.4 Ziele und Aufgaben des Supply Chain Managements .....  | 18         |
| 2.3.5 Die Produktionsplanung und -steuerung entlang von Supply Chains .....                            | 20         |
| 2.3.6 Informationstechnik in Supply Chains .....   | 21         |
| 2.4 Theoretische Grundlagen des Datenbankentwurfs .....  | 23         |
| 2.4.1 Begriffliche Grundlagen im Rahmen des Datenbankentwurfs .....                                    | 23         |
| 2.4.2 Phasen des Datenbankentwurfsprozesses .....  | 25         |
| 2.4.3 Das Entity-Relationship-Modell .....   | 28         |
| 2.4.4 Das relationale Datenbankmodell .....  | 31         |
| 2.4.5 Partitionierung von Datenbankmodellen .....  | 33         |
| 2.5 Fazit .....  | 34         |
| <b>3 Datenanalyse der PPS im Kontext von SCs</b> .....   | <b>35</b>  |
| 3.1 Ziele der PPS .....  | 35         |
| 3.2 Ablauf der PPS .....   | 37         |
| 3.3 Analyse der benötigten Daten für die unternehmensinterne PPS .....                                 | 42         |
| 3.4 Analyse der benötigten Daten für die PPS entlang einer SC .....                                    | 46         |
| 3.5 Problematik von großen Datenmengen .....   | 47         |
| <b>4 Entwicklung und Validierung eines konzeptuellen<br/>Datenbankschemas im Kontext von SCs</b> ..... | <b>50</b>  |
| 4.1 Inhaltliches Lösungskonzept .....  | 50         |
| 4.2 Modellierung eines konzeptuellen Datenbankschemas im Kontext von SCs .....                         | 51         |
| 4.2.1 Entwurfskonzept des konzeptuellen Datenbankschemas .....   | 51         |
| 4.2.2 Ableitung von Entitytypen und Attributen .....   | 53         |

|          |   |              |
|----------|---|--------------|
| 4.2.3    | Verknüpfen der Entitytypen anhand von Beziehungstypen .....                                   | 58           |
| 4.2.4    | Erweiterung des konzeptuellen Datenbankschemas .....  | 60           |
| 4.3      | Entwicklung einer sachlogischen Partitionierung für Datenbanktabellen im Umfeld von SCs ..... | 66           |
| 4.3.1    | Entwurfskonzept der sachlogischen Partitionierung .....                                       | 66           |
| 4.3.2    | Analyse der Datenbanktabellen hinsichtlich ihrer Eignung für eine Partitionierung .....       | 67           |
| 4.3.3    | Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums .....                  | 70           |
| 4.3.4    | Anwendung der Bereichspartitionierung .....   | 76           |
| 4.3.5    | Anwendung des Windowing - Verfahrens .....  | 80           |
| 4.3.6    | Restriktionen der Partitionierungsverfahren .....   | 85           |
| 4.4      | Validierung des konzeptuellen Datenbankschemas und der sachlogischen Partitionierung .....    | 90           |
| 4.4.1    | Beschreibung der verwendeten Testinstanz .....  | 90           |
| 4.4.2    | Validierung des konzeptuellen Datenbankschemas .....  | 91           |
| 4.4.3    | Validierung der sachlogischen Partitionierungsmethoden .....                                  | 94           |
| <b>5</b> | <b>Schlussbetrachtung .....</b>   | <b>96</b>    |
| 5.1      | Zusammenfassung .....   | 96           |
| 5.2      | Ausblick .....  | 97           |
| <b>6</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>   | <b>IX</b>    |
| <b>7</b> | <b>Anhang .....</b>   | <b>XVIII</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| <b>Abbildung 1:</b> Zusammenhang begrifflicher Grundlagen.....                         | 3  |
| <b>Abbildung 2:</b> Wissenspyramide in Anlehnung an [BODE06] .....                     | 4  |
| <b>Abbildung 3:</b> Modell des Informationsmanagements nach [SCHW10].....              | 10 |
| <b>Abbildung 4:</b> Aufbau einer Supply Chain [CORS08].....                            | 13 |
| <b>Abbildung 5:</b> Kernprozesse des SCM in Anlehnung an [SCOR12].....                 | 14 |
| <b>Abbildung 6:</b> Informationsfluss einer SC in Anlehnung an [ARND10], [HERT11] .... | 17 |
| <b>Abbildung 7:</b> Bezugsrahmen des SCM [BECK04] .....                                | 19 |
| <b>Abbildung 8:</b> Aachener PPS-Modell [WIEN10] .....                                 | 20 |
| <b>Abbildung 9:</b> Zusammenhang des SCM und der PPS .....                             | 21 |
| <b>Abbildung 10:</b> Drei-Ebenen-Architekturmodell nach ANSI/SPARC [KUDR07] .....      | 23 |
| <b>Abbildung 11:</b> Phasen des Datenbank – Entwurfsprozesses [VOSS08] .....           | 25 |
| <b>Abbildung 12:</b> Schritte des konzeptuellen Entwurfs [SAAK10] .....                | 27 |
| <b>Abbildung 13:</b> Graphische Notation von Entitytypen im ERM .....                  | 29 |
| <b>Abbildung 14:</b> Graphische Notation von Beziehungstypen im ERM .....              | 29 |
| <b>Abbildung 15:</b> Graphische Notation von Attributen im ERM .....                   | 30 |
| <b>Abbildung 16:</b> Veranschaulichung einer Relation [SAAK10].....                    | 32 |
| <b>Abbildung 17:</b> Partitionierungsverfahren und ihre Arten nach [NOWI01].....       | 33 |
| <b>Abbildung 18:</b> Zielsystem der PPS nach [WIEN10] .....                            | 36 |
| <b>Abbildung 19:</b> Aachener PPS-Modell nach [SCHU12a].....                           | 38 |
| <b>Abbildung 20:</b> Durchlaufzeitanteile in Anlehnung an [NYHU10] .....               | 45 |
| <b>Abbildung 21:</b> 3V-Modell nach [GART11].....                                      | 48 |
| <b>Abbildung 22:</b> Entitytyp "Stücklisten" mit Attributen .....                      | 56 |
| <b>Abbildung 23:</b> Entitytyp "Supply Chain" mit Attributen .....                     | 57 |
| <b>Abbildung 24:</b> Entitytyp "Produkte" mit Attributen .....                         | 57 |
| <b>Abbildung 25:</b> Entitytyp "Lieferanten" mit Attributen .....                      | 57 |
| <b>Abbildung 26:</b> Entitytyp "Aufträge" mit Attributen.....                          | 58 |
| <b>Abbildung 27:</b> Entitytyp "Ressourcen" mit Attributen .....                       | 63 |
| <b>Abbildung 28:</b> Entitytyp "Arbeitsplan" mit Attributen .....                      | 64 |
| <b>Abbildung 29:</b> Entitytyp "Lagerbestände" mit Attributen .....                    | 64 |
| <b>Abbildung 30:</b> Entitytyp "Betriebsdaten" mit Attributen .....                    | 64 |
| <b>Abbildung 31:</b> Entitytyp "Produkte" mit neuen Attributen .....                   | 64 |

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>Abbildung 32:</b> Bereichspartitionierung nach [KOEP12] .....                         | 70  |
| <b>Abbildung 33:</b> Auftragsdurchlauf in Tabelle "Aufträge" .....                       | 73  |
| <b>Abbildung 34:</b> Verteilungsfunktion nach [RUGE14] .....                             | 75  |
| <b>Abbildung 35:</b> Beispiel zur entwickelten Partitionierung .....                     | 77  |
| <b>Abbildung 36:</b> Beispiel verzögerter Produktionsstart .....                         | 78  |
| <b>Abbildung 37:</b> Windowing - Verfahren .....   | 81  |
| <b>Abbildung 38:</b> Beispiel zur Partitionierung mit Schrittweite .....                 | 84  |
| <b>Abbildung 39:</b> Bereichspartitionierung bei variierendem Takt der Zeitstempel ..... | 88  |
| <b>Abbildung 40:</b> Bereichspartitionierung bei variierendem Takt der Zeitstempel ..... | 88  |
| <b>Abbildung 41:</b> Kardinalitäten zwischen Datenbanktabellen .....                     | 90  |
| <b>Abbildung 42:</b> Bullwhip-Effekt [ARND10] .....                                      | XIX |

## Tabellenverzeichnis

|   |        |
|---|--------|
| <b>Tabelle 1:</b> Beschreibungsebenen des SCOR-Modells [SCOR12] .....   | 15     |
| <b>Tabelle 2:</b> Datenbankmodelle in Anlehnung an [KEMP11], [SAAK10].....  | 24     |
| <b>Tabelle 3:</b> Kardinalitäten der Chen-Notation [CHEN76] angewendet auf ein eigenes<br>Beispiel .....                  | 29     |
| <b>Tabelle 4:</b> Grundfälle der [min,max] – Notation [BIET07].....   | 30     |
| <b>Tabelle 5:</b> Stamm- und Bewegungsdaten in der PPS in Anlehnung an [SCHU12a],<br>[KURB05] .....                       | 43     |
| <b>Tabelle 6:</b> Übersicht der neuen Bezeichnungen der Entitytypen .....   | 55     |
| <b>Tabelle 7:</b> Abgewandelte Attribute der Entitytypen "Stücklisten" und "Supply<br>Chain" .....                        | 56     |
| <b>Tabelle 8:</b> Abgeleitete Entitytypen und ihre Beziehungstypen .....  | 59     |
| <b>Tabelle 9:</b> Abgeleitete Entitytypen und ihre Beziehungstypen für das erweiterte<br>Datenbankschema .....            | 65     |
| <b>Tabelle 10:</b> Horizontale Partitionierungsarten nach [NOWI01] .....  | 67     |
| <b>Tabelle 11:</b> Datenbanktabellen der Datenbank.....   | 68     |
| <b>Tabelle 12:</b> Attribute der Datenbanktabelle "Aufträge".....   | 69     |
| <b>Tabelle 13:</b> Beispielhafte Stückliste für Endprodukt.....   | 73     |
| <b>Tabelle 14:</b> Pseudocode zur Bereichspartitionierung .....   | 77     |
| <b>Tabelle 15:</b> Pseudocode des Windowing - Verfahrens .....  | 83     |
| <b>Tabelle 16:</b> Pseudocode zur Bereichspartitionierung bei Variation der Zeitstempel .                                 | 87     |
| <b>Tabelle 17:</b> Pseudocode zum Windowing-Verfahren bei Variation der Zeitstempel .                                     | 87     |
| <b>Tabelle 18:</b> Benötigte Daten für eine PPS innerhalb einer SC in Anlehnung an<br>[ALIC05], [KURB05], [SCHU12a] ..... | XXII   |
| <b>Tabelle 19:</b> Datengrundlage für das ERM des konzeptuellen<br>Datenbankschemas.....                                  | XXIV   |
| <b>Tabelle 20:</b> Gegenüberstellung der Attribute .....  | XXVIII |

## Abkürzungen und Formelzeichen

### Abkürzungen

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| bspw. | beispielsweise                       |
| bzgl. | bezüglich                            |
| bzw.  | beziehungsweise                      |
| DBMS  | Datenbankmanagementsystem            |
| DBS   | Datenbanksystem                      |
| d.h.  | das heißt                            |
| dt.   | deutsch                              |
| engl. | englisch                             |
| ERD   | Entity-Relationship-Diagramm         |
| ERM   | Entity-Relationship-Modell           |
| ERP   | Enterprise-Resource-Planning         |
| etc.  | et cetera                            |
| ID    | Identifikationsnummer                |
| IM    | Informationsmanagement               |
| IT    | Informationstechnik                  |
| ITPL  | IT in Produktion und Logistik        |
| IV    | Informationsverarbeitung             |
| o.Ä.  | oder Ähnliches                       |
| PPS   | Produktionsplanung und –steuerung    |
| S.    | Seite                                |
| SC    | Supply Chain                         |
| SCC   | Supply Chain Council                 |
| SCM   | Supply Chain Management              |
| SCOR  | Supply Chain Operations Reference    |
| sog.  | sogenannte, sogenannter, sogenanntes |
| UoD   | Universe of Discourse                |

|      |                             |
|------|-----------------------------|
| VDI  | Verein Deutscher Ingenieure |
| vgl. | vergleiche                  |

### Formelzeichen

|            |   |
|------------|---|
| $DLZ$      | Durchlaufzeit                                 |
| $K$        | Kosten  |
| $L$        | Leistung                                      |
| $N$        | letztes Tupel einer Relation                  |
| $P$        | Wahrscheinlichkeit                            |
| $R$        | Relation                                      |
| $TBE$      | Termin Bearbeitungsende eines Arbeitsvorgangs |
| $TBEV$     | Termin Bearbeitungsende des Vorgängers        |
| $t_b$      | Bearbeitungszeit                              |
| $t_l$      | Liegezeit                                     |
| $t_r$      | Rüstzeit                                      |
| $t_t$      | Transportzeit                                 |
| $v_{min}$  | minimales Partitionierungskriterium           |
| $v$        | Partitionierungskriterium                     |
| $W$        | Wirtschaftlichkeit                            |
| $w_{min}$  | minimale Schrittweite                         |
| $w$        | Schrittweite                                  |
| $X$        | Zufallsgröße                                  |
| $\alpha$   | branchenspezifischer Streuungsparameter       |
| $\sigma^2$ | Varianz                                       |
| $\sigma$   | Standardabweichung                            |
| $\mu$      | Erwartungswert                                |

## 1 Einleitung

Daten werden als das Öl des 21. Jahrhunderts bezeichnet [FISC14]. Aus ihnen lassen sich Informationen gewinnen, die es Unternehmen ermöglichen, einen massiven Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren Konkurrenten herauszuarbeiten [SEUF14].

Heutzutage müssen Unternehmen mehr denn je ihre Produktivität steigern, um zukunftsfähig zu bleiben. Mit Hilfe modernster Informations- und Kommunikationstechnologien lassen sich Kunden und Geschäftspartner optimal in den Fertigungsprozess integrieren. Hierdurch kann die Effizienz der einzelnen Produktions- und Geschäftsprozesse weiter gesteigert werden [RUSS13]. Durch diesen zunehmenden Einsatz moderner Technologien fallen immer größere Datenmengen an. Unternehmen stehen aktuell vor der Herausforderung, diese Datenbestände speichern, verwalten und analysieren zu müssen [MILL12]. Dies erfordert ein effektives Informationsmanagement, das für eine strukturierte Speicherung und Verarbeitung der Daten sorgt. Auf dieser Grundlage kann eine effiziente Abwicklung unternehmensübergreifender Prozesse erfolgen [BIET04].

Dem Informationsmanagement kommt deshalb vor allem in Wertschöpfungsketten eine zentrale Bedeutung zu. Die Leistungserstellung erfolgt zunehmend in einer flexiblen Arbeitsteilung sowie einer stärkeren Kooperation der Geschäftspartner [SEUF14]. Eine derartige Zusammenarbeit umfasst eine koordinierte Abwicklung der Planungs- und Steuerungsprozesse entlang des gesamten Netzwerks und setzt einen geregelten Informationsfluss voraus. Einerseits können durch dieses Integrationskonzept der einzelnen Partner sowohl die Kosten entlang des Netzwerks minimiert als auch die Kundenanforderungen individueller befriedigt werden [YUEZ10]. Darüber hinaus verursacht die intensive Kommunikation der einzelnen Wertschöpfungspartner extrem große Datenmengen [WERN13].

Durch gezielte Analysen der anfallenden Datenmengen können ungeahnte Informationen für sämtliche Unternehmensbereiche gewonnen werden [MILL12]. Hierdurch lassen sich bevorstehende Entwicklungen und Herausforderungen für die Unternehmen schneller erkennen und entsprechende Maßnahmen einleiten. Derartiges Wissen kann auf lange Sicht einen Vorsprung gegenüber Wettbewerbern bedeuten.

Eine Auswertung dieser Datenmengen ist technisch allerdings nur sehr schwer umzusetzen. Herkömmliche Technologien zur Informationsverarbeitung geraten bei diesen Datenmengen schnell an ihre Leistungsgrenzen [MADD12]. Eine Lösung ist die Zerlegung des Datenbestands in einzelne, zur Verarbeitung geeignete Datenblöcke, die als Grundlage für die nachgelagerten Analysen dienen [NOWI01].

Ziel dieser Arbeit ist daher die Entwicklung eines konzeptuellen Datenbankschemas im Umfeld von Supply Chains. Hierdurch sollen anfallende Daten strukturiert gespeichert werden. Im Rahmen der konzeptuellen Modellierung sind aus Supply Chains allgemeine Datenobjekte und deren Beziehungen zueinander abzuleiten. Des Weiteren werden bestehende Datenbankmodelle analysiert und hinsichtlich ihrer Eignung für Supply Chains untersucht. Als Ergebnis soll die exemplarische Architektur eines geeigneten Konzepts zur Datenhaltung im Kontext von Supply Chains erstellt werden. Für eine anschließende Verarbeitung der Daten werden sachlogische Partitionen der Datenbestände von Supply Chains herausgearbeitet.

Folgende Aufgaben wurden im Rahmen dieser Arbeit im Einzelnen bearbeitet:

- Zusammenstellen von Datenbankmodellen anhand geeigneter Literatur
- Vorschlag für ein geeignetes Datenmodell für Supply Chains
- Anforderungsanalyse zu Datenmodellen im Kontext von Supply Chains
- Abstrahieren von Datenobjekten und Beziehungen innerhalb von Supply Chains
- Modellierung einer exemplarischen Architektur des Datenhaltungskonzepts für Supply Chains
- Untersuchung möglicher Partitionen von Datenbanken anhand geeigneter Literatur
- Herausarbeiten von sachlogischen Partitionen für Datenbestände von Supply Chains
- Validierung der Partitionen anhand eines praktischen Beispiels

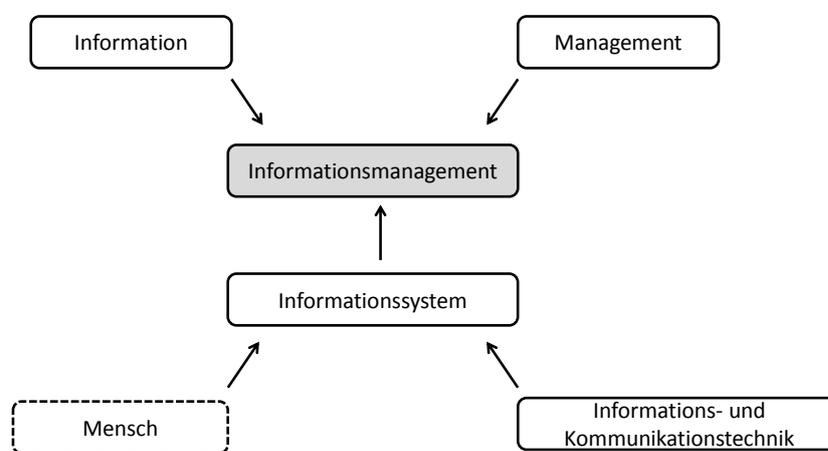
Die vorliegende Arbeit gliedert sich in fünf Teile. Nach der Einleitung werden in Kapitel 2 dieser Arbeit relevante Aspekte zum Stand des Wissens erörtert. Diese sind neben dem Informationsmanagement das Supply Chain Management sowie der Prozess des Datenbankentwurfs. In Kapitel 3 werden anfallende Daten entlang einer Supply Chain herausgearbeitet sowie Problematiken und Chancen der Verarbeitung von großen Datenmengen erläutert. Aufbauend auf diesen Ergebnissen werden in Kapitel 4 ein konzeptuelles Datenbankschema sowie eine sachlogische Partitionierung entwickelt. Die Validierung erfolgt anhand eines Praxisbeispiels, das dem Fachgebiet IT in Produktion und Logistik zu Forschungszwecken zur Verfügung gestellt wurde. In Kapitel 5 erfolgen schließlich die Zusammenfassung der Ergebnisse sowie ein Ausblick hinsichtlich der Anwendung in der Praxis.

## 2 Theoretische Grundlagen des Informationsmanagements

Der Aufgabenbereich des Informationsmanagements reicht von der Sammlung und Erfassung der anfallenden Daten innerhalb eines Unternehmens bis hin zur Ableitung strategischer Unternehmensziele aus den daraus gewonnenen Informationen. Die Grundlage hierfür bildet eine effiziente Datenbereitstellung [BIET04]. Dieses Kapitel soll die theoretischen Grundlagen des Informationsmanagements veranschaulichen. Hierzu werden zunächst wesentliche Begriffe erläutert, bevor anschließend die Aufgaben des Informationsmanagements beschrieben werden.

### 2.1 Begriffliche Grundlagen des Informationsmanagements

Dieses Kapitel dient zur Klärung grundlegender Begrifflichkeiten, die im Rahmen des Informationsmanagements anfallen. Im Mittelpunkt steht hierbei die Definition des Informationsmanagements selbst. Hierfür ist vorab eine Klärung der Begriffe „Information“ und „Management“ notwendig. Hinsichtlich der technischen Umsetzung des Informationsmanagements in einer Unternehmung sollen außerdem die Begriffe „Informationssystem“ sowie „Informations- und Kommunikationstechnik“ deklariert werden. Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang dieser Begrifflichkeiten.



**Abbildung 1:** Zusammenhang begrifflicher Grundlagen

### Information

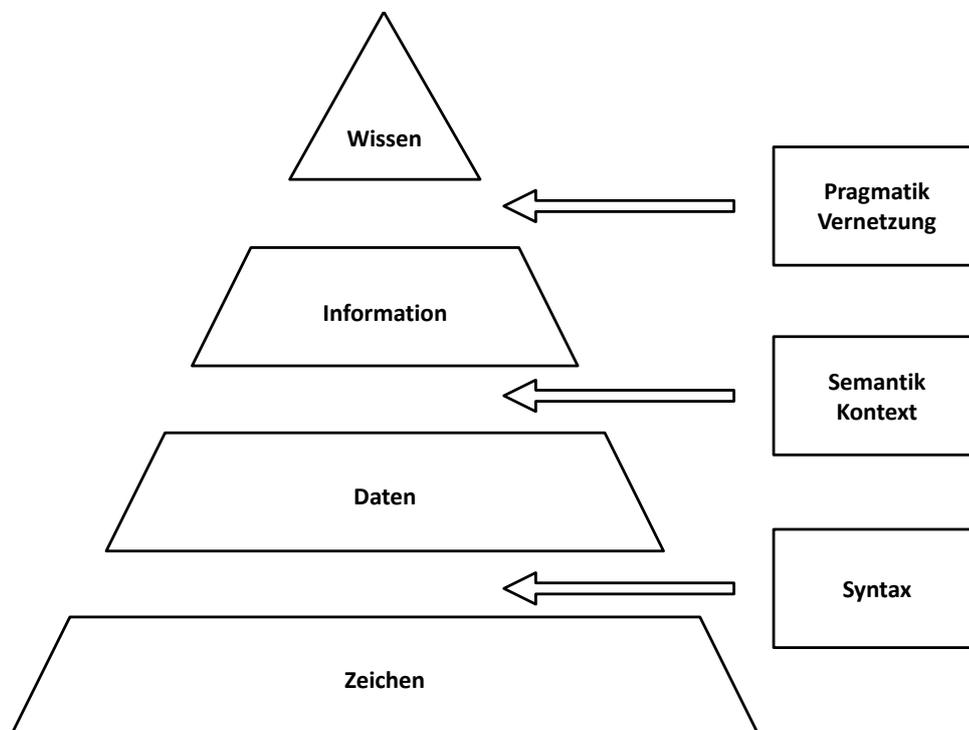
Auf der Suche nach einer umfassenden und allgemeingültigen Definition für den Begriff der Information lässt sich eine Vielzahl an Versuchen erkennen, ein geeignetes Modell zu konzipieren [BIET04]. Einen Erklärungsansatz für die Begriffe „Zeichen“, „Daten“, „Information“ und „Wissen“ im Rahmen des Informationsmanagements bietet

die Semiotik [KRCM10], [BIET04]. Sie beschreibt „die Lehre von den Zeichensystemen, den Beziehungen der Zeichen untereinander, zu den bezeichneten Objekten der Wirklichkeit oder der Vorstellungswelt des Menschen sowie zwischen dem Sender und dem Empfänger von Zeichen.“ ([HEIN04], S.589)

Die Semiotik unterscheidet drei Abstraktionsebenen:

- Die Syntax oder Syntaktik beschreibt die Beziehung zwischen den einzelnen Zeichen eines begrenzten Zeichenvorrats, die nach festgelegten Regeln zu Ausdrücken und Sätzen kombiniert werden.
- Die Semantik befasst sich mit der konkreten, abstrakten oder gegenständlichen Bedeutung einzelner Zeichen.
- Pragmatik bezeichnet die inhaltliche Interpretation der Zeichen vom Sender bzw. Empfänger [BIET04], [KRCM10].

Auf der untersten Ebene befindet sich somit ein Vorrat verschiedener Zeichen, der die Grundlage aller weiter oben angesiedelten Begriffe bildet. Ein definierter, strukturierter Zusammenhang dieser Zeichen wird als Daten bezeichnet. Informationen entstehen durch die Anreicherung der Daten mit Kontext. Durch das Vernetzen einzelner Informationen entsteht Wissen [KRCM11], [BODE06]. Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abbildung 2.



**Abbildung 2:** Wissenspyramide in Anlehnung an [BODE06]

Information gewann in der Betriebswirtschaftslehre zunehmend an Bedeutung und wurde aufbauend auf dem Modell der Semiotik konkretisiert [KRCM10].

Voraussetzung für wirkungsvolles Handeln ist Wissen, das aus Informationen entstehen kann. Über je mehr Wissen und somit Handlungsalternativen ein Entscheidungsträger verfügt, desto besser wird sein Handeln in Bezug auf die verfolgten Ziele. Wissen ist somit zweckorientiert und dient der optimalen Gestaltung des Handelns [HEIN05]. Auch Wittmann [WITT59] bezeichnet Information in der Betriebswirtschaftslehre als zweckorientiertes Wissen, wobei der Zweck in der Vorbereitung des Handelns liegt [WITT59]. Für den Bereich der Wirtschaftsinformatik wird der Begriff der Information von Heinrich et al. [HEIN11] wie folgt präzisiert: „Information ist Handlung bestimmendes, explizites Wissen über historische, gegenwärtige und zukünftige Zustände der Vorgänge in der Wirklichkeit, mit anderen Worten: Information ist Reduktion von Ungewissheit.“ ([HEIN11], S.1)

Aus diesem Grund wurde Information zum Produktionsfaktor im betrieblichen Leistungserstellungsprozess aufgewertet [KRCM10]. Die Produktionsfaktorentheorie stammt aus der Volkswirtschaft. Produktionsfaktoren werden hier als Güter oder Dienstleistungen definiert, die von Unternehmen im Produktionsprozess eingesetzt werden. Zu den klassischen Produktionsfaktoren zählen Arbeit, Boden und Kapital [GABL13]. Die Kombination der Elementarfaktoren hat hierbei maßgeblichen Einfluss auf betriebliche Entscheidungen der Geschäftsleitung. Diese Systematik wurde von den Autoren Mag, Pietsch et al. und Zimmermann um den Elementarfaktor Information erweitert [LEHN12], [KRCM10].

## **Management**

Der Begriff Management lässt sich aus einer funktionalen und einer institutionellen Sicht interpretieren. Prozesse und Aufgaben des Managements werden in funktionalen Ansätzen, die jeweiligen ausführenden Personen und Personengruppen in institutionellen Ansätzen beschrieben [KRCM11]. Management im funktionalen Sinne lässt sich wiederum in Personal- bzw. Fachfunktionen unterteilen. Unter Personalfunktionen werden hier die persönliche Betreuung der Mitarbeiter sowie deren soziale Integration verstanden. Fachfunktionen dienen primär der Realisierung der Unternehmensziele [KRCM10]. Im Rahmen des Informationsmanagements wird von einem funktionalen Managementverständnis ausgegangen [KRCM11].

Als Managementaufgabe soll das systematische und methodengestützte

- Planen,
- Steuern,

- Kontrollieren,
- Koordinieren,
- und Führen

aller notwendigen Prozesse zur betrieblichen Informationsversorgung verstanden werden [MERT01].

### **Informationsmanagement**

Basierend auf den angeführten Erläuterungen der Begriffe Information und Management kann nun der Begriff des Informationsmanagements bestimmt werden. Hierfür existieren in der Literatur verschiedene Definitionen, da sich bisher weder eine einheitliche Abgrenzung, noch eine einheitliche Terminologie in Wissenschaft und Praxis manifestieren konnte [BIET04], [KRCM10]. Allen Definitionen gemein sind die Merkmalsausprägungen Information und Management [WECK03]. Eine viel zitierte Begriffsdefinition, die beide Definitionen vereint, findet sich bei Biethahn [BIET04]:

„Unter Informationsmanagement in einem Unternehmen wird das systematische, methodengestützte Planen, Steuern, Kontrollieren, Koordinieren und Führen der aufeinander abgestimmten Sammlung, Erfassung, Be- und Verarbeitung, Aufbewahrung und Bereitstellung von Information sowie der hierfür erforderlichen Organisation verstanden. Dabei werden Informationsflüsse und Informationsstrukturen im Hinblick auf die Unternehmensziele analysiert, bewertet und ggf. neu gestaltet. Gleichzeitig wird damit die Führungsaufgabe des Informationsmanagements zu einem Schlüsselbereich, über den die innerbetrieblichen und betriebsübergreifenden Geld- und Güterströme gestaltet, gesteuert und kontrolliert werden.“ ([BIET04], S.18)

Biethahn [BIET04] führt weiter an, dass eine ganzheitliche Betrachtungsweise des Informationsmanagements über die Unternehmensgrenzen hinweg unerlässlich ist. Eine ganzheitliche Ausrichtung integriert alle Informationen aus den unterschiedlichen Unternehmensbereichen und Unternehmen in die Planung, Organisation, Kontrolle und Steuerung des Unternehmens sowie der Wertschöpfungskette. Er erweitert aus diesem Grund den Begriff des Informationsmanagements und spricht von einem ganzheitlichen Informationsmanagement:

„Unter einem ganzheitlichen Informationsmanagement wird ein Informationsmanagement verstanden, das sich an den Zielen des Unternehmens orientiert und bei der Generierung von Informationen und der Gestaltung der Informationsflüsse die diffundierenden, ganzheitlich orientierten Wirkungsmechanismen des Produktionsfaktors Information berücksichtigt.

Ein ganzheitliches Informationsmanagement muss alle Informationsflüsse organisieren. Es muss von der Sammlung und Erfassung, bis hin zur Bereitstellung der jeweils gewünschten Informationen sowie alle damit verbundenen Be- und Verarbeitungsprozesse in Zusammenhang planen, steuern, koordinieren, realisieren und kontrollieren.“ ([BIET04], S. 28). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird von einem ganzheitlichen Informationsmanagement ausgegangen.

Um den Aufgabenbereich des Informationsmanagements in Kapitel 2.2 näher erläutern zu können, ist überdies eine Bestimmung der Begriffe Informationssystem und Informations- und Kommunikationstechnik notwendig.

### **Informationssystem**

Der Begriff der Information wurde bereits geklärt. Das zweite Wort, welches den Begriff des Informationssystems ausmacht, ist „System“.

Nach Alpar et al. besteht „ein System aus einer Menge von miteinander verknüpften Elementen, die sich insgesamt von ihrer Umgebung abgrenzen lassen.“ ([ALPA11], S. 16) Hierbei wird hinsichtlich des Entstehungsprozesses zwischen natürlichen (Mensch, Erde) und künstlichen (Computer, Auto) Systemen unterschieden. Elemente innerhalb eines Systems können natürlich, maschinell oder gemischt auftreten [ALPA11].

Aufbauend auf den Definitionen der Information und des Systems kann nun der Begriff des Informationssystems bestimmt werden.

„Bei Informationssystemen handelt es sich um soziotechnische („Mensch-Maschine-“) Systeme, die menschliche und maschinelle Komponenten (Teilsysteme) umfassen und zur Bereitstellung von Informationen und Kommunikation nach wirtschaftlichen Kriterien eingesetzt werden.“ ([KRCM11], S. 8)

Gemäß dem informationslogistischen Prinzip haben Informationssysteme die Aufgabe das Vorhandensein

- der richtigen Information, d.h. der aktuell vom Aufgabenträger zur Erfüllung seiner Aufgaben benötigten Informationen,
- zum richtigen Zeitpunkt, d.h. zur aktuellen Verwendung,
- in der richtigen Menge,
- am richtigen Ort, d.h. dort wo der Aufgabenträger sie benötigt,
- in der erforderlichen Qualität, d.h. ausreichend detailliert und wahr

sicherzustellen [SCHW10], [KRCM10].

Zur systematischen und effizienten Erfüllung dieser Aufgabe wird in Unternehmen technische Unterstützung eingesetzt. Da Unternehmen auf standardisierte Informationsverarbeitungsprozesse zurückgreifen, können einzelne Prozesse automatisiert bzw. teilautomatisiert werden. Schwarz/Krcmar [SCHW10] und Hansen/Neumann [HANS09] bezeichnen ein solches Informationssystem als computergestütztes Informationssystem. Unter computergestützten Informationssystemen werden sozio-technische Systeme verstanden, bei denen die Erfassung, Speicherung, Übertragung sowie die Transformation von Informationen durch den Einsatz von Informationstechnik teilweise automatisiert ist [SCHW10], [HANS09], [BIET04]. Im Folgenden werden ausschließlich computergestützte Informationssysteme betrachtet, auch wenn diese nicht immer explizit erwähnt wird.

Informationssysteme können hinsichtlich ihrer Verwendung differenziert werden. Hierbei wird unterschieden, ob sich der Anwendungsbereich des Informationssystems über mehrere Organisationen erstreckt oder ob es nur innerhalb einer Organisation angewendet wird. Auf Grund der Zunahme von Allianzen, Joint Ventures und Unternehmenskooperationen wie bspw. Beschaffungslieferketten, haben interorganisationale Systeme immer mehr an Bedeutung gewonnen. Ziel ist es hierbei einen Informationsfluss über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg zu realisieren. Solche Systeme können zu großen wirtschaftlichen Vorteilen gegenüber den Wettbewerbern führen sowie die Machtverhältnisse in Unternehmensbeziehungen verstärken oder umkehren [ALPA11].

In der Literatur wird neben dem Begriff des Informationssystems auch die Bezeichnung „Anwendungssystem“ verwendet. Dies ist dadurch begründet, dass es auf einigen Anwendungsgebieten spezielle Anwendungssoftware gibt. Diese bildet als Teil des Anwendungssystems das eigentliche Programm [SCHW10]. In dieser Arbeit werden die Begriffe Informations- und Anwendungssystem synonym verwendet.

## **Informations- und Kommunikationstechnik**

Durch den Entwicklungsfortschritt im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik ist das Informationsmanagement zunehmend maßgebend für die Effizienz und Effektivität einer Unternehmung [KRCM11]. In der Literatur werden die Begriffe „Informations- und Kommunikationstechnologie“ synonym für die Begriffe Informations- und Kommunikationstechnik verwendet [KRCM10]. Nach der VDI-Richtlinie 3780 umfasst der Begriff „Technik“ allerdings

- „die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),

- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen,
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“ ([VDI00], S. 2)

Unter Technik werden somit das Ergebnis, das Produkt wie auch der Anwendungsprozess technischer Verfahren selbst verstanden [VDI00]. Nach Hubig [HUBI02] bezeichnet die „Technologie“ im engeren Sinn wiederum die Wissenschaft von der Technik. Eine synonyme Verwendung der Begriffe Technik und Technologie ist folglich nicht korrekt. Um dieses Verhältnis zu verdeutlichen wird der Begriff Technologie im Rahmen der Grundlagenforschung (z.B. Gentechnologie) verwendet, wohingegen sich Technik demnach mit der anwendungsnahen Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse beschäftigt (z.B. Gentechnik) [HUBI02]. Aus diesem Grund werden im Folgenden ausschließlich die Begriffe Informations- und Kommunikationstechnik (Kurzform: Informationstechnik) verwendet.

Definiert wird die Informations- und Kommunikationstechnik als „die Gesamtheit der zur Speicherung, Verarbeitung und Kommunikation zur Verfügung stehenden Ressourcen sowie die Art und Weise, wie diese Ressourcen organisiert sind.“ ([KRCM10], S. 30). Sie bildet somit die technische Grundlage für ein Informationssystem.

## 2.2 Aufgabenmodelle des Informationsmanagements

Die Literatur bietet eine Vielzahl von Modellen, die versuchen den Aufgabenbereich des Informationsmanagements festzulegen. Dabei unterscheiden sich die Aufgabenbereiche je nach Betrachtungsrichtung bzw. Dimension. Ein Modell kann in mehrere Dimensionen unterteilt werden, wobei mit jeder zusätzlichen Dimension die Übersichtlichkeit des Aufgabenmodells abnimmt [BIET04]. Die Dimensionen der folgenden zwei Modelle nach Heinrich und Lehner [HEIN05] sowie Krcmar [KRCM10] und die damit verbundenen Aufgaben des Informationsmanagements sind im Rahmen des Informationsmanagements von besonderer Relevanz [BIET04]. Sie sollen als Grundlage dienen und näher erläutert werden.

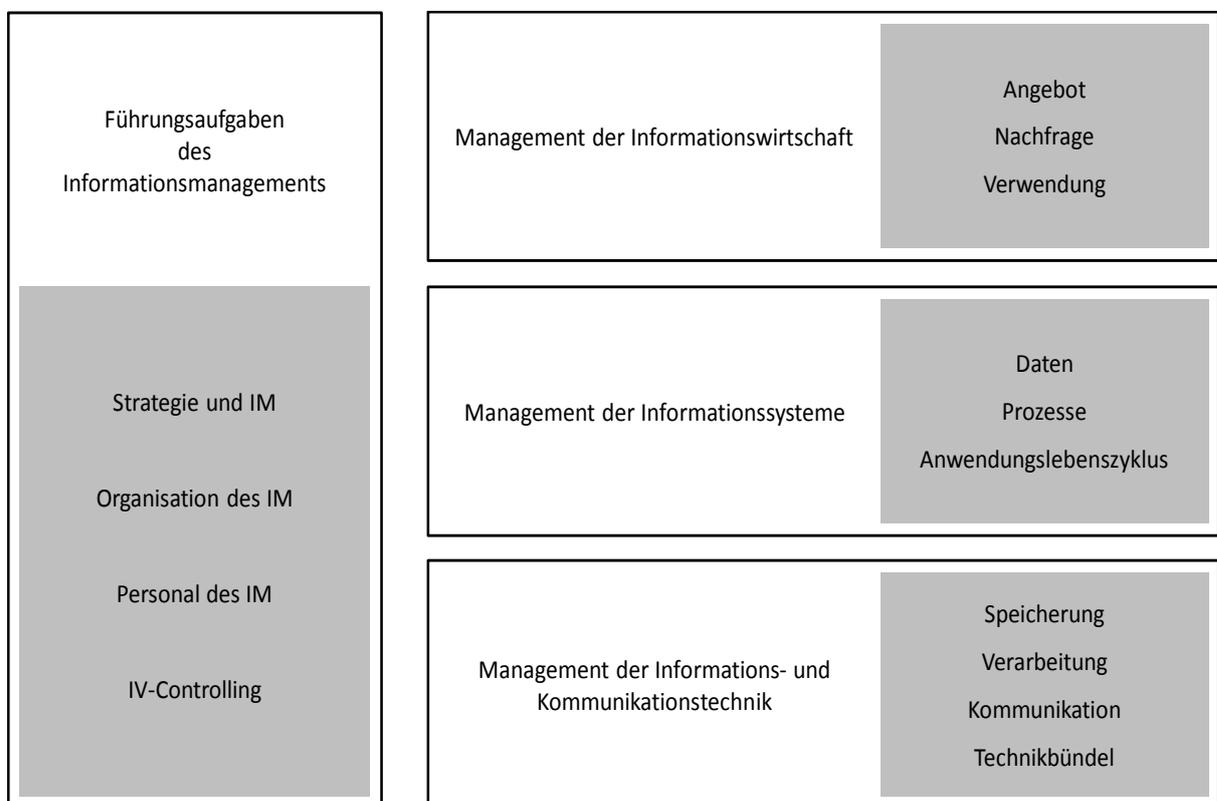
Das Drei-Ebenen-Modell nach Heinrich und Lehner [HEIN05] strukturiert die Aufgaben des Informationsmanagements nach deren Planungshorizont. Der Aufgabenbereich erstreckt sich von strategischen über administrative bis hin zu operativen Aufgaben.

Auf der strategischen Ebene gilt es die Informationsinfrastruktur als Ganzes zu planen, zu überwachen und zu steuern. Hierzu zählt das Erkennen von informationstechnischen Potenzialen und deren Umsetzung. Verantwortlich für diesen Aufgabenbereich sind alle Ebenen und Instanzen der Unternehmensführung [HEIN05], [BIET04].

Die administrative Aufgabenebene bezieht sich auf die logischen Aspekte der Informationsinfrastruktur im Unternehmen. Hierzu zählen alle Daten, Funktionen, Aufgabenträger und Kommunikationsbeziehungen. Voraussetzung für die Nutzung der Informationsstruktur auf der operativen Ebene ist eine erfolgreiche Durchführung der administrativen Aufgaben [ALPA11], [HEIN05].

Auf der operativen Ebene werden Managementaufgaben durchgeführt, die sich mit der Nutzung der Informationsstruktur befassen. Die Realisierung der Aufgaben auf dieser Ebene kann gleichgesetzt werden mit der Produktion von Information, ihrer Verteilung und Verwendung [SCHE84], [HEIN05].

Krcmar [KRCM10] differenziert in seinem Modell die Aufgaben des Informationsmanagements nach ihrer Techniknähe. Er definiert drei aufeinander aufbauende Ebenen, die sich mit dem Management der Informationswirtschaft, der Informationssysteme sowie der Informations- und Kommunikationstechnik beschäftigen. Eine vierte übergreifende Schicht beinhaltet generelle Aufgaben des Informationsmanagements [KRCM10] (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Modell des Informationsmanagements nach [SCHW10]

Handlungsobjekt der Ebene „Management der Informationswirtschaft“ ist die Ressource Information. Hauptaufgaben sind hier Entscheidungen über den Informationsbedarf, das Informationsangebot sowie den Informationseinsatz zu treffen. Der Informationsbedarf, wie auch seine Deckung durch das Informationsangebot, werden in einem informationswirtschaftlichen Planungszyklus ermittelt, organisiert und kontrolliert. Das Management des Informationseinsatzes obliegt der Unternehmensführung und kann durch den Einsatz betrieblicher Entscheidungsmodelle unterstützt werden. Die Ergebnisse dieser Ebene spezifizieren die Anforderungen an die nachfolgende Stufe [KRCM11], [BIET04].

Das „Management der Informationssysteme“ befasst sich mit Anwendungen, die der Deckung des Informationsbedarfes dienen. Neben der Kernaufgabe, dem Management der Daten und Prozesse im Unternehmen, gehört dieser Ebene auch die Entwicklung einzelner Anwendungen an. Aus dieser Ebene gehen wiederum Anforderungen an die darauffolgende Ebene hervor [SCHW10], [KRCM10].

Im Mittelpunkt des „Managements der Informations- und Kommunikationstechnik“ stehen die Speicherungs-, Verarbeitungs- und die Kommunikationstechnik. Generell bezeichnet das Technikmanagement die Bereitstellung und Verwaltung der Technikinfrastruktur sowie die Planung technischer Anpassungen der eingesetzten Systeme. Damit bildet diese unterste Ebene die physikalische Basis für die Anwendungsebene und somit für Bereitstellung der Informationsressourcen [SCHW10].

Aufgaben, die auf allen Ebenen anfallen oder nicht explizit einer Ebene zugeordnet werden können, gehören zur Gruppe der Führungsaufgaben des Informationsmanagements. Sie bildet die vierte, übergeordnete Ebene mit Managementaufgaben in den Bereichen Strategie, Organisation, Personal und Controlling [KRCM11], [BIET04], [SCHW10].

Anhand dieser Aufgabenmodelle lässt sich die Vielfältigkeit der Aufgaben im Rahmen des Informationsmanagements erkennen. Generell ist festzustellen, dass die Aufgaben des Informationsmanagements

- sehr komplex sind,
- nur in mehreren Schritten gelöst werden können,
- nicht von einzelnen Personen oder Abteilungen vollständig gelöst werden können,
- sowohl regelmäßig als auch unregelmäßig auftreten
- und häufig nur mit Expertenwissen unterschiedlicher Fachgebiete bearbeitet werden können [BIET04].

## **2.3 Informationsmanagement entlang von Supply Chains**

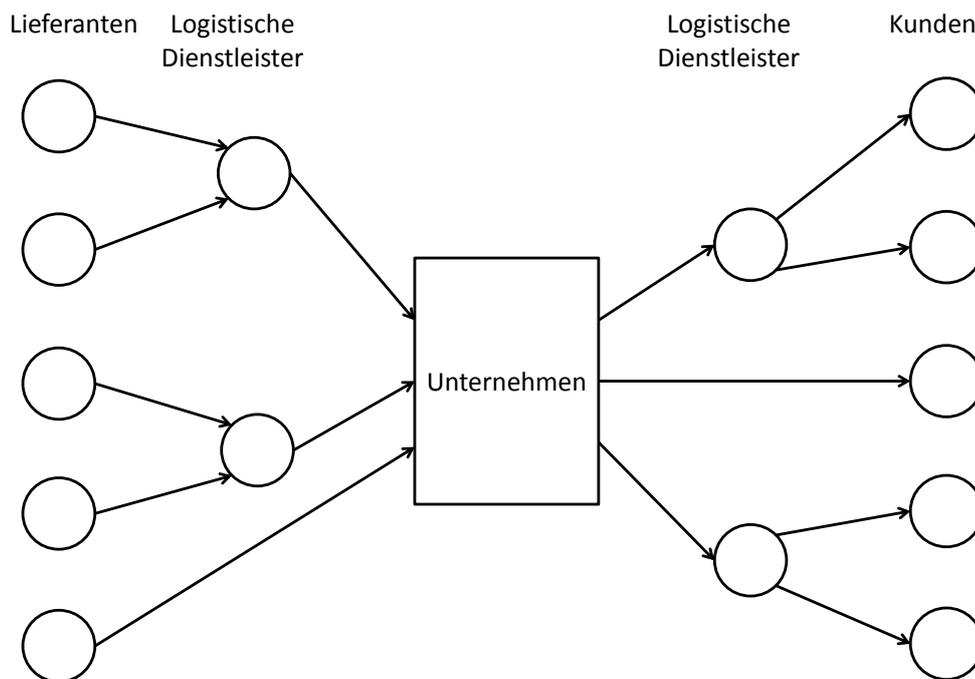
Im Folgenden soll auf das Konzept des Supply Chain Managements unter dem Aspekt des Informationsmanagements eingegangen werden. Mit Hilfe des Supply Chain Managements können Informationsflüsse entlang der Supply Chain koordiniert werden und schaffen so erhebliche Wettbewerbsvorteile [BIET04]. Hauptaugenmerk sind hierbei sowohl die Supply Chain selbst, als auch die Ziele, Aufgaben und Werkzeuge des Supply Chain Managements.

### **2.3.1 Begriffliche Grundlagen des Supply Chain Managements**

Dieser Abschnitt dient der Definition der Begriffe „Supply Chain“ (SC) und „Supply Chain Management“ (SCM).

Der Begriff Supply Chain entstammt der englischen Sprache und bedeutet wörtlich übersetzt Versorgungs- oder Lieferkette [WIEN10]. Alle Unternehmen, die zur Entwicklung, Erstellung und Lieferung eines Erzeugnisses (Produkt oder Dienstleistung) beitragen, werden als Teil einer SC angesehen [CORS08]. Dabei wird sowohl der Fluss der Leistungsobjekte (Material, Information, Finanzmittel) stromaufwärts zum Lieferanten des Lieferanten als auch stromabwärts bis zum Kunden des Kunden betrachtet [WERN13]. Weiter hebt die Literatur hervor, dass es sich bei SCs nicht immer um lineare Ketten handelt, sondern auch um Netzwerke als ein Geflecht aus Prozessen zwischen den einzelnen Wertschöpfungspartnern [CORS08], [GUEN12]. So berücksichtigt ein Liefernetz den Fall, dass einzelne Stufen der Wertschöpfungskette übergangen werden und bspw. ein Lieferant neben dem eigentlichen Kunden auch dessen Kunden beliefert [BECK04].

Der Begriff der SC repräsentiert somit den Material-, Informations- und Finanzmittelfluss durch ein Netzwerk von Wertschöpfungspartnern, das vom Rohstofflieferanten bis hin zum Endverbraucher reicht (vgl. Abbildung 4) [BECK04], [WIEN10]. Besonders ausgeprägt sind derartige Wertschöpfungsnetzwerke in der Automobilbranche [WIEN10].



**Abbildung 4:** Aufbau einer Supply Chain [CORS08]

Der Begriff des Supply Chain Managements beruht auf einem grundlegenden Verständnis der SC. Insbesondere müssen Einflussgrößen einer SC hinreichend bekannt sein, um mit geeigneten Managementmaßnahmen die Leistungsfähigkeit (Effektivität und Effizienz) einer SC zu optimieren [BECK04]. SCs sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

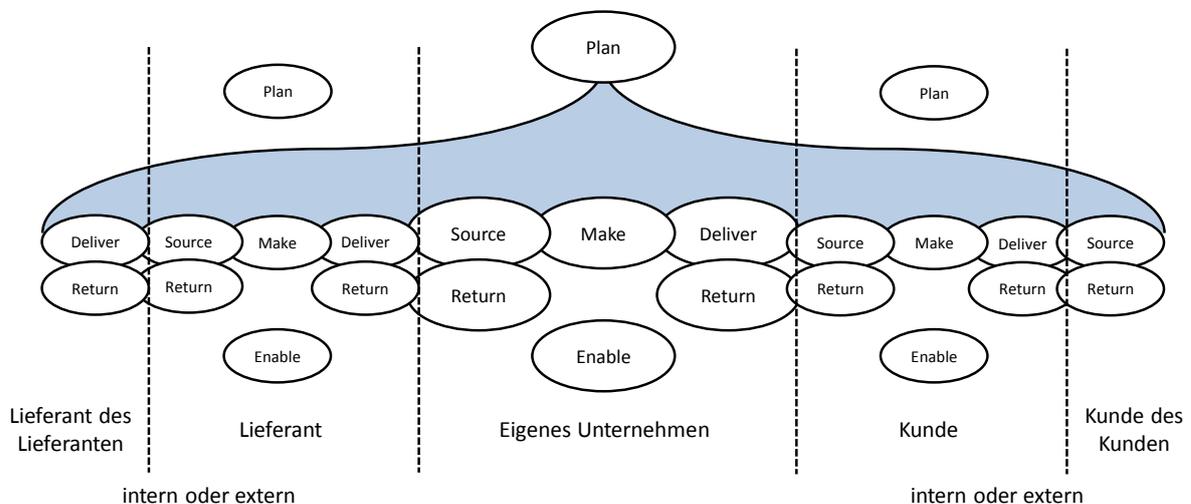
- Sämtliche Prozesse innerhalb der SC werden dokumentiert.
- Alle Wertschöpfungspartner und Prozesse werden als ganzheitliches System verstanden.
- Mittelpunkt der SC sind Entwicklungs-, Beschaffungs-, Produktions-, und Distributionsprozesse.
- Innerhalb einer SC werden unternehmensweite, organisatorische Grenzen überschritten.
- Ein zentrales, für alle Beteiligten zugängliches Informationssystem dient der Koordination.

- Kernziel von SCs ist die Schaffung von Kundennutzen unter Berücksichtigung des Verhältnisses von Kosten zu Gewinn.
- Die Ziele der einzelnen Unternehmung werden durch die Leistungsfähigkeit des gesamten Netzwerks erreicht [BECK04].

SCM ist demnach die Gestaltung, Planung und Steuerung der betroffenen Informations-, Material- und Wertflüsse einer SC mit dem Ziel einer hohen Kundenorientierung (Preis, Qualität, Liefertreue), einer Senkung des Aufwandes (Bestände, Schnittstellen) sowie einer flexiblen Anpassung an den Bedarf des Marktes. Somit konkurrieren nicht mehr einzelne Unternehmen, sondern ganze Wertschöpfungsketten miteinander [CORS04], [WIEN10], [BECK04].

### 2.3.2 Das Supply Chain Operations Reference - Modell

Um ein einheitliches, vergleichbares und bewertbares Prozessmodell von SCs zu generieren hat die Supply Chain Council (SCC) das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell erstellt (vgl. Abbildung 5) [CORS08].



**Abbildung 5:** Kernprozesse des SCM in Anlehnung an [SCOR12]

Durch die Beschreibung und Visualisierung der Prozesse schafft das Modell eine höhere Transparenz. Das Modell existiert aktuell in der 11. Version (SCOR-Modell 11.0) [CORS08], [WERN13].

Folgende Aufgabenstellungen sollen mit dem SCOR-Modell ermöglicht werden:

- Bewertung und Vergleich der Effektivität sowie der Effizienz von SCs.
- Gestaltung integrierter SCs über alle Teilnehmer der Logistikkette hinweg.
- Festlegung geeigneter Stellen für den Einsatz von Software in der SC.

Hilfsmittel zur Erfüllung dieser Aufgaben sind:

- ein Rahmenwerk,
- eine Standardterminologie,
- kosten- und leistungsbezogene Kennzahlen und
- Softwareanwendungen für ein Benchmarking [CORS08].

Dem SCOR-Modell liegt eine hierarchische Struktur über vier Ebenen bzw. Level zu Grunde. Diese Entwicklungsstufen sind „Top-Level“, „Configuration-Level“, „Process-Element-Level“ und „Implementation-Level“ (vgl. Tabelle 1). Mit jeder Ebene nimmt der Grad der Konkretisierung zu. Da für das grundlegende Verständnis des SCOR-Modells ein Überblick über die oberste Stufe ausreichend ist, wird im Folgenden auf die Prozesse der verbleibenden drei Stufen nicht näher eingegangen.

**Tabelle 1:** Beschreibungsebenen des SCOR-Modells [SCOR12]

| <b>Ebene</b> | <b>Bezeichnung</b>    |
|--------------|-----------------------|
| 1.           | Top-Level             |
| 2.           | Configuration-Level   |
| 3.           | Process-Element-Level |
| 4.           | Implementation-Level  |

Auf der höchstaggregierten Ebene (Top-Level) unterscheidet das Modell sechs Prozesse, die als Kernprozesse bezeichnet werden:

- **Planen (Plan):** Dieser Prozess bildet die Grundlage aller weiteren Kernprozesse. Er umfasst neben der Planung der Infrastruktur auch die Ressourcenplanung (Aggregate, Personal, Materialien, Kapazitäten) sowie die Ermittlung voraussichtlicher Nachfrageanforderungen.
- **Beschaffen (Source):** Teil dieses Kernprozesses sind alle Aktivitäten, die im Rahmen des Erwerbs, des Erhalts, der Prüfung sowie der Bereitstellung des eingehenden Materials anfallen.
- **Herstellen (Make):** Dieses Aktivitätenbündel umfasst alle Schritte der Erstellung nachgefragter Güter. Hierzu zählen die Kapazitätssteuerung, Zwischenlagerung sowie Verpackung und Übergabe an den Vertrieb.
- **Liefern (Deliver):** Der Prozess der Lieferung enthält Maßnahmen des Lieferantenmanagements, des Fertigwarenlagers und Distributionsvorgänge.

- Zurückführen (Return): Dieser fünfte Kernprozess umfasst alle administrativen Tätigkeiten, die bei der Rückgabe von Rohstoffen (an Lieferanten) oder dem Empfang von Fertigwaren (von Kunden) anfallen.
- Unterstützen (Enable): Dieser Prozess gehört seit der Version 11.0 des SCOR-Modells zur Top-Level-Ebene. Inhalt ist das Vorbereiten, Unterstützen sowie das Planen, Steuern und Kontrollieren von Informationen und Beziehungen [WERN13], [STOE05], [SCOR12].

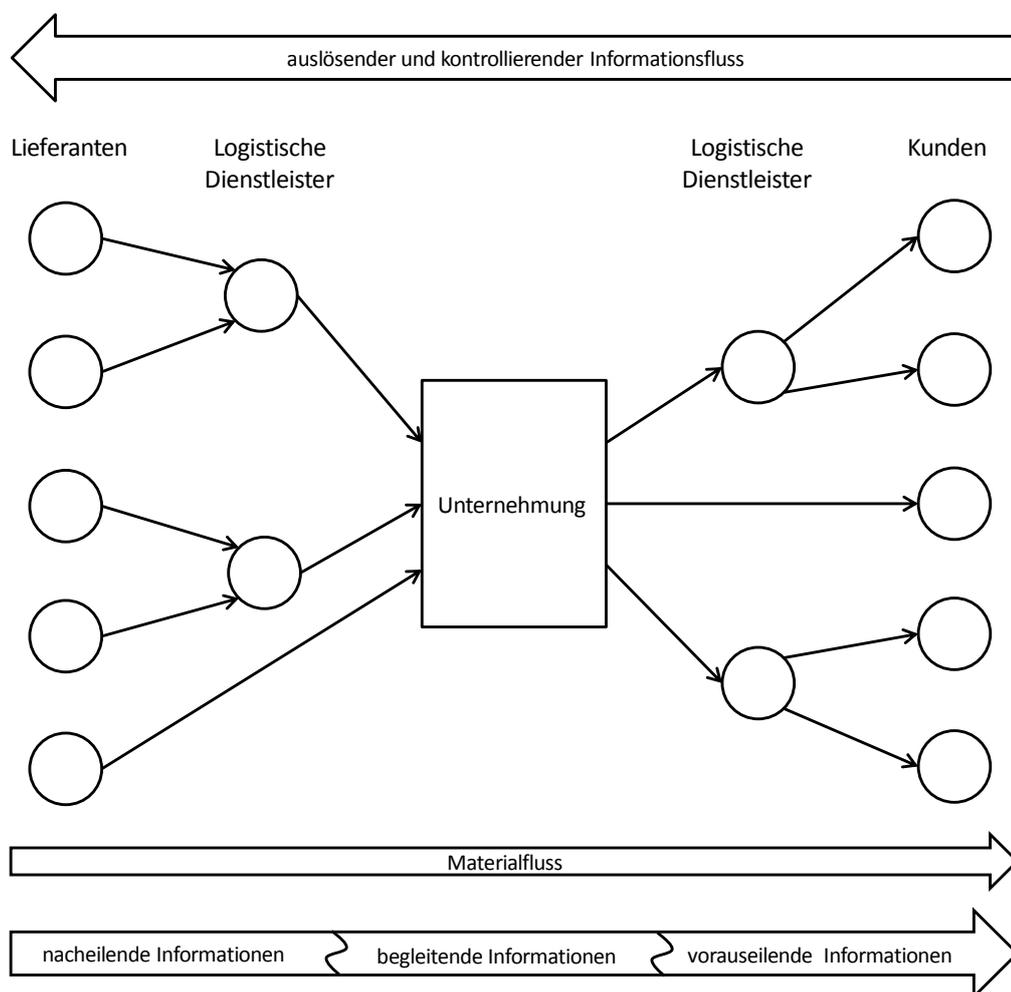
Die Darstellung der unternehmensübergreifenden Prozesse erfolgt über die Verzahnung der Kernprozesse aller beteiligten Unternehmungen einer Supply Chain. So sind bspw. die Top-Level-Prozesse Deliver eines Lieferanten und Source des Kunden der nächsten Stufe miteinander verknüpft. Dem Kernprozess Plan wird ein übergeordneter Charakter zugeschrieben, da er alle Kernprozessschnittstellen beinhaltet und somit für eine Prozessabstimmung sorgt [STOE05].

Die zweite Ebene (Configuration-Level) bildet die SC des jeweiligen Unternehmens ab [SCOR12], [WERN13]. Auf der dritten Ebene (Process-Element-Level) werden die Prozesskategorien weiter in Prozesselemente mit definierten In- und Outputs unterteilt [CORS08]. Die vierte und letzte Ebene (Implementation-Level) dient der Implementierung der Prozesselemente. Bei der Implementierung muss das SCOR-Modell für jede Organisation individuell angepasst werden, da in der Praxis zu viele Anwendungsspezifika vorliegen. Aus diesem Grund ist diese Ebene laut der SCC nicht mehr Bestandteil des SCOR-Modells. Sie muss jedoch umgesetzt werden um das Modell zu vollenden [CORS08], [STOE05], [SCOR12].

### 2.3.3 Der Informationsfluss in Supply Chains

Voraussetzung für ein erfolgreiches Informationsmanagement entlang einer SC ist das grundlegende Verständnis über die anfallenden Informationen. Die zur Planung notwendigen Informationen innerhalb einer SC werden aus den Bewegungsdaten wie z.B. Kapazitäten, Terminen und Auftragsdaten gewonnen [HELL04].

Informationen können in SCs sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts fließen [PFOH10]. Abbildung 6 verdeutlicht den Informations- und Materialfluss innerhalb einer SC.



**Abbildung 6:** Informationsfluss einer SC in Anlehnung an [ARND10], [HERT11]

Ausgangspunkt der SC bildet eine konsequente Kundenorientierung. Die Steuerung einer SC erfolgt somit durch den Kunden und nicht durch den Lieferanten. Die Strategie der Ausrichtung des Angebots an der Nachfrage des Konsumenten ist sowohl in der Logistik als auch im Marketing als Pull-Prinzip bekannt [CORS04]. Mit dem Pull-Prinzip wird impliziert, dass kein Unternehmen stromaufwärts der Wertschöpfungskette eine Leistung produziert, bevor ein Kunde diese stromabwärts angefordert hat.

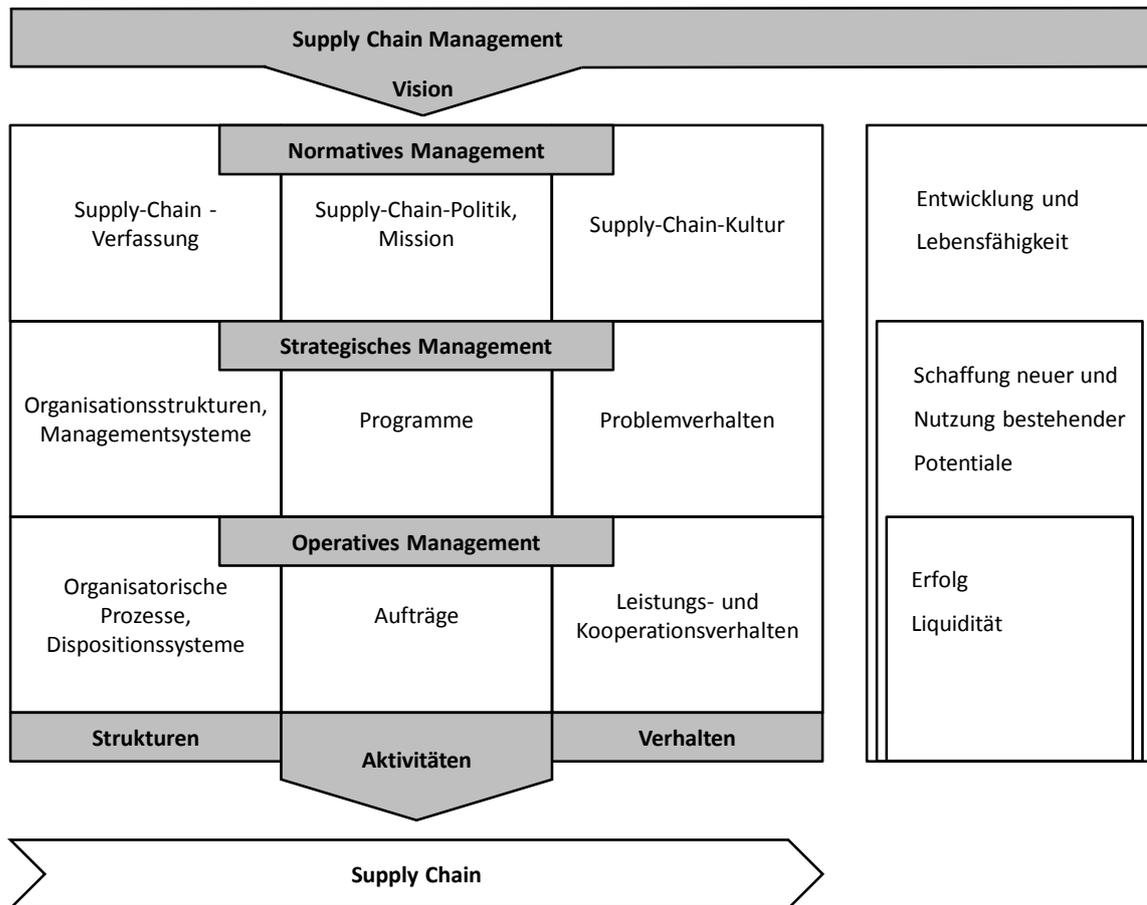
Die Information über eine Bestellung fließt also stromaufwärts [WOMA97]. Damit wird deutlich, dass Informationen über den Verbrauch des Konsumenten ein zentrales Steuerungselement einer SC darstellen. In der Literatur ist deshalb auch der Begriff des Demand Chain Managements zu finden [ARND10], [WERN13]. Da sich in Theorie und Praxis jedoch die Bezeichnung des Supply Chain Managements etabliert hat, ist er als feststehend zu betrachten [WERN13]. Informationen können dem Materialfluss vorauslaufen, ihn begleiten oder ihm nachfolgen. Die Informationen fließen stromabwärts. Sie geben somit Auskunft über den aktuellen Status des Materials [PFOH10]. Dieser vom Point of Sale zum Rohstofflieferanten gerichtete Informationsfluss birgt allerdings Risiken [CORS08]. Forrester [FORR58] konnte bereits 1958 empirisch nachweisen, dass innerhalb einer vierstufigen Wertschöpfungskette, eine ungeplante Nachfrageerhöhung der ersten Stufe um 10 Prozent zu einer Produktionserhöhung der nachgelagerten Stufen um bis zu 40 Prozent führt. Erst nach einem Jahr hatte sich der Produktionsumfang an die Nachfrageerhöhung von 10 Prozent angepasst. Forrester [FORR58] beschreibt dieses Phänomen als Peitschenschlageffekt. In der Fachliteratur hat sich der englische Begriff Bullwhip-Effekt manifestiert. Lee et al. [LEE06] bauen ihre Theorie des Bullwhip-Effekts auf den Erkenntnissen von Forrester auf. Sie sehen den Peitschenschlageffekt als Ursache eines Informationsdefizits entlang der SC [LEE06], [WERN13]. Auf den Bullwhip-Effekt wird in Anhang A näher eingegangen.

#### **2.3.4 Ziele und Aufgaben des Supply Chain Managements**

Das grundlegende Ziel des SCM ist das Erreichen eines bestmöglichen Ergebnisses entlang der gesamten SC [BECK04]. Konkret wird darunter eine Maximierung des Kundennutzens (hoher Servicegrad, hohe Qualität) bei gleichzeitiger Minimierung der Kosten verstanden, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Wertschöpfungskette gesichert und weiterentwickelt werden soll [CHRI11].

Um diese Ziele weiter zu detaillieren und in einem ganzheitlichen Ansatz zusammenzuführen wird das St. Galler Management-Konzept herangezogen [BECK04]. Hierbei wird zwischen der normativen, strategischen und operativen Managementebene unterschieden. Die Aktivitäten einer Managementebene sind bestimmt durch organisatorische Strukturen und individuelle Verhaltensweisen der SC. Ziel ist es, die Aktivitäten der einzelnen Ebenen in einem ganzheitlichen Managementansatz zu integrieren [BLEI04].

Beckmann [BECK04] überträgt dieses ursprünglich auf ein Unternehmen bezogene Konzept auf die unternehmensübergreifende Ebene von SCs. Somit wird ein Bezugsrahmen aufgespannt, in den die Ziele des SCM eingebunden werden können (vgl. Abbildung 7) [BECK04].



**Abbildung 7:** Bezugsrahmen des SCM [BECK04]

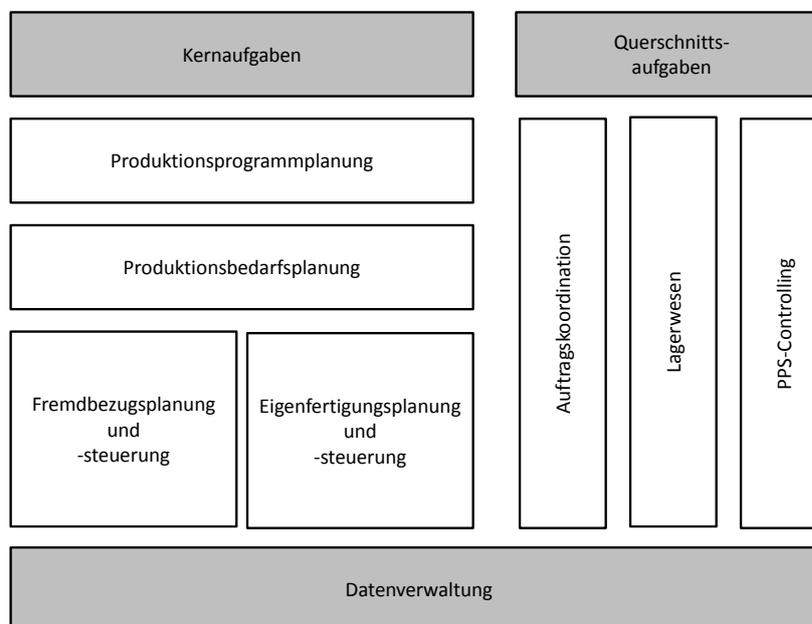
Das normative Management des SCM befasst sich einerseits mit grundlegenden Zielen der SC und andererseits mit der Sicherstellung der Entwicklungs- und Lebensfähigkeit der SC. Die Aktivität des normativen Managements liegt, ausgehend von der Vision des SCM, im politischen Handeln und Verhalten. Diese Supply-Chain-Politik wird von der Supply-Chain-Verfassung sowie der Supply-Chain-Kultur getragen. Im Mittelpunkt des strategischen Managements stehen Programme, die Organisationsstrukturen vorgeben und den beteiligten Unternehmen ein Problemlösungsverhalten vorgeben. Im Gegensatz zum normativen Management werden hier Aktivitäten nicht begründet, sondern ausgerichtet. Ziel dieser Ebene ist sowohl die Schaffung von neuen als auch die Nutzung bestehender Erfolgsfaktoren.

Das operative Management hat zur Aufgabe, die durch das normative und strategische Management vorgegebenen Auflagen in operatives Handeln umzusetzen. Bezugsgrößen sind hierbei der Erfolg der SC sowie deren Liquidität.

### 2.3.5 Die Produktionsplanung und -steuerung entlang von Supply Chains

Der Kernprozess Planen des SCOR-Modells (vgl. Kapitel 2.3.2, „Das Supply Chain Operations Reference - Modell“) beschäftigt sich mit der langfristigen Ressourcenzuweisung, der Aggregation der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsanforderungen sowie der Kapazitätsplanung und Auftragsverteilung. Diese Aufgaben fallen in den Bereich der Produktionsplanung und -steuerung (PPS), da sich diese mit der Planung des Produktionsprogramms nach Art und Menge beschäftigt. Der Bezugszeitraum kann sich hier ebenfalls über mehrere Perioden erstrecken [SCHO11], [WIEN97]. Grundlage der PPS bilden alle Aufträge, die über den Vertrieb in das Unternehmen gelangen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Kundenaufträge und marktspezifische Prognosen, die das Produktionsprogramm bestimmen [WIEN10].

Das Forschungsinstitut für Rationalisierungen (fir) der RWTH Aachen entwickelte auf Basis breiter empirischer Forschungen das Aachener PPS-Modell, das die Aufgaben der PPS konkretisieren soll (vgl. Abbildung 8) [WIEN10].



**Abbildung 8:** Aachener PPS-Modell [WIEN10]

Grundsätzlich lassen sich die vier Kernaufgaben „Produktionsprogrammplanung“, „Produktionsbedarfsplanung“ sowie die „Planung und Steuerung der Eigenfertigung und des Fremdbezugs“ unterscheiden. Weiter sind neben diesen Kernaufgaben die drei Querschnittsaufgaben „Auftragskoordination“, „Lagerwesen“ und „PPS-

Controlling“ erforderlich, um die Effizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette sicherzustellen [SCHU12b]. Eine übergreifende Aufgabe stellt die „Datenverwaltung“ dar. Diese gilt sowohl als Kern-, als auch als Querschnittsaufgabe und basiert immer häufiger auf zentralen Datenbanken. Ihre Aufgabe ist die Speicherung und Pflege sämtlicher, für die PPS benötigter Daten [WIEN10], [SCHU12b].

Da Wertschöpfungsketten als eigenständige Unternehmungen angesehen werden können (vgl. Kapitel 2.3.1, „Begriffliche Grundlagen des Supply Chain Managements“), kann das Aachener PPS-Modell auf SCs übertragen werden. Die PPS kann den Aufgaben des operativen Managements des SCM zugeordnet werden [ALIC05]. Abbildung 9 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

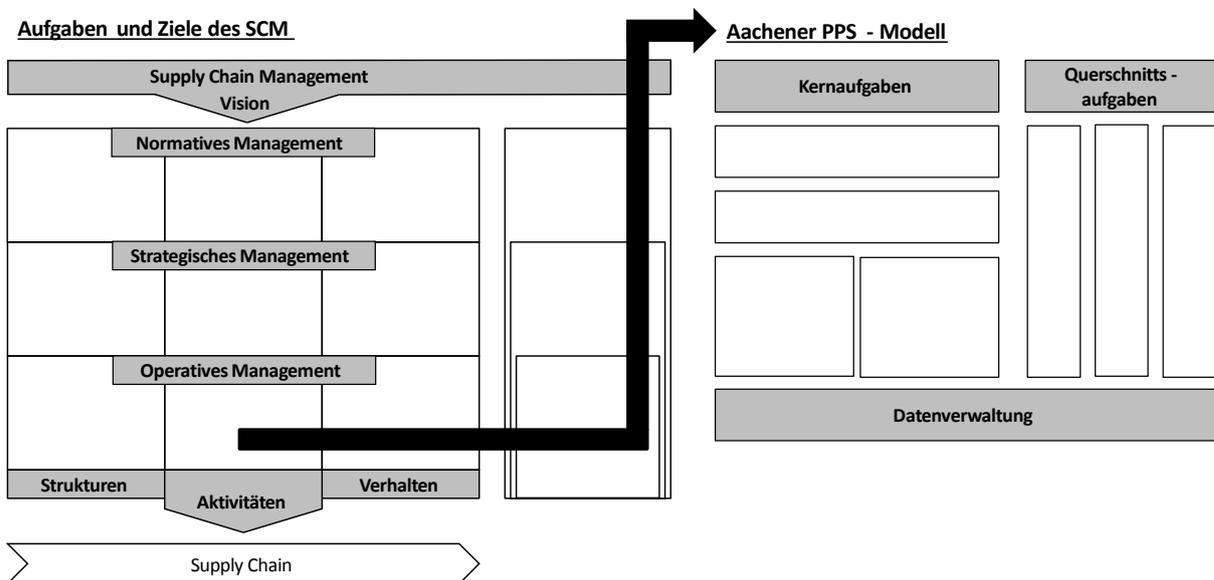


Abbildung 9: Zusammenhang des SCM und der PPS

### 2.3.6 Informationstechnik in Supply Chains

Um das Erfolgspotential einer SC komplett auszuschöpfen und somit den größtmöglichen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Wertschöpfungsketten herauszuarbeiten, ist ein durchgängiges Informationssystem unerlässlich. Es bildet die Grundlage für eine effiziente Koordination der Informationen über zukünftige Bedarfe und verfügbare Ressourcen entlang der SC [BECK04]. Herkömmliche ERP-Systeme dienen der Bereitstellung einer einheitlichen Datenbasis innerhalb eines Unternehmens, um so alle unternehmensinternen Prozesse zu unterstützen. Im Gegensatz hierzu betrachten SCM-Softwaresysteme alle Planungsschritte parallel und sorgen auf Grund ihrer zentralen Position für eine hohe Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Somit werden Engpässe in Echtzeit erkannt und entsprechende Maßnahmen können eingeleitet werden [HELL04].

SCM-Software wird hauptsächlich unterstützend in der Planung und Durchführung von SC-Aktivitäten eingesetzt. Durch den Gebrauch können Verbesserungen hinsichtlich folgender Punkte erreicht werden:

- Erhöhung des Servicegrads und der Kundenorientierung: Durch eine genaue Bedarfsvoraussage und deren rechtzeitige Weitergabe kann die SC den Markt bzw. den Endkunden besser bedienen und so verlorene Umsatzchancen reduzieren.
- Reduzierung der Bestände: Die oben genannte Weitergabe der Informationen führt ebenfalls zu einem Abbau der Bestände sowie unnötiger Lagerstufen. Hieraus resultiert eine Verringerung der Lagerhaltungskosten.
- Verringerung der Gesamtdurchlaufzeiten: Durch die SCM-Software entsteht in der SC ein Wandel weg von der Informationsholschuld hin zur Informationsbringschuld. Weiter verkürzen sich durch den Einsatz der Software die Planungszyklen. Diese Effekte sorgen theoretisch für eine Reduzierung der Durchlaufzeit entlang der gesamten Kette.
- Kostensenkung: Alle bisher erwähnten Punkte führen zu einer Senkung der Kosten entlang der SC [HELL04], [ALIC05].

Zur Auswahl einer geeigneten SCM-Software entwickelten die Fraunhofer-Institute IML (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik) aus Dortmund und das IPA (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung) aus Stuttgart gemeinsam mit der ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) aus Zürich ein SCM-Referenz- und Aufgabenmodell [WERN13]. Dieses Modell baut auf dem Ansatz des SCOR-Modells auf. Es zerlegt dessen Planungselemente in einzelne Ebenen und stellt entsprechende Anforderungen an Softwaresysteme. Diese Basis dient als Grundlage der Untersuchung, Analyse und Auswahl der SCM-Software [HELL04].

## 2.4 Theoretische Grundlagen des Datenbankentwurfs

Die Grundlage eines Informationssystems und der PPS innerhalb einer SC bildet im Regelfall ein unternehmensübergreifendes Datenbanksystem [ELMA09], [SCHU09], [WIEN10], [SCHU12b]. Hierdurch wird es ermöglicht, Daten zu erfassen, zu verarbeiten und so Informationen aus den Daten abzuleiten [VOSS08]. In diesem Kapitel soll der Prozess des Datenbankentwurfs verdeutlicht werden. Vorab sind begriffliche Grundlagen zu klären.

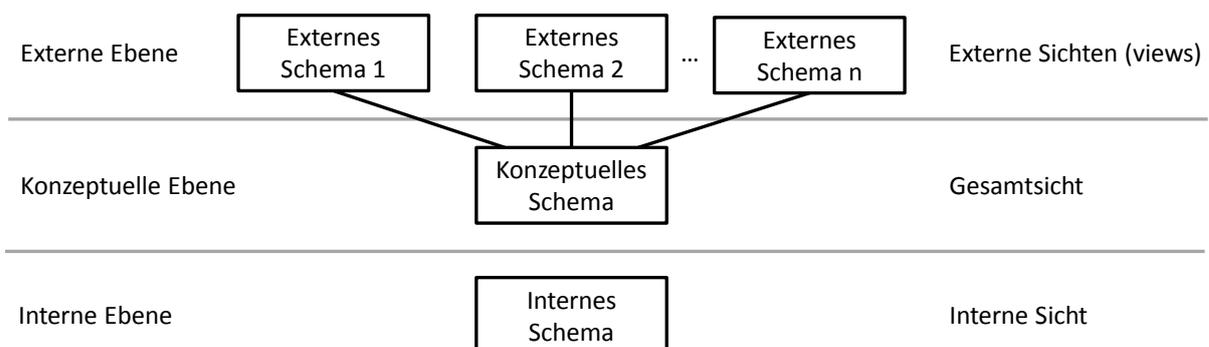
In einschlägiger Fachliteratur wird häufig auf die Autoren Saake et al. [SAAK10], Kemper und Eickler [KEMP11] und Vossen [VOSS08] verwiesen. Im Folgenden werden überwiegend diese zitiert.

### 2.4.1 Begriffliche Grundlagen im Rahmen des Datenbankentwurfs

Dieser Abschnitt ordnet den Begriff des Datenbankentwurfs fachlich ein und erläutert die grundlegende Terminologie.

Eine Datenbank ist eine Sammlung von Daten, die einen Ausschnitt (Universe of Discourse, kurz: UoD) der realen Welt, wie bspw. ein Unternehmen darstellt. Die Definition, Erzeugung und Manipulation einer Datenbank erfolgt durch ein Datenbankmanagementsystem (DBMS) [KUDR07]. Betrieblich eingesetzte DBMS sind z.B. „Oracle Database“ und „Microsoft SQL Server“, wohingegen im privaten Gebrauch hauptsächlich „Microsoft Access“ eingesetzt wird [KEND10]. Die Kombination aus einer oder mehreren Datenbanken und einem DBMS wird als Datenbanksystem (DBS) bezeichnet [KUDR07].

Der grundlegende Aufbau eines DBS kann durch das Drei-Ebenen-Modell beschrieben werden [KUDR07]. Es wurde 1975 vom Standards Planning and Requirements Committee (SPARC) des American National Standards Institute (ANSI) entwickelt [VOSS08]. Abbildung 10 zeigt das Drei-Ebenen-Modell.



**Abbildung 10:** Drei-Ebenen-Architekturmodell nach ANSI/SPARC [KUDR07]

Das Modell konkretisiert drei Ebenen:

- Die externe Ebene umfasst die Sichten der einzelnen Nutzer auf die Datenbank. Diese nutzerspezifischen Sichten werden als externe Schemata dargestellt.
- Die zweite Ebene dient der Definition eines konzeptuellen Schemas, das eine logische Gesamtsicht aller Daten und deren Beziehungen innerhalb der Datenbank repräsentiert. Zur Beschreibung dieses Aufbaus wird ein Datenmodell verwendet, das die Datenstrukturen der internen Ebene abstrahiert.
- Die grundlegende Datenstruktur des DBS wird durch ein Schema auf der internen Ebene festgelegt [VOSS08], [KUDR07].

Aufgabe des Datenbankentwurfs ist es, die Schemata dieser drei Ebenen zu erstellen [VOSS08]. Die Voraussetzung hierfür bilden geeignete Datenmodelle, die den abgebildeten Realitätsausschnitt möglichst exakt beschreiben [STAU05]. Datenmodelle sind in vielen Gebieten der Informatik grundlegend und werden, je nach Einsatzbereich, individuell bezeichnet. Datenbankmodelle sind als Datenmodelle im Zusammenhang mit DBS definiert. Die Datenmodellierung unterscheidet hier zwischen abstrakten und konkreten Datenbankmodellen (vgl. Tabelle 2). Abstrakte Datenbankmodelle sind unabhängig von einem bestimmten DBMS und deshalb besonders für die Konzeptionsphase einer Datenbank geeignet [SAAK10], [VOSS08]. Sie werden in der Literatur auch als semantische Datenmodelle bezeichnet [KUDR07]. Zur Implementierung des Datenbankentwurfs in ein DBMS dienen konkrete Datenbankmodelle [SAAK10]. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die wesentlichen Datenbankmodelle. Weitere, in der Literatur genannte Datenbankmodelle, sind Erweiterungen der hier aufgeführten Modelle [SAAK10].

**Tabelle 2:** Datenbankmodelle in Anlehnung an [KEMP11], [SAAK10]

| <b>Art</b> | <b>Datenbankmodell</b>                          |
|------------|---|
| abstrakt   | Entity-Relationship-Modell (ERM)                |
|            | Unified Modeling Language                       |
| konkret    | Hierarchisches Modell                           |
|            | Netzwerkmodell                                  |
|            | Relationales Datenbankmodell (Relationenmodell) |
|            | Objektorientiertes Datenbankmodell              |

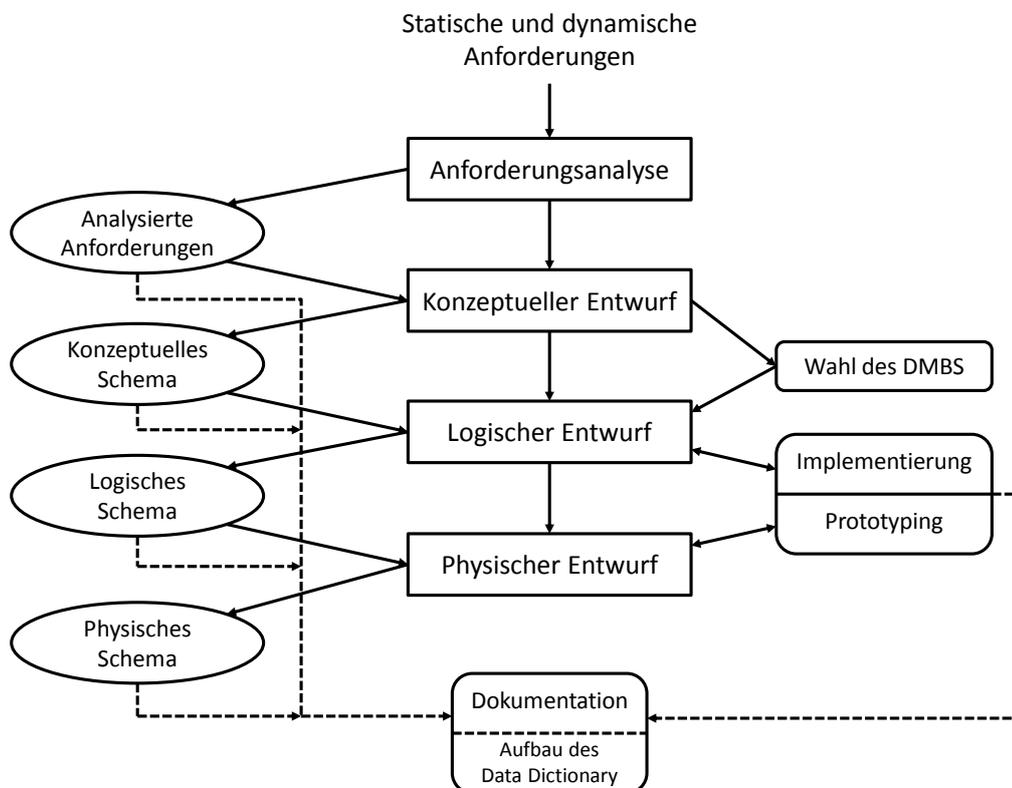
Da sich das ERM als abstraktes Datenbankmodell fest etabliert hat und als Standardmodell in der Datenbankentwicklung eingesetzt wird, werden in dieser Arbeit andere

semantische Datenmodelle vernachlässigt. Weiterhin ist das Relationenmodell sowohl in der Forschung, als auch in der Praxis seit Langem anerkannt [SAAK10], weshalb sich diese Arbeit im Bereich der konkreten Datenbankmodelle auf das Relationenmodell konzentriert.

Zusammenfassend lässt sich der Begriff des Datenbankentwurfs nach Vossen [VOSS08] wie folgt definieren: „Die Aufgabe des Datenbankentwurfs ist der Entwurf der logischen und physischen Struktur einer Datenbank, so dass die Informationsbedürfnisse der Benutzer in einer Organisation für bestimmte Anwendungen adäquat befriedigt werden können.“ ([VOSS08], S. 45)

### 2.4.2 Phasen des Datenbankentwurfsprozesses

Der Datenbankentwurf dient als Grundlage für den Datenbankeinsatz und sollte mit der notwendigen Systematik durchgeführt werden. Hier verursachte Fehler können nur unter einem hohen Kostenaufwand korrigiert werden [KEMP11]. Abbildung 11 beschreibt die Phasen des Datenbankentwurfsprozesses nach Vossen [VOSS08].



**Abbildung 11:** Phasen des Datenbank – Entwurfsprozesses [VOSS08]

- **Anforderungsanalyse:** Das Ergebnis einer Anforderungsanalyse ist ein Pflichtenheft. Hierin werden die Anforderungen aller potentiellen Benutzer an die neu einzurichtende Datenbank berücksichtigt [SAAK10], [VOSS08]. Es gilt sowohl

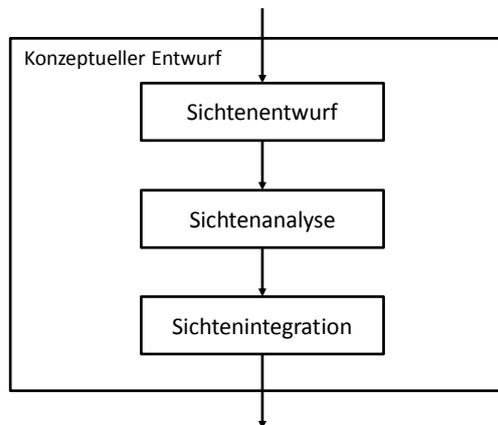
die Informationsanforderungen als auch die Datenverarbeitungsvorgänge des zu modellierenden Realitätsausschnitts zu berücksichtigen und in einem strukturierten Dokument festzuhalten [KEMP11]. Folgendes Vorgehen ist zur Erfüllung der beschriebenen Aufgaben geeignet:

1. Identifizieren von Organisationseinheiten
2. Identifizieren der zu unterstützenden Aufgaben
3. Ermittlung der zu befragenden Personen
4. Anforderungssammlung
5. Prüfung der gesammelten Informationen auf Verständlichkeit und Eindeutigkeit
6. Zuordnen der Information zu Objekten, Beziehungen zwischen Objekten, Operationen und Ereignissen
7. Übertragen der Ergebnisse in das Pflichtenheft

Hierbei dienen die Schritte 1 und 2 der Abgrenzung des Anwendungsbereichs. In den Schritten 3 bis 6 werden Informationen über das abgegrenzte Anwendungsgebiet eingeholt. Schritt 7 dient der Erstellung des Pflichtenhefts [KEMP11].

- Konzeptueller Entwurf: Das Ziel dieser Entwurfsphase ist es, eine konzeptuelle Globalansicht der Anwendung zu erstellen (vgl. Kapitel 2.4.1, „Begriffliche Grundlagen im Rahmen des Datenbankentwurfs“) [VOSS08]. Dies lässt sich durch die Modellierung und Formalisierung der Anforderungsspezifikation in einem abstrakten Datenbankmodell (z.B. dem ERM) realisieren. Ergebnis der Phase ist ein konzeptuelles, zielsystem-unabhängiges Datenbankschema [VOSS08].

Bei der Durchführung des konzeptuellen Entwurfs werden drei Teilschritte unterschieden (vgl. Abbildung 12).



**Abbildung 12:** Schritte des konzeptuellen Entwurfs [SAAK10]

Während des Sichtenentwurfs werden die Anforderungen der Benutzer in einzelnen Schemata modelliert. Diese entsprechen der externen Ebene des Dreiebenen-Modells nach ANSI/SPARC. Anschließend werden die Schemata in der Sichtenanalyse auf Inkonsistenzen und Redundanzen untersucht [VOSS08], [SAAK10]. Der dritte Schritt umfasst die Integration der einzelnen Sichten in ein Gesamtschema [SAAK10].

Nach Abschluss dieser Phase sollte die Entscheidung für ein bestimmtes DBMS getroffen worden sein, da die weiteren Phasen des Entwurfsprozesses systemspezifisch durchgeführt werden [VOSS08].

- **Logischer Entwurf:** In dieser Phase wird das im konzeptuellen Entwurf erstellte Datenbankschema in das entsprechende Datenbankmodell (z.B. das Relativenmodell) des DMBS überführt. Resultat dieser Transformation ist ein logisches Datenbankschema. Zur Durchführung dieser Phase werden Transformationsregeln herangezogen, die dabei unterstützen, die Konstrukte des konzeptuellen Entwurfs in die des Datenbankmodells zu übersetzen [VOSS08]. Der logische Entwurf wird in zwei Teilschritten durchgeführt:
  1. Die Transformation des konzeptuellen Datenbankschemas in ein konkretes Datenbankmodell.
  2. Die Optimierung des logischen Datenbankschemas unter allgemeinen oder spezifischen Kriterien aus der Anforderungsanalyse. Hierbei können verschiedene Optimierungsziele konkurrieren wie etwa eine redundanzfreie Speicherung versus schnellere Zugriffsmöglichkeiten durch redundante Speicherung [SAAK10].

- **Physischer Entwurf:** Der physische Entwurf definiert die interne Ebene des DBS (vgl. Kapitel 2.4.1, „Begriffliche Grundlagen im Rahmen des Datenbankentwurfs“) [SAAK10]. Das Ziel dieser Phase ist die Realisierung minimaler Zugriffszeiten des DBS. Hierfür werden auf Basis der erhobenen Datenverarbeitungsanforderungen konkrete Speicherungsstrukturen für die einzelnen Elemente des konzeptuellen Datenbankschemas festgelegt. Weiter sieht diese Phase eine Festlegung entsprechender Zugriffsmechanismen vor [VOSS08].

Folgende Schritte werden entwurfsbegleitend durchgeführt:

- **Implementierung:** Implementierung bezeichnet die Transformation des konzeptuellen in ein logisches Datenbankschema unter Berücksichtigung der Datendefinitionssprache des gewählten DBS [VOSS08].
- **Prototyping:** Dieser Schritt dient der Entwurfsverifikation. Durch das Laden einer Beispiel-Datenbank können Aussagen über die Effizienz des DBS getroffen werden, um ggf. Modifikationen am Entwurf vorzunehmen.
- **Dokumentation:** Die Dokumentation sowie der Aufbau eines Data Dictionary werden für alle Phasen individuell durchgeführt. Spätere Modifikationen werden somit erleichtert [VOSS08].

Die Phasen des Entwurfsprozesses sind nicht als streng sequentielles Vorgehen zu verstehen, sondern müssen teilweise iterativ durchlaufen werden, um ein optimales Ergebnis zu erhalten [SAAK10].

### 2.4.3 Das Entity-Relationship-Modell

Das Entity-Relationship-Modell wurde von Peter Chen im Jahre 1976 entwickelt und ermöglicht die Modellierung von Realwelten auf einer abstrakten Ebene [VOSS08]. Mit Hilfe der graphischen Notation können Schemata (Entity-Relationship-Diagramme, kurz: ERD) erstellt werden, die auch für fachfremde Personen leicht verständlich sind. In frühen Phasen des Datenbankentwurfs können Anwender und Auftraggeber besser mit den Datenbankentwicklern kommunizieren [SAAK10]. Dieser Abschnitt umfasst die Grundzüge des ERM soweit, wie sie im Entwurf relationaler Datenbanken benötigt werden.

Eine von Chen [CHEN76] entwickelte graphische Notation des ERM (Chen-Notation) umfasst die Konstrukte „Entity“ (engl. Objekt), „Relationship“ (engl. Beziehung) und „Attribute“ (engl. Eigenschaft). Ihre Bedeutung sowie die entsprechende Notation werden im Folgenden vorgestellt.

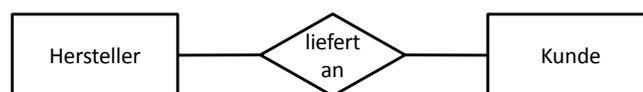
Unter Entity wird ein reales oder abstraktes Objekt mit einer eigenständigen Bedeutung verstanden [SAAK10]. Es muss zwischen Entitys für bestimmte Objekte (Kunde

Maier) und Objektklassen (alle Kunden) unterschieden werden. Letztere werden als Entitytypen bezeichnet und fassen Entitys mit gleichen Eigenschaften zusammen [MERT01]. Entitytypen werden als Rechtecke dargestellt, wobei die entsprechende Bezeichnung in das Rechteck eingetragen wird (vgl. Abbildung 13) [SAAK10].



**Abbildung 13:** Graphische Notation von Entitytypen im ERM

Ein Relationship bildet die Beziehung zwischen Entitys bzw. Entitytypen ab [ELMA09]. Beziehungen werden – analog zu Entitys – nicht für jede Ausprägung modelliert, sondern zu Beziehungstypen zusammengefasst [SAAK10]. Ein Beziehungstyp verbindet mindestens zwei Entitytypen miteinander und wird als Raute dargestellt. Die Verbindung zu den Entitytypen erfolgt über Kanten (vgl. Abbildung 14) [VOSS08].



**Abbildung 14:** Graphische Notation von Beziehungstypen im ERM

Ein wichtiges Merkmal bei Beziehungstypen ist die Anzahl der beteiligten Entitys und Entitytypen. Die sogenannte Kardinalität beschreibt, wie viele Entitys eines Entitytyps über den Beziehungstyp mit welcher Anzahl an Entitys eines weiteren, ebenfalls am Beziehungstyp beteiligten Entitytyps verbunden sind. Kardinalitäten lassen sich in drei Grundformen unterscheiden, wobei  $m$  und  $n$  für eine beliebige Anzahl größer eins stehen [SAAK10]. Tabelle 3 zeigt die möglichen Grundformen.

**Tabelle 3:** Kardinalitäten der Chen-Notation [CHEN76] angewendet auf ein eigenes Beispiel

| Form der Kardinalität      | Beispiel   |
|----------------------------|--|
| 1:1 – Beziehung            | Ein Hersteller liefert an einen Kunden   |
| 1:n – bzw. n:1 – Beziehung | Ein Hersteller liefert an mehrere Kunden   |
| m:n – Beziehung            | Ein Hersteller liefert an mehrere Kunden bzw. ein Kunde kann sein Produkt von mehreren Herstellern beziehen. |

Die Chen-Notation ermöglicht an dieser Stelle lediglich die Beschreibung binärer Beziehungen. Somit können maximal zwei Entitytypen miteinander in Verbindung stehen. Des Weiteren lassen sich mit der Chen-Notation keine optionalen Beziehungen zwi-

schen Entitytypen abbilden [BIET07]. Eine Lösung bietet die [min,max] - Notation [SAAK10]. Hierdurch kann für jeden Entitytypen der minimale und maximale Wert der beteiligten Instanzen an einem Beziehungstypen angegeben werden. Als Wertebereich gilt Formel 1.

$$0 \leq min \leq 1 \text{ und } 1 \leq max \leq * \quad (1)$$

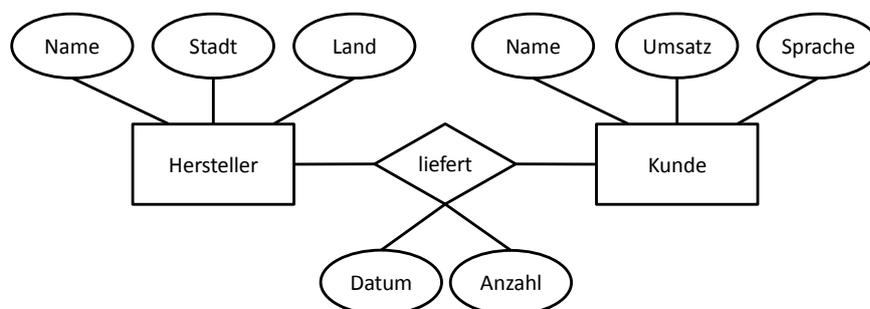
Durch die Untergrenze  $min = 0$  wird ausgedrückt, dass eine Instanz an einem Relationship beteiligt sein kann, allerdings nicht muss. Werden als Minimal- und Maximalwerte nur 0 oder 1 bzw. 1 oder \* zugelassen, ergeben sich vier mögliche Grundfälle der [min,max] - Notation [BIET07]. Tabelle 4 zeigt diese vier Grundfälle.

**Tabelle 4:** Grundfälle der [min,max] – Notation [BIET07]

| [min,max] – Notation | Darstellung als Variable |
|----------------------|--------------------------|
| [1,1]                | 1                        |
| [0,1]                | c (c = choice)           |
| [1,*]                | m (m = multiple)         |
| [0,*]                | mc                       |

Kardinalitäten werden graphisch durch Zusatzinformationen an den Verbindungslinien dargestellt [SAAK10].

Attribute bilden Eigenschaften von Entitys und Relationships ab. Da alle Entitys eines Entitytyps dieselben Attribute besitzen, werden Attribute für Entitytypen deklariert [SAAK10]. Attribute werden als Oval dargestellt und durch Kanten mit dem jeweiligen Entitytypen verbunden (vgl. Abbildung 15). Für Relationships werden Attribute analog behandelt [VOSS08].



**Abbildung 15:** Graphische Notation von Attributen im ERM

Die minimale Menge an Attributen, die ein Entity innerhalb eines Entitytyps eindeutig beschreibt, wird als Primärschlüssel bezeichnet. Häufig werden Attribute eigens für

den Zweck eines Primärschlüssels generiert, z.B. „HerstellerID“. Ist es nicht möglich, ein Entity durch ein einzelnes Attribut eindeutig zu bestimmen, kann ein Primärschlüssel durch die Kombination von mehreren Attributen erstellt werden. Primärschlüssel werden in der graphischen Notation durch Unterstreichung gekennzeichnet [KEMP11].

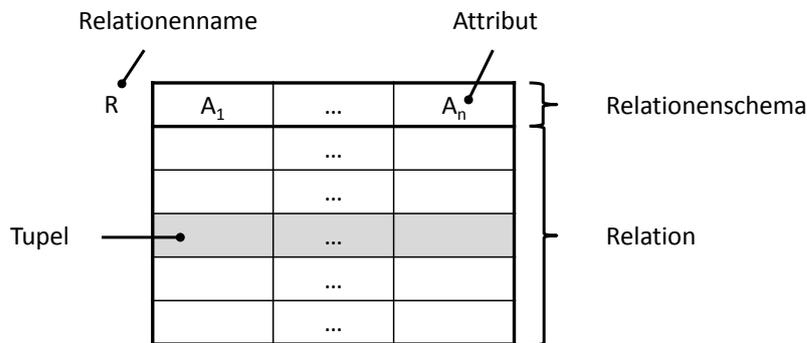
#### **2.4.4 Das relationale Datenbankmodell**

Nach der erfolgreichen Modellierung des konzeptuellen Datenbankschemas wird dieses in ein konkretes Datenbankmodell überführt [SAAK10]. Dieses Kapitel soll das Relationenmodell als konkretes Datenbankmodell näher erläutern.

Das relationale Datenbankmodell wurde im Jahre 1970 von Dr. E. F. Codd entwickelt. Seine Motivation lag in den steigenden Anforderungen an die bis dahin am Markt vorhandenen Datenbankmodelle (hierarchisches Modell, Netzwerkmodell). Durch den immer häufigeren Einsatz von Datenbanken waren Änderungen der Datenbankstruktur an der Tagesordnung. Bei den existierenden Datenbankmodellen waren Modifikationen nur unter enormem Aufwand realisierbar. Weiter war die effektive Nutzung einer Datenbank auf Grund der steigenden strukturellen Abhängigkeiten nur durch wenige Spezialisten möglich und somit nicht für die breite Masse geeignet. Seine Lösung für diese Probleme war das Relationenmodell, das im Bereich der Datenbanksysteme eine Revolution auslöste. Der Großteil der heutzutage eingesetzten Datenbanken sind relationale Datenbanken [GEIS05].

Das grundlegende Konzept dieses Datenbankmodells ist die Relation [SAAK10]. Sie beschreibt hier – im Gegensatz zum bekannten ERM – einen Entitytyp und nicht die Beziehung zwischen Entitytypen. Eine Relation wird als zweidimensionale Tabelle dargestellt. Die Eigenschaften des Entitytyps werden in einer fest definierten Anzahl an Attributen (Spalten), die Ausprägungen (Entitys) durch eine variable Anzahl an Tupeln (Zeilen) abgebildet. Die Menge aller Attribute einer Relation wird als Relationenschema bezeichnet [KUDR07]. Aus mathematischer Sicht beschreibt eine Relation die „Teilmenge des kartesischen Produkts über den Wertebereich der Attribute des Relationenschemas“ ([SAAK10], S. 86). Somit fordert eine Relation die Einzigartigkeit der Tupel [KUDR07]. Über Schlüssel können Relationen miteinander in Beziehung gesetzt werden [KEMP11].

Abbildung 16 veranschaulicht diese Begriffe.



**Abbildung 16:** Veranschaulichung einer Relation [SAAK10]

Da das Relationenmodell keine Einschränkung hinsichtlich zulässiger Werte liefert, müssen diese individuell formuliert werden, um eine logische Widerspruchsfreiheit des Datenbestandes zu erreichen. Einschränkungen dieser Art werden im Bereich der Datenbankmodelle als Integritätsbedingungen bezeichnet. Werden alle definierten Integritätsbedingungen einer Datenbank eingehalten, wird diese als konsistent bezeichnet. Zum relationalen Datenbankmodell gehören zwei Integritätsbedingungen [KUDR07]:

- Entitätsintegrität (Primärschlüsselbedingung): Attributwerte eines Primärschlüssels müssen eindeutig sein und dürfen folglich keine Nullwerte enthalten [ELMA09].
- Referenzielle Integrität (Fremdschlüsselbedingung): Als Fremdschlüssel wird eine Attributmenge einer Relation bezeichnet, die auf den Primärschlüssel einer anderen Relation verweist [KUDR07].

In der Phase des logischen Entwurfs sieht der Datenbankentwurfsprozess eine Transformation des konzeptuellen Datenbankschemas in ein logisches Datenbankschema vor (vgl. Kapitel 2.4.2, „Phasen des Datenbankentwurfsprozesses“). Auf eine ausführliche Erklärung des Transformationsprozesses wird an dieser Stelle verzichtet, da dieser nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit ist. Der interessierte Leser sei aber an Saake et al. [SAAK10] verwiesen.

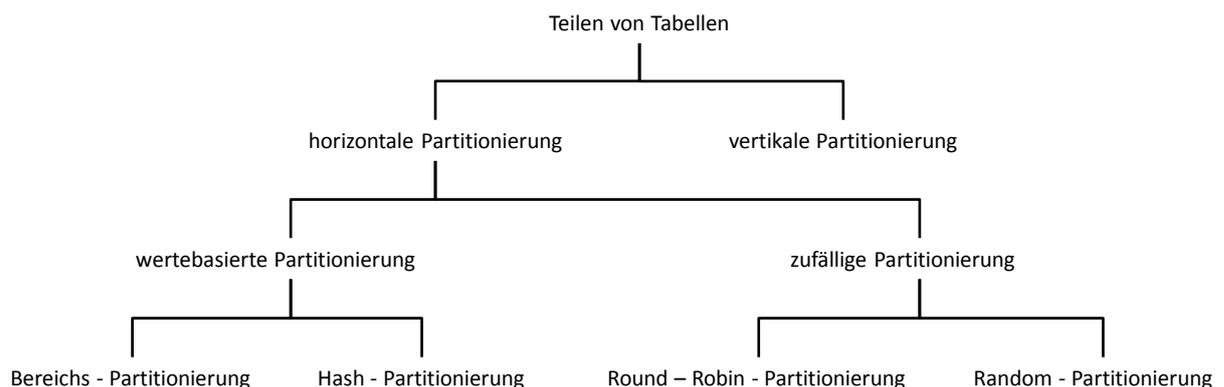
Die anschließende Optimierung des neu erstellten logischen Datenbankschemas soll unnötige Redundanzen in den Relationen der Datenbank entfernen. Zu deren bestmöglicher Beseitigung führte C. F. Codd die Normalenformlehre ein [KUDR07]. Sie umfasst insgesamt sechs Normalformen (1NF, 2NF, 3NF, BCNF, 4NF, 5NF), wovon die ersten drei in der Praxis eine besondere Bedeutung erlangt haben [SAAK10]. Eine Relation gilt als normalisiert, wenn sie die dritte Normalform erreicht hat [KUDR07].

### 2.4.5 Partitionierung von Datenbankmodellen

Steigendes Datenvolumen stellt immer höhere Anforderungen an die Datenverarbeitung in relationalen Datenbanken [NOWI01]. Hierbei stellt jedoch nicht das Datenvolumen selbst, sondern vielmehr die Anzahl an Tupeln einzelner Tabellen das Problem dar [KUES99]. Eine Partitionierung der Datenbestände kann die Verarbeitungseffizienz des DBS entscheidend beeinflussen [MUCK06]. Weiterhin ermöglichen Partitionen das Entnehmen von Stichproben aus der Datenmenge [ROES09]. Der Ursprung der Partitionierung liegt im Bereich verteilter und paralleler DBS. Hier werden Tabellen auf einzelne Rechnerknoten aufgeteilt, um durch eine Lastverteilung die Performance eines DBS zu steigern [KUDR07]. Eine Steigerung der Anfrageleistung durch Partitionierung ist jedoch auch bei nicht verteilten DBS möglich. Durch die Zerlegung einer Tabelle in physisch einzelne Teiltabellen (Partitionen), kann die zu durchsuchende Datenmenge reduziert und so eine schnellere Bearbeitung von Anfragen erreicht werden [NOWI01].

Partitionierung kann horizontal (entlang der Tupel) oder vertikal (entlang der Attribute) erfolgen [KUES99]. Da die vertikale Partitionierung in der Praxis nur bei langen Attributwerten (z.B. Binary Large Objects) von Bedeutung ist [NOWI01], soll sie hier nicht weiter ausgeführt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird unter dem Begriff Partitionierung stets die horizontale Partitionierung verstanden.

Partitionen können wertebasiert oder zufällig erstellt werden [KUES99]. Die folgenden Abschnitte sollen die verschiedenen Partitionierungsverfahren und -arten kurz vorstellen (vgl. Abbildung 17).



**Abbildung 17:** Partitionierungsverfahren und ihre Arten nach [NOWI01]

Das zufällige Partitionierungsverfahren wählt ein Fremdkriterium (z.B. Zufallszahl) um die Tupel zu unterteilen. Dadurch werden einerseits eine wiederholte Zuteilung eines Tupels zu einer Partition und andererseits ein anschließendes Nachvollziehen der Einteilung unmöglich. Als typische Partitionierungsarten dieses Verfahrens sind die

Round-Robin-Partitionierung und die Random-Partitionierung zu nennen. Dieses Partitionierungsverfahren wird nur im Falle einer parallelen Anfragebearbeitung verwendet [NOWI01].

Bei dem wertebasierte Partitionierungsverfahren wird zwischen der Bereichs- und der Hash-Partitionierung unterschieden. Bei der Hash-Partitionierung werden die Partitionen mit Hilfe der Hash-Funktion berechnet, wohingegen die Bereichs-Partitionierung die Partitionen auf Basis eines semantischen Kontexts aus einem oder mehreren Attributwerten bildet [KUDR07].

## 2.5 Fazit

Ein effektives und effizientes Management des Produktionsfaktors Information ist das Fundament für eine erfolgreiche Unternehmensentwicklung. Durch die Generierung und Verarbeitung von Unternehmensdaten können auf lange Sicht Wettbewerbsvorteile gegenüber Konkurrenten erzielt werden. Doch nicht nur unternehmensintern, sondern gerade im Bereich von SCs gilt es, durch die Planung und Organisation von Daten- und Informationsflüssen, Chancen und Risiken der Wertschöpfungskette zu erkennen und geeignete strategische Maßnahmen abzuleiten. Mit Hilfe eines unternehmensübergreifenden Informationssystems, das alle Mitglieder der SC miteinander vernetzt, ist es möglich, eine SC-übergreifende PPS durchzuführen und so Kapazitäten und Produktionsprogramme optimal abzustimmen. Grundlage eines solchen Informationssystems bildet eine Datenbank, deren konzeptuelles Schema im Rahmen dieser Arbeit erstellt werden soll. Da, je nach Größe der SC, enorme Datenmengen anfallen können, soll durch eine anschließende horizontale Partitionierung die weitere Verarbeitung der Daten ermöglicht werden.

### 3 Datenanalyse der PPS im Kontext von SCs

Um eine SC-übergreifende PPS durchführen zu können, bedarf es geeigneter Daten, die in diesem Kapitel ermittelt werden sollen. Vorab werden die Ziele und der Ablauf der PPS näher erläutert, um ein Verständnis für die Aufgaben und Prozesse der PPS zu schaffen. Aufbauend auf diesen werden zunächst erforderliche Daten für eine unternehmensinterne PPS herausgearbeitet. Anschließend werden diese um explizite Daten der unternehmensübergreifenden PPS erweitert. Abschließend soll auf die Problematik hinsichtlich der Verwaltung immenser Datenmengen in der Industrie eingegangen werden. In einschlägiger Fachliteratur wird häufig auf die Autoren Wiendahl [WIEN10] sowie Schuh und Stich [SCHU12a] verwiesen. Im Folgenden werden überwiegend diese zitiert.

#### 3.1 Ziele der PPS

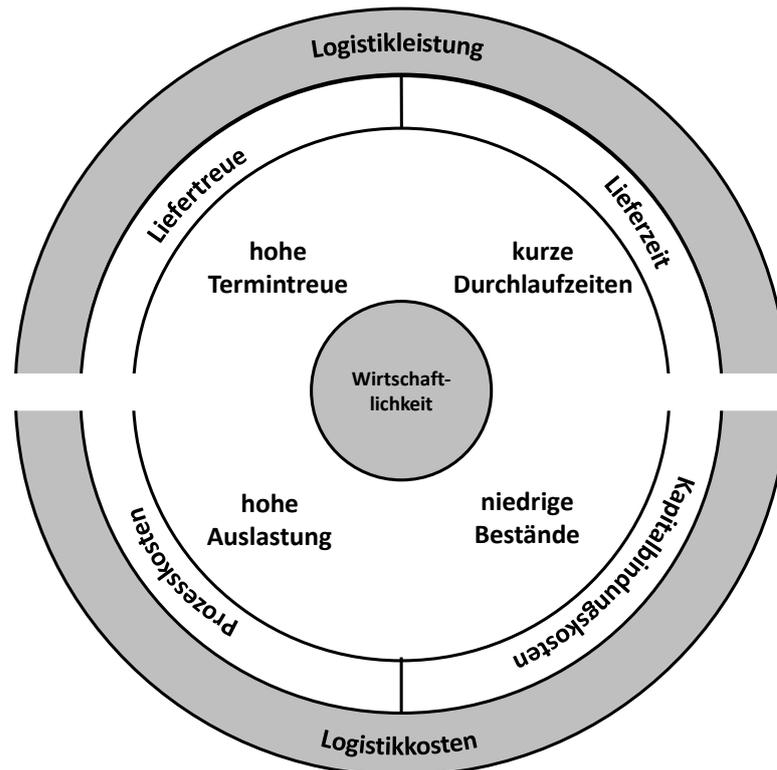
Da die PPS den operativen Aufgaben des SCM zugeordnet werden kann (vgl. Kapitel 2.3.5, „Die Produktionsplanung und -steuerung entlang von Supply Chains“), werden die folgenden Ziele auch bei einer unternehmensübergreifenden PPS verfolgt.

Im Mittelpunkt der PPS steht das Prinzip der Wirtschaftlichkeit  $W$ . Diese ist definiert als Quotient der erbrachten Leistung  $L$  (Output) eines Unternehmens und den dabei entstandenen Kosten  $K$  (Input) (vgl. Formel 2) [KURB05].

$$W = \frac{L}{K} \quad (2)$$

Je größer der Wert der Wirtschaftlichkeit dieser Gleichung ist, desto positiver wirkt sich dies auf ein Unternehmen aus [ZAEP01]. Wiendahl [WIEN10] nutzt dieses Wirtschaftlichkeitsprinzip als Grundlage für sein Zielsystem der PPS (vgl. Abbildung 18). Er beschreibt und verwendet hier die Begriffe „Logistikleistung“ und „Logistikkosten“. Um die Wirtschaftlichkeit einer Unternehmung zu steigern ist folglich eine Maximierung der Logistikleistung, bei gleichzeitiger Minimierung der Logistikkosten anzustreben. Die Logistikleistung wird vom Markt anhand der Liefertreue und Lieferzeit eines Unternehmens wahrgenommen und bewertet. Eine hohe Liefertreue bedingt eine hohe Termintreue bei der Abwicklung interner Aufträge. Eine kurze Lieferzeit wiederum erfordert kurze Durchlaufzeiten in allen Bereichen der Produktion. Als Logistikkosten lassen sich Kapitalbindungs- bzw. Wagniskosten und Prozesskosten identifizieren [WIEN10]. Um auf der Basis von Kosten Produktionspläne aufzustellen, müssten zum Zeitpunkt der Planung alle Kosteninformationen vorliegen [KURB05]. Dies ist jedoch nicht möglich, da sich Kosten einerseits auf Grund ihres Opportunitätskostencharakters oftmals gar

nicht vollständig erfassen lassen und andererseits bestimmte Kosten nicht prognostiziert werden können [STIG10], [KURB05]. Aus diesem Grund zieht die PPS Ersatzziele heran, die in einem nachweisbaren oder vermuteten Zusammenhang mit den Kostenzielen stehen [KURB05]. Diese Ersatzziele sind nach Wiendahl [WIEN10] eine hohe Auslastung und niedrige Bestände.



**Abbildung 18:** Zielsystem der PPS nach [WIEN10]

Diese vier Ziele (hohe Termintreue, kurze Durchlaufzeiten, hohe Auslastung, niedrige Bestände) werden als logistische Zielgrößen bezeichnet [WIEN10]. Sie führen zu einem internen Zielkonflikt, der aus den unterschiedlichen Interessen der Kunden und des Unternehmens resultiert. Der Kunde fordert eine hohe Logistikleistung, wohingegen die Unternehmen versuchen die Logistikkosten zu minimieren [KURB05]. Durch einen schnellen Durchlauf der Aufträge durch das Unternehmen liegt das bestellte Produkt dem Kunden möglichst frühzeitig vor (kurze Durchlaufzeiten). Kurze Durchlaufzeiten erfordern geringe Materialbestände, die wiederum einen negativen Einfluss auf die Termintreue haben. Der Kunde erwartet indes die Einhaltung der zugesagten Liefertermine (hohe Termintreue). Weiter verfolgen Unternehmen ihrerseits das Ziel niedriger Kapitalbindungskosten, die sich durch niedrige Bestände erreichen lassen. Außerdem zielen Unternehmen auf eine hohe Auslastung der Kapazitäten ab, da somit

Stillstandkosten vermieden werden können. Um jedoch eine hohe Kapazitätsauslastung zu erreichen bedarf es hoher Materialbestände. Dieser Konflikt wird als das „Dilemma der Produktionssteuerung“ bezeichnet [WIEN10].

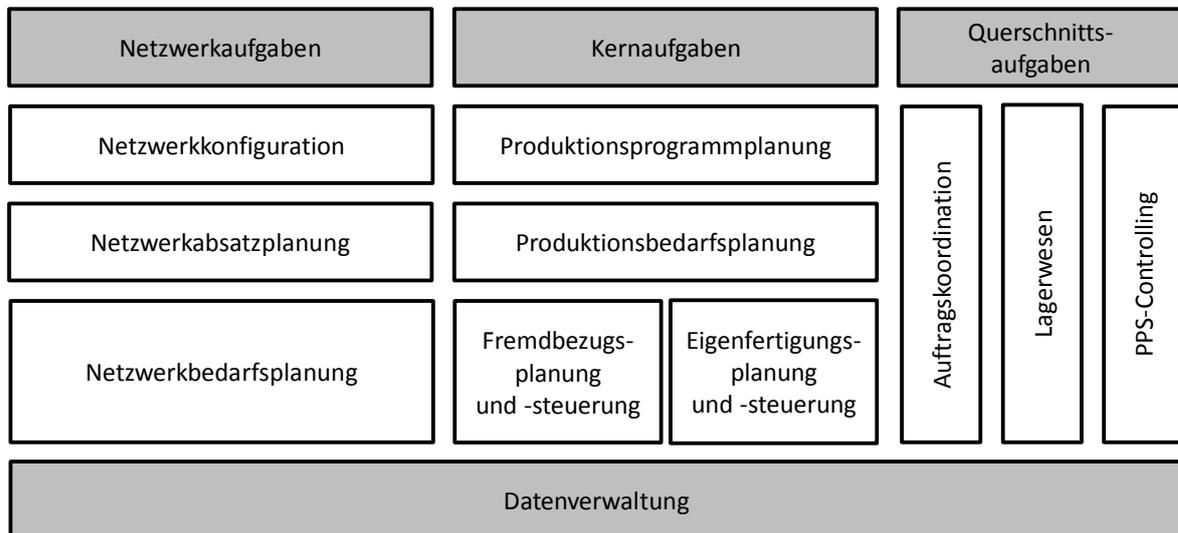
Generell ist festzustellen, dass die marktbezogenen Zielgrößen Liefertreue und Lieferzeit immer weiter in den Vordergrund rücken. In den 1980ern/1990ern hingegen stand eine hohe Auslastung der Betriebsmittel im Mittelpunkt [KURB05], [WIEN10]. Weiter ist festzuhalten, dass sich die PPS mit täglich wechselnden logistischen und wirtschaftlichen Zielsetzungen beschäftigt. Dies macht die PPS zu einer sehr komplexen Aufgabe, für die es auf Grund der zuvor beschriebenen Zielkonflikte keine optimale Lösung geben kann [WIEN10].

### 3.2 Ablauf der PPS

Obgleich es für das beschriebene Zielsystem keine optimale Lösung gibt (vgl. Kapitel 3.1, „Ziele der PPS“), wird im Rahmen der PPS versucht die logistischen Zielgrößen bestmöglich aufeinander abzustimmen. Hierfür wird der Aufgabenbereich in einzelne Module unterteilt [WIEN10]. Grundsätzlich ist die PPS für die termin-, kapazitäts- und mengenbezogene Planung und Steuerung der Fertigungs- und Montageprozesse zuständig [EVER02]. Hierbei ist die Gestaltung des Inhalts und der Einzelprozesse der Fertigung und der Montage Teil der Produktionsplanung. Die Produktionssteuerung regelt die Reihenfolge und Zuordnung der Teilprozesse zu den jeweiligen Produktionsfaktoren. Sie hält sich dabei an die Restriktionen der Produktionsplanung und bezweckt eine bestmögliche Erfüllung der logistischen Zielgrößen [SCHU12a].

Untersuchungen der RWTH Aachen ergaben, dass diese Aufgaben in Unternehmen nicht sukzessiv, sondern in einer modularen Aufgabenstruktur abgearbeitet werden. Um die einzelnen Aufgabenmodule zu veranschaulichen, entwickelte die RWTH Aachen das Aachener PPS-Modell (vgl. Kapitel 2.3.5, „Die Produktionsplanung und -steuerung entlang von Supply Chains“). Der Leitgedanke des Modells ist die Idee, dass jeder Teilbereich der Produktion als Lieferant eines abnehmenden Bereichs fungiert [WIEN10]. Es kann von einer unternehmensinternen Lieferkette gesprochen werden. Auf Grund der steigenden Kundenanforderungen sowie der Internationalisierung der Beschaffungs- und Absatzmärkte haben die produzierenden Unternehmen ihre Fertigungstiefe kontinuierlich reduziert und die entsprechenden Produktionsbereiche ausgelagert. Sie sind folglich zunehmend Teil einer Wertschöpfungskette [SCHU12a].

Infolgedessen haben Schuh und Stich [SCHU12a] das Aachener PPS-Modell mit seinen Kern- und Querschnittsaufgaben um die Gruppe der Netzwerkaufgaben erweitert (vgl. Abbildung 19).



**Abbildung 19:** Aachener PPS-Modell nach [SCHU12a]

Die drei Netzwerkaufgaben „Netzwerkkonfiguration“, „Netzwerkabsatzplanung“ sowie „Netzwerkbedarfsplanung“ beschäftigen sich mit den Planungsaufgaben, die sich auf die SC beziehen. Hierfür ist unter Umständen eine intensive Abstimmung unter den Mitgliedern der SC notwendig. Alternativ kann eine zentrale Planungsinstanz diese Aufgaben übernehmen [SCHU12a]. Die Kernaufgaben beziehen sich auf den eigentlichen Prozess der Produkterstellung. Sie zielen auf eine unternehmensinterne Optimierung der entsprechenden Prozesse ab. Den Querschnittsaufgaben kommen bereichsübergreifende Aufgaben zu, die der Effizienzsteigerung der SC dienen. Die Datenverwaltung wird allen drei Aufgabengruppen zugerechnet, da diese für die erfolgreiche Ausführung ihrer Aufgaben auf die vorhandenen Datenbestände zurückgreifen müssen (vgl. Kapitel 2.3.5, „Die Produktionsplanung und -steuerung entlang von Supply Chains“). Die einzelnen Aufgaben der jeweiligen Bereiche sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Die Netzwerkaufgaben beziehen sich auf inter- und intraorganisationale SCs. Sie stehen jedoch in gegenseitigen Abhängigkeiten zu einzelnen Kernaufgaben, bzw. weisen Pendanten zu diesen auf. Die folgenden Erläuterungen der Netzwerkaufgaben beziehen sich auf die Ausarbeitungen von Schuh und Stich [SCHU12a]. Abweichende Literaturquellen werden angegeben.

Die *Netzwerkkonfiguration* unterstützt die einzelnen Unternehmen der SC sowohl hinsichtlich ihrer Positionierung unter den Wertschöpfungspartnern als auch bei der Suche nach möglichen Netzwerkpartnern. Das Ziel des Aachener PPS-Modells ist dabei nicht die Konfiguration einer kompletten SC durch eine zentrale Planungsinstanz, sondern die Bildung einer SC durch ein individuelles Einordnen der einzelnen Mitglieder. Dennoch besitzen diese Aufgaben auch Gültigkeit im Falle einer zentralen Aufstellung der SC durch eine übergeordnete Instanz. Die Netzwerkkonfiguration gliedert sich hierfür in die Aufgaben der Netzwerkauslegung und der Produktionsprogrammplanung. Zu den Aufgaben der Netzwerkauslegung gehört es, Entscheidungen über das zukünftige Produktprogramm zu treffen und somit die Fertigungstiefe des Unternehmens festzulegen. Weitere Entscheidungen betreffen den angehenden Produktionsstandort und mögliche Netzwerkpartner. Auf die Produktionsprogrammplanung wird im weiteren Verlauf des Kapitels näher eingegangen, da diese auch eine der Kernaufgaben darstellt.

Die *Netzwerkabsatzplanung* bezieht sich auf ein Aufgabengebiet, das ursprünglich dezentral in jedem einzelnen Unternehmen durchgeführt wurde. In der Netzwerkabsatzplanung wird der voraussichtliche Absatz jedoch unternehmensübergreifend ermittelt. Diese Absatzplanung orientiert sich rein an den Nachfragemengen des Endprodukts (Demand Chain Management, vgl. Kapitel 2.3.3, „Der Informationsfluss in Supply Chains“).

Als letzter Schritt der Netzwerkaufgaben erfolgt die *Netzwerkbedarfsplanung*. Notwendige Eingangsgrößen hierfür werden durch die Netzwerkkonfiguration sowie die Netzwerkabsatzplanung geliefert. Um die Bedarfsdeckung sicherzustellen, müssen nun die benötigten Bedarfe aus den prognostizierten Absatzmengen ermittelt und auf die entsprechenden SC-Partner verteilt werden. Dies erfordert eine unternehmensübergreifende Kapazitätsplanung. Die zur Verfügung stehenden Kapazitäten, Ressourcen und Bestände müssen den erwarteten Belastungen gegenübergestellt werden, um so eine gleichmäßige Belastung der Ressourcen innerhalb der SC zu erreichen. Bei der anschließenden Netzwerkbedarfsallokation werden den einzelnen Unternehmen der SC Produktionsaufträge zugewiesen. Diese Zuteilung erfolgt auf Primärbedarfsebene und berücksichtigt die ermittelten lokalen Produktionskapazitäten. Unter Primärbedarf wird der Bedarf an verkaufsfähigen Erzeugnissen verstanden. Hierbei wird zwischen Brutto- und Nettobedarf differenziert. Der Nettobedarf berechnet sich aus der Differenz des Bruttobedarfs und dem verfügbaren Lagerbestand [WIEN10]. Die abschließende Netzwerkbeschaffungsplanung ermittelt den Sekundärbedarf der SC [SCHU12a]. Der Sekundärbedarf gibt Auskunft über benötigte Rohstoffe und Teile des Primärbedarfs [WIEN10]. Bei der Herstellung ähnlicher Güter und Erzeugnisse kann dies von

Vorteil sein, da gleichartige Nettosekundärbedarfe standortübergreifend beschafft werden können, was wiederum zu erheblichen Einsparungen führen kann. Eine Feinabstimmung für die genannten Aufgaben erfolgt auf lokaler Ebene und wird über die Kernaufgaben abgedeckt.

Die Kernaufgaben der PPS befassen sich mit dem Produkterstellungsprozess auf lokaler Ebene (unternehmensintern). Sie können auf den Ergebnissen der globalen Planung (unternehmensübergreifend) aufbauen.

Die *Produktionsprogrammplanung*, die auch in der Netzwerkkonfiguration vertreten ist, beschäftigt sich mit der Abstimmung des Vertriebs, der Produktion sowie der Beschaffung, um aus den vorliegenden Kundenaufträgen ein durchführbares Produktionsprogramm abzuleiten. Ausgangsbasis für die Produktionsprogrammplanung stellen Kundenaufträge und Absatzprognosen [WIEN10]. Unter Umständen können auch die prognostizierten Absatzmengen der Netzwerkabsatzplanung als Grundlage für die Produktionsprogrammplanung dienen [SCHU12a]. Dieser Bruttoprimarybedarf wird nun durch die Berücksichtigung der eigenen Lagerbestände in einen Nettoprimärbedarf transformiert. Anhand dieses Nettoprimärbedarfs wird ein Produktionsprogramm vorgeschlagen, das die Herstellung der Erzeugnisse nach Art, Menge und Termin festlegt [WIEN10]. Durch eine anschließende Ressourcengrobplanung wird das vorgeschlagene Produktionsprogramm auf seine Realisierbarkeit überprüft. Sollte eine Deckung des Primärbedarfs nicht gewährleistet sein, muss das Produktionsprogramm oder die Ressourcenbereitstellung überdacht werden [SCHU12a]. Ziel der Produktionsprogrammplanung ist eine hohe Kapazitätsauslastung, um somit eine konstante Beschäftigung zu bewirken [SCHN05].

In der anschließenden *Produktionsbedarfsplanung* muss ein Beschaffungsprogramm erstellt werden, das eine Durchführung des entwickelten Produktionsprogramms sicherstellt [SCHU12a]. Eingangsinformation ist der Nettoprimärbedarf der Produktionsprogrammplanung. Hieraus wird der entsprechende Nettoprimär- bzw. -sekundärbedarf abgeleitet. Die Produktionsbedarfsplanung berücksichtigt alle Mittel, die in den Produktionsprozess einfließen [WIEN10]. Das Beschaffungsprogramm ist unterteilt in ein Fremdbezugs- und ein Eigenfertigungsprogramm [SCHU12a].

Das Beschaffungsprogramm der Produktionsbedarfsplanung bildet die Eingangsinformation für die *Fremdbezugsplanung und -steuerung*. Es gibt Auskunft darüber welche Erzeugnisse in welcher Menge zu welchem Termin zu beschaffen sind. Da immer mehr Produktionsprozesse ausgelagert werden, gewinnt die Fremdbezugsplanung und -steuerung zunehmend an Bedeutung [SCHU12a]. Häufig führt eine falsche Koordination des Fremdbezugs zu hohen Lagerbeständen und somit zu hohen Kapitalbindungskosten im Unternehmen. Somit haben eventuelle Fehlentscheidungen in diesem

Aufgabenbereich einen überdurchschnittlich negativen Einfluss auf den Unternehmenserfolg [WIEN10]. In der *Eigenfertigungsplanung und -steuerung* werden dementsprechend Erzeugnisse berücksichtigt, die im Unternehmen selbst hergestellt werden [WIEN10]. Die bei der Produktionsbedarfsplanung ermittelten Daten bieten nur Anhaltspunkte, da zum Planungszeitpunkt keine genauen Angaben über das jeweilige Kapazitätsangebot etc. vorliegen. Aus diesem Grund findet im Rahmen der Eigenfertigungsplanung und -steuerung eine feinere Abstimmung der Termine und Kapazitäten statt [SCHU12a].

Die Querschnittsaufgaben dienen vor allem der Optimierung der PPS. Sie können sowohl für Netzwerk- als auch für Kernaufgaben von Relevanz sein.

Die *Auftragskoordination* ist für die Abstimmung der Bereiche zuständig, die an einem Auftrag beteiligt sind. Sie bezieht sich auf unterschiedliche Unteraufgaben der Netzwerk- und Kernaufgabengebiete. Von besonderer Bedeutung ist sie jedoch im Bereich der Fremdbezugsplanung und -steuerung [WIEN10]. Vor allem fällt ihr in diesem Zusammenhang die Überwachung des aktuellen Auftragsbearbeitungszustands zu. Die Fachliteratur bezeichnet dies auch häufiger als Auftragsverfolgung, Monitoring oder Tracking & Tracing [SCHU12a].

An den Schnittstellen zwischen den SC-Partnern werden i.d.R. Lager eingerichtet, um schneller auf Bedarfsschwankungen des Abnehmers reagieren zu können. Da die Fertigungstiefe zunehmend reduziert wird und so die Anzahl an Lieferanten für jedes Unternehmen steigt, gewinnt das *Lagerwesen* immer mehr an Bedeutung. Das Ziel des Lagermanagements ist es, zum richtigen Zeitpunkt die geforderten Bestände in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen. Ein effizientes Lagermanagement gewährleistet demnach eine hohe Lieferfähigkeit bei minimalen Lagerkosten [SCHU12a]. Den Großteil dieser Lagerkosten bestimmen die Kapitalbindungskosten.

Die dritte Querschnittsaufgabe ist das *PPS-Controlling*. Much und Nicolai [MUCH95] sehen die Aufgabe des PPS-Controlling in der Erarbeitung und Bereitstellung verständlicher Informationen, um so eine Steigerung der Transparenz des Unternehmens bzw. der SC zu bewirken. Durch das Aufzeigen relevanter Informationen soll die Leistung der SC bewertet werden können, um so Maßnahmen für eine Flexibilitätssteigerung der SC abzuleiten [SCHU12a].

Die *Datenverwaltung* kann weder den Netzwerk-, noch den Kern- oder den Querschnittsaufgaben zugeordnet werden. Alle drei Aufgabenbereiche greifen auf den Datenbestand zu, weshalb der Datenverwaltung eine besondere Bedeutung zuteil kommt. Die Aufgabe besteht darin sämtliche Daten, die für die PPS benötigt werden, zu speichern und zu pflegen. Diese Daten liegen meist in einer relationalen Datenbank

vor [SCHU12a]. Bevor im Rahmen dieser Arbeit ein konzeptuelles Schema der Datenbank erstellt werden kann müssen zunächst relevante Daten für die PPS ermittelt werden.

### 3.3 Analyse der benötigten Daten für die unternehmensinterne PPS

Für die aufgezeigten Aufgaben und Prozesse innerhalb der PPS werden fundierte Daten benötigt, um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen [WIEN10]. Die Netzwerkaufgaben des Aachener PPS-Modells beziehen sich ausschließlich auf eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit der SC-Partner (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“) und stehen somit im Fokus dieser Arbeit. Da die beschriebenen Netzwerkaufgaben jedoch in Interdependenzen zu den Kernaufgaben stehen und diesen als Eingangsinformationen dienen (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“), werden vorerst die hierfür benötigten Daten herausgearbeitet.

Da aus Daten Informationen gewonnen werden (vgl. Kapitel 2.1, „Begriffliche Grundlagen des Informationsmanagements“), die als Grundlage für zukünftige Unternehmensentscheidungen dienen [BIET04], ist eine entsprechende Datenqualität unabdingbar. Die Deutsche Gesellschaft für Informations- und Datenqualität e.V. (DGIQ) [DGIQ07] erarbeitete für diesen Zweck 15 Dimensionen der Informationsqualität (vgl. Anhang B). Da die zu ermittelnden Daten die Grundlage für die Informationen liefern, können die 15 Dimensionen der Informationsqualität teilweise auf die Datenqualität übertragen werden. Sie sind bei der Erarbeitung der benötigten Daten stets zu berücksichtigen. Daten für die PPS lassen sich grundsätzlich in Stamm- und Bewegungsdaten unterteilen [LUCZ99], [SCHU12a]. Auf die Stammdaten wird während des gesamten Planungsprozesses permanent zurückgegriffen. Sie weisen eine hohe Lebensdauer auf und unterliegen nur selten Änderungen [SCHU12a]. Umso wichtiger ist es, dass sie den Anforderungen der Dimensionen „Vollständigkeit“ und „Fehlerfreiheit“ genügen (vgl. Anhang B). Unvollständige und falsche Stammdaten können erhebliche Auswirkungen auf das Ergebnis der PPS und somit den Unternehmenserfolg haben [KURB05]. Die Dimension der Fehlerfreiheit impliziert in diesem Fall die 13. Dimension „Aktualität“. Da Stammdaten kaum geändert werden, führt eine unterlassene Aktualisierung zu einem andauernden Fehler der Daten. Bewegungsdaten hingegen werden für eine begrenzte Zeitdauer angelegt und sind durch einen Zeitbezug (z.B. Lagerbestand, der sich auf einen bestimmten Zeitpunkt bezieht) und einen Statuszustand (z.B. Auftrag, der „gesperrt“, „freigegeben“ o.Ä. ist) charakterisiert [SCHU12a]. Neben der Vollständigkeit und Fehlerfreiheit sind für die Bewegungs-

daten auch die Dimensionen der einheitlichen Darstellung und Aktualität von besonderer Relevanz. Bewegungsdaten beziehen sich immer auf gespeicherte Stammdaten [SCHU12a].

Tabelle 5 zeigt die zur PPS benötigten Stamm- und Bewegungsdaten innerhalb eines Unternehmens.

**Tabelle 5:** Stamm- und Bewegungsdaten in der PPS in Anlehnung an [SCHU12a], [KURB05]

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Stammdaten     | Produktdaten             |
|                | Ressourcendaten          |
|                | Stücklisten              |
|                | Arbeitspläne             |
|                | Kundendaten              |
|                | Lieferantendaten         |
| Bewegungsdaten | Lagerbestandsdaten       |
|                | Produktionsauftragsdaten |
|                | Betriebsdaten            |

Im Folgenden werden diese Daten – beginnend mit den Stammdaten – weiter ausgeführt. Die Erklärungen beziehen sich auf die entsprechende Literatur von Schuh und Stich [SCHU12a]. Abweichende Quellen werden angegeben.

Unter dem Begriff *Produktdaten* werden alle Produkte, Erzeugnisse, Materialien und Dienstleistungen erfasst, die zur Erstellung des Endprodukts benötigt werden. Sie lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien differenzieren. Mögliche Differenzierungsmerkmale sind die Beschaffungsart (Eigenfertigung, Fremdfertigung, etc.), der Grad der Bearbeitung (Baugruppen, Einzelteile, etc.) und der Verwendungszweck. Produktdaten werden vor allem für die Kernaufgaben der PPS benötigt. Während die Produktionsprogrammplanung lediglich auf die Endprodukte (Primärbedarf) zugreift, verwenden die Produktionsbedarfsplanung, die Fremdbezugsplanung und -steuerung sowie die Eigenfertigungsplanung und -steuerung auch Daten für Zwischenerzeugnisse (Sekundärbedarf) (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Die Produktdaten enthalten allgemeine Informationen (Produktnummer, Bezeichnung, Volumen), die im gesamten Unternehmen Gültigkeit besitzen [GRON04].

*Ressourcendaten* enthalten einerseits Informationen über die im Unternehmen vorhandenen Arbeitsplätze, d.h. Maschinen und deren Aggregation zu Maschinengruppen, sowie andererseits über das zur Verfügung stehende Personal. Das Kapazitätsangebot eines Arbeitsplatzes bildet hierbei einen wichtigen Bestandteil der gespeicherten Daten und berechnet sich aus dem Leistungsvermögen der jeweiligen Maschine,

einem Betriebskalender und einem darin enthaltenen Schichtmodell. Auch die Ressourcendaten finden hauptsächlich Verwendung für die Kernaufgaben der PPS. Ein ständiger Abgleich der verfügbaren Kapazitäten mit den anfallenden Belastungen ist ein zentraler Aspekt aller Kernaufgaben (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Die Abstimmung der Kapazitäten erfordert mit jedem weiteren Schritt detailliertere Daten (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“).

*Stücklisten* dienen der Abbildung der Erzeugnisstruktur eines Produkts unter Angabe der Bezeichnung, der Menge und der Einheit des zu verarbeitenden Produkts. Je nach Aufbau und Einsatzzweck lassen sich unterschiedliche Stücklistentypen unterscheiden. Beispiele hierfür sind Mengenübersichtsstücklisten, Baukastenstücklisten und Strukturstücklisten [DIN02]. Mit Hilfe dieser Erzeugnisstrukturen lässt sich für die Produktionsbedarfsplanung ein entsprechender Sekundärbedarf aus dem vorgegebenen Primärbedarf ableiten [KIEN09]. Weiter unterstützt diese Erzeugnisstruktur im Rahmen der Produktionsprogrammplanung eine Ressourcengrobplanung, da somit Einblick in vorgelagerte Produkte ermöglicht wird.

*Arbeitspläne* bestehen aus einzelnen Arbeitsvorgängen, die die Produktionsprozesse eines Produktes abbilden. Jedem Arbeitsvorgang ist eine Produktionsressource zugewiesen. Weitere Daten eines Arbeitsvorgangs sind die Liege-, Transport-, Rüst- und Bearbeitungszeit. Diese Zeitkomponenten dienen zur Berechnung der Durchlaufzeit [WIEN10]. Die Durchlaufzeit ist definiert als die Zeitspanne zwischen dem Bearbeitungsende eines Arbeitsvorgangs und dem Bearbeitungsende seines Vorgängers (vgl. Formel 3) [NYHU10].

$$DLZ = TBE - TBEV \quad (3)$$

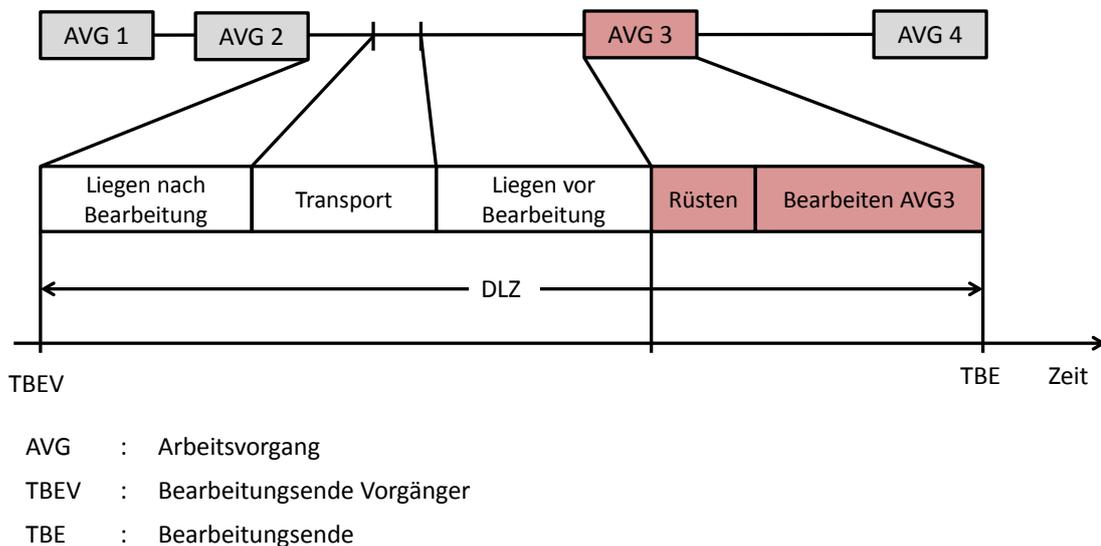
mit den Bestandteilen

*DLZ = Durchlaufzeit (Arbeitsvorgang)*

*TBE = Termin Bearbeitungsende eines Arbeitsvorgangs*

*TBEV = Termin Bearbeitungsende des Vorgänger – Arbeitsvorganges*

Abbildung 20 veranschaulicht die Berechnung der Durchlaufzeit.



**Abbildung 20:** Durchlaufzeitanteile in Anlehnung an [NYHU10]

Weiter lässt sich aus Abbildung 20 erkennen, dass die Durchlaufzeit als Summe der Zeitkomponenten Liege-, Transport-, Rüst- und Bearbeitungszeit berechnet werden kann [NYHU10], [WIEN10]. Die Daten der Arbeitspläne werden ebenfalls hauptsächlich für die Kernaufgaben des Aachener PPS-Modells verwendet. Die Durchlaufzeit entspricht der Belastung, die ein Produktionsprozess an einer Ressource verursacht. Mit diesen Werten lässt sich somit eine Kapazitätsabstimmung durchführen [WIEN10]. Die *Kundendaten* enthalten alle relevanten Angaben zu ehemaligen, bestehenden und potenziellen Geschäftspartnern. Als Beispiele für essenzielle Informationen sind hier die unterschiedlichen Adressen (Rechnungs-, Lieferadresse, etc.) der Kunden sowie die entsprechenden Ansprechpartner anzuführen. Da bei der PPS innerhalb eines Unternehmens von einer internen Lieferkette gesprochen werden kann (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“), beziehen sich die Kundendaten auch auf unternehmensinterne Produktionsbereiche.

Die Analogie zu den Kundendaten bilden die *Lieferantendaten*. Hier werden anstelle der Vertriebsgeschäftspartner Einkaufsgeschäftspartner mit ihren jeweiligen Produkten, Qualitätsnormen, Zahlungsbedingungen etc. verwaltet. Auch hier beziehen sich Lieferantendaten auf abnehmende Produktionsbereiche (vgl. Kundendaten).

Nach den Stammdaten folgt nun die Gruppe der Bewegungsdaten.

*Lagerbestandsdaten* werden für alle Produkte angelegt und geben Auskunft über Zu- und Abgänge sowie den aktuellen Bestand. Die Lagerbestandsdaten stehen in einer eindeutigen Relation zu den Produktdaten (1:1 – Beziehung). Wie bereits erwähnt sen-

ken Unternehmen ihre Fertigungstiefe was dazu führt, dass dem Lagerwesen ein immer höherer Stellenwert in der PPS zugeschrieben wird (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Anhand dieser Daten bestimmen die Produktionsprogrammplanung und die Produktionsbedarfsplanung aus dem jeweiligen Bruttobedarf den Nettobedarf der benötigten Produkte (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“).

Eine weitere Art der Bewegungsdaten sind die *Produktionsauftragsdaten*. Sie dienen der Koordination des Auftragsabwicklungsprozesses und werden deshalb vor allem von der Querschnittsaufgabe Auftragskoordination benötigt (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Bei Auftragsdaten muss zwischen unterschiedlichen Aufträgen differenziert werden. Die PPS verwendet Kundenaufträge, Fertigungsaufträge und Bestellaufträge. Da die Produktionsprogrammplanung auch auf Absatzprognosen basiert (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“), werden diese wie Kundenaufträge behandelt und zählen somit zur Gruppe der Auftragsdaten.

*Betriebsdaten* geben Auskunft über zeitliche, mengenmäßige und kapazitive Zustände, die während des Produktionsprozesses auftreten. Diese Daten werden automatisch erfasst und an das Informationssystem zurückgemeldet. Sie werden hauptsächlich im Rahmen der Kapazitätsplanung verwendet.

Diese Daten bilden die Grundlage für eine unternehmensinterne PPS.

### 3.4 Analyse der benötigten Daten für die PPS entlang einer SC

Die in Kapitel 3.3 aufgezeigten Stamm- und Bewegungsdaten dienen einer PPS auf lokaler Ebene. Sie müssen um die Daten erweitert werden, die zur Erfüllung der Netzwerkaufgaben benötigt werden. Schuh und Stich [SCHU12a] führen keine Daten an, die explizit für die Netzwerkaufgaben notwendig sind. Sie bemerken lediglich Pendant zwischen den Netzwerk- und Kernaufgaben (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). So umfasst die Netzwerkkonfiguration auf der globalen Ebene denselben Aufgabenbereich wie die Produktionsprogrammplanung auf der lokalen Ebene. Des Weiteren ist auf beiden Ebenen eine Bedarfsplanung zu finden (Netzwerkbedarfsplanung, Produktionsbedarfsplanung) (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Folglich sind alle Daten, die für die beiden Kernaufgaben benötigt werden auch für die Netzwerkaufgaben von Relevanz. Hierunter fallen alle Daten, die in Kapitel 3.3 erläutert wurden.

Alicke [ALIC05] erweitert diese Daten um die Abbildung des Logistiknetzwerks. Hierzu gehören Informationen zu Lieferanten- und Kundenbeziehungen zwischen den jeweiligen Herstellern sowie entsprechende Transportzeiten, -frequenzen und -modi zwischen diesen. Diese Informationen werden zu den Stammdaten gezählt.

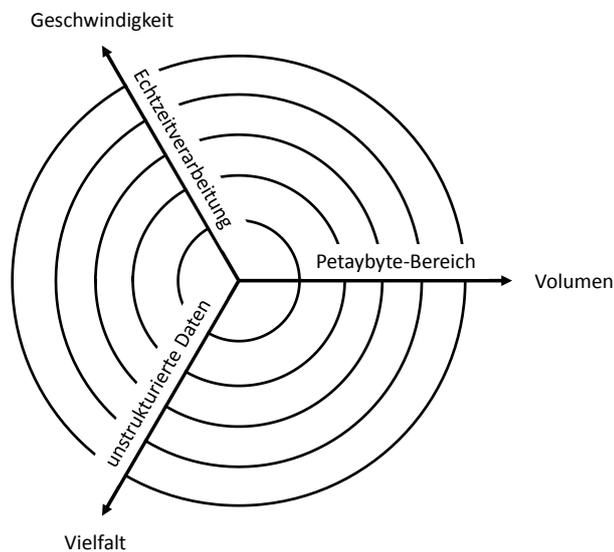
Weiter führt Alicke [ALIC05] für jede Datengruppe mögliche Attribute an, auf die an dieser Stelle allerdings nicht einzeln eingegangen wird. Somit sind nun alle benötigten

Daten für eine PPS entlang einer SC bestimmt. Tabelle 18 (vgl. Anhang C) fasst das Ergebnis zusammen. Die Daten wurden in drei Gliederungsebenen unterteilt. Hierbei differenziert die erste Gliederungsebene zwischen Stamm- und Bewegungsdaten. Auf der zweiten Gliederungsebene befinden sich die Daten aus Kapitel 3.3, bevor auf der dritten Gliederungsebene die entsprechenden Attribute nach Aliche [ALIC05] aufgezeigt werden. Die Bezeichnungen der Daten und Attribute auf der zweiten und dritten Gliederungsebene sind nicht als feststehend zu betrachten. Sie können individuell abgeändert oder erweitert werden.

### 3.5 Problematik von großen Datenmengen

Die Datenverwaltung als Aufgabe des Aachener PPS-Modells ist für die Verwaltung und Pflege der ermittelten Daten aus Tabelle 18 (vgl. Anhang C) verantwortlich (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Je nach Unternehmen können hier riesige Datenmengen anfallen [FREY14]. Das Gewinnen von Informationen aus diesen Daten (vgl. Kapitel 3.4, „Analyse der benötigten Daten für die PPS entlang einer SC“) kann dadurch unter Umständen schwierig bis nahezu unmöglich werden [MADD12]. Durch eine zunehmende Automatisierung in den Produktionsbereichen können bspw. mit Hilfe von RFID-Chips, Sensoren und stetig wachsenden Speichermedien immer mehr Daten aufgezeichnet werden [FREY14], [KLEI14]. Sämtliche Industriebereiche sind mit der Herausforderung konfrontiert die Produktivität, Effizienz und Flexibilität zu steigern, um trotz der zunehmenden Komplexität der Märkte wettbewerbsfähig zu bleiben. Mit Hilfe der Informationstechnik war es in den Anfängen der Produktionsautomatisierung möglich Fertigungsprozesse auf einzelnen Produktionssystemen zu automatisieren. Durch den raschen Entwicklungsfortschritt in diesem Bereich sind heutzutage ganze Fabriken mit entsprechender Technik ausgestattet. Durch geeignete Softwaresysteme kann eine Abstimmung sämtlicher Bauteile, Komponenten, Werkzeuge, Transportcontainer und Maschinen gewährleistet werden. Sämtliche Betriebsmittel stehen somit in einem permanenten Datenaustausch miteinander und sorgen für immense Datenmengen. Eine derartige Ausstattung ist in Fabriken heutzutage Stand der Technik [RUSS13]. Dadurch können Datenmengen im mehrstelligen Petabyte-Bereich generiert werden, deren Analyse mit herkömmlichen Datenbanken nicht mehr möglich ist [MADD12]. Diese Datenmengen werden mit dem Begriff „Big Data“ bezeichnet. Der Ursprung des Begriffs ist nicht eindeutig geklärt [KLEI14]. Eine viel genannte Beschreibung der Eigenschaften von Big Data geht jedoch auf das Unternehmen Gartner [GART11] zurück. Gartner stützt seine Aussagen auf einen Forschungsbericht von

Laney [LANE01]. Dieser beschrieb die Herausforderungen des Big Data in drei Dimensionen. Diese drei Dimensionen „Volume“, „Velocity“ und „Variety“ werden in dem 3V-Modell abgebildet (vgl. Abbildung 21).



**Abbildung 21:** 3V-Modell nach [GART11]

Hierbei beschreibt die Dimension „Volumen“ (engl. „volume“) das stetig ansteigende Volumen der Daten. Als Beispiel werden ca. 200 Mio. Emails genannt, die weltweit pro Minute verschickt werden. Die zweite Dimension „Geschwindigkeit“ (engl. „velocity“) umfasst zwei Gesichtspunkte. Einerseits die Geschwindigkeit, mit der die Datenmengen anwachsen, andererseits die anschließende Verarbeitung dieser Daten. Mit der letzten Dimension „Vielfalt“ (engl. „variety“) wird auf die Vielzahl der unterschiedlichen Daten eingegangen. Diese liegen oft in unstrukturierter Form vor und stellen besonders für traditionelle DBS eine Herausforderung dar. Zum besseren Verständnis soll hier das Beispiel einer Email angeführt werden. Der Kopf einer Email bildet einen strukturierten Teil, wohingegen der eigentliche Inhalt unstrukturiert ist. Er kann sämtliche Datentypen ohne erkennbares Muster enthalten [KLEI14].

Die Generierung von Wissen aus diesen Datenmengen wird als „Knowledge Discovery in Databases (KDD)“ bezeichnet [MAND00]. Genauer bezeichnen Frawley et al. diesen Prozess als einen Prozess der (semi-)automatischen Extraktion von Wissen aus Datenbanken. Das gewonnene Wissen soll hierbei Gültigkeit besitzen, bislang unbekannt sein und von potentielltem Nutzen sein.

Auf dem Markt stehen bereits DBS zur Verfügung die Datenmengen im Petabyte-Bereich bewältigen können. Diese sog. „Next-Generation-DBS“ sind jedoch im Vergleich zu traditionellen DBS sehr teuer. Dem Anwender obliegt nun die Entscheidung welche Kosten er für die Analyse seiner Daten bereit ist auszugeben [KLEI14]. Weiterhin stellt

sich die Frage nach dem Nutzen des KDD. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) beauftragte im Jahr 2012 das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) mit einer Big-Data-Innovationspotentialanalyse für die Bundesrepublik Deutschland [MILL12], [VOSS14]. Die Analyse umfasste eine internationale Web-Recherche, eine Umfrage unter 82 deutschen Unternehmen sowie eine Befragung von Experten bzgl. der Entwicklungstendenzen im Bereich des Big Data [VOSS14]. Es zeigte sich, dass es für Handelsunternehmen zunehmend wichtiger ist sich mit dem Thema Big Data und entsprechenden Analysen auseinanderzusetzen. Die Potentiale in dieser Branche sind vielfältig und entwickeln sich rapide weiter [RUDO14]. Die Anwendung des KDD in der Industrie, im Handel und im Dienstleistungssektor liegt schwerpunktmäßig auf Absatzprognosen, dem Marktmonitoring, der umsichtigen Steuerung, einer vorausschauenden Instandhaltung sowie der Gestaltung innovativer Produkte [MILL12]. Experten prognostizieren den Unternehmen kurzfristig eine Steigerung der Effizienz bei der Unternehmensführung und auf lange Sicht eine Massenindividualisierung von Services, die zu intelligenteren Produkten führt [VOSS14]. Analysen von Big Data sind demnach durchaus erstrebenswert. Eine Möglichkeit solche Datenmengen ohne Investitionen in eine Next-Generation-Datenbank zu verarbeiten, ist es, diese in einzelne, kleinere Datenpakete zu zerlegen und separat zu untersuchen [NOWI01]. Die Aufteilung von relationalen Datenbanken wird als Partitionierung bezeichnet (vgl. Kapitel 2.4.5, „Partitionierung von Datenbankmodellen“). Eine Solche Partitionierung soll im Rahmen dieser Arbeit für eine Datenbank im Umfeld von SCs entwickelt werden.

## 4 Entwicklung und Validierung eines konzeptuellen Datenbankschemas im Kontext von SCs

Dieses Kapitel befasst sich zunächst mit der Modellierung eines konzeptuellen Datenbankschemas im Umfeld von SCs. Die anschließende Entwicklung eines sachlogischen Partitionierungsverfahrens liefert die Grundlage für Analysen der späteren Datenbank. Der letzte Schritt umfasst eine Validierung des Datenbankschemas sowie der Partitionierungsmethode.

### 4.1 Inhaltliches Lösungskonzept

Das konzeptuelle Datenbankschema ist ein abstraktes Datenbankmodell, das im Rahmen des konzeptuellen Entwurfs ausgearbeitet wird (vgl. Kapitel 2.4.2, „Phasen des Datenbankentwurfsprozesses“). Es basiert auf einer Anforderungsanalyse, die anhand von Daten und Informationen aus Interviews mit potentiellen Nutzern der späteren Datenbank gewonnen wird [SAAK10], [VOSS08]. Im Rahmen dieser Arbeit war die Durchführung derartiger Befragungen nicht möglich. Als Ausgangsbasis für die Anforderungsanalyse und somit für das konzeptuelle Datenbankschema, dienen die in Kapitel 3.4 ermittelten Daten für eine PPS entlang einer SC (vgl. Tabelle 18, Anhang C). Aufbauend auf diesen Anforderungsspezifikationen wird mit Hilfe des ERM ein abstraktes Datenbankmodell erstellt (vgl. Kapitel 2.4.3, „Das Entity-Relationship-Modell“). Ein abstraktes Datenbankmodell dient nicht dazu konkrete Datenwerte wiederzugeben auf denen spätere Informationsverarbeitungsprozesse beruhen, vielmehr soll es die typmäßige Struktur der Daten beschreiben [JARO10]. Da ein ERD für fachfremde Personen leicht verständlich ist, eignet sich ein abstraktes Datenbankmodell als Diskussionsgrundlage zwischen Experten der betreffenden Fachabteilung und den Datenbankentwicklern (vgl. Kapitel 2.4.3, „Das Entity-Relationship-Modell“). Es kann folglich zur Begriffsklärung, zur Informationsbedarfsanalyse sowie zur Dokumentation verwendet werden [HARS94].

Für die Modellierung werden aus den Daten der Anforderungsanalyse (vgl. Kapitel 3.4, „Analyse der benötigten Daten für die PPS entlang einer SC“ sowie Tabelle 18, Anhang C) Entitytypen, Beziehungstypen und Attribute abgeleitet und miteinander in Beziehung gesetzt. Um auch optionale Beziehungen abbilden zu können, wird die [min, max] - Notation verwendet (vgl. Kapitel 2.4.3, „Das Entity-Relationship-Modell“). Anschließend werden die Entitytypen mit ihren Attributen auf sachlogische Muster untersucht. Diese dienen als Grundlage für die Bildung geeigneter Partitionen der späteren Datenbank.

## 4.2 Modellierung eines konzeptuellen Datenbankschemas im Kontext von SCs

Für die Modellierung des konzeptuellen Datenbankschemas wird vorerst ein Entwurfskonzept erarbeitet. Anschließend werden aus den benötigten Daten für eine PPS entlang einer SC geeignete Entitytypen und Attribute abgeleitet und miteinander verknüpft.

### 4.2.1 Entwurfskonzept des konzeptuellen Datenbankschemas

Der Datenbankentwurfsprozess sieht für die Erstellung des konzeptuellen Datenbankschemas zunächst eine Modellierung einzelner Schemata gemäß den individuellen Benutzersichten vor. Diese werden anschließend in einer Globalansicht zusammengeführt (vgl. Kapitel 2.4.2, „Phasen des Datenbankentwurfsprozesses“). Bei einer Datenbank im Rahmen einer SC würde dies eine Modellierung der Sichten aller SC-Mitglieder entlang der Wertschöpfungskette bedeuten. Das Resultat wäre eine Datenbank, die Daten hinsichtlich Kapazitäten, Lagerbeständen etc. aller Hersteller enthält. Da jeder Hersteller in einer SC – ausgenommen des letzten Produzenten der Lieferkette – als Lieferant des nachfolgenden Herstellers fungiert (vgl. Kapitel 2.3.2, „Das Supply Chain Operations Reference – Modell“), würde die Datenbank jedem Hersteller unternehmensinterne Informationen seines Lieferanten offenlegen („gläserner Lieferant“). So könnte bspw. ein Hersteller hohe Lagerbestände seines Zulieferers erkennen und diese Information nutzen um eine Preisreduktion auszuhandeln [KURB05]. Die Datenbank könnte den einzelnen Unternehmen unter diesen Voraussetzungen stark schaden und wird in der Praxis kaum Anwendung finden [AMAN07], [PETR07]. Ziel dieser Arbeit ist jedoch die Entwicklung eines Datenbankschemas, das die Grundlage für eine praxistaugliche Datenbank liefert. Hierin dürfen folglich keine Daten enthalten sein, die den Wettbewerbsvorteil eines Produzenten der SC mindern könnten. Die Netzwerkkonfiguration des Aachener PPS-Modells erwähnt eine zentrale Planungsinstanz für die Auslegung der SC sowie die entsprechende Produktionsprogrammplanung (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Da der Ausgangspunkt einer SC die Kundenorientierung ist (vgl. Kapitel 2.3.3, „Der Informationsfluss in Supply Chains“), und Kundenaufträge und marktspezifische Prognosen die Grundlage der PPS bilden (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“), wird im Rahmen dieser Arbeit eine Datenbank erstellt, die ausschließlich dem Endproduzenten zur Verfügung steht. Die Rolle der übergeordneten Instanz wird somit dem Endproduzenten der SC zuteil. Um die Problematik des gläsernen Lieferanten zu umgehen, erhält der Endproduzent keinen Einblick in verfügbare Kapazitäten, Lagerbestände o.Ä. der beteiligten SC-Partner. Somit ist eine Gegenüberstellung der einzelnen Kapazitäten der SC-Beteiligten mit den anfallenden Belastungen nicht möglich. Da jedoch eine optimale

Netzwerkbedarfsplanung eine netzwerkübergreifende Kapazitätsabstimmung erfordert (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“), erscheint eine optimale Netzwerkallokation durch den Endproduzenten zunächst nicht realisierbar. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass durch die Partitionierung der Datenbestände Informationen gewonnen werden können, die dem Endproduzenten exakte Absatzprognosen erlauben (vgl. Kapitel 3.5, „Problematik von großer Datenmengen“). Diese Prognosen gibt der Endproduzent an die SC-Partner weiter. Eine optimale Abstimmung der Kapazitäten auf Basis dieser Absatzprognosen erfolgt anschließend auf lokaler Ebene bei den jeweiligen Unternehmen. Somit ist eine netzwerkübergreifende Kapazitätsabstimmung nicht mehr notwendig. Es ist jedoch erforderlich den vorgelagerten Wertschöpfungspartnern die Informationen über bevorstehende Absätze zu einem angemessenen Zeitpunkt zukommen zu lassen. Die Durchlaufterminierung hat das Ziel, bei einem vorgegebenen Fertigstellungstermin eines Auftrags den spätest möglichen Starttermin zu bestimmen. Da die Rückwärtsterminierung auf Basis der Durchlaufzeiten in Verbindung mit den entsprechenden Losgrößen erfolgt [WIEN10], variiert der Produktionsstartzeitpunkt je nach Unternehmen und dem damit verbundenen Erzeugnis. Bei der Erstellung und Kommunikation der Absatzprognosen muss dies durch den Endproduzenten berücksichtigt werden. Vor allem müssen auch vorgelagerte Lieferanten, also Lieferanten der Lieferanten beachtet werden. Auskunft über die Erzeugnisstruktur sowie die Hersteller der jeweiligen Produkte liefern die Stücklisten und die Daten zum Aufbau der SC. Informationen zu Durchlaufzeiten sind in den Arbeitsplänen enthalten (vgl. Kapitel 3.4, „Analyse der benötigten Daten für die PPS entlang einer SC“). An dieser Stelle soll nicht weiter auf die Durchlaufterminierung eingegangen werden. Vertiefende Literatur hierzu bietet Wiendahl [WIEN10].

Somit wird im Rahmen der Erstellung des konzeptuellen Datenbankschemas lediglich die Sicht des Endproduzenten auf die Datenbank modelliert werden. Diese stellt gleichzeitig auch die Globalsicht dar.

#### 4.2.2 Ableitung von Entitytypen und Attributen

Bevor aus den ermittelten Stamm- und Bewegungsdaten Entitytypen und Attribute für das Datenmodell abgeleitet werden, müssen diese unter dem in Kapitel 4.2.1 erwähnten Aspekt des gläsernen Lieferanten untersucht werden. Untersuchungsgegenstand sind hierbei die Daten der zweiten und dritten Gliederungsebene aus Tabelle 18 (vgl. Anhang C).

Die Gruppe der Produktdaten kann – bis auf die Fertigungskosten – ohne Gefährdung der Wettbewerbsvorteile in die Datenbank aufgenommen werden. Eine Kostentransparenz entlang der SC würde allerdings vielfach zu einer besseren Position des Einkäufers in Preisverhandlungen führen. Hieraus resultiert ein erhöhter Verhandlungsdruck auf die jeweiligen Lieferanten [HOFF09]. Oftmals werden Lieferanten, die ihre anfallenden Kosten nicht preisgeben, bei den Ausschreibungen nicht berücksichtigt. Sollte die Kostentransparenz ein Ausschreibungskriterium sein, könnte es auf Seiten der Vertriebsmitarbeiter zu einer Kostenmanipulation kommen, die den bevorstehenden Verhandlungsdruck mindert. So können bspw. höhere Kosten angegeben werden, um eine geringere Marge vorzutäuschen und so den Verhandlungsspielraum einzuschränken [HOFF10]. In der Tat ist das Vertrauen der Abnehmer in Informationen über entstehende Kosten bei der Herstellung sehr gering [HOFF09]. Andererseits können durch ein gemeinsames Kostenmanagement der SC-Partner höhere Kostensenkungspotentiale identifiziert werden als bei einer Kostenanalyse auf lokaler Ebene [HOFF08]. Möller und Isbruch [MOEL08] konnten in einer empirischen Studie sogar nachweisen, dass durch ein SC-übergreifendes Kostenmanagement sowohl der finanzielle Erfolg, als auch das Innovationspotential der SC-Partner steigt. Trotz der geschilderten Vorteile werden die Fertigungskosten dennoch nicht in die Datenbank aufgenommen, da die Ergebnisse von Möller und Isbruch [MOEL08] auf einer Studie in der Automobilindustrie beruhen. In der Automobilbranche werden seit längerer Zeit Kosteninformationen offengelegt. Auf Grund des hohen Wettbewerbsdrucks unter den Zulieferern sind hier generell keine hohen Ertragsmargen zu erwarten, weshalb die angeführten Nachteile eines erhöhten Verhandlungsdrucks bzw. einer Kostenmanipulation nicht vorkommen [HOFF10]. Sollte die Datenbank im Rahmen einer intraorganisationalen SC, in der Automobil- oder einer vergleichbaren Branche eingesetzt werden, können die geschilderten Nachteile vernachlässigt werden. Es wird an dieser Stelle auf Kapitel 4.2.4 verwiesen.

Die Ressourcendaten enthalten Informationen über Maschinen- und Lohnkostensätze, die nicht in die Datenbank mit aufgenommen werden können. Auch durch die Offenlegung dieser Kosten ist es Einkäufern möglich, einen Kostendruck auf die Vertriebsmitarbeiter des Zulieferers auszuüben, worauf diese wiederum mit einer Manipulation der Kosten reagieren [HOFF10]. Weiter kann eine Auskunft über verfügbare Kapazitäten

im Falle einer Unterbeschäftigung ebenso zu Preisreduktionen seitens der Abnehmer führen und so den Lieferanten schädigen [WILD07]. Durch die Kenntnis über eine Unterbeschäftigung des Zulieferers ist es der Einkäuferseite ebenfalls möglich einen gewissen Preisdruck auszuüben. Aus diesem Grund bleibt die Datengruppe Ressourcendaten in der Datenbank vollständig unberücksichtigt. Die dadurch entstehenden Defizite bzgl. der Netzwerkbedarfsplanung können durch entsprechende Absatzprognosen wieder ausgeglichen werden (vgl. Kapitel 4.2.1, „Entwurfskonzept eines konzeptuellen Datenbankschemas im Umfeld von SCs“). In einigen Anwendungsbereichen sind die SC-Partner jedoch bereit, ihre Ressourcendaten offenzulegen. Für einen Einsatz der Datenbank unter entsprechenden Umständen wird auf Kapitel 4.2.4 verwiesen.

Auch die Arbeitsplandaten können nicht in die Datenbank integriert werden, da durch die Angabe der einzelnen Fertigungsschritte Fertigungstechniken weitergegeben werden, die ggf. den Wettbewerbsvorteil des Lieferanten mindern [WILD04]. In den Arbeitsplandaten sind jedoch Informationen zu Liege-, Transport-, Rüst- und Bearbeitungszeiten enthalten, die für die PPS von grundlegendem Wert sind [WIEN10]. So werden diese bspw. für die Durchlaufterminierung benötigt (vgl. Kapitel 4.2.1, „Entwurfskonzept eines konzeptuellen Datenbankschemas im Umfeld von SCs“). Diese Angaben müssen demzufolge für ein funktionierendes SCM in der Datenbank enthalten sein. Aus diesem Grund werden diese Daten in die Gruppe der Produktdaten übertragen. Sollte ein Know-how-Abfluss für den Anwendungsbereich der Datenbank nicht zu befürchten sein, kann der Arbeitsplan auch dem Endproduzenten zugänglich gemacht werden (vgl. Kapitel 4.2.4, „Erweiterung des konzeptuellen Datenbankschemas“). Überwiegend sind Unternehmen bei der Offenlegung eigenen Wissens jedoch noch gehemmt [WILD04].

Da die Datenbank ausschließlich dem Endproduzenten zur Verfügung steht und dieser keine weiteren Hersteller beliefert (vgl. Kapitel 4.2.1, „Entwurf eines konzeptuellen Datenbankschemas“), existieren an dieser Stelle keine Kundendaten, die für die netzwerkübergreifende PPS relevant sind. Diese werden demnach nicht berücksichtigt.

Die Gruppe der Lagerbestandsdaten spielt in der PPS eine entscheidende Rolle. Während der Netzwerkbeschaffungsplanung wird mittels dieser Daten aus dem Bruttobedarf der Nettobedarf ermittelt (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Die Kenntnis über vorhandene Lagerbestände kann den Zulieferer jedoch dazu veranlassen, mit dem Abnehmer eine Preisreduktion auszuhandeln [KURB05]. Aus diesem Grund werden die Lagerbestandsdaten nicht in die Datenbank mit aufgenommen. Weiterhin wird durch Beschaffungskonzepte wie „Just in Time“ bzw. „Just in Sequence“ in einem Netzwerk eine lagerlose Produktion verfolgt, was dazu führt, dass Lagerbestände für

eine netzwerkübergreifende Planung keine allzu große Relevanz mehr besitzen [SCHU12a]. Der Endproduzent ermittelt den Nettoprimärbedarf des Endprodukts auf Basis seiner eigenen Lagerbestände. Diese stehen ihm zur Verfügung, da sie Teil seines unternehmensinternen Informationssystems sind. Für einzelne Einsatzzwecke der Datenbank werden die Lagerbestände entlang der SC offengelegt. Dieser Anwendungsfall wird in Kapitel 4.2.4 dargelegt.

Betriebsdaten enthalten Daten über kapazitive Zustände der Ressourcen. Sie können aus diesem Grund ebenfalls nicht in die Datenbank integriert werden (vgl. Ressourcendaten).

Somit verbleiben die Daten in Tabelle 19 (vgl. Anhang D) aus denen die Konstrukte für das ERM abgeleitet werden können. Die Entitytypen des ERM lassen sich inhaltlich entsprechend der Unterteilung aus Tabelle 19 übernehmen. Jede Datengruppe der zweiten Gliederungsebene wird folglich durch einen Entitytypen im ERM abgebildet. Für das ERM werden diese jedoch umbenannt. Tabelle 6 stellt die alten den neuen Bezeichnungen gegenüber.

**Tabelle 6:** Übersicht der neuen Bezeichnungen der Entitytypen

| Alte Bezeichnung | Bezeichnung für ERM |
|------------------|---------------------|
| Produktdaten     | Produkte            |
| Stückliste       | Stücklisten         |
| Lieferantendaten | Lieferanten         |
| Supply Chain     | Supply Chain        |
| Auftragsdaten    | Aufträge            |

Die Attribute werden entsprechend aus den Daten der dritten Gliederungsebene gebildet (vgl. Tabelle 19, Anhang D). Für die Entitytypen „Produkte“ und „Lieferanten“ werden die künstlichen Primärschlüssel „Produktkennung“ und „Lieferantenkennung“ erstellt; die Entitytypen „Stücklisten“ und „Supply Chain“ besitzen Attribute anhand derer ein Primärschlüssel vergeben werden kann. Für den Entitytyp „Aufträge“ wird der Primärschlüssel aus der Kombination des künstlichen Attributs „Auftragskennung“ und „Zeitstempel“ generiert.

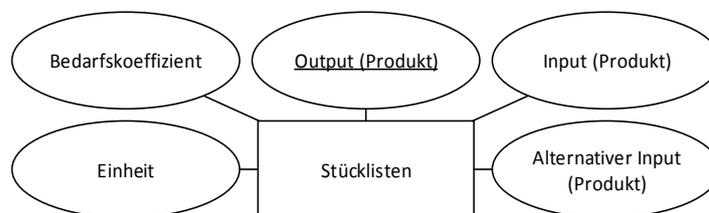
Des Weiteren werden die Attribute der Entitytypen „Stücklisten“ und „Supply Chain“ für das ERM abgewandelt, um die spätere Transformation in ein relationales Datenbankmodell (vgl. Kapitel 2.4.4, „Das relationale Datenbankmodell“) zu erleichtern. Eine deutlichere Unterscheidung zwischen eingehenden und ausgehenden Produkten bei den Stücklisten soll hierbei unterstützen. Da die Datenbank lediglich dem Endproduzenten der SC zur Verfügung stehen soll (vgl. Kapitel 4.2.1, „Entwurf eines konzeptu-

ellen Datenbankschemas“), können aus dessen Sicht alle Hersteller der SC als Lieferanten angesehen werden (vgl. Kapitel 2.3.2, „Das Supply Chain Operations Reference – Modell“). Infolgedessen erübrigt sich eine Unterscheidung zwischen Herstellern und Lieferanten und die SC kann lediglich durch Vorgängerbeziehungen der Lieferanten abgebildet werden. Tabelle 7 zeigt die abgewandelten Attribute der Entitytypen „Stücklisten“ und „Supply Chain“:

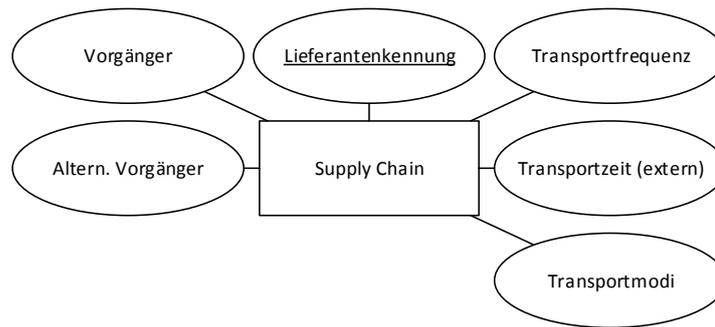
**Tabelle 7:** Abgewandelte Attribute der Entitytypen "Stücklisten" und "Supply Chain"

| Entitytyp    | Attribute                    |
|--------------|------------------------------|
| Stücklisten  | Output (Produkt)             |
|              | Input (Produkt)              |
|              | Alternativer Input (Produkt) |
|              | Bedarfskoeffizient           |
|              | Einheit                      |
| Supply Chain | Lieferantenkennung           |
|              | Vorgänger                    |
|              | Alternativer Vorgänger       |
|              | Transportzeit (extern)       |
|              | Transportfrequenz            |
|              | Transportmodi                |

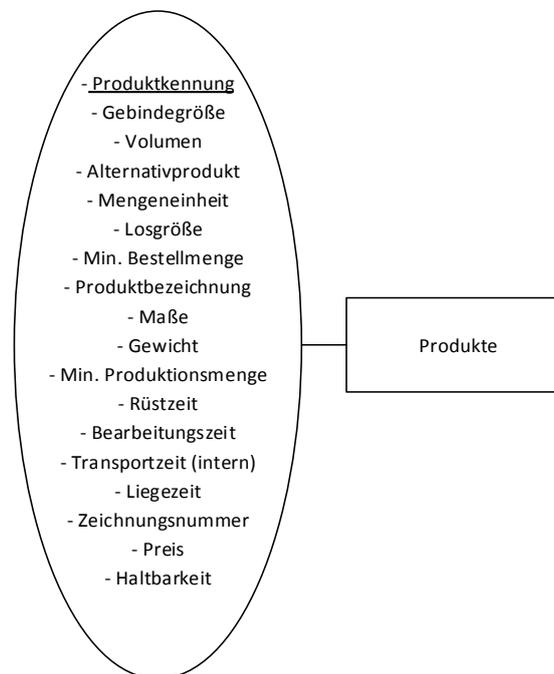
Somit ergeben sich fünf Entitytypen mit ihren jeweiligen Attributen, von denen vier Stamm- und einer Bewegungsdaten abbildet. Die Abbildungen zeigen diese in der Notation des ERM. Da für den Entitytyp „Produkte“ eine herkömmliche Darstellung zu Missverständnissen führen könnte, wurden alle Attribute in ein Oval geschrieben (vgl. Abbildung 22, Abbildung 23, Abbildung 24, Abbildung 25, Abbildung 26).



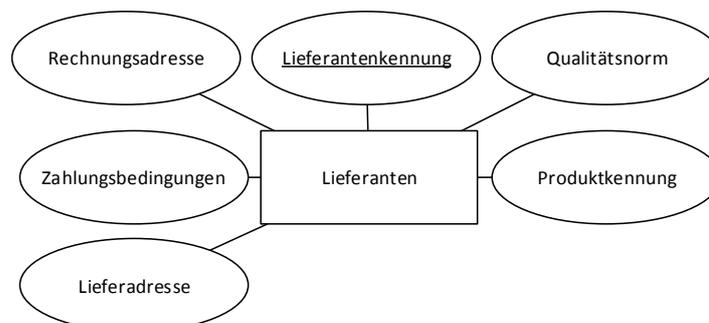
**Abbildung 22:** Entitytyp "Stücklisten" mit Attributen



**Abbildung 23:** Entitytyp "Supply Chain" mit Attributen



**Abbildung 24:** Entitytyp "Produkte" mit Attributen



**Abbildung 25:** Entitytyp "Lieferanten" mit Attributen

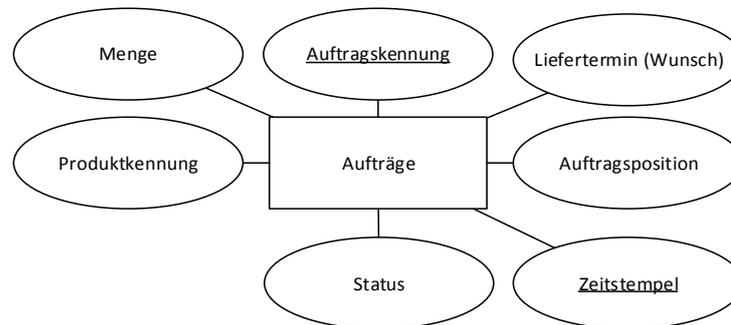


Abbildung 26: Entitytyp "Aufträge" mit Attributen

### 4.2.3 Verknüpfen der Entitytypen anhand von Beziehungstypen

Bisher wurden die Entitytypen lediglich isoliert betrachtet. Die in Kapitel 4.2.2 ermittelten Entitytypen werden nun durch entsprechende Beziehungstypen miteinander verknüpft. Die Beziehungstypen stellen die sachlogischen Zusammenhänge zwischen den Entitytypen dar [JARO10]. Die folgenden Erläuterungen zu den sachlogischen Zusammenhängen beziehen sich alle auf den Entitytyp Produkte. Unter Produkten werden im weiteren Verlauf der Arbeit auch alle Zwischenerzeugnisse wie Halbzeuge, Einzelteile und Baugruppen verstanden. Folgende Zusammenhänge müssen modelliert werden:

Eine Stückliste bildet die Erzeugnisstruktur eines Produkts ab (vgl. Kapitel 3.3, „Analyse der benötigten Daten für die unternehmensinterne PPS“). Da alle Produkte in das Endprodukt einfließen, sind alle Produkte in einer Stückliste enthalten. Jedes in der Stückliste abgebildete Produkt entsteht durch die Kombination aus mindestens zwei Produkten.

Weiter wird davon ausgegangen, dass jeder Lieferant exakt ein Produkt fertigt. Liefert ein Unternehmen mehrere Produkte, so wird für jedes Produkt ein gesonderter Lieferant angelegt. Grund für diese Annahme sind möglicherweise unterschiedliche Produktionsstandorte der Unternehmen. Durch das Anlegen separater Lieferanten für jedes Produkt ist es möglich jedem Produkt entsprechende Angaben zu Rücksendeadresse, Rechnungsadresse, Zahlungsbedingungen und Qualitätsnorm zuzuweisen. Sobald ein Zulieferer mehrere Teile in einem Werk produziert, können dadurch Redundanzen in den Datenbeständen entstehen. Diese werden angesichts der beschriebenen Vorteile in Kauf genommen. Außerdem kann ein Produkt von mehreren Lieferanten hergestellt werden. Somit ist die Produktion gegen evtl. langfristige Ausfälle eines Lieferanten abgesichert.

Ein Auftrag bezieht sich auf exakt ein Produkt, wobei jedoch ein Produkt in mehreren Aufträgen enthalten sein kann. Zu den Aufgaben des Endproduzenten gehört die Netzwerkabsatzplanung (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Der Endproduzent erstellt Absatzprognosen, die sich auf Analysen des Kauf- und Marktverhaltens stützen. Diese bilden zusammen mit den direkten Kundenaufträgen die Nachfragemenge des Endprodukts. Im Rahmen der Netzwerkbedarfsplanung findet die Netzwerkbedarfsallokation statt (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Hierbei werden den einzelnen Unternehmen der SC durch den Endproduzenten entsprechende Produktionsaufträge zugewiesen. Die Lieferanten melden den aktuellen Status und den Fortschritt der jeweiligen Produktionsaufträge an den Endproduzenten zurück. Hierdurch hat der Endproduzent einen Überblick über den aktuellen Produktionsstatus aller Produkte und kann im Falle von Abweichungen entsprechende Maßnahmen einleiten. Auftragsdaten können in der Datenbank daher lediglich durch den Endproduzenten bearbeitet werden. Hierunter fällt die Erstellung bzw. das Löschen eines Auftrags. Diese Änderungen müssen an den betreffenden Lieferanten kommuniziert werden. Eine Rückmeldung über den aktuellen Produktionsprozess durch einen SC-Partner wird hier nicht im Sinne einer Bearbeitung gewertet. Dies geschieht über eine entsprechende Softwareanwendung. Weiterhin wird jedem Lieferanten mindestens ein Vorgänger zugeordnet. Diese Beziehung ist dadurch bedingt, dass ein Produkt von mehreren Lieferanten hergestellt werden kann. Eine Ausnahme bildet der erste Hersteller der SC. Dieser Fall wird an dieser Stelle vernachlässigt. Da überdies ein Lieferant mehrere Hersteller beliefern kann, kann er mehreren Herstellern zugeordnet werden.

Tabelle 8 fasst die geschilderten sachlogischen Zusammenhänge zwischen den Entitytypen zusammen und zeigt die gewählten Kardinalitäten der jeweiligen Beziehungstypen.

**Tabelle 8:** Abgeleitete Entitytypen und ihre Beziehungstypen

| Entitytyp I  | Kardinalität I | Beziehungstyp | Kardinalität II | Entitytyp II |
|--------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|
| Stücklisten  | [1,*]          | enthält       | [1,*]           | Produkte     |
| Lieferanten  | [1,1]          | produziert    | [1,*]           | Produkte     |
| Aufträge     | [1,1]          | enthält       | [1,*]           | Produkte     |
| Supply Chain | [1,1]          | bearbeitet    | [1,*]           | Aufträge     |
| Supply Chain | [1,*]          | enthält       | [1,*]           | Lieferanten  |

Aus den ermittelten Entitytypen, Attributen und Beziehungstypen lässt sich nun das konzeptuelle Datenbankschema im Umfeld von SCs generieren. Das Ergebnis ist in Anhang E zu finden. Hierfür wurden die Attribute der Entitytypen in jeweils einem Oval dargestellt. Hierdurch wurde möglichen Fehlinterpretationen des ERD vorgebeugt.

Eine reguläre Darstellung wie in Kapitel 2.4.3 war aus Darstellungsgründen nicht möglich. Jedes Attribut ist als eigenständiges Attribut anzusehen. Anhand dieses Datenbankschemas kann in weiteren Schritten eine Datenbank erstellt werden, die relevante Planungsinformationen entlang einer SC zentral speichert und verwaltet. Durch eine solche Datenbank kann bspw. dem Bullwhip-Effekt vorgebeugt werden. Es findet keine sukzessive Weitergabe der Nachfrageinformationen statt, sondern diese werden direkt an die jeweiligen Hersteller kommuniziert (vgl. Kapitel 2.3.3, „Der Informationsfluss in Supply Chains“). Infolgedessen werden keine unnötigen Lagerbestände entlang der SC aufgebaut, was zu einer Reduzierung der Kapitalbindungskosten [SCHU12a] und somit zu Einsparungen aller Beteiligten entlang der gesamten SC führt. Weiter können durch die niedrigen Lagerbestände die Durchlaufzeiten verkürzt werden (vgl. Kapitel 3.1, „Ziele der PPS“). Je weiter sich ein Unternehmen stromaufwärts befindet, desto mehr profitiert es von dieser Informationstransparenz. Da der Bullwhip-Effekt eine drastische Erhöhung der Lagerbestände mit jeder Wertschöpfungsstufe beschreibt, ziehen vorgelagerte Unternehmen relativ zu ihren nachgelagerten SC-Partnern einen höheren Vorteil aus dem Abbau der Bestände (vgl. Kapitel 2.3.3, „Der Informationsfluss in Supply Chains“). Außerdem können die Unternehmen durch die netzwerkübergreifende Bereitstellung der Nachfragemenge ihre Kapazitäten besser auf die erwarteten Belastungen abstimmen, was zu einer höheren Auslastung derselben führt. Weiterhin wird durch eine zentrale Planung der SC die Termintreue der einzelnen SC-Partner und infolgedessen der ganzen SC erhöht [SCHU12a]. Durch diese Effekte kann im Rahmen des Zielsystems der PPS die Logistikleistung der SC erhöht und die anfallenden Logistikkosten gesenkt werden. Somit wird die Wirtschaftlichkeit der gesamten SC erhöht (vgl. Formel 1, Kapitel 3.1, „Ziele der PPS“).

#### **4.2.4 Erweiterung des konzeptuellen Datenbankschemas**

Das in Kapitel 4.2.3 modellierte konzeptuelle Datenbankschema geht davon aus, dass die Lieferanten der SC vertrauliche Daten nicht an ihre Kunden weitergeben. Um jedoch Beschaffung, Produktion, Transport, Vertrieb und Handel aufeinander abzustimmen, ist es unerlässlich sämtliche für eine Optimierung relevanten Daten auszutauschen. Grundlage hierfür ist ein stetiger Informationsfluss sowie eine intensive Kooperation entlang der SC, was wiederum ein hohes Maß an Vertrauen unter den Beteiligten voraussetzt [CHOP07]. Ein solches Vertrauen ist vor allem in intraorganisationalen SCs zu finden [ZUND99]. Eine hohe Kooperationsbereitschaft und eine damit verbundene Bereitwilligkeit Informationen mit den SC-Partnern auszutauschen, ist vor allem in der Automobilbranche zu finden [GÖPF13]. Aus diesem Grund eignet sich die fol-

gende Erweiterung des Datenbankschemas überwiegend für SCs innerhalb eines Unternehmens, sowie SCs in der Automobil- und vergleichbaren Branchen. Eine Anwendung in anderen Einsatzbereichen ist möglich wenn die SC-Partner bereit sind unternehmensinterne Daten auszutauschen.

Dieses Kapitel soll aufzeigen welche Möglichkeiten die unternehmensübergreifende Bereitstellung relevanter Daten dem SCM bietet und anschließend das konzeptuelle Datenbankschema aus Kapitel 4.2.3 dahingehend erweitern. Ausgangsbasis sind die benötigten Daten für eine PPS innerhalb einer SC (vgl. Tabelle 18, Anhang C).

In Kapitel 4.2.2 werden die Kosten eines Produkts nicht in der Datenbank erfasst, da Einkäufer hierdurch gegenüber Vertriebspartnern in Preisverhandlungen besser gestellt sind. Eine Offenlegung der Kosten kann jedoch enorme Vorteile für die gesamte SC bedeuten. Ein derartiges, Unternehmensgrenzen überschreitendes Bereitstellen von Kosteninformationen wird mit dem Begriff „Open book accounting“ bezeichnet und ermöglicht es Kostensenkungspotenziale der SC zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten [HOFF08]. Durch die Analyse aller Wertschöpfungsstufen einer SC lassen sich vor allem stufenübergreifende Einsparungspotenziale aufzeigen und ausschöpfen [HOFF06]. Aus diesem Grund werden die Kosten eines Produkts in das erweiterte Datenbankschema mit aufgenommen. Des Weiteren ist in der Automobilbranche eine zunehmende Akzeptanz der Kostentransparenz auf Seiten der Lieferanten festzustellen. Eine von Hoffjan und Lührs [HOFF10] durchgeführte Untersuchung unter 18 Vertriebsleitern unterschiedlicher Automobilzulieferer ergab, dass 50 Prozent der Befragten als Befürworter einer offenen Kalkulation angesehen werden können. Dies bleibt womöglich der Tatsache geschuldet, dass alle Probanden der Automobilbranche angehören. Hier ist eine Offenlegung der Kosten auf Grund des hohen Wettbewerbsdrucks eher eine Offenlegung geringer Margen, um somit durch die Kostentransparenz den Preisdruck der Einkäufer zu mindern. Dennoch zeigt die Untersuchung, dass die Akzeptanz gegenüber einer Kostentransparenz steigt, wenn diese der Preisobjektivierung dient und Preisadjustierungen sowohl auf der Seite des Lieferanten, als auch des Herstellers zulässt [HOFF10]. Hoffjan und Kruse [HOFF06] empfehlen alle relevanten Kosteninformationen zentral von einem Unternehmen sammeln zu lassen. Da die betrachtete Datenbank ausschließlich dem Endproduzenten zur Verfügung steht, kann dieser Empfehlung nachgegangen werden.

Zusätzlich kann ein unternehmensübergreifendes Kapazitätsmanagement zu enormen Kosteneinsparungen führen [WILD07]. Dieses netzwerkübergreifende Kapazitätsmanagement sieht das Aachener PPS-Modell als Teil der Netzwerkbedarfsplanung vor (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Durch das vorausschauende Erkennen von Kapazitätsengpässen und ein entsprechendes Einleiten gegensteuernder Maßnahmen, kann das Kapazitätsmanagement den Bedarfsnachfragen des Marktes besser

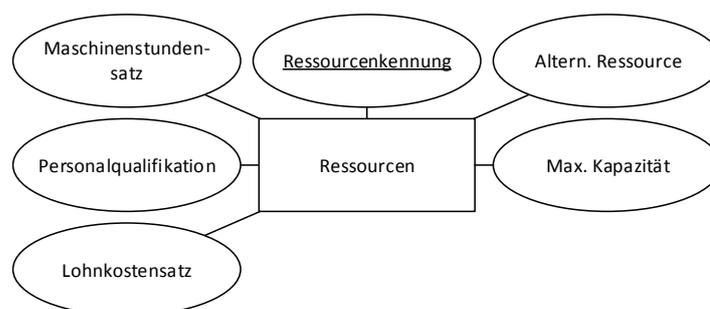
gerecht werden [STRA10]. Hierzu erfolgt ein kontinuierlicher Abgleich des Kapazitätsbedarfs mit den Kapazitätsangeboten aller Werke entlang der SC. Die Voraussetzung für ein interorganisationales Kapazitätsmanagement ist eine uneingeschränkte Kooperation der Beteiligten [WILD07]. Basis für die Kapazitätsplanung ist die Bedarfsplanung [HELL07] (vgl. Kapitel 3.2, „Ablauf der PPS“). Durch das Kapazitätsmanagement erzielte Kosteneinsparungen lassen sich zunächst nur auf der Seite des Lieferanten erkennen. Während der Lieferant durch das Kapazitätsmanagement in der Engpasserkennung profitiert und so die Zeit für die Grobbedarfsermittlung und Hochrechnung reduziert, erzielt der Endproduzent hauptsächlich Vorteile bei der Datenaufbereitung, der Versorgungssicherheit sowie der Reduzierung der Fehlteile. Dies hat eine Erhöhung der Bestell- und Lagerkosten auf Seiten des Endproduzenten zur Folge, wohingegen sich auf Seiten des Lieferanten die Rüst- und Lagerkosten minimieren. Da allerdings die Erhöhung der Kosten des Endproduzenten geringer ist als die Summe der Einsparungen des Lieferanten, führt dies zu einer Reduzierung der Gesamtkosten [WILD07]. Die Differenzen können durch einen Preisnachlass seitens der Lieferanten ausgeglichen werden. Vor diesem Hintergrund werden die Ressourcen und ihre kapazitiven Zustände entlang der SC ebenfalls in der Datenbank abgebildet.

In Kapitel 4.2.2 wurde auch der Arbeitsplan nicht in das Datenbankschema mit aufgenommen, da hierdurch ein Know-how-Abfluss auf Seiten der Zulieferer auftreten könnte. Allerdings bauen große Unternehmen zunehmend ihre Kapazitäten im Bereich der Forschung und Entwicklung ab und übertragen dieses Aufgabengebiet an ihre Zulieferunternehmen. Um jedoch weiterhin Einfluss auf die zukünftigen Entwicklungen nehmen zu können, werden Entwicklungspartnerschaften zwischen Produzent und Lieferant gebildet [GÖPF13]. Eine mögliche Ausprägung sind sogenannte Konzeptwettbewerbe. Der Konzeptwettbewerb hat unter anderem die Aufgabe Entwicklungskooperationen methodisch zu unterstützen. Gerade in der Automobilbranche sind diese Partnerschaften häufig zu finden. Sie bieten Vorteile sowohl für den Hersteller als auch für den Lieferanten und schaffen eine gewisse Abhängigkeit. Auf Grund der Tatsache, dass beide Seiten an der Entwicklung beteiligt sind, kann sich einerseits der Hersteller einen Wechsel seines Lieferanten nicht leisten und andererseits ist der Lieferant an den Hersteller gebunden, da sein Know-how lediglich in Kooperation mit dem Hersteller zu einem Ergebnis führt. Eine derartige Zusammenarbeit führt auf Grund von Synergien zu einer Einsparung der Herstellkosten [WILD04]. Unter diesem Aspekt werden die einzelnen Arbeitsvorgänge der Produkte in das erweiterte Datenbankschema übertragen.

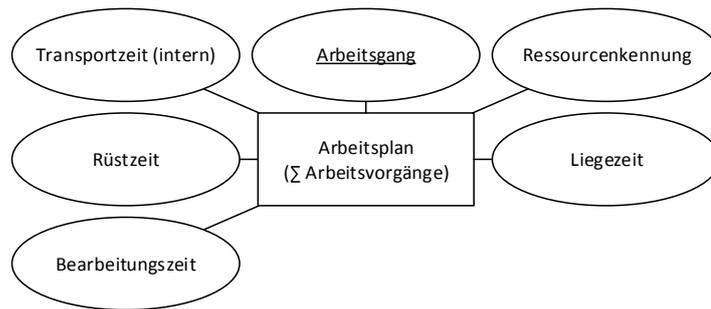
Weiter ist die Einbindung der Lagerbestandsdaten in die Datenbank für eine erfolgreiche Kooperation der Beteiligten notwendig [KURB05]. Eine von Göpfert und

Braun [GÖPF13] durchgeführte Studie aus dem Jahr 2010 untersuchte 470 Automobilzulieferer und zeigte, dass die Implementierung eines Speditionslagermodells in 86 Prozent der Fälle zu Kostensenkungen auf Seiten des Automobilherstellers geführt hat. Bei einem Speditionslagermodell richtet ein Logistikdienstleister ein Lager für einen Hersteller in dessen räumlicher Nähe ein. Die Zulieferer können das Lager des Herstellers befüllen und so für einen festen Mindestbestand sorgen. Durch den erhöhten Aufwand für die Zulieferer kommt es allerdings in 64 Prozent der Fälle zu Kostensteigerungen bei den Zulieferern. Die Ursache liegt in der Übernahme der Kapitalbindungskosten sowie der zusätzlichen Planung. Ein ähnlicher Effekt lässt sich bei der Verwendung eines Konsignationslagers feststellen. Das Konsignationslager bezeichnet ein Lager, das bei einem Hersteller eingerichtet wird und von Zulieferern versorgt wird. Erst bei Entnahme der Ware durch den Hersteller geht diese in seinen Besitz über. Hier müssen jedoch wiederum die Kostensenkungen der Automobilhersteller in 83 Prozent der Fälle den Kostensteigerungen der Zulieferer gegenübergestellt werden. Diese traten in 67 Prozent aller Fälle auf. Auf Grund der Vorteile der beiden Lagermodelle werden auch die Lagerbestandsdaten in die Datenbank aufgenommen.

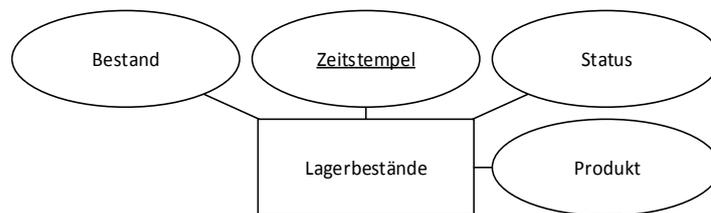
Angesichts dieser Tatsachen wird das konzeptuelle Datenbankschema aus Kapitel 4.2.3 um die Entitytypen „Ressourcen“, „Arbeitsplan“, „Lagerbestände“ sowie „Betriebsdaten“ erweitert (vgl. Abbildung 27, Abbildung 28, Abbildung 29, Abbildung 30). Sie entsprechen den Datengruppen „Ressourcendaten“, „Arbeitsplan“, „Lagerbestandsdaten“ und „Betriebsdaten“ aus Tabelle 18 (vgl. Anhang C). Auch hier dient die dritte Gliederungsebene als Grundlage für die Attribute der Entitytypen. Für den Entitytyp „Ressourcen“ wurde der künstliche Primärschlüssel „Ressourcenkennung“ geschaffen. Da dieses Datenbankschema den Entitytyp „Arbeitsplan“ enthält, werden die Attribute „Liegezeit“, „Transportzeit“, „Rüstzeit“ und „Bearbeitungszeit“ diesem zugewiesen und von dem Entitytyp „Produkte“ (vgl. Abbildung 31) entfernt. Die Attribute des Entitytyps „Produkte“ wurden zusätzlich in einem Oval zusammengefasst um evtl. Missverständnissen vorzubeugen.



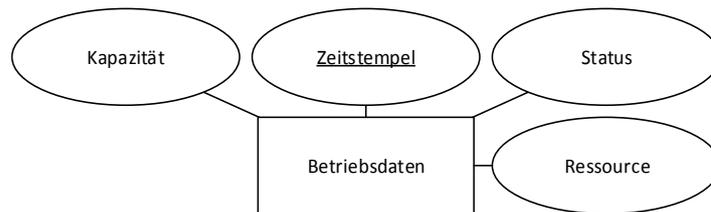
**Abbildung 27:** Entitytyp "Ressourcen" mit Attributen



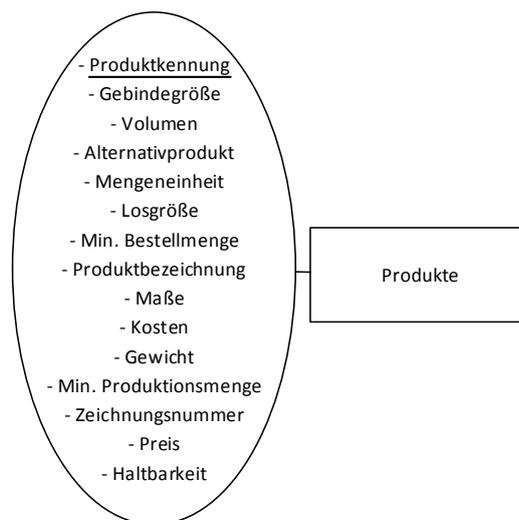
**Abbildung 28:** Entitytyp "Arbeitsplan" mit Attributen



**Abbildung 29:** Entitytyp "Lagerbestände" mit Attributen



**Abbildung 30:** Entitytyp "Betriebsdaten" mit Attributen



**Abbildung 31:** Entitytyp "Produkte" mit neuen Attributen

Weiterhin muss das erweiterte Datenbankschema um entsprechende Beziehungstypen ergänzt werden. Die bereits festgelegten Beziehungstypen (vgl. Tabelle 8, Kapitel 4.2.3, „Verknüpfen der Entitytypen anhand von Beziehungstypen“) finden auch im erweiterten Datenbankschema Verwendung und werden übernommen. Durch die zusätzlichen Entitytypen müssen folgende Beziehungen ergänzt werden:

- Ein Produkt bezieht sich auf einen Lagerbestand, wobei sich gleichzeitig ein Lagerbestand auf ein einzelnes Produkt bezieht.
- Jeder Arbeitsvorgang enthält eine oder mehrere Ressourcen. Eine Ressource ist wiederum mindestens einem Arbeitsvorgang zugeordnet.
- Weiter bezieht sich jeder Arbeitsvorgang auf mindestens ein Produkt und ein Produkt ist in einem oder mehreren Arbeitsvorgängen enthalten.
- Die Betriebsdaten geben Auskunft über die Auslastung jeweils einer Ressource. Eine Angabe zur Auslastung bezieht sich immer auf eine Ressource.

Aus diesen Abhängigkeiten werden Relationstypen abgebildet. Tabelle 9 zeigt die ergänzenden Relationstypen und ihre Kardinalitäten.

**Tabelle 9:** Abgeleitete Entitytypen und ihre Beziehungstypen für das erweiterte Datenbankschema

| Entitytyp I | Kardinalität I | Beziehungstyp | Kardinalität II | Entitytyp II  |
|-------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Produkte    | [1,1]          | enthält       | [1,1]           | Lagerbestände |
| Arbeitsplan | [1,*]          | enthält       | [1,*]           | Ressourcen    |
| Arbeitsplan | [1,*]          | enthält       | [1,*]           | Produkte      |
| Ressourcen  | [1,1]          | enthält       | [1,1]           | Betriebsdaten |

Die abgeleiteten Entitytypen und ihre entsprechenden Beziehungstypen und Attribute werden anschließend in einem ERD zusammengefügt (vgl. Anhang F). Dieses ERD zeigt das erweiterte konzeptuelle Datenbankschema im Umfeld von SCs. Bei der Modellierung dieses ERD wurden die Attribute jedes Entitytypen in einem Oval zusammengefasst. Jedes Attribut ist als eigenständiges Attribut anzusehen. Eine reguläre Darstellung wie in Kapitel 2.4.3 war aus Darstellungsgründen nicht möglich.

Durch die Aufnahme dieser zusätzlichen Daten in die Datenbank werden die Effekte einer zentralen Planung der PPS entlang einer SC verstärkt (vgl. Kapitel 4.2.3, „Verknüpfen der Entitytypen anhand von Beziehungstypen“).

Da dieses Datenbankschema nur für einen eingeschränkten Anwenderkreis geeignet ist, wird es im weiteren Verlauf der Arbeit nicht weiter betrachtet.

### **4.3 Entwicklung einer sachlogischen Partitionierung für Datenbanktabellen im Umfeld von SCs**

Partitionen beziehen sich auf Datenbanktabellen (vgl. Kapitel 2.4.5, „Partitionierung von Datenbankmodellen“). Das Entwurfskonzept erläutert zunächst die Herkunft dieser Tabellen und legt eine geeignete Partitionierungsart fest. Anschließend werden die unterschiedlichen Datenbanktabellen hinsichtlich einer möglichen Partitionierung untersucht, bevor im letzten Schritt die Anwendung der Partitionierung erläutert wird.

#### **4.3.1 Entwurfskonzept der sachlogischen Partitionierung**

Wie in Kapitel 2.4.1 bereits erläutert wird in dieser Arbeit unter einem konkreten Datenbankmodell stets das Relationenmodell (vgl. Kapitel 2.4.4, „Das relationale Datenbankmodell“) verstanden. Dieses wird erst im Rahmen des logischen Entwurfs einer Datenbank aus dem konzeptuellen Datenbankschema abgeleitet (vgl. Kapitel 2.4.2, „Phasen des Datenbankentwurfsprozesses“). Da die Entwicklung eines logischen Datenbankschemas nicht Teil dieser Arbeit ist, wird davon ausgegangen, dass bei der späteren Transformation des konzeptuellen Datenbankschemas entsprechend der Fachliteratur alle Entitytypen auf Relationenschemata abgebildet werden. Die Attribute und Primärschlüssel der Entitytypen werden zu Attributen und Primärschlüsseln des jeweiligen Relationenschemas [SAAK10]. Somit dienen die Attribute und Entitytypen des konzeptuellen Datenbankschemas als Ausgangsbasis für die sachlogische Partitionierung.

Die Partitionierung zerlegt die Datenbanktabelle in physisch einzelne Teiltabellen, sog. Partitionen. Eine sachlogische Partitionierung soll einerseits ermöglichen, aus Datenbanktabellen verwertbare Stichproben zu entnehmen und andererseits eine Erhöhung der Verarbeitungseffizienz des DBS bewirken (vgl. Kapitel 2.4.5, „Partitionierung von Datenbankmodellen“ sowie Kapitel 3.5, „Problematik großer Datenmengen“). Da jede Partitionierungsart die Datenbanktabelle nach einem unterschiedlichen Schema zerlegt, muss zunächst eine geeignete Partitionierungsart ausgewählt werden, um die beiden genannten Anforderungen erfüllen zu können

Abbildung 17 (vgl. Kapitel 2.4.5, „Partitionierung von Datenbanktabellen“) gibt eine Übersicht über mögliche Partitionierungsverfahren und ihre -arten. Wie in Kapitel 2.4.5 bereits dargelegt, wird in dieser Arbeit bei dem Begriff der Partitionierung stets von einer horizontalen Partitionierung ausgegangen, auch wenn dies nicht immer explizit erwähnt wird.

Somit stehen vier Partitionierungsarten zur Auswahl (vgl. Tabelle 10).

**Tabelle 10:** Horizontale Partitionierungsarten nach [NOWI01]

| Partitionierungskriterium | Partitionierungsart         |
|---------------------------|-----------------------------|
| zufällig                  | Random-Partitionierung      |
|                           | Round-Robin-Partitionierung |
| wertebasiert              | Hash-Partitionierung        |
|                           | Bereichs-Partitionierung    |

Anhand eines Partitionierungskriteriums werden Datensätze einer Relation den einzelnen Partitionen zugewiesen [NOWI01]. Bei einer sachlogischen Partitionierung beruht das Partitionierungskriterium auf einem sachlichen Zusammenhang der einzelnen Datensätze. Da im Rahmen dieser Arbeit eine sachlogische Partitionierung der Datenbestände durchgeführt werden soll, sind somit alle Partitionierungsarten, die die Datenbanktabelle mittels eines zufälligen Partitionierungskriterium unterteilen, ungeeignet. Demzufolge verbleiben die Hash-Partitionierung und die Bereichspartitionierung.

Die Hash-Partitionierung unterteilt den Datenbestand mittels einer Hash-Funktion. Diese Funktion berücksichtigt jedoch ebenfalls keine Zusammenhänge der einzelnen Datensätze [KEMP11] und ist folglich auch nicht dem Zweck einer sachlogischen Partitionierung dienlich. Als letzte Partitionierungsart verbleibt die Bereichs-Partitionierung. Das Partitionierungskriterium kann hier so gewählt werden, dass eine sachlogische Ordnung zwischen den Datensätzen berücksichtigt und diese durch die Partitionierung nicht zerstört wird [NOWI01].

Die Datenbanktabellen werden folglich mit Hilfe der Bereichs-Partitionierung unterteilt. Hierfür muss ein geeignetes Partitionierungskriterium entwickelt werden.

#### 4.3.2 Analyse der Datenbanktabellen hinsichtlich ihrer Eignung für eine Partitionierung

Bevor ein geeignetes Partitionierungskriterium entwickelt werden kann, muss zunächst untersucht werden welche Tabellen der Datenbank sich für eine Partitionierung eignen. Das Konzept der Partitionierung unterteilt eine Datenbanktabelle in einzelne Teiltabellen (vgl. Kapitel 4.3.1, „Entwurfskonzept der sachlogischen Partitionierung“). Da davon auszugehen ist, dass im weiteren Verlauf des Datenbankentwurfsprozesses die abgeleiteten Entitytypen in entsprechende Tabellen transformiert werden (vgl. Kapitel 4.3.1, „Entwurfskonzept der sachlogischen Partitionierung“), wird im weiteren Verlauf der Begriff „Datenbanktabelle“ vorweggenommen und referenziert auf die ermittelten

Entitytypen. Ausgangsbasis für die Untersuchungen bilden die ermittelten Entitytypen aus Kapitel 4.2.2. Tabelle 11 zeigt die Datenbanktabellen der Datenbank.

**Tabelle 11:** Datenbanktabellen der Datenbank

| <b>Datenart</b> | <b>Datenbanktabelle</b> |
|-----------------|-------------------------|
| Stammdaten      | Produkte                |
|                 | Stücklisten             |
|                 | Lieferanten             |
|                 | Supply Chain            |
| Bewegungsdaten  | Aufträge                |

Im weiteren Verlauf werden zuerst potentielle Datenbanktabellen für die Partitionierung ermittelt, bevor in der Folge geeignete Attribute festgelegt werden, anhand dieser die Relationen unterteilt werden können.

Eine Partitionierung hat einerseits zum Ziel die Verarbeitungseffizienz des DBS zu erhöhen und andererseits das Ziehen von Stichproben aus großen Datenmengen zu ermöglichen (vgl. Kapitel 4.3.1, „Entwurfskonzept die sachlogische Partitionierung“). Somit ist lediglich die Partitionierung einer Datenbanktabelle sinnvoll, die sich im Bereich des Big Data bewegt (vgl. Kapitel 3.5, „Problematik von großen Datenmengen“). Aus Datenbanktabellen, die nicht einem derartigen Umfang entsprechen, können Informationen mittels Anfragen durch das DBS gewonnen werden.

Bewegungsdaten haben eine kurze Lebensdauer (vgl. Kapitel 3.3, „Analyse der benötigten Daten für eine unternehmensinterne PPS“) und schaffen durch ihren kontinuierlichen Wandel erhebliche Datenmengen. Grund hierfür sind die Charakteristika „Zeitbezug“ und die „Verwaltung unterschiedlicher Statuszustände“. Sie werden durch die Attribute „Zeitstempel“ und „Status“ in den Tabellen abgebildet (vgl. Kapitel 3.3, „Analyse der benötigten Daten für eine unternehmensinterne PPS“). Variiert bspw. der Status eines Auftrags von „freigegeben“ auf „gesperrt“, wird zum Zeitpunkt der Änderung ein neuer Datensatz mit entsprechendem Zeitstempel angelegt. Je nachdem mit welcher Häufigkeit sich also die Attribute der Tabelle ändern, können enorme Datenmengen anfallen. Stammdaten hingegen unterliegen keinen großen Veränderungen [SCHU12a] und sind somit nahezu statisch. Sie produzieren dementsprechend keine beträchtlichen Datenmengen. Es ist demnach davon auszugehen, dass einzig die Bewegungsdaten Datenmengen im Big-Data-Bereich generieren. Eine Partitionierung der Stammdaten erweist sich also als nicht zweckmäßig, da aus diesen Datenbanktabellen mit Hilfe herkömmlicher Anfragen des DBS Informationen gewonnen

werden können (vgl. Kapitel 3.5, „Problematik von großen Datenmengen“). Da ausschließlich die Datenbanktabelle „Aufträge“ Bewegungsdaten enthält, bildet diese Tabelle die Grundlage für die sachlogische Partitionierung.

Im nächsten Schritt wird die Datenbanktabelle „Aufträge“ hinsichtlich geeigneter Attribute für die Partitionierung untersucht. Es wird zwischen statischen und dynamischen Attributen differenziert. Statische Attribute verändern ihre Werte nicht und verhalten sich konstant, wohingegen dynamische Attribute häufigen Änderungen unterliegen. Tabelle 12 zeigt die Attribute der Tabelle sowie das festgelegte Datenverhalten. Im Folgenden wird die Zuordnung der Attribute zu dem entsprechenden Datenverhalten erläutert.

**Tabelle 12:** Attribute der Datenbanktabelle "Aufträge"

| Datenverhalten | Attribute             |
|----------------|-----------------------|
| statisch       | Auftragskennung       |
|                | Produktkennung        |
|                | Menge                 |
|                | Liefertermin (Wunsch) |
| dynamisch      | Auftragsposition      |
|                | Status                |
|                | Zeitstempel           |

Eine Auftragskennung wird für einen Auftrag einmalig vergeben und bleibt konstant. Analog verhalten sich die Produktkennung und die geforderte Menge eines Auftrags. Es wird davon ausgegangen, dass eine Änderung des Produkts oder der bestellten Menge lediglich durch einen neuen Auftrag berücksichtigt werden kann. Mit Reduzierungen der Bestellmenge wird analog verfahren. Der Auftrag wird storniert und neu erstellt. Weiter wird angenommen, dass für das Attribut „Liefertermin (Wunsch)“ nur selten Variationen auftreten und diese deshalb vernachlässigt werden können. Da somit für die Attribute „Auftragskennung“, „Menge“, „Produktkennung“ und „Liefertermin (Wunsch)“ beim Anlegen des Auftrags Daten angegeben werden, die sich während des gesamten Auftragsdurchlaufs nicht mehr verändern, werden diese Attribute als statisch betrachtet. Lediglich die Attribute „Auftragsposition“, „Status“ und „Zeitstempel“ variieren in dieser Datenbanktabelle. Je mehr Kontrollpunkte ein Lieferant einrichtet, die die Position des Auftrags während des Herstellungsprozesses zurückmelden, desto mehr Datensätze werden für einen Auftrag angelegt, da mit jeder Rückmeldung dem Attribut „Auftragsposition“ ein neuer Wert zugeteilt wird. Die minimale Anzahl an Datensätzen, die auf Grund des Attributs „Auftragsposition“, für einen Auftrag angelegt werden beträgt zwei, da jeder Auftragsbeginn und jedes Auftragsende erfasst werden

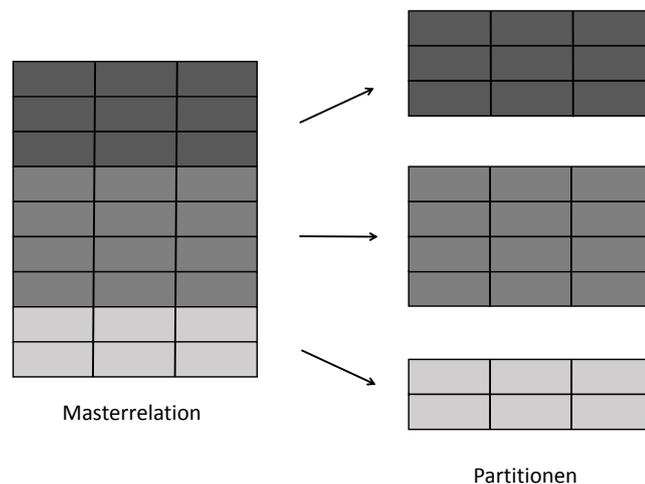
müssen. Eine Änderung des Status ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig, die hier nicht im Einzelnen erläutert werden sollen. Auch hier führt eine Änderung des Attributwerts dazu, dass ein neuer Datensatz angelegt wird. Es wird davon ausgegangen, dass jede Änderung der beiden Attribute „Auftragsposition“ und „Status“ mit einem entsprechenden Zeitstempel in der Datenbank erfasst wird. Auf Grund dessen weisen diese drei Attribute ein dynamisches Verhalten auf.

### 4.3.3 Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums

In Kapitel 4.3.1 wurde die Bereichspartitionierung als geeignete Partitionierungsart ermittelt. Bei der Bereichspartitionierung wird die zu zerlegende Relation  $R$  als Masterrelation bezeichnet. Die Masterrelation wird in paarweise disjunkte Teilrelationen, sog. Partitionen  $R_0, \dots, R_{n-1}$  aufgeteilt. Formel 4 bedingt, dass die einzelnen Teilrelationen keine gemeinsame Schnittmenge besitzen [KOEP12].

$$R = R_0 \cup \dots \cup R_{n-1}, R_i \cap R_j = \emptyset \quad (4)$$

Abbildung 32 veranschaulicht diese Aufteilung.



**Abbildung 32:** Bereichspartitionierung nach [KOEP12]

Die Datensätze werden anhand des Partitionierungskriteriums einzelnen Partitionen zugewiesen. Das Partitionierungskriterium definiert den „Bereich“ über den sich eine Partition erstreckt [KOEP12]. Im Folgenden wird eine Formel entwickelt, die es ermöglicht ein sachlogisches Partitionierungskriterium für die Datenbanktabelle „Aufträge“ zu ermitteln. Entwicklern von Datenbanken im Rahmen von SCs soll so die Möglichkeit

gegeben werden ein individuelles Partitionierungskriterium festzulegen, anhand dessen die jeweilige Datenbanktabelle partitioniert werden kann. Des Weiteren soll die Formel auf unterschiedliche Bereiche der Industrie angewendet werden können.

Wie in Kapitel 4.3.2 ermittelt wurde, wird die Datenbanktabelle „Aufträge“ partitioniert. Weiterhin wurde in Kapitel 4.3.2 erläutert, weshalb lediglich die Werte der Attribute „Auftragsposition“, „Status“ und „Zeitstempel“ variieren und so für eine Zunahme der Datenmenge sorgen. Für die Entwicklung einer Formel bzgl. eines sachlogischen Partitionierungskriteriums werden diese drei Attribute nun auf ein logisches und wiederkehrendes Änderungsmusters untersucht.

Eine Änderung des Attributs „Zeitstempel“ ist abhängig von den beiden Attributen „Auftragsposition“ und „Status“. Die Veränderung der Auftragsposition oder des Auftragsstatus impliziert eine Variation des Attributs „Zeitstempel“ (vgl. Kapitel 4.3.2, „Analyse der Datenbanktabellen hinsichtlich ihrer Eignung für eine Partitionierung“). Da die Attributwerte also keiner eigenen Logik folgen, wird das Partitionierungskriterium nicht anhand des Attributs „Zeitstempel“ ermittelt. Außerdem folgt die Umstellung des Auftragsstatus keinem wiederkehrenden Muster. Das Attribut „Status“ kann von ungeplanten Produktions- und Verwaltungsstillständen o.Ä. beeinflusst werden. Eine Änderung erfolgt demnach nicht einem regelmäßigen und vorhersagbaren Rhythmus, weshalb auch das Attribut „Auftragsstatus“ zur Entwicklung eines Partitionierungskriteriums ungeeignet ist. Das Attribut „Auftragsposition“ ändert sich bei jeder Rückmeldung des aktuellen Produktionsfortschritts.

Zur besseren Veranschaulichung wird die Herstellung eines Produktes A näher betrachtet. Die Rückmeldung des Produktionsfortschritts erfolgt über fest installierte Sensoren entlang der Produktion. Passiert Produkt A einen Sensor, wird dies registriert und an das System zurückgemeldet. Es ist folglich davon auszugehen, dass sich das Attribut „Auftragsposition“ in einem festgelegten Takt ändert. Dieser Takt ist abhängig von der Dauer die das Produkt A zum Zurücklegen der Strecke zwischen zwei Sensoren benötigt. Weiter bedeutet dies, dass bei einer Aufzeichnung von Auftragsbeginn und -ende die Zeitspanne der beiden Zeitstempel exakt der Durchlaufzeit von Produkt A entspricht. Aus diesem Grund wird eine sachlogische Unterteilung der Datenbanktabelle „Aufträge“ anhand des Attributs „Auftragsposition“ entwickelt. Da die Änderung des Attributwertes auf der Durchlaufzeit der Produkte basiert, wird diese zur Entwicklung eines Partitionierungskriteriums verwendet.

Die Durchlaufzeit lässt sich, wie bereits in Kapitel 3.3 beschrieben, als Summe der Liegezeit  $t_l$ , Transportzeit  $t_t$ , Rüstzeit  $t_r$  und Bearbeitungszeit  $t_b$  berechnen. Um die Durchlaufzeit des Produkts innerhalb der SC zu beschreiben, muss jedoch berücksichtigt werden, dass sowohl intern (innerhalb eines Unternehmens) als auch extern (zwi-

schen Unternehmen) eine Transportzeit anfällt. Aus diesem Grund setzt sich im Rahmen dieser Arbeit die Transportzeit aus der internen und externen Transportzeit zusammen. Die Addition beider Zeitangaben ergibt die gesamte Transportzeit des Produkts innerhalb der SC. Die DLZ eines Produkts in der SC wird somit anhand der Formel 5 berechnet.

$$DLZ = t_l + \text{externe } t_t + \text{interne } t_t + t_r + t_b \quad (5)$$

Bevor auf unterschiedliche Effekte der Durchlaufzeit näher eingegangen wird, soll ein Beispiel veranschaulichen, wie die Produktionsaufträge in der Datenbanktabelle „Aufträge“ erfasst werden.

Die Tabelle „Aufträge“ bezieht sich ausschließlich auf Aufträge für direkte Zulieferer des Endproduzenten. Dieser weist im Rahmen der Netzwerkallokation den jeweiligen SC-Partnern entsprechende Produktionsaufträge zu, in denen der Liefertermin festgelegt ist. Es wird davon ausgegangen, dass die zu fertigenden Produkte anschließend direkt in das Endprodukt einfließen, d.h. es sind keinerlei Vormontagen o.Ä. seitens des Endproduzenten mehr notwendig. Außerdem ist der Liefertermin für alle Produkte gleich. Weiterhin wird vereinfachend davon ausgegangen, dass auf Grund der exakten Absatzprognosen die Zulieferer zum Zeitpunkt der Auftragserteilung genügend Kapazitäten zur Verfügung haben, um mit der Produktion rechtzeitig beginnen zu können. Sobald die Lieferanten mit der Fertigung dieser Produktionsaufträge beginnen, melden sie den Produktionsstart an den Endproduzenten zurück. Dieser erstellt hierfür einen Auftrag in der Datenbanktabelle „Aufträge“. Dem Endproduzenten steht dadurch eine Übersicht über alle Produktionsaufträge zur Verfügung. An dieser Stelle muss zwischen Produktions- und Fertigungsaufträgen unterschieden werden. Aus den zugeteilten Produktionsaufträgen erstellen die Lieferanten unternehmensinterne Fertigungsaufträge. Liegt das Fertigungslos des Lieferanten unterhalb der Bestellmenge des Produktionsauftrags, werden entsprechend mehrere Fertigungsaufträge über das interne Fertigungslos ausgestellt. Da in SCs die externe Transportzeit berücksichtigt wird, endet ein Fertigungsauftrag, sobald das Los beim Abnehmer eingetroffen ist.

Abbildung 33 zeigt in grüner Farbe die einzelnen Fertigungsaufträge für die Produkte A, B und C, um die entsprechenden Produktionsaufträge zu bedienen. Der Liefertermin ist zum Zeitpunkt 10 angesetzt. Der Umfang des jeweiligen Produktionsauftrags ist der beispielhaften Stückliste aus Tabelle 13 zu entnehmen. Zur besseren Veranschaulichung bezieht sich die Nachfragemenge auf lediglich ein Endprodukt. Die Losgröße beträgt bei allen Produkten eins, sodass die Mengenangabe in der Stückliste der Anzahl an Fertigungsaufträgen entspricht. Die Durchlaufzeiten aus Tabelle 13 beziehen sich auf die Herstellung einer Losgröße. Die Zeitstempel wurden im Rhythmus von einer Zeiteinheit (ZE) gesetzt.

**Tabelle 13:** Beispielhafte Stückliste für Endprodukt

| Position | Menge | Einheit | Produktkennung | Durchlaufzeit |
|----------|-------|---------|----------------|---------------|
| 1        | 1     | Stück   | Produkt A      | 9 ZE          |
| 2        | 2     | Stück   | Produkt B      | 4 ZE          |
| 3        | 2     | Stück   | Produkt C      | 3 ZE          |

| Zeitstempel | Attribut 1 |           |           | ... |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----|
| 1           |            |           |           | ... |
| 2           |            |           |           | ... |
| 3           |            |           |           |     |
| 4           | Produkt A  |           |           |     |
| 5           |            |           |           |     |
| 6           |            |           |           |     |
| 7           |            | Produkt B |           |     |
| 8           |            |           |           |     |
| 9           |            |           | Produkt C |     |
| 10          |            |           |           |     |

**Abbildung 33:** Auftragsdurchlauf in Tabelle "Aufträge"

Wie Abbildung 33 zeigt, sind in der Tabelle „Aufträge“ zu allen Produkten entsprechende Fertigungsaufträge vorhanden. Ausgenommen hiervon sind alternativ zu verwendende Produkte.

Wird nun das Partitionierungskriterium zu klein gewählt, können hierdurch einzelne Fertigungsaufträge auf mehrere Partitionen verteilt werden. So würde bspw. die Wahl eines Partitionierungskriteriums, das der Durchlaufzeit von Produkt C entspricht

(3 ZE), den Fertigungsprozess von Produkt A auf unterschiedliche Partitionen verteilen (vgl. Abbildung 33). Eine entsprechende Stichprobe zur Analyse der Prozesssicherheit würde den Fertigungsauftrag nicht gänzlich enthalten und könnte folglich nicht verwendet werden.

Um auszuschließen, dass ein Fertigungsauftrag nicht in Gänze enthalten ist, wird als logische Konsequenz das Partitionierungskriterium mit dem Wert der maximalen Durchlaufzeit über alle Produkte der Tabelle festgelegt. Dies würde im oben genannten Beispiel einem Partitionierungskriterium von neun ZE entsprechen.

Des Weiteren muss beachtet werden, dass Durchlaufzeiten in der traditionellen PPS starken Streuungen unterliegen [VAHR08]. Werden diese Streuungen bei der Partitionierung nicht berücksichtigt kann dies zur Folge haben, dass Partitionen nicht zweckgemäß gebildet werden. Streuungen können durch die Statistik bestimmt werden. Dies wird im Folgenden näher erläutert.

Die Durchlaufzeit bildet eine stetige Zufallsvariable  $X$ . Stetige Zufallsvariablen können (zumindest theoretisch) – im Gegensatz zu diskreten Zufallsvariablen (z.B. Würfel) – unendlich viele Werte annehmen [JANN05]. Mit Hilfe der Verteilungsfunktion  $F(x)$  einer Zufallsgröße  $X$  kann die Wahrscheinlichkeit  $P$  dafür berechnet werden, dass die Zufallsgröße Werte annimmt, die kleiner oder gleich dem Wert  $x$  sind. Sie besitzt eine überall stetige Ableitung  $f(x)$ , die als Dichtefunktion bezeichnet wird [RUGE14]. Es gilt Formel 6 [KOHN13].

$$F_X(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f_X(t) dt \quad (6)$$

Da  $F(x)$  eine nicht fallende monotone Funktion ist, folgt für die Dichtefunktion  $f(x) \geq 0$  [RUGE14]. Zufallsvariablen können unterschiedlichen Verteilungsfunktionen folgen. Da die Normalverteilung Messwerte häufig in guter Näherung beschreibt [KLEP13], wird für die Streuung der Durchlaufzeiten eine Normalverteilung angenommen. Jede Normalverteilung ist durch den Erwartungswert  $\mu$  und die Streuungsparameter Varianz  $\sigma^2$  bzw. Standardabweichung  $\sigma$  eindeutig bestimmt [KUCK13], [RUGE14]. Der Erwartungswert einer stetigen Zufallsvariablen  $X$  lässt sich anhand von Formel 7 berechnen [KOHN13].

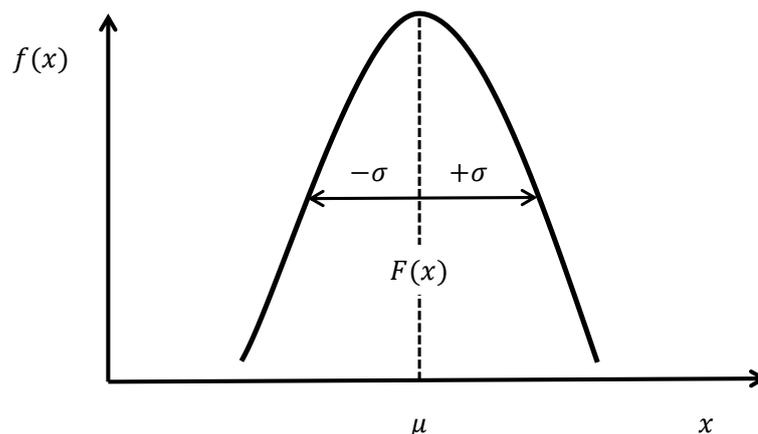
$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x) dx \quad (7)$$

Die Eintrittswahrscheinlichkeit des Wertes  $\mu$  für die Zufallsvariable  $X$  ist am höchsten [KOHN13]. Aus diesem Grund entspricht die, mit der Formel 5, berechnete Durchlaufzeit dem Erwartungswert der Normalverteilung. Die Standardabweichung der Normalverteilung lässt sich gemäß Formel 8 aus der Quadratwurzel der Varianz berechnen [RUGE14].

$$\sigma = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f_X(x) dx} \quad (8)$$

Sie bestimmt die Breite der Normalverteilung [KOHN13] und ist im Rahmen dieser Arbeit somit der geeignetste Streuungsparameter.

Abbildung 34 zeigt den Zusammenhang der Begriffe.



**Abbildung 34:** Verteilungsfunktion nach [RUGE14]

Die Normalverteilung ist unter anderem durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

- Normalverteilungen sind symmetrisch.
- Normalverteilungen nähern sich der Abszisse an, ohne diese jemals zu erreichen [KUCK13].

Für die Ermittlung eines geeigneten Partitionierungskriteriums muss die Streuung der maximalen Durchlaufzeit berücksichtigt werden. Produkt A aus Abbildung 33 hat eine geplante Durchlaufzeit von neun ZE. Diese kann durch eine Streuung verlängert werden. Ein derartiger Fertigungsauftrag kann nun nicht mehr von einem Partitionierungskriterium, das der geplanten Durchlaufzeit entspricht, erfasst werden. Grund hierfür ist ein zu kleines Partitionierungskriterium. Streuungen, die die Durchlaufzeit verkürzen, können vernachlässigt werden, da ein derartiger Fertigungsauftrag wird immer erfasst.

Je nachdem in welcher industriellen Branche die Datenbank angewendet werden soll, müssen entsprechende Analysten einen Wert für eine tolerierte Streuung angeben. Hierbei ist besonders zu beachten, dass sich die Streuung der Durchlaufzeit aus einer Streuung der Herstellungszeiten (Liege-, interne Transport-, Rüst- und Bearbeitungszeit) und der externen Transportzeit zusammensetzt. Diese gehören i.d.R. unterschiedlichen Branchen an und können ggf. stark voneinander abweichen. Anhand der Formel 9 lässt sich somit das minimale Partitionierungskriterium  $v_{min}$  ermitteln.

$$v_{min} = \lambda * \max_i DLZ_i ; \lambda = 1 + \alpha; 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (9)$$

Die Streuung der Durchlaufzeit geht über den Faktor  $\lambda$  in die Berechnung ein. Dieser wird durch den branchenspezifischen Kennwert  $\alpha$  beeinflusst.  $\alpha$  gibt die Streuung der Durchlaufzeit in Prozent an und muss wie bereits erwähnt von Analysten definiert werden. Die Einheit des Partitionierungskriteriums entspricht der Einheit der Durchlaufzeit. Es stellt somit eine Zeitdauer dar.

#### 4.3.4 Anwendung der Bereichspartitionierung

Um die Datenbanktabelle „Aufträge“ anhand des in Kapitel 4.3.3 entwickelten Partitionierungskriteriums unterteilen zu können, muss zunächst ein geeignetes Partitionierungsattribut festgelegt werden. Bei einer Aufteilung der Datensätze werden die Werte eines einzelnen Attributs, dem sog. Partitionierungsattribut, mit dem Partitionierungskriterium verglichen und entsprechend zugeteilt [FARK11]. Da das Partitionierungskriterium eine Zeitdauer beschreibt, muss auch das Partitionierungsattribut eine Zeit abbilden. Außer dem Attribut „Zeitstempel“ weist kein weiteres Attribut der Tabelle Werte im Zeitformat auf. Folglich eignet sich lediglich das Attribut „Zeitstempel“ als Partitionierungsattribut. Die Masterrelation wird nun anhand des Partitionierungskriteriums unterteilt. Hierzu werden die einzelnen Tupel  $t$  auf Basis des Partitionierungskriteriums  $v_{min}$  in Klassen unterteilt. Eine Klasse entspricht einer Partition.

Der Pseudocode (vgl. Tabelle 14) soll den Ablauf des Verfahrens verdeutlichen.  $N$  steht hierbei für das letzte Tupel der Relation. Die Abbruchbedingung lautet  $n > N$ .

**Tabelle 14:** Pseudocode zur Bereichspartitionierung

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Schritt 1:</b> | bestimme $v$ und setze, $i := 1, n := 1$  |
| <b>Schritt 2:</b> | a) setze Start von $Partition_i$ bei $t_n$  |
|                   | b) berechne $z = \text{Zeitstempel von } t_n + v$   |
|                   | c) ist $\text{Zeitstempel von } t_n = z$ dann gehe zu Schritt 3   |
|                   | d) setze $n := n + 1$ , solange $n \leq N$ und gehe zu Schritt 2 c)   |
| <b>Schritt 3:</b> | setze Ende von $Partition_i$ bei $t_n$<br>und setze $i := i + 1, n := n + 1$ , solange $n \leq N$<br>und gehe zu Schritt 2 a) |

Abbildung 35 veranschaulicht das Ergebnis der Bereichspartitionierung anhand eines Beispiels. Das berechnete Partitionierungskriterium wurde mit fünf ZE bestimmt. Insgesamt wurden zwei Partitionen gebildet. Die Zeitstempel wurden im Rhythmus von einer ZE gesetzt

|             | Zeitstempel | Attribut1 | ... |
|-------------|-------------|-----------|-----|
| Partition 1 | 1           | I         | ... |
|             | 2           | I         | ... |
|             | 3           | I         | I   |
|             | 4           | I         | I   |
|             | 5           | I         | I   |
|             | 6           | I         | I   |
| Partition 2 | 7           | I         |     |
|             | 8           | I         |     |
|             | 9           | I         | I   |
|             | 10          | I         | I   |
|             | 11          | I         | I   |
|             | 12          | I         | I   |

**Abbildung 35:** Beispiel zur entwickelten Partitionierung

Die Partitionierung aus Abbildung 35 erfasst jedoch keine Irregularitäten der Datenwerte. Das folgende Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen.

Gegeben sei die Tabelle „Aufträge“, die insgesamt acht Tupel umfasst. Das Produkt anhand dessen das Partitionierungskriterium bestimmt wird, habe eine geplante

Durchlaufzeit von drei ZE und einen geplanten Produktionsstartpunkt  $t_s = 1$ . Das berechnete Partitionierungskriterium beträgt drei ZE. Die Zeitstempel wurden im Rhythmus von einer ZE gesetzt, wobei der Zeitstempel des ersten Tupels bei eins beginnt. Auf Grund von ungeplanten Stillständen im Produktionsablauf kommt es zu einer Verspätung des Produktionsstarts um zwei ZE. Dies führt zu einer ungeplanten Erhöhung der Durchlaufzeit. Die Durchlaufzeit ist durch die in Formel 5 aufgezeigten Zeitanteile definiert. Eine außerplanmäßige Verspätung des Produktionsstarts um zwei ZE sorgt für eine Erhöhung der Liegezeit um zwei ZE und folglich für einen Anstieg der Durchlaufzeit auf fünf ZE. Das Partitionierungskriterium wurde jedoch auf Basis der geplanten Durchlaufzeit bestimmt. Eine Verzögerung des Produktionsstarts auf  $t_{s2} = 3$  hätte nun zur Folge, dass der Auftrag erst zum Zeitpunkt  $t_{E2} = 6$  und nicht, wie geplant zum Zeitpunkt  $t_E = 4$  beendet wäre. Das Partitionierungskriterium fordert jedoch eine Partitionierung der ersten vier Tupel. Die nächste Partitionierung beginnt wiederum bei Tupel fünf und endet bei Tupel acht. Somit ist der betrachtete Fertigungsauftrag auf zwei Partitionen verteilt. Das Partitionierungsverfahren liefert keine Partitionierung, die diesen Fertigungsauftrag in seiner Gänze erfasst. Da die einzelnen Partitionen später als Stichproben dienen sollen (vgl. 4.3.1, „Entwurfskonzept der sachlogischen Partitionierung“), wäre das Ergebnis nachgelagerter Analysen verfälscht. Abbildung 36 veranschaulicht diese Problematik. Der geplante Auftragsdurchlauf wird hier in grüner, der außerplanmäßige in roter Farbe dargestellt.

|             | Zeitstempel | Attribut 1 | ... |
|-------------|-------------|------------|-----|
| Partition 1 | 1           | Produkt A  | ... |
|             | 2           |            | ... |
|             | 3           |            | ... |
|             | 4           |            | ... |
| Partition 2 | 5           | Produkt A  | ... |
|             | 6           |            | ... |
|             | 7           |            | ... |
|             | 8           |            | ... |

**Abbildung 36:** Beispiel verzögerter Produktionsstart

Bereits eine minimale, außerplanmäßige Erhöhung der erwarteten Durchlaufzeit führt zu dem beschriebenen Effekt. Solche Abweichungen von der geplanten Durchlaufzeit sind keine regulären Streuungen und werden deshalb nicht von den Parametern  $\lambda$  bzw.  $\alpha$  (vgl. Formel 9, vgl. Kapitel 4.3.3 „Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums“) berücksichtigt. Das Beispiel bezieht sich auf das Produkt

mit der größten Durchlaufzeit. Jedoch kann auch ein verzögerter Produktionsstart der anderen Produkte dazu führen, dass diese Aufträge in keiner Partition komplett erfasst sind. Es ist daher notwendig Formel 9 für diesen Fall entsprechend zu erweitern. Durch eine Vergrößerung der Partitionsbreite kann diese Irregularität des Produktionsablaufs in eine Stichprobe einfließen und so bei weiteren Analyseschritten berücksichtigt werden. Eine entsprechende Verkürzung der Durchlaufzeit führt nicht zu dem beschriebenen Effekt, da das Partitionierungskriterium in diesem Fall größer als die Durchlaufzeit ist und Aufträge dieser Art gänzlich erfasst.

Ein weiterer Grund für die Anpassung von Formel 9 ist die Partitionierung der Datenbanktabelle in eine Vielzahl von einzelnen Partitionen. Bei sehr großen Datenmengen kann eine Datenbanktabelle mehrere Millionen Tupel enthalten (vgl. Kapitel 3.5, „Problematik von großen Datenmengen“). Die Partitionierung einer solchen Tabelle anhand eines Partitionierungskriteriums, das in Relation zum beschriebenen Zeitraum der Tabelle (Zeitspanne zwischen den Zeitstempeln des ersten und letzten Tupels) sehr klein ist, führt zu einer sehr großen Anzahl an Partitionen. Erstrecken sich bspw. die Zeitstempel einer Datenbanktabelle über einen Zeitraum von mehreren Jahren und das ermittelte Partitionierungskriterium über ein Zeitintervall von wenigen Stunden, ist das Resultat eine Vielzahl von einzelnen Partitionen, die jeweils nur einen kleinen Ausschnitt der Tabelle repräsentieren. Diese Partitionen erfassen somit keine Effekte, die sich über eine längere Zeitspanne abzeichnen. Als Beispiel wird hier ein Automobilhersteller betrachtet. In der zu partitionierenden Tabelle sind Aufträge einer Modellreihe aus mehreren Jahren enthalten. Das ermittelte Partitionierungskriterium sei  $v_{min} = 8 \text{ Stunden}$ . Die Partitionen sollen als Basis für die Datenanalyse des Qualitätsmanagements dienen. Es soll untersucht werden wie sich Streuungen der Prozesszeiten in den einzelnen Quartalen verhalten. Da sich die Partitionen lediglich über einen Zeitraum von acht Stunden erstrecken, sind sie in diesem Fall als Stichproben nicht geeignet. Ein für die Untersuchung sinnvolles Partitionierungskriterium wäre an dieser Stelle ein Quartal. Es ist jedoch nicht möglich das Partitionierungskriterium beliebig festzulegen. Es muss die höchste Durchlaufzeit aller Produkte berücksichtigen um alle Fertigungsaufträge in Gänze zu erfassen. Die Lösung ist ein Vielfaches des Partitionierungskriteriums aus Formel 9.

Die beiden aufgezeigten Beispiele zeigen, dass ein Vielfaches des Partitionierungskriteriums derartige Problematiken bei der Partitionierung abfangen kann. Aus diesem Grund wird Formel 9 dahingehend erweitert, dass die Möglichkeit besteht ein größeres Partitionierungskriterium  $v$  zu wählen.

Durch den zusätzlichen Parameter  $x_v$  wird ein Vielfaches des ursprünglichen Partitionierungskriteriums gebildet (vgl. Formel 10). Somit kann das Partitionierungskriterium aus Formel 9 als ein Grundelement angesehen werden, das die minimale Partitionsbreite ermittelt.

$$v = x_v * \lambda * \max_i DLZ_i ; x_v \in \mathbb{N}; \lambda = 1 + \alpha; 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (10)$$

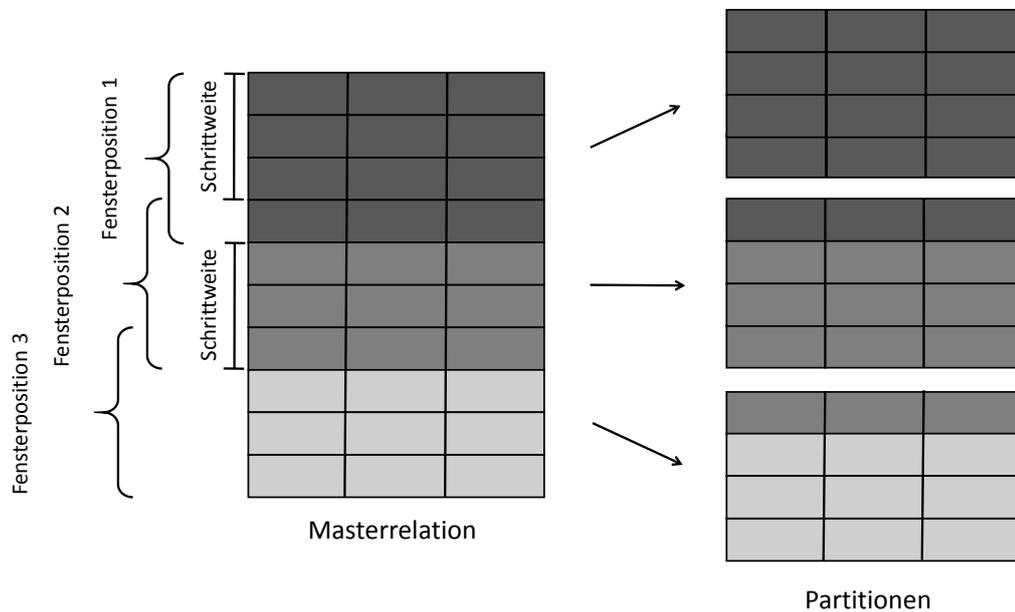
Der Parameter  $x_v$  muss ebenfalls wie die Parameter  $\lambda$  und  $\alpha$  von Analysten der Unternehmung bestimmt werden. Er ist abhängig von der Zeitspanne, die durch die Zeitstempel der Datenbanktabelle beschrieben wird, der Größe des Partitionierungskriteriums nach Formel 9 sowie dem Zweck der späteren Analyse.

#### 4.3.5 Anwendung des Windowing - Verfahrens

Beim bisherigen Vorgehen zur Partitionierung werden die Partitionsstarts im Takt eines Partitionierungskriteriums gesetzt. Das bedeutet, dass zwischen den Anfangspunkten zweier aufeinanderfolgenden Partitionen ein Partitionierungskriterium liegt (vgl. Abbildung 35, Kapitel 4.3.4, „Anwendung der Bereichspartitionierung“). Im Rahmen nachgelagerter Analysen kann es allerdings auch von Interesse sein das Verhalten von Produktions- bzw. Fertigungsaufträgen explizit um den Liefertermin zu untersuchen. Hierbei steht nicht vorrangig die Durchlaufzeit im Mittelpunkt der Analyse, sondern auch andere Attributwerte wie bspw. der Auftragsstatus. Eine derartige Untersuchung ist mit der Bereichspartitionierung nur begrenzt möglich. Das Partitionierungskriterium muss hierfür so gewählt werden, dass es sich über mindestens zwei Produktionsaufträge erstreckt. Dies kann unter Umständen Partitionen mit einer beträchtlichen Anzahl an Tupeln verursachen. Diese Partitionen enthalten einerseits eine große Anzahl unnötiger Datenmengen und können andererseits evtl. nicht mehr von traditionellen Datenbanken analysiert werden (vgl. Kapitel 3.5, „Problematik von großen Datenmengen“). Eine adäquate Lösung bietet das Windowing - Verfahren.

Mit Hilfe des Windowing - Verfahrens lässt sich die Datenbanktabelle in einzelne, nicht - disjunkte Partitionen unterteilen. Das Windowing - Verfahren verwendet hierfür ein Fenster, das mit einer bestimmten Schrittweite über die Datenbanktabelle geschoben wird. Das Fenster unterteilt die Datenbanktabelle so in einzelne Partitionen. Sowohl die Breite des Fensters als auch die Schrittweite werden vorher fest definiert [DRA112].

Abbildung 37 zeigt beispielhaft die Aufteilung einer Relation.



**Abbildung 37:** Windowing - Verfahren

Um die Tabelle „Aufträge“ zu unterteilen, muss sowohl eine sachlogische Fensterbreite, als auch eine geeignete Schrittweite  $w$  ermittelt werden. Da sich ein Partitionierungskriterium gemäß Formel 10 (vgl. Kapitel 4.3.4, „Anwendung der Bereichspartitionierung“) als beste Lösung erwiesen hat, wird die Fensterbreite des Windowing - Verfahrens anhand dieser bestimmt. Die Schrittweite wird zunächst eingegrenzt.

Da bei einer Schrittweite größer dem Partitionierungskriterium nicht alle Tupel der Relation berücksichtigt werden, eignen sich die hierdurch entstehenden Partitionen nicht als Stichproben für nachgelagerte Analysen. Im Falle einer Schrittweite gleich der Fensterbreite wird durch das Windowing - Verfahren dasselbe Ergebnis wie bei der Bereichspartitionierung erzielt (vgl. Kapitel 4.3.4, „Anwendung der Bereichspartitionierung“). Somit muss die Schrittweite einen Wert kleiner dem Partitionierungskriterium annehmen um für das Windowing - Verfahren geeignet zu sein. Weiter wird bei einer Schrittweite gleich Null lediglich eine Partition gebildet. Auch dieses Ergebnis ist im Rahmen dieser Arbeit nicht zielführend (vgl. Kapitel 4.3.1, „Entwurfskonzept für sachlogische Partitionen einer Datenbank im Umfeld von SCs“). Somit kann der Bereich für die Schrittweite  $w$  nach Formel 11 eingeschränkt werden.

$$0 < w > v \quad (11)$$

Durch eine Schrittweite in einem Bereich nach Formel 11, kommt es zu einer nicht-disjunkten Partitionierung der Relation, da einzelne Datensätze mehreren Partitionen zugeteilt werden (vgl. Abbildung 37). Dies führt zu einer redundanten Datenspeicherung. Je kleiner die Schrittweite gewählt wird, desto größer sind die Redundanzen in den gespeicherten Daten. Partitionen ermöglichen neben dem Ziehen von Stichproben auch die Erhöhung der Verarbeitungseffizienz (vgl. Kapitel 4.3.1, „Entwurfskonzept für sachlogische Partitionen einer Datenbank im Umfeld von SCs“). Eine redundante Datenspeicherung scheint zunächst dem letztgenannten Ziel einer Steigerung der Verarbeitungseffizienz zu widersprechen, da somit eine größere Datenmenge geschaffen wird, die verarbeitet werden muss. Doch durch das Ablegen der Partitionen auf unterschiedlichen physischen Speichermedien kann eine Anfrage in eine Menge von partitionsbezogenen Anfragen zerlegt werden, die parallel ausgeführt werden können [NOWI01]. Somit wird das Ziel einer Erhöhung der Anfragegeschwindigkeit durch die entstehenden Redundanzen nicht beeinträchtigt.

Um die Tabelle „Aufträge“ nun möglichst differenziert zu unterteilen muss eine minimale, sachlogische Schrittweite  $w$  ermittelt werden.

Als Partitionierungsattribut der Tabelle „Aufträge“ wurde bereits in Kapitel 4.3.4 das Feld „Zeitstempel“ festgelegt. Ein folgerichtiger Schluss ist, dass die Schrittweite ebenfalls anhand dieses Attributs auf die Datenbanktabelle übertragen wird. Weiterhin wurde in Kapitel 4.3.3 bereits erläutert, dass das Partitionierungskriterium auf der Durchlaufzeit beruht. Um die Relation „Aufträge“ nun mit einer sachlogischen Schrittweite zu partitionieren, ist die logische Folge diese ebenfalls anhand dieses Wertes zu bestimmen, da ansonsten eine Partitionierung ohne Berücksichtigung der Durchlaufzeit erfolgen würde. Die entsprechenden Konsequenzen wurden in Kapitel 4.3.3 erläutert. Der minimale Wert, den die Schrittweite demnach annehmen kann, entspricht der minimalen Durchlaufzeit der Produkte. Auch hier muss die Streuung der Durchlaufzeit berücksichtigt werden. Um jedoch den minimalen Wert zu ermitteln, ist hier die negative Streuung ( $\mu - \sigma$ ) zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 4.3.3, „Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums“). Da davon ausgegangen wird, dass es sich bei der Verteilung der Durchlaufzeiten um eine Normalverteilung handelt, und diese durch eine Symmetrie charakterisiert ist (vgl. Kapitel 4.3.3, „Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums“), kann hier das gleiche Streuungsmaß für die Berechnung der Schrittweite verwendet werden wie für die Berechnung des Partitionierungskriteriums. Die minimale Schrittweite  $w_{min}$  der Partitionierung lässt sich folglich anhand der Formel 12 ermitteln.

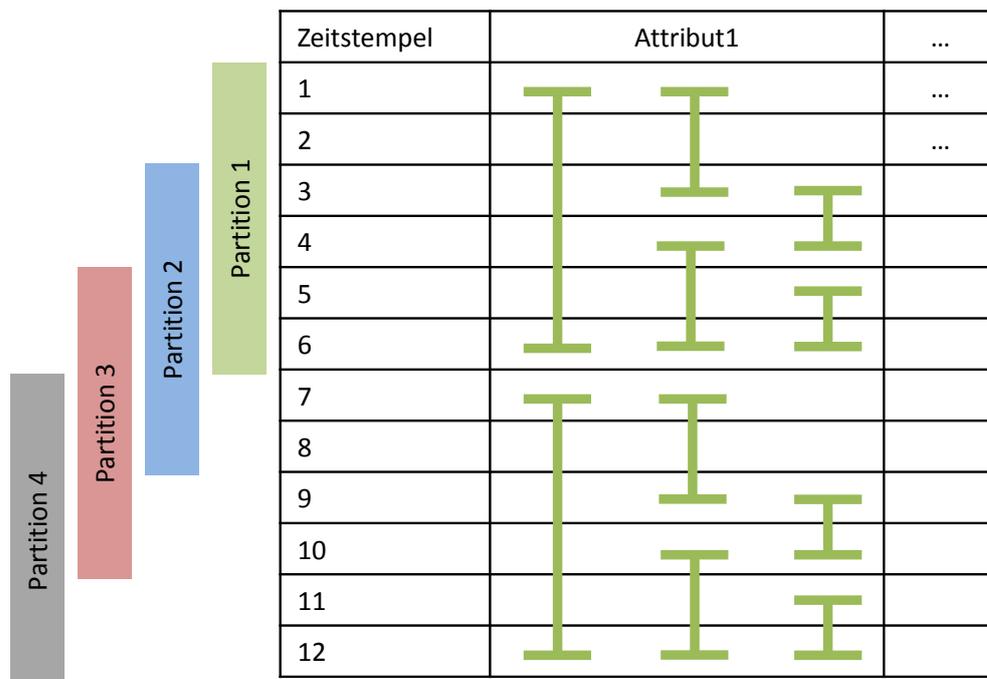
$$w_{min} = \lambda * \min_i DLZ_i ; \lambda = 1 - \alpha; 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (12)$$

Der Kennwert  $\alpha$  verhält sich analog der Bestimmung des Partitionierungskriteriums  $v$ . Tabelle 15 zeigt einen Pseudocode, der das Vorgehen zur Partitionierung einer Datenbanktabelle mit Hilfe des Windowing - Verfahrens beschreibt. Hierbei werden die einzelnen Tupel  $t$  anhand des Partitionierungskriteriums  $v$  in Partitionen unterteilt. Den Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Partitionsstarts bestimmt die minimale Schrittweite  $w_{min}$ .  $N$  steht hierbei für das letzte Tupel der Relation. Die Abbruchbedingung lautet  $n > N$ .

**Tabelle 15:** Pseudocode des Windowing - Verfahrens

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Schritt 1:</b> | bestimme $v, w$ und setze $i := 1, k := 1, l := 2, n := 1$                             |
| <b>Schritt 2:</b> | a) setze Start von $Partition_i$ bei $t_n$   |
|                   | b) berechne $z = \text{Zeitstempel von } t_n + v$                                      |
|                   | c) ist $\text{Zeitstempel von } t_n = z$ dann gehe zu Schritt 3                        |
|                   | d) setze $n := n + 1$ , solange $n \leq N$ und gehe zu Schritt 2 b)                    |
| <b>Schritt 3:</b> | setze Ende von $Partition_i$ bei $t_n$ und setze $i := i + 1$                          |
| <b>Schritt 4:</b> | a) berechne $x = \text{Zeitstempel von } t_k + w$                                      |
|                   | b) ist $\text{Zeitstempel von } t_l > x$ dann gehe zu Schritt 4 d)                     |
|                   | c) setze $k := k + 1, l := l + 1$ und gehe zu Schritt 4 b)                             |
|                   | d) setze Start von $Partition_i$ bei $t_k$ und setze $n := k$ und gehe zu Schritt 2 b) |

Abbildung 38 veranschaulicht das Ergebnis des Windowing - Verfahrens anhand eines Beispiels. Das berechnete Partitionierungskriterium wurde mit fünf ZE, die Schrittweite mit einer ZE bestimmt. Insgesamt wurden vier Partitionen gebildet. Die Zeitstempel wurden im Rhythmus von einer ZE gesetzt. Der zu analysierende Liefertermin liegt bei Zeitpunkt sechs.



**Abbildung 38:** Beispiel zur Partitionierung mit Schrittweite

Anhand von Abbildung 38 ist zu erkennen, dass einzelne Fertigungsaufträge auf unterschiedliche Partitionen verteilt werden. Da das Hauptaugenmerk der Analyse hier jedoch auf Attributen wie bspw. dem Auftragsstatus liegt, kann dieser Effekt vernachlässigt werden.

Wie bei der Bereichspartitionierung bildet auch hier die minimale Schrittweite ein Grundelement, das bei Bedarf erweitert werden kann (vgl. Kapitel 4.3.4, „Anwendung der Bereichspartitionierung“). Der Parameter  $x_w$  bildet ein Vielfaches der minimalen Schrittweite und sorgt so dafür, dass diese vergrößert wird. Die Schrittweite lässt sich anhand von Formel 13 ermitteln.

$$w = x_w * \lambda * \min_i DLZ_i ; x_w \in \mathbb{N}; \lambda = 1 - \alpha; 0 \leq \alpha \leq 1; 0 < w > v \quad (13)$$

Somit ist es möglich den Grad der Differenzierung beliebig zu variieren, solange sich dieser im Rahmen der Restriktion (vgl. Formel 11 und Formel 13) bewegt. Der Parameter  $x_w$  muss auch hier wieder von Analysten der Unternehmung festgelegt werden.

Einflusskriterien sind das Verhältnis des Partitionierungskriteriums  $v_{min}$  zur Schrittweite  $w_{min}$ , der gewünschte Grad der Differenzierung der Stichproben sowie der zur Verfügung stehende Speicherplatz. Ein sehr großes Verhältnis des Partitionierungskriteriums  $v_{min}$  zur Schrittweite  $w_{min}$  bedeutet, dass das Partitionierungskriterium deutlich größer ist als die Schrittweite. In diesem Falle sollten die Durchlaufzeiten der restlichen Produkte genauer betrachtet werden. Stehen diese auch in einem übermäßigen Verhältnis zur Schrittweite  $w_{min}$  erscheint eine Differenzierung der Tabelle in diesem Grad zunächst ungeeignet. Weiter steigt der Speicherplatzbedarf mit kleiner werdenden Schrittweite. Hierbei muss der benötigte Speicherbedarf dem gewonnenen Nutzen gegenübergestellt und abgewogen werden.

#### 4.3.6 Restriktionen der Partitionierungsverfahren

Die erläuterten Partitionierungsmethoden (vgl. Kapitel 4.3.4, „Anwendung der Bereichspartitionierung“ sowie Kapitel 4.3.5, „Anwendung des Windowing-Verfahrens“) unterliegen gewissen Restriktionen die in diesem Kapitel ausgeführt werden.

Bevor mit der Partitionierung der Datenbanktabelle begonnen werden kann, muss überprüft werden ob die Datensätze der Datenbanktabelle „Aufträge“ chronologisch sortiert sind. Bei einem regulären Betriebsablauf ist diese Bedingung für gewöhnlich erfüllt, jedoch kann diese auf Grund von betriebsbedingten Bearbeitungen verändert worden sein. Liegt keine chronologische Sortierung der Datensätze vor, ist die Tabelle „Aufträge“ anhand des Attributs „Zeitstempel“ aufsteigend chronologisch zu ordnen. Weiterhin müssen die Zeitstempel der Datenbanktabelle in einem einheitlichen Format abgebildet werden (vgl. einheitliche Darstellung, Anhang B). Sollte es überdies der verwendeten DBMS nicht möglich sein Attributwerte im Zeitformat mit dem Datenformat des ermittelten Partitionierungskriteriums zu verrechnen, ist eine Transformation der Zeitstempel notwendig. Dieser Schritt ist von der jeweiligen DBMS abhängig. Sollten diese Punkte nicht beachtet werden, kann eine Partitionierung mit den beschriebenen Methoden nicht durchgeführt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass Lieferanten die jeweiligen Zeiten zur Berechnung der Durchlaufzeit zur Verfügung stellen. Sollte dies nicht gegeben sein, bietet die durchschnittliche Lieferzeit eine adäquate Alternative.

Bei der Bereichspartitionierung wird das minimale Partitionierungskriterium  $v_{min}$  erweitert um außerplanmäßige Verzögerungen des Produktionsstarts in den Partitionen berücksichtigen zu können (vgl. Abbildung 36, Kapitel 4.3.4, „Anwendung der Bereichspartitionierung“). Hierbei ist das Ausmaß der Verzögerung bei der Festlegung des Parameters  $x_v$  zu berücksichtigen. Beträgt diese bspw. das Vierfache der maximalen

Durchlaufzeit, wird die Verzögerung bei einem Parameter  $x_v = 2$  ebenfalls nicht berücksichtigt. Im Falle einer unendlich großen Verzögerung des Produktionsstarts kann dieser nicht bei der Partitionierung berücksichtigt werden, da somit lediglich eine Partition gebildet wird, die der ursprünglichen Tabelle entspricht.

Erreichen die Pseudocodes (vgl. Tabelle 14, Kapitel 4.3.4 „Anwendung der Bereichspartitionierung“ und Tabelle 15, Kapitel 4.3.5, „Anwendung des Windowing-Verfahrens“) die Abbruchbedingung  $n > N$ , bildet die bis hierhin erstellte Partition eine Restpartition. Es ist nicht gegeben, dass diese Partition eine verwertbare Stichprobe bildet. Die Bestimmung des Partitionierungskriteriums und der Schrittweite geht bei der Streuung der Durchlaufzeiten von einer Normalverteilung aus. Da die Normalverteilung durch eine Symmetrie charakterisiert ist, kann in beiden Fällen derselbe Wert für  $\alpha$  angenommen werden. Liegt der Streuung eine andere Verteilung zu Grunde, die nicht symmetrisch verläuft, muss dies bei der Ermittlung der Werte berücksichtigt werden. Weiter bezieht sich die Datenbanktabelle auf lediglich ein Endprodukt. Fertigt der Endproduzent mehrere Endprodukte, muss für jedes Endprodukt eine separate Datenbanktabelle „Aufträge“ angelegt werden, da Fertigungsaufträge bei der Partitionierung nicht auf die Zugehörigkeit zu einem Endprodukt untersucht werden. Ebenso verhält es sich für Aufträge von Wertschöpfungsstufen die sich weiter stromaufwärts befinden. In dem beschriebenen Beispiel (vgl. Kapitel 4.3.3, „Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums“) enthält die Tabelle „Aufträge“ ausschließlich Produktionsaufträge der direkten Zulieferer des Endkunden. Um zusätzlich Aufträge von deren Lieferanten zu untersuchen, muss eine separate Datenbanktabelle angelegt werden. Für diese Stufe können die Produktionsaufträge ebenfalls von dem Endproduzenten vergeben werden, da dieser auf Grund der Stückliste Informationen über die Erzeugnisstruktur besitzt. Somit ist für jede Wertschöpfungsstufe eine gesonderte Datenbanktabelle anzulegen.

Bei den erläuterten Partitionierungsmethoden wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Zeitstempel der Datenbanktabelle „Aufträge“ in einem regelmäßigen Takt erstellt werden (eine ZE). Davon ist in der Praxis zunächst nicht auszugehen. Sollen die Partitionen als Stichproben zur Analyse der Durchlaufzeiten dienen, müssen die Auftragspositionen aller Aufträge regelmäßig abgerufen werden. Somit ändert sich das Attribut „Zeitstempel“ nicht in Abhängigkeit von den übrigen Tabellenfeldern, sondern durch einen vom System vorgegebenen Takt. Je unregelmäßiger die Zeitstempel gesetzt werden, desto weniger eignen sich die Partitionen als Stichproben, da hierdurch Fertigungsaufträge nicht gänzlich erfasst werden können. Je geringer die Variationen des Taktes, desto exakter sind die Aussagen der entstehenden Stichproben.

Wird der Takt im Rahmen der Analyse toleriert, können die Partitionierungsmethoden anhand der Pseudocodes (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 17) angewendet werden.

**Tabelle 16:** Pseudocode zur Bereichspartitionierung bei Variation der Zeitstempel

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Schritt 1:</b> | bestimme $v$ und setze, $i := 1, n := 1$  |
| <b>Schritt 2:</b> | a) setze Start von $Partition_i$ bei $t_n$  |
|                   | b) berechne $z = \text{Zeitstempel von } t_n + v$   |
|                   | c) ist $\text{Zeitstempel von } t_n \geq z$ dann gehe zu Schritt 3  |
|                   | d) setze $n := n + 1$ , solange $n \leq N$ und gehe zu Schritt 2 c)   |
| <b>Schritt 3:</b> | setze Ende von $Partition_i$ bei $t_n$<br>und setze $i := i + 1, n := n + 1$ , solange $n \leq N$<br>und gehe zu Schritt 2 a) |

**Tabelle 17:** Pseudocode zum Windowing-Verfahren bei Variation der Zeitstempel

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Schritt 1:</b> | bestimme $v, w$ und setze $i := 1, k := 1, l := 2, n := 1$                                |
| <b>Schritt 2:</b> | a) setze Start von $Partition_i$ bei $t_n$  |
|                   | b) berechne $z = \text{Zeitstempel von } t_n + v$   |
|                   | c) ist $\text{Zeitstempel von } t_n \geq z$ dann gehe zu Schritt 3                        |
|                   | d) setze $n := n + 1$ , solange $n \leq N$ und gehe zu Schritt 2 b)                       |
| <b>Schritt 3:</b> | setze Ende von $Partition_i$ bei $t_n$ und setze $i := i + 1$                             |
| <b>Schritt 4:</b> | a) berechne $x = \text{Zeitstempel von } t_k + w$   |
|                   | b) ist $\text{Zeitstempel von } t_l > x$ dann gehe zu Schritt 4 d)                        |
|                   | c) setze $k := k + 1, l := l + 1$ und gehe zu Schritt 4 b)                                |
|                   | d) setze Start von $Partition_i$ bei $t_k$ und setze $n := k$<br>und gehe zu Schritt 2 b) |

Aus Abbildung 39 und Abbildung 40 ist zu erkennen, dass die Partitionen hierbei unterschiedliche Tupelanzahlen enthalten können.

|             | Zeitstempel | Attribut1 | Attribut 2 | Attribut 3 | ... |
|-------------|-------------|-----------|------------|------------|-----|
| Partition 1 | 1,0         | ...       | ...        | ...        | ... |
|             | 3,6         | ...       | ...        | ...        | ... |
|             | 7,0         |           |            |            |     |
|             | 8,0         |           |            |            |     |
|             | 11,0        |           |            |            |     |
| Partition 2 | 11,5        |           |            |            |     |
|             | 11,5        |           |            |            |     |
|             | 11,6        |           |            |            |     |
|             | 14,0        |           |            |            |     |
|             | 15,0        |           |            |            |     |
|             | 18,3        |           |            |            |     |
|             | 21,4        |           |            |            |     |
| Partition 3 | 23,0        |           |            |            |     |
|             | 25,0        |           |            |            |     |
|             | 33,0        |           |            |            |     |
|             | 33,2        |           |            |            |     |

Abbildung 39: Bereichspartitionierung bei variierendem Takt der Zeitstempel

|             | Zeitstempel | Attribut1 | Attribut 2 | Attribut 3 | ... |
|-------------|-------------|-----------|------------|------------|-----|
| Partition 1 | 1,0         | ...       | ...        | ...        | ... |
|             | 3,6         | ...       | ...        | ...        | ... |
|             | 7,0         |           |            |            |     |
|             | 8,0         |           |            |            |     |
|             | 11,0        |           |            |            |     |
| Partition 2 | 11,5        |           |            |            |     |
|             | 11,5        |           |            |            |     |
|             | 11,6        |           |            |            |     |
|             | 14,0        |           |            |            |     |
|             | 15,0        |           |            |            |     |
|             | 18,3        |           |            |            |     |
|             | 21,4        |           |            |            |     |
| Partition 3 | 23,0        |           |            |            |     |
|             |             |           |            |            |     |
| Partition 4 |             |           |            |            |     |

Abbildung 40: Bereichspartitionierung bei variierendem Takt der Zeitstempel

Ein ähnliches Problem ergibt sich bei einer Unterbrechung der Produktion. Wird der Produktionsfluss auf Grund von Auftragsmängeln o.Ä. unterbrochen, kommt es bei der Wiederaufnahme der Produktion zu einem Sprung der Zeitstempel. Denkbar wäre es in einem solchen Falle die Zeitmessung ebenfalls zu unterbrechen. Somit kommt es zu keinerlei unregelmäßigen Sprüngen des Attributes „Zeitstempel“ und eine Partitionierung ist trotz der Unterbrechungen möglich. Durch eine entsprechende Dokumentation können die Zeitstempel nach der Partitionierung auf ihr reales Datum zurückdatiert werden um so die Ergebnisse der nachgelagerten Analysen nicht zu verfälschen.

#### 4.4 Validierung des konzeptuellen Datenbankschemas und der sachlogischen Partitionierung

Die Validierung dient der „Überprüfung der hinreichenden Übereinstimmung von Modell und System“ und „soll sicherstellen, dass das Modell das Verhalten des realen Systems im Hinblick auf die Untersuchungsziele genau genug und fehlerfrei widerspiegelt.“ ([VDI13], S. 20) Unter diesem Aspekt sollen in diesem Kapitel das konzeptuelle Datenbankschema sowie die sachlogische Partitionierung untersucht werden.

##### 4.4.1 Beschreibung der verwendeten Testinstanz

Die Validierung erfolgt anhand eines Beispiels aus der Praxis. Die vorliegenden Beispieldaten stammen aus der Datenbank eines Motorradproduzenten. Die Daten wurden dem Fachgebiet IT in Produktion und Logistik (ITPL) der Technischen Universität Dortmund zu Forschungszwecken bereitgestellt. Das betrachtete Unternehmen fungiert als Endproduzent in einer SC. Das DBS wurde zur Koordination und Überwachung der SC eingerichtet. Die vorliegenden Daten wurden über einen Zeitraum von mehreren Jahren generiert.

Das Datenpaket besteht aus den vier relationalen Datenbanktabellen „Transaction“, „State“, „Order\_Header“ sowie „Order\_line“. Abbildung 41 zeigt die Kardinalitäten zwischen den einzelnen Tabellen. Informationen zu den exakten Bedeutungen der einzelnen Tabellenfelder sowie deren Zusammenhang mit evtl. weiteren Relationen sind nicht gegeben.

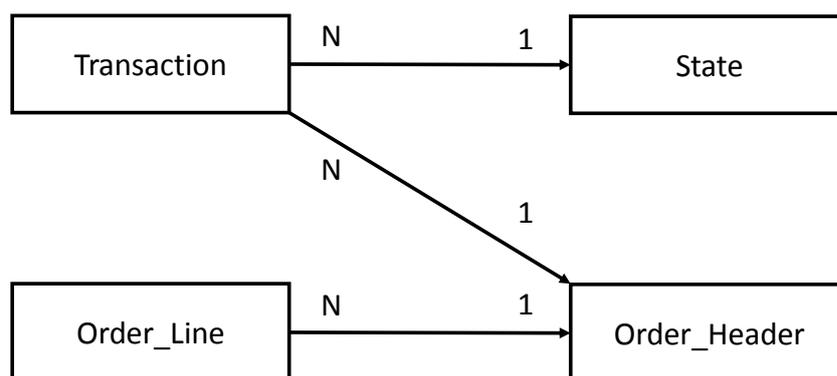


Abbildung 41: Kardinalitäten zwischen Datenbanktabellen

Zum Zweck der Validierung des entwickelten Datenbankschemas sowie der sachlogischen Partitionierung wurde mit Hilfe der Software RapidMiner aus den vier Datenbanktabellen eine Stichprobe extrahiert. Diese Stichprobe wurde mittels eines relationalen Verbunds erstellt und berücksichtigt keine sachlogischen Zusammenhänge zwi-

schen den einzelnen Datensätzen. Dieser Verbundoperator wird bei relationalen Datenbankmodellen als „Join“ bezeichnet [KEMP11]. Ergebnis dieses Joins ist eine Tabelle bestehend aus 60 Feldern und 65.290 Datensätzen. Um die Datensätze für die Validierung besser verarbeiten zu können wurden die Zeitstempel in ganzzahlige Werte abgeändert und die entsprechenden Feldnamen mit dem Begriff „relative“ (dt. „relativ“) markiert. Als Bezugsdatum wurde der 01.01.2000 gewählt. Betroffen waren hiervon die Tabellen „Transaction“, „Order\_Header“ sowie „Order\_line“. Eine Microsoft-Excel-Datei mit der beschriebenen Stichprobe ist der Arbeit angehängt.

#### 4.4.2 Validierung des konzeptuellen Datenbankschemas

Dieses Kapitel dient der Validierung des konzeptuellen Datenbankschemas aus Kapitel 4.2.3. Da das entwickelte Schema mit Hilfe des ERM erstellt wurde, handelt es sich bei dem abstrakten Datenbankschema um ein Modell. Für den Begriff des Modells unterscheiden sich die Vorstellungen in Theorie und Praxis stark voneinander [KRAL02]. Aus diesem Grund soll hier eine Definition nach Krallmann et al. [KRAL02] angeführt werden, die den Begriff möglichst allgemein erläutert:

„Ein Modell ist ein System, welches durch eine zweckorientierte, abstrakte Abbildung eines anderen Systems entstanden ist.“ ([KRAL02], S.32) Stachowiak [STAC73] schreibt dem Modellbegriff die folgenden drei Charakteristika zu:

*Abbildungsmerkmal:* Ein Modell zeichnet sich dadurch aus, dass es eine abstrakte Abbildung des Originals ist. Dieses kann wiederum selbst einem Modell entsprechen. Durch das Abstraktionsmerkmal wird zwischen isomorphen (strukturgleich) und homomorphen (strukturähnlichen) Abbildungen unterschieden. Zwischen einem Modell M und einem System S liegt eine Isomorphie vor, wenn

- jedem Element des Modells M ein Element dem System S eindeutig zugeordnet ist. Diese Zuordnung muss auch umgekehrt erfolgen können.
- jeder Relation des Modells M eine Relation im System S eindeutig zugeordnet ist. Diese Zuordnung muss auch umgekehrt erfolgen können.
- einander zugeordnete Relationen sich auf einander zugeordnete Elemente beziehen.

Bei einer isomorphen Abbildung sind somit alle Relationen und Elemente des Modells im originalen System zu finden. Weiterhin sind die Strukturen des Modells und des Systems gleich.

Eine homomorphe Abbildung zwischen einem Modell M und einem System S liegt vor, wenn

- jedem Element des Modells M ein Element dem System S eindeutig zugeordnet ist, die Zuordnung jedoch umgekehrt nicht vorliegt.
- jeder Relation des Modells M eine Relation des System S eindeutig zugeordnet ist, die Zuordnung jedoch umgekehrt nicht vorliegt.
- sich die Relationen des Modells M nur auf Elemente beziehen denen auch ein Element in S zugeordnet werden kann.

Eine Homomorphie beschreibt folglich eine Ähnlichkeit der Strukturen zwischen dem Original und dem Modell. Es sind nicht alle Elemente und Relationen des Modells im Original wiederzufinden.

*Verkürzungsmerkmal:* Ein Modell basiert auf einer subjektiven Betrachtung des Originals. Aus diesem Grund sind in einem Modell nur Eigenschaften enthalten, die dem Ersteller des Modells relevant erscheinen. Grund für diese individuelle Sichtweise ist der Abstraktionscharakter. Unter Abstraktion ist hier ein selektiver Bewusstseinsprozess zu verstehen, der bedeutsame Eigenschaften hervorhebt wohingegen unwesentliche Eigenschaften vernachlässigt werden. Als Beispiel werden die unterschiedlichen Interessen an dem Objekt Mensch durch einen Arzt oder eine Personalabteilung genannt.

*Pragmatisches Merkmal:* Modelle können nicht nur ihren Originalen zugeordnet werden. Durch die Abstraktion lässt sich das Modell Systemen mit gleichen Kennzeichen zuordnen. Krallmann et al. [KRAL02] führen an dieser Stelle das Beispiel eines physikalischen Gleichungssystems an. So kann das Gleichungssystem der Beschleunigung auf unterschiedliche Beschleunigungssysteme angewandt werden.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte soll das Datenbankschema validiert werden. Die Stichprobe wird zunächst auf Übereinstimmungen der einzelnen Attribute überprüft. Anschließend wird untersucht ob die entwickelten Datenbanktabellen des Schemas in der Datenbank des Motorradherstellers wiederzufinden sind.

Die 60 Attribute der Stichprobe wurden in Tabelle 20 (vgl. Anhang G) aufgelistet. In einem zweiten Schritt wurden diese mit den Attributen des Datenbankschemas verglichen. Eine anschließende Zuordnung erfolgte anhand der Semantik der einzelnen Feldnamen. Attribute die Rückschluss auf eine Funktion als Primär- oder Fremdschlüssel gaben wurden mit dem Begriff „Schlüssel“ markiert. Es konnte für 34 der 60 Originalattribute ein entsprechendes Attribut des Datenbankschemas gefunden werden. Hierbei wurde berücksichtigt, dass es sich bei Attributen des Datenbankschemas um zusammengesetzte Attribute handeln kann. So wurde bspw. das Attribut „Status“ sowohl dem Feld „is\_current“ als auch „is\_delivery\_closed“ zugewiesen. 18 Attribute wurden als Fremd- oder Primärschlüssel identifiziert. Von den 40 unterschiedlichen Attributen des Datenbankschemas konnten 12 im Original wiedergefunden werden. Diese

12 Attribute können unter Berücksichtigung des Modellcharakters des entwickelten Datenbankschemas validiert werden.

Die Datenbanktabellen der Originaldatenbank lassen sich in Stamm- und Bewegungsdaten differenzieren. Da die Relationen „Transaction“, „Order\_Header“ sowie „Order\_line“ mit Zeitstempeln versehen sind, ist davon auszugehen, dass hier Bewegungsdaten abgebildet werden. Dementsprechend muss es sich bei den Daten der Relation „State“ um Stammdaten handeln.

Die Tabellen „Order\_Header“ und „Order\_line“ („order“, dt. „Auftrag“) beziehen sich auf Aufträge. Auf Grund der Kardinalitäten zwischen diesen Relationen (vgl. Abbildung 41) wird der Tabelle „Order\_Header“ eine übergeordnete Funktion zugeschrieben. Die Zeitstempel lassen erkennen, dass diese Tabelle seltener einer Änderung unterliegt als die Tabelle „Order\_line“. Es wird davon ausgegangen, dass hier für ähnliche Aufträge bspw. Daten über den generellen Auftragsstatus oder den jeweiligen Sachbearbeiter abgelegt werden. Das entwickelte Datenbankschema sieht eine derartige Differenzierung nicht vor, dennoch wäre eine entsprechende Aufteilung der Auftragsattribute denkbar. Folglich ist die Tabelle „Aufträge“ in der Datenbank vorhanden und validiert. Für eine Validierung der verbleibenden Tabellen des Datenbankschemas werden die Attribute der Stichprobe betrachtet, da deren Existenz aus den verbleibenden Urtabellen „Transaction“ und „State“ nicht hervorgeht.

In Spalte „R“ der Microsoft-Excel-Datei befindet sich das Attribut „id\_network“. Dieses Tabellenfeld enthält lediglich Zahlenwerte. Es wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei um einen Fremdschlüssel handelt, der auf eine Datenbanktabelle referenziert, die dem Fachgebiet ITPL nicht vorliegt. Weiter kann anhand der Feldbezeichnung „id\_network“ (dt. „Identifikationsnummer“ sowie „Netzwerk“) der Rückschluss auf eine Tabelle mit näheren Informationen zu unterschiedlichen SCs gezogen werden.

Ebenso verhält es sich mit der Spalte „AB“. Da die Stichprobe keine Daten über die Produkte der SC enthält, wird über das Feld „product\_code“ auf eine separate Tabelle mit Daten zu den einzelnen Produkten zurückgeschlossen.

Weiterhin enthält die Stichprobe lediglich Informationen über die Lieferadresse sowie Zahlungsbedingungen der einzelnen Lieferanten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Informationen für eine Geschäftsbeziehung mit den Lieferanten nicht ausreichen. Außerdem lässt Spalte „AG“ mit der Bezeichnung „id\_supplier“ (dt. „Identifikationsnummer“ sowie „Lieferant“) auf einen Schlüssel und somit auf eine separate Datenbanktabelle bzgl. der Lieferanten schließen. Deshalb wird auch hier von einer Datenbanktabelle mit Informationen zu den einzelnen Lieferanten ausgegangen, die dem Fachgebiet ITPL nicht vorliegt.

Überdies enthält die Stichprobe keinerlei Daten, die Informationen zur Zusammensetzung der einzelnen Produkte und somit eine Stückliste bereitstellen. Allein die Stichprobe umfasst bereits 448 unterschiedliche Produkte. Eine Steuerung der Produktion ohne Kenntnis über einen Aufbau des Endprodukts ist nahezu unmöglich.

Unter diesen Annahmen ist die Existenz der Datenbanktabellen „Supply Chain“, „Produkte“, „Lieferanten“ sowie „Stücklisten“ validiert. Da diese Tabellen in der Stichprobe nicht existieren, erklärt sich auch weshalb lediglich 12 der 40 Attribute des Datenbankschemas validiert werden konnten.

#### 4.4.3 Validierung der sachlogischen Partitionierungsmethoden

Die sachlogischen Partitionierungsmethoden sind für die Datenbanktabelle „Aufträge“ vorgesehen (vgl. Kapitel 4.3.2, „Analyse der Datenbanktabellen hinsichtlich ihrer Eignung für eine Partitionierung“). Wie in Kapitel 4.4.2 erwähnt beinhalten die Tabellen „Order\_Header“ sowie „Order\_line“ Bewegungsdaten, die sich auf Aufträge beziehen. Bevor die Partitionierungsmethoden validiert werden können, müssen die vorliegenden Daten dementsprechend aufbereitet werden. Da keine Tabelle mit Daten zu den einzelnen Produkten vorhanden ist, existieren für diese keine Informationen zu Liege-, Transport-, Rüst- und Bearbeitungszeiten. Infolgedessen ist es nicht möglich eine Durchlaufzeit der einzelnen Produkte gemäß Formel 5 (vgl. Kapitel 4.3.3, „Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums“) zu bestimmen. Weiter lässt sich anhand der Felder „issued\_quantity“ (dt. „ausgestellte Menge“), „current\_quantity“ (dt. „aktuelle Menge“), „issued\_price4quantity“ (dt. „ausgestellter Preis für die Menge“) und „current\_price4quantity“ (dt. „aktueller Preis für die Menge“) vermuten, dass nicht jeder Auftrag neu angelegt wird, sondern dass bei Aufträgen, die sich auf dieselben Kunden mit denselben Bedingungen beziehen, lediglich die Bestellmenge kumuliert wird. Somit lässt sich weder ein eindeutiger Auftragsanfang noch ein klares Auftragsende definieren. Überdies ist in der Stichprobe kein Attribut zu finden, das einen direkten Nachweis über die Position bzw. den Fortschritt eines Auftrags liefert. Die Bestimmung eines geeigneten Partitionierungskriteriums nach Formel 10 scheint demnach zunächst nicht möglich.

$$v = x_v * \lambda * \max_i DLZ_i ; x_v \in \mathbb{N}; \lambda = 1 + \alpha; 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (10)$$

Ebenso verhält es sich mit Formel 13 zur Bestimmung der Schrittweite.

$$w = x_w * \lambda * \min_i DLZ_i ; x_w \in \mathbb{N}; \lambda = 1 - \alpha; 0 \leq \alpha \leq 1; 0 < w > v \quad (13)$$

Es wurde nach einer Alternative zur Berechnung der Durchlaufzeiten gesucht. Der Zeitstempel „relative\_issued\_date“ ändert seinen Wert in jedem Datensatz. Somit lässt sich über diesen Wert eine Durchlaufzeit für die einzelnen Aufträge (Feld: „order\_number“) ermitteln. Jeder Auftrag bezieht sich auf exakt ein Produkt. Hierzu werden die Zeitstempel für jeden Auftrag aufsteigend sortiert. Der Auftragsanfang sowie das Auftragsende werden durch den maximalen bzw. minimalen Wert eines Zeitstempels definiert. Die Durchlaufzeit wird aus der Differenz des Anfangs- und Endtermins ermittelt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in dem Tabellenblatt „Produkte\_Durchlaufzeit“ der angehängten Microsoft-Excel-Datei zu finden. Hieraus kann anschließend der minimale bzw. maximale Wert der Durchlaufzeiten ermittelt werden. Für fünf Aufträge wurde lediglich ein Zeitstempel gesetzt. Da hieraus keine Durchlaufzeit berechnet werden konnte, wurden diese Aufträge bei der Ermittlung des Partitionierungskriteriums bzw. der Schrittweite nicht berücksichtigt. Insgesamt wurden somit die Durchlaufzeiten zu 451 Aufträgen ermittelt. Die minimale und maximale Durchlaufzeit betragen 14 ZE bzw. 1888 ZE.

Weiter ist zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums sowie der Schrittweite die Kenntnis über evtl. Streuungen der Produkte notwendig. Diese sind für das betrachtete Beispiel nicht gegeben, weshalb davon ausgegangen wird, dass die Durchlaufzeiten keiner Streuung unterliegen. Weiterhin ist auch keine Aussage über die Werte  $x_v$  und  $x_w$  zu treffen, weswegen für diese der Wert eins festgelegt wurde. Folglich wurde das Partitionierungskriterium mit 1888 ZE und die Schrittweite mit 14 ZE bestimmt.

Da die Zeitstempel in der Datenbank nicht in einem regelmäßigen Takt gesetzt wurden (vgl. 4.3.6, „Restriktionen der Partitionierungsverfahren“), kann an dieser Stelle eine Partitionierung der Stichprobe nicht durchgeführt werden. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass sowohl ein Partitionierungskriterium als auch eine Schrittweite, die auf Basis der Durchlaufzeit bestimmt werden, sich für eine Anwendung in der Praxis eignen. Infolgedessen können die beiden Partitionierungsmethoden aus Kapitel 4.3.4 und 4.3.5 auf Datenbanken im Umfeld von SCs angewendet werden. Die sachlogische Partitionierung ist somit validiert.

## 5 Schlussbetrachtung

Die Schlussbetrachtung ist in eine Zusammenfassung sowie einen Ausblick untergliedert.

### 5.1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde ein konzeptuelles Datenbankschema im Umfeld von SCs entwickelt. Durch eine anschließende Untersuchung der anfallenden Datensätze innerhalb einer SC wurde eine Formel zur Bestimmung eines geeigneten Partitionierungskriteriums entwickelt. Mit Hilfe dieses Partitionierungskriteriums sollen nachfolgende Auswertungen der Daten ermöglicht werden. Für detailliertere Analysen der Daten mittels des Windowing-Verfahrens wurde ebenfalls eine Formel zur Festlegung einer angemessenen Schrittweite ausgearbeitet.

Das zu erstellende Datenbankschema sowie die Partitionierung sollten so entwickelt werden, dass sie für SCs in sämtlichen Industriebereichen Anwendung finden und somit universell eingesetzt werden können. Ziel dieser Arbeit war es weiterhin, ein Datenbankschema zu entwickeln, das eine strukturierte Speicherung der anfallenden Daten in einer SC ermöglicht. Weiterhin sollte die anschließende Partitionierung der Datenbestände individuell auf die Gegebenheiten und Anforderungen des Nutzers angepasst werden können.

Hierzu wurden die Planungs- und Steuerungsprozesse einer SC sorgfältig untersucht und daraus Anforderungen an das Datenbankschema ermittelt. Primär wurden die Prozesse hinsichtlich notwendiger Daten zur Erfüllung der Koordinationsaufgabe analysiert. Aus diesen wurden anschließend Datengruppen und deren Beziehungen zueinander abgeleitet. Eine nachfolgende Betrachtung einzelner Attribute der Datengruppen sollte sachlogische Zusammenhänge zwischen den Datensätzen der SC herausstellen und so eine Basis für die Entwicklung eines generischen Partitionierungskriteriums bzw. einer Schrittweite bilden.

Das Datenbankschema wurde mit Werten aus einem Praxisbeispiel des Fachgebiets ITPL der Technischen Universität Dortmund auf seine Anwendung hin überprüft. Um die Richtigkeit der Ergebnisse zu überprüfen, wurden die Datengruppen und ihre Attribute mit den vorliegenden Tabellen abgeglichen. Unter Berücksichtigung des Modellcharakters konnte das Datenbankschema validiert werden.

Ebenso konnte die Praxistauglichkeit der Formeln zur Bestimmung des Partitionierungskriteriums sowie der Schrittweite nachgewiesen werden. Durch jeweilige branchenabhängige Parameter finden diese Berechnungsverfahren auch in anderen In-

dustriebereichen Anwendung. Mit der Validierung konnte gezeigt werden, dass die Anforderungen in der Datenbank vollständig umgesetzt und die Aufgabenstellung erfolgreich abgeschlossen wurde.

## 5.2 Ausblick

Bevor das Datenbankschema seine Anwendung in der Praxis findet, müssen die letzten beiden Schritte des Datenbankentwurfsprozesses durchgeführt werden. Diese umfassen den logischen sowie den physischen Entwurf (vgl. Kapitel 2.4.2, „Phasen des Datenbankentwurfsprozesses“).

Zukünftig ist eine Anwendung des erweiterten Datenbankschemas (vgl. Kapitel 4.2.4, „Erweiterung des konzeptuellen Datenbankschemas“) auch für interorganisationale SCs anzustreben. Um die Wettbewerbsvorteile der SC langfristig zu sichern und auszubauen, bedarf es einer sehr engen Kooperation zwischen den SC-Partnern. Voraussetzung hierfür ist der Austausch betriebsinterner Daten.

Weiterhin ist es denkbar die Datenbank allen SC-Mitgliedern zur Verfügung zu stellen. Somit ist es jedem Teilnehmer möglich Kapazitäten, Lagerbestände etc. seiner Zulieferer und Abnehmer einzusehen, um auf lokaler Ebene eine optimale Produktionsprogrammplanung durchführen zu können.

Langfristig ist auch die Erstellung eines Data Warehouse (vgl. [SCHU13]) zu empfehlen. Hierdurch können die Daten im Rahmen des KDD-Prozesses bestmöglich analysiert werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- [ALIC05] Alicke, K.: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken. Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management. 2. Auflage. Berlin: Springer, 2005
- [ALPA11] Alpar, P. et al.: Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Strategische Planung, Entwicklung und Nutzung von Informationssystemen. 6. Auflage. Wiesbaden: Vieweg u. Teubner, 2011
- [AMAN07] Amann, M.: Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Berlin: Schmidt, 2007
- [ARND10] Arndt, H.: Supply Chain Management. Optimierung logistischer Prozesse. Wiesbaden: Gabler, 2010
- [BECK04] Beckmann, H.: Supply Chain Management: Grundlagen, Konzept und Strategien; S. 1–97. In (Beckmann, H. Hrsg.). Supply Chain Management. Berlin: Springer, 2004
- [BIET04] Biethahn, J.; Mucksch, H.; Ruf, W.: Ganzheitliches Informationsmanagement. 6. Auflage. München: Oldenbourg, 2004
- [BIET07] Biethahn, J. et al.: Entwicklungsmanagement. 4. Auflage. München: Oldenbourg, 2007
- [BLEI04] Bleicher, K.: Das Konzept integriertes Management. Visionen - Missionen - Programme. 7. Auflage. Frankfurt/Main: Campus Verlag, 2004
- [BODE06] Bodendorf, F.: Daten- und Wissensmanagement. 2. Auflage. Berlin: Springer, 2006
- [CHEN76] Chen, P.: The entity-relationship-model. Toward a unified view of data. Cambridge, Mass.: M.I.T. Center for Information Systems Research, 1976
- [CHOP07] Chopra; Meindl.: Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation; S. 265–275. In (Boersch, C. Hrsg.). Das Summa Summarum des Managements. Die 25 wichtigsten Werke für Strategie, Führung und Veränderung. Wiesbaden: Gabler, 2007
- [CHRI11] Christopher, M.: Logistics and supply chain management. 4. Auflage. Harlow: Pearson Education, 2011

- [CORS04] Corsten, D.; Gabriel, C.: Supply Chain Management erfolgreich umsetzen. Grundlagen, Realisierung und Fallstudien. Berlin: Springer, 2004
- [CORS08] Corsten, H.; Gössinger, R.: Einführung in das Supply-Chain-Management. 2. Auflage. München: Oldenbourg, 2008
- [DGIQ07] Deutsche Gesellschaft für Informations- und Datenqualität: Informationsqualität - Definitionen, Dimensionen und Begriffe. <http://88.198.68.171:8080/confluence/display/homepage/Downloads>, 2007, zuletzt geprüft am 08.04.2014
- [DIN02] Deutsches Institut für Normung: CAD-Modelle, Zeichnungen und Stücklisten. DIN 199-1. DIN 199-1:2002-03. Berlin: Beuth, 2002
- [DRAI12] Draisbach, U.: Partitionierung zur effizienten Duplikaterkennung in relationalen Daten. Wiesbaden: Vieweg u. Teubner, 2012
- [ELMA09] Elmasri, R.; Navathe, S.: Grundlagen von Datenbanksystemen. 3. Auflage. Bachelorausgabe. München: Pearson Studium, 2009
- [EVER02] Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik 3. Arbeitsvorbereitung. Berlin: Springer, 2002
- [FARK11] Farkisch, K.: Data-Warehouse-Systeme kompakt. Aufbau, Architektur, Grundfunktionen. Berlin: Springer, 2011
- [FISC14] Fischer, S.: Big Data: Herausforderungen und Potenziale für deutsche Softwareunternehmen. In Informatik Spektrum, 37; S. 112–119, 2014
- [FORR58] Forrester, J. W.: Industrial Dynamics. A major Breakthrough for Decision Makers. In Harvard Business Review; S. 37–66, 1958
- [FREY14] Freytag, J.-C.: Grundlagen und Visionen großer Forschungsfragen im Bereich Big Data. In Informatik Spektrum; S. 97–104, 2014
- [GABL13] Gabler.: Gabler Kompakt-Lexikon Wirtschaft. 11. Auflage. Berlin: Springer, 2013
- [GART11] Gartner, I.: Gartner Says Solving 'Big Data' Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data. Gartner Special Report Examines How to Leverage Pattern-Based Strategy to Gain Value in Big Data. <http://www.gartner.com/newsroom/id/1731916>, 2011, zuletzt geprüft am 10.04.2014
- [GEIS05] Geisler, F.: Datenbanken. Grundlagen und Design. Bonn: mitp, 2005

- [GÖPF13] Göpfert, I.; Braun, D.; Schulz, M.: Automobillogistik. Stand und Zukunftstrends. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer, 2013
- [GRON04] Gronau, N.: Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management: Architektur und Funktionen. München: Oldenbourg, 2004
- [GUEN12] Günther, H.-O.; Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik. Berlin: Springer, 2012
- [HANS09] Hansen, H. R.; Hansen-Neumann; Neumann, G.: Wirtschaftsinformatik. Stuttgart: Lucius & Lucius, 2009
- [HARS94] Hars, A.: Referenzdatenmodelle. Grundlagen Effizienter Datenmodellierung. Wiesbaden: Gabler, 1994
- [HEIN04] Heinrich, L. J.; Heinzl, A.; Roithmayr, F.: Wirtschaftsinformatik-Lexikon. München: Oldenbourg, 2004
- [HEIN05] Heinrich, L. J.; Lehner, F.: Informationsmanagement. Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur. 8. Auflage. München: Oldenbourg, 2005
- [HEIN11] Heinrich, L. J.; Stelzer, D.: Informationsmanagement. Grundlagen, Aufgaben, Methoden. 10. Auflage. München: Oldenbourg, 2011
- [HELL04] Hellingrath, B.; Laakmann, F.; Nayabi, K.: Auswahl und Einführung von SCM-Softwaresystemen; S. 97–122. In (Beckmann, H. Hrsg.). Supply Chain Management. Berlin: Springer, 2004
- [HELL07] Hellingrath, B.: Logistik in der Automobilzulieferindustrie. Berlin: Springer, 2007
- [HERT11] Hertel, J.; Zentes, J.; Schramm-Klein, H.: Supply-Chain-Management und Warenwirtschaftssysteme im Handel. 2. Auflage. Berlin: Springer, 2011
- [HOFF06] Hoffjan, A.; Kruse, H.: Open book accounting als Instrument im Rahmen von Supply Chains. Begriff und praktische Relevanz. In Zeitschrift für Controlling und Management, 50; S. 94–99, 2006
- [HOFF08] Hoffjan, A.; Linnebrink; Piontkowski.: Austausch von Kosteninformationen im Rahmen von Supply Chains. Nutzen, Gefahren und die Rolle von Vertrauen. In Zeitschrift für Controlling und Management, 52; S. 304–307, 2008
- [HOFF09] Hoffjan, A.; Lührs, S.: Wenn zu viel Transparenz schadet. In Harvard Business Manager; S. 8–11, 2009

- [HOFF10] Hoffjan, A.; Lührs, S.: Offenlegung von Kosteninformationen in der Supply Chain. Wie es die Lieferanten sehen. In Zeitschrift für Controlling und Management; S. 246–250, 2010
- [HUBI02] Hubig, C. Hubig, C.: Definition Technik vs. Technologie. Stuttgart, 2002
- [JANN05] Jann, B.: Einführung in die Statistik. 2. Auflage. München: Oldenbourg, 2005
- [JARO10] Jarosch, H.: Grundkurs Datenbankentwurf. 3. Auflage. Wiesbaden: Vieweg u. Teubner, 2010
- [KEMP11] Kemper, A.; Eickler, A.: Datenbanksysteme. Eine Einführung. 8. Auflage. München: Oldenbourg, 2011
- [KEND10] Kendzia, R.: Business Intelligence für das Beschaffungsmarketing. Berlin: Epubli, 2010
- [KIEN09] Kiener, S.: Produktions-Management: Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung. München: Oldenbourg, 2009
- [KLEI14] Klein, D.; Tran-Gia, P.; Hartmann, M.: Big Data. In Informatik Spektrum; S. 319–323, 2014
- [KLEP13] Kleppmann, W.: Versuchsplanung: Produkte und Prozesse optimieren. München: Hanser, 2013
- [KOEP12] Köppen, V.; Saake, G.; Sattler, K. U.: Data Warehouse Technologien. Heidelberg: mitp, 2012
- [KOHN13] Kohn, W.: Statistik für Ökonomen. Berlin: Springer, 2013
- [KRAL02] Krallmann, H.; Frank, H.; Gronau, N.: Systemanalyse im Unternehmen. Vorgehensmodelle, Modellierungsverfahren und Gestaltungsoptionen. München: Oldenbourg, 2002
- [KRCM10] Krcmar, H.: Informationsmanagement. 5. Auflage. Berlin: Springer, 2010
- [KRCM11] Krcmar, H.: Einführung in das Informationsmanagement. Berlin: Springer, 2011
- [KUCK13] Kuckartz, U. et al.: Statistik. Eine verständliche Einführung. In Statistik. 2. Auflage. Berlin: Springer, 2013
- [KUDR07] Kudrass, T.: Taschenbuch Datenbanken. München: Hanser, 2007

- [KUES99] Küspert, K.; Nowitzky, J.: Partitionierung von Datenbanktabellen (das aktuelle Schlagwort). In Informatik Spektrum; S. 146–147, 1999
- [KUHN02] Kuhn, A.; Hellingrath, B.: Supply Chain Management. Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Berlin: Springer, 2002
- [KURB05] Kurbel, K.: Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management. München: Oldenbourg, 2005
- [LANE01] Laney, D.: Application Delivery Strategies. 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety. Stamford: META Group Inc., 2001
- [LEE06] Lee, H. L.; Padmanabhan, V.; Whang, S.: Information distortion in a supply chain. The bullwhip effect. In Operations management; S. 49–67, 2006
- [LEHN12] Lehner, F.: Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 4. Auflage. München: Hanser, 2012
- [LUCZ99] Luczak, H.: Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. 2. Auflage. Berlin: Springer, 1999
- [MADD12] Madden, S.: From Databases to Big Data. In IEEE Internet Computing; S. 4–6, 2012
- [MAND00] Mandl, H.; Reinmann-Rothmeier, G.: Wissensmanagement: Informationszuwachs - Wissensschwund? Die strategische Bedeutung des Wissensmanagements. München: Oldenbourg, 2000
- [MERT01] Mertens, P.; Back, A.: Lexikon der Wirtschaftsinformatik. 4. Auflage. Berlin: Springer, 2001
- [MILL12] Miller, F.; Berkler, K.: Neue Big-Data-Untersuchung zeigt Potenzial für Unternehmen, 2012
- [MOEL08] Möller, K.; Isbruch, F.: Informationsaustausch und Kostenmanagement in Zulieferkooperationen der Automobilindustrie. Ergebnisse einer empirischen Studie. In Zeitschrift für Controlling und Management, 52; S. 296–303, 2008
- [MUCH95] Much, D.; Nicolai, H.: PPS-Lexikon. Berlin: Cornelsen, 1995
- [MUCK06] Mucksch, H.: Das Data Warehouse als Datenbasis analytischer Informationssysteme. Architektur und Komponenten; S. 127–142. In

- (Chamoni, P. Hrsg.). Analytische Informationssysteme. Data Warehouse, On-Line Analytical Processing, Data Mining. 3. Auflage. Berlin: Springer, 2006
- [NOWI01] Nowitzky, J.: Partitionierungstechniken in Datenbanksystemen. In Informatik Spektrum; S. 345–356, 2001
- [NYHU10] Nyhuis, P.; Wiendahl, H. P.: Logistische Kennlinien. Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Berlin: Springer, 2010
- [PETR07] Petri; Hooites Meursing.: Maßnahmen und Reaktionen; S. 459–524. In (Günthner, W. A. Hrsg.). Neue Wege in der Automobillogistik. Die Vision der Supra-Adaptivität. Berlin: Springer, 2007
- [PFOH10] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8. Auflage. Berlin: Springer, 2010
- [ROES09] Rösch, P.: Design von Stichproben in analytischen Datenbanken. <http://www.researchgate.net/publication/44231264>, 2009, zuletzt geprüft am 27.02.2014
- [RUDO14] Rudolph, T.; Linzmajer, M.: Big Data im Handel. In Marketing Review St. Gallen; S. 12–25, 2014
- [RUGE14] Ruge, P.; Birk, C.; Wermuth, M.: Das Ingenieurwissen: Mathematik und Statistik. Berlin: Springer, 2014
- [RUSS13] Russwurm, S.: Software: Die Zukunft der Industrie; S. 21–36. In (Sendler, U. Hrsg.). Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin: Springer, 2013
- [SAAK10] Saake, G.; Sattler, K.-U.; Heuer, A.: Datenbanken. Konzepte und Sprachen. 4. Auflage. Heidelberg: mitp, 2010
- [SCHE84] Scheer, A.-W.: EDV-orientierte Betriebswirtschaftslehre. Berlin: Springer, 1984
- [SCHN05] Schneider, H.; Buzacott, J. A.; Rücker, T.: Operative Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte und Modelle des Informations- und Materialflusses in komplexen Fertigungssystemen. München: Oldenbourg, 2005
- [SCHO11] Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Operations- und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2011

- [SCHU09] Schulze, U.: Informationstechnologeeinsatz im Supply Chain Management. Eine konzeptionelle und empirische Untersuchung zu Nutzenwirkungen und Nutzenmessung. Wiesbaden: Gabler, 2009
- [SCHU12a] Schuh, G.; Brandenburg, U.; Cuber, S.: Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung; S. 11–293. In (Schuh, G.; Stich, V. Hrsg.). Produktionsplanung und -steuerung. 4. Auflage. Berlin: Springer, 2012
- [SCHU12b] Schuh, G.; Stich, V.: Produktionsplanung und -steuerung. 4. Auflage. Berlin: Springer, 2012
- [SCHU13] Schütte, R.: Data Warehouse Managementhandbuch. Konzepte, Software, Erfahrungen. Berlin: Springer, 2013
- [SCHW10] Schwarzer, B.; Krcmar, H.: Wirtschaftsinformatik. Grundlagen betrieblicher Informationssysteme. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2010
- [SCOR12] SCOR - Supply Chain Operations Reference Model. Revision 11.0: The Supply Chain Council. United States of America, 2012
- [SEUF14] Seufert, A.; Heinen, M.; Muth, A.: Information Rules: Die neue Anatomie der Entscheidung. In Controlling & Management Review, Sonderheft; S. 16–25, 2014
- [STAC73] Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer, 1973
- [STAU05] Staud, J. L.: Datenmodellierung und Datenbankentwurf. Ein Vergleich aktueller Methoden. Berlin: Springer, 2005
- [STIG10] Stiglitz, J. E.; Walsh, C. E.: Mikroökonomie: Band 1 zur Volkswirtschaftslehre. München: Oldenbourg, 2010
- [STOE05] Stölzle, W.; Halsband, E.: Controlling-Lexikon. Das Supply-Chain Operations Reference (SCOR)-Modell. In Controlling. Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung, 17; S. 541–543, 2005
- [STRA10] Straube, F.: Trends und Strategien in der Logistik. Ein Blick auf die Agenda des Logistik-Managements 2010. Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag, 2010
- [VAHR08] Vahrenkamp, R.: Produktionsmanagement. 6. Auflage. München: Oldenbourg, 2008
- [VDI00] Verein Deutscher Ingenieure: Technikbewertung, Begriffe und Grundlagen. VDI 3780. Berlin: Beuth, 2000

- [VDI13] Verein Deutscher Ingenieure: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. VDI 3633. Berlin: Beuth, 2013
- [VOSS08] Vossen, G.: Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme. München: Oldenbourg, 2008
- [VOSS14] Voss, A.; Sylla, K.-H.: Innovationspotenzialanalyse Big Data – Ergebnisse für das Marketing. In Marketing Review St. Gallen; S. 36 - 45, 2014
- [WECK03] Weck, R. J.: Informationsmanagement im globalen Wettbewerb. Voraussetzungen und Potentiale einer erfolgreichen Positionierung. München: Oldenbourg, 2003
- [WERN13] Werner, H.: Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. 5. Auflage. Wiesbaden: Springer, 2013
- [WIEN10] Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. 7. Auflage. München: Hanser, 2010
- [WIEN97] Wiendahl, H.-P.: Fertigungsregelung. Logistische Beherrschung von Fertigungsabläufen auf Basis des Trichtermodells. München: Hanser, 1997
- [WILD04] Wildemann, H.: Konzeptwettbewerb und Know-how-Schutz in der Automobil- und Zulieferindustrie. München: TCW Transfer-Centrum-Verlag, 2004
- [WILD07] Wildemann; Lochmahr.: Die Einführung logistischer Konzepte in Theorie und Praxis. Fallbeispiel Kapazitätsmanagement; S. 509–524. In (Günthner, W. A. Hrsg.). Neue Wege in der Automobillogistik. Die Vision der Supra-Adaptivität. Berlin: Springer, 2007
- [WITT59] Wittmann, W.: Unternehmung und unvollkommene Information. Unternehmerische Voraussicht, Ungewissheit und Planung. Köln: Westdeutscher Verlag, 1959
- [WOMA97] Womack, J. P.; Jones, D. T.: Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen. Frankfurt/Main: Campus Verlag, 1997
- [YUEZ10] Yüzgülec, G.; Witthaut, M.; Hellingrath, B.: Auswirkungen des Information Sharings in Supply Chains; S. 81–95. In (Engelhardt-Nowitzki, C. Hrsg.). Supply-Chain-Network-Management. Gestaltungskonzepte und Stand der praktischen Anwendung. Wiesbaden: Gabler, 2010

- [ZAEP01] Zäpfel, G.: Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement. München: Oldenbourg, 2001
- [ZUND99] Zundel, P.: Management von Produktions-Netzwerken. Eine Konzeption auf Basis des Netzwerk-Prinzips. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 1999

## 7 Anhang

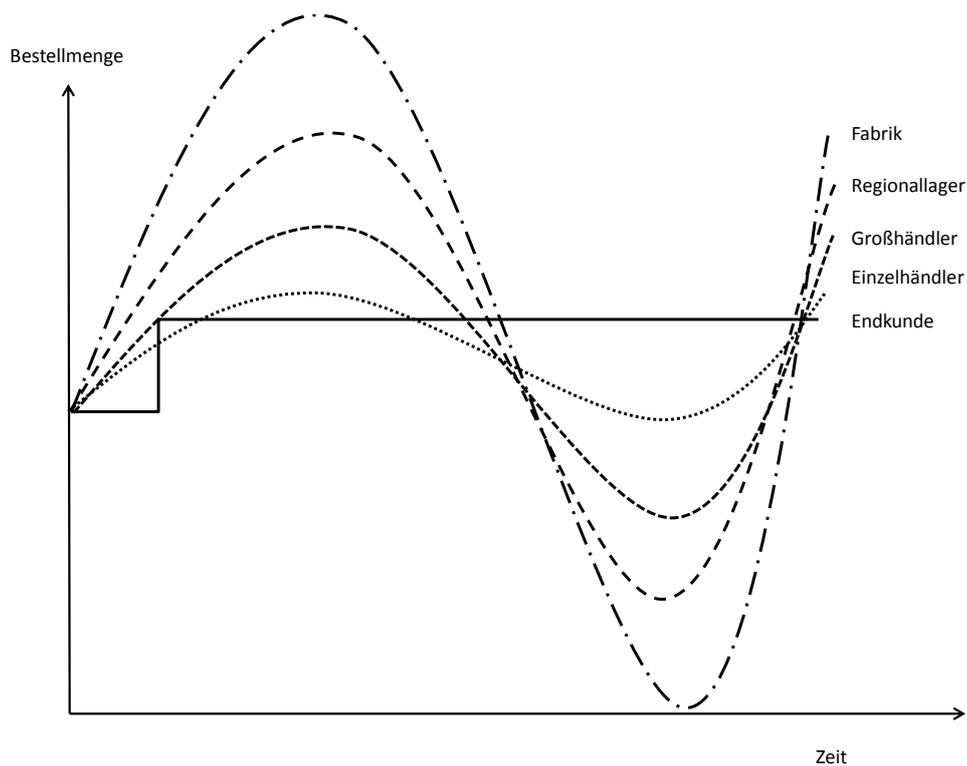
### A. Bullwhip-Effekt

Folgende Einflussfaktoren unterstützen den Bullwhip-Effekt:

- **Bedarfsprognose:** Änderungen der Bedarfsmenge werden den Lieferanten nicht direkt weitergegeben. Durch diese Verzögerung bei der Weitergabe der aktuellen Bedarfsinformationen erhalten Lieferanten notwendige Informationen zeitlich verzögert und haben so keinen Überblick über die aktuelle Marktlage. Als Beispiel hierfür lässt sich die Mobiltelefonbranche anführen. Ein plötzlicher Abbruch der Nachfrage nach Mobiltelefonen bei den Kunden zwang die Hersteller ihre Bedarfsprognosen nach unten zu korrigieren. Auf Grund zeitlicher Verzögerungen des Informationsflusses hatte die letzte Stufe der SC diese Information erst nach 10 Monaten verarbeitet. Während dieser Zeit wurden in der Supply Chain latent Überbestände aufgebaut.
- **Beschaffungspolitik:** Erwartete Engpässe bei Lieferanten führen beim Kunden zur Hortung der Kapazitäten. Beispielhaft sind hier Saisonwaren, Trendartikel oder selten verfügbare Ressourcen zu nennen. Insgesamt führt dies zu einem Aufbau der Bestände entlang der SC.
- **Bedarfsbündelung:** Um Skaleneffekte (Mengenrabatte) im Einkauf auszunutzen aggregieren Kunden den Bedarf mehrerer Monate zu einer Bestellung. Diese Bestellstrategie ist sehr intransparent und lässt Lieferanten auf erhöhten Bedarf schließen.
- **Preisvariation:** Verkaufsförderungsaktivitäten wie bspw. Sonderangebote sind besonders schwer in die Bedarfsplanung zu integrieren, da sich die Nachfrage sehr instabil verhält. Prinzipiell ist von einem kurzfristigen Nachfrageschub auszugehen

Durch die sukzessive Weitergabe der Bedarfsinformation durch die SC verliert die Information an Qualität. Nachgelagerten Stufen ist eine optimale Bedarfsprognose sowie eine entsprechende Produktionsanpassung nicht möglich [KUHN02], [WOMA97], [CORS04], [ALIC05], [WERN13], [CORS08].

Abbildung 42 veranschaulicht dieses Phänomen:



**Abbildung 42:** Bullwhip-Effekt [ARND10]

Eine wesentliche Voraussetzung um dem Qualitätsverlust der Informationen entgegenzuwirken ist ein zentraler Datenbestand. Die Realisierung eines solchen erfolgt durch die Installation eines geeigneten Informationssystems. Hierdurch laufen Logistik, Informationstechnik und Operations Research zusammen und ermöglichen so allen Teilnehmern der SC die aktuelle Nachfrage des Endverbrauchers ohne zeitliche Verzögerung einzusehen. Dadurch können sich Nachfrageschwankungen schnell stabilisieren und die Oszillationsneigung nimmt ab.

Weiter kann dem Bullwhip-Effekt durch zentrale Bestellungen vorgebeugt werden. Begründet wird dies durch mangelndes Verständnis einzelner Unternehmer hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Dynamik der SC. Der Einfluss von Preisvariationen auf Bestandserhöhungen entlang der SC lässt sich durch Dauerniedrigpreisstrategien eindämmen [CORS08], [CORS04].

## B. 15 Dimensionen der Informationsqualität

1. **Zugänglichkeit (engl. „accessibility“):** Informationen sind zugänglich, wenn sie anhand einfacher Verfahren und auf direktem Weg für den Anwender abrufbar sind
2. **Angemessener Umfang (engl. „appropriate amount of data“):** Informationen sind von angemessenem Umfang, wenn die Menge der verfügbaren Information den gestellten Anforderungen genügt.
3. **Glaubwürdigkeit (engl. „believability“):** Informationen sind glaubwürdig, wenn Zertifikate einen hohen Qualitätsstandard ausweisen oder die Informationsgewinnung und -verbreitung mit hohem Aufwand betrieben werden.
4. **Vollständigkeit (engl. „completeness“):** Informationen sind vollständig, wenn sie nicht fehlen und zu den festgelegten Zeitpunkten in den jeweiligen Prozessschritten zur Verfügung stehen.
5. **Übersichtlichkeit (engl. „concise representation“):** Informationen sind übersichtlich, wenn genau die benötigten Informationen in einem passenden und leicht fassbaren Format dargestellt sind.
6. **Einheitliche Darstellung (engl. „consistent representation“):** Informationen sind einheitlich dargestellt, wenn die Informationen fortlaufend auf dieselbe Art und Weise abgebildet werden.
7. **Bearbeitbarkeit (engl. „ease of manipulation“):** Informationen sind leicht bearbeitbar, wenn sie leicht zu ändern und für unterschiedliche Zwecke zu verwenden sind.
8. **Fehlerfreiheit (engl. „free of error“):** Informationen sind fehlerfrei, wenn sie mit der Realität übereinstimmen.
9. **Eindeutige Auslegbarkeit (engl. „interpretability“):** Informationen sind eindeutig auslegbar, wenn sie in gleicher, fachlich korrekter Art und Weise begriffen werden.
10. **Objektivität (engl. „objectivity“):** Informationen sind objektiv, wenn sie streng sachlich und wertfrei sind.
11. **Relevanz (engl. „relevancy“):** Informationen sind relevant, wenn sie für den Anwender notwendige Informationen liefern.

12. **Hohes Ansehen (engl. „reputation“):** Informationen sind hoch angesehen, wenn die Informationsquelle, das Transportmedium und das verarbeitenden System im Ruf einer hohen Vertrauenswürdigkeit und Kompetenz stehen.
13. **Aktualität (engl. „timeliness“):** Informationen sind aktuell, wenn sie die tatsächliche Eigenschaft des beschriebenen Objektes zeitnah abbilden.
14. **Verständlichkeit (engl. „understandability“):** Informationen sind verständlich, wenn sie unmittelbar von den Anwendern verstanden und für deren Zwecke eingesetzt werden können.
15. **Wertschöpfung (engl. „value-added“):** Informationen sind wertschöpfend, wenn ihre Nutzung zu einer quantifizierbaren Steigerung einer monetären Zielfunktion führen kann.

### C. Daten für PPS innerhalb einer SC

**Tabelle 18:** Benötigte Daten für eine PPS innerhalb einer SC in Anlehnung an [ALIC05], [KURB05], [SCHU12a]

| 1. Gliederungsebene | 2. Gliederungsebene | 3. Gliederungsebene                         |
|---------------------|---------------------|---|
| Stammdaten          | Produktdaten        | Produktbezeichnung                          |
|                     |                     | Maße  |
|                     |                     | Gewicht                                     |
|                     |                     | Volumen                                     |
|                     |                     | Mengeneinheit                               |
|                     |                     | Alternativprodukt                           |
|                     |                     | Losgröße                                    |
|                     |                     | Gebindegröße                                |
|                     |                     | Zeichnungsnummer                            |
|                     |                     | Kosten (Preis, Wertschöpfung, Lagerhaltung) |
|                     |                     | Haltbarkeit                                 |
|                     |                     | Minimale Bestellmenge                       |
|                     |                     | Minimale Produktionsmenge                   |
|                     | Ressourcendaten     | Maximale Kapazität                          |
|                     |                     | Alternative Ressourcen                      |
|                     |                     | Maschinenstundensatz                        |
|                     |                     | Personalqualifikation                       |
|                     |                     | Lohnkostensatz                              |
|                     | Stücklisten         | Produkt                                     |
|                     |                     | Eingehendes Produkt                         |
|                     |                     | Alternatives eingehendes Produkt            |
|                     |                     | Bedarfskoeffizient                          |
|                     |                     | Einheit                                     |
|                     | Arbeitsplan         | Arbeitsgang                                 |
|                     |                     | Ressource                                   |
|                     |                     | Liegezeit                                   |
|                     |                     | Transportzeit (intern)                      |
|                     |                     | Rüstzeit                                    |
|                     |                     | Bearbeitungszeit                            |

|                |  |                        |
|----------------|--|------------------------|
|                | Kundendaten/<br>Lieferantendaten                                     | Lieferadresse          |
|                |  | Rechnungsadresse       |
|                |  | Produkt                |
|                |  | Qualitätsnorm          |
|                |  | Zahlungsbedingungen    |
|                | Supply Chain   | Hersteller             |
|                |  | Lieferant              |
|                |  | Alternativer Lieferant |
|                |  | Transportzeit (extern) |
|                |  | Transportfrequenz      |
|                |  | Transportmodi          |
| Bewegungsdaten | Lagerbestandsdaten   | Zeitstempel            |
|                |  | Status                 |
|                |  | Produkt                |
|                |  | Bestand                |
|                | Auftragsdaten<br>(Kundenaufträge,<br>interne Aufträge,<br>Prognosen) | Zeitstempel            |
|                |  | Status                 |
|                |  | Produkt                |
|                |  | Menge                  |
|                |  | Liefertermin (Wunsch)  |
|                |  | Auftragsposition       |
|                | Betriebsdaten  | Zeitstempel            |
|                |  | Status                 |
|                |  | Ressource              |
|                |  | Kapazitätsauslastung   |

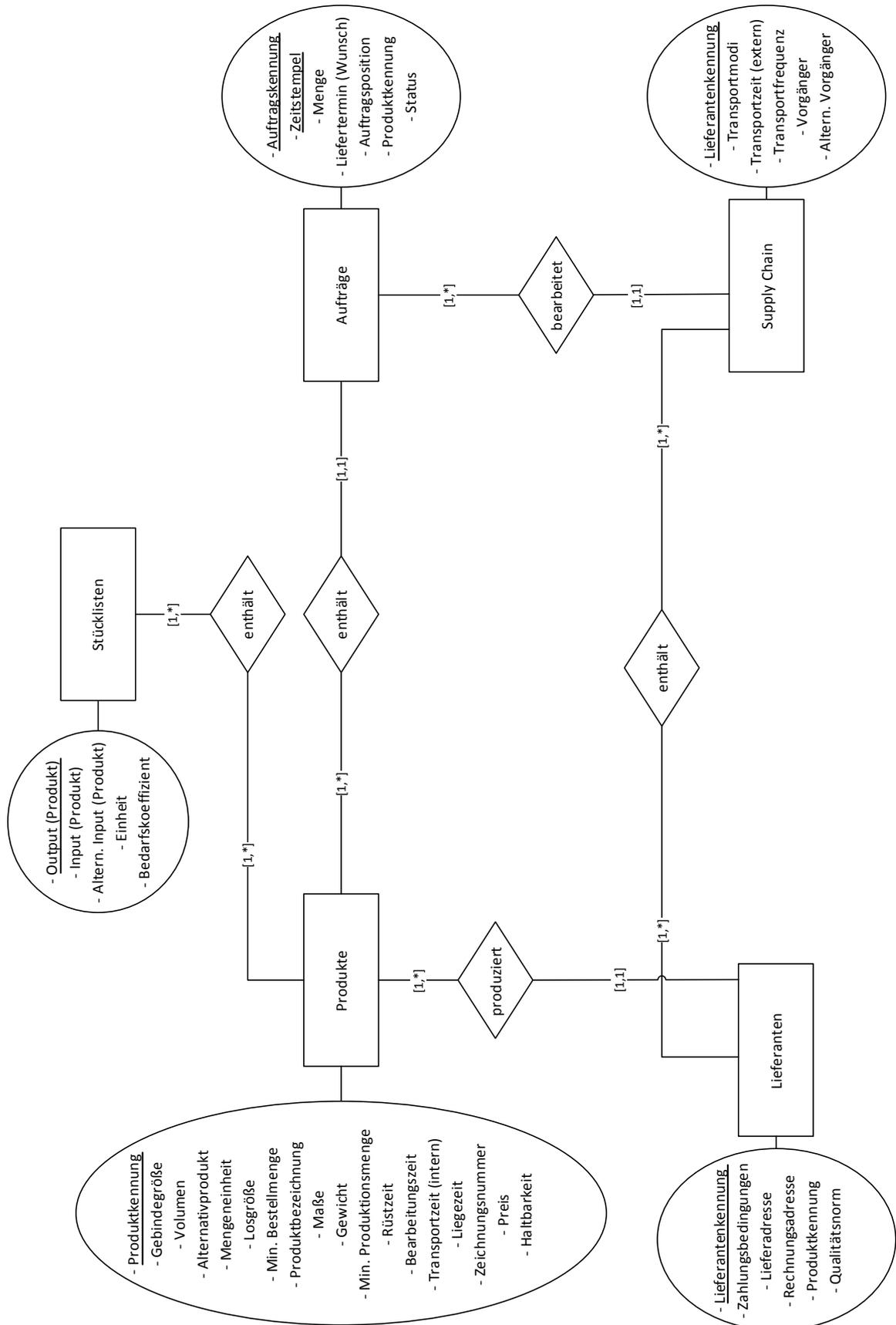
## D. Datengrundlage für ERM

**Tabelle 19:** Datengrundlage für das ERM des konzeptuellen Datenbankschemas

| 1. Gliederungsebene | 2. Gliederungsebene | 3. Gliederungsebene            |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|
| Stammdaten          | Produktdaten        | Produktbezeichnung             |
|                     |                     | Maße                           |
|                     |                     | Gewicht                        |
|                     |                     | Volumen                        |
|                     |                     | Mengeneinheit                  |
|                     |                     | Alternativprodukt              |
|                     |                     | Losgröße                       |
|                     |                     | Gebindegröße                   |
|                     |                     | Zeichnungsnummer               |
|                     |                     | Preis                          |
|                     |                     | Haltbarkeit                    |
|                     |                     | Minimale Bestellmenge          |
|                     |                     | Minimale Produktionsmenge      |
|                     |                     | Liegezeit                      |
|                     |                     | Transportzeit (intern)         |
|                     | Rüstzeit            |                                |
|                     | Bearbeitungszeit    |                                |
|                     | Stücklisten         | Produkt                        |
|                     |                     | Eingehendes Produkt            |
|                     |                     | Alternativ eingehendes Produkt |
|                     |                     | Bedarfskoeffizient             |
|                     |                     | Einheit                        |
|                     | Lieferantendaten    | Lieferadresse                  |
|                     |                     | Rechnungsadresse               |
|                     |                     | Produkt                        |
|                     |                     | Qualitätsnorm                  |
|                     |                     | Zahlungsbedingungen            |
|                     | Supply Chain        | Hersteller                     |
|                     |                     | Lieferant                      |
|                     |                     | Alternativer Lieferant         |
|                     |                     | Transportzeit (extern)         |

|                |  |                       |
|----------------|--|-----------------------|
|                |  | Transportfrequenz     |
|                |  | Transportmodi         |
| Bewegungsdaten | Auftragsdaten<br>(Kundenaufträge,<br>interne Aufträge,<br>Prognosen) | Zeitstempel           |
|                |  | Status                |
|                |  | Produkt               |
|                |  | Menge                 |
|                |  | Liefertermin (Wunsch) |
|                |  | Auftragsposition      |

### E. Konzeptuelles Datenbankschema im Umfeld von Supply Chains





## G. Validierung der Attribute des konzeptuellen Datenbankschemas

**Tabelle 20:** Gegenüberstellung der Attribute

| Nr. | Bezeichnung Original      | Bezeichnung Modell                                   |
|-----|---------------------------|--|
| 1   | id_transaction            | Schlüssel  |
| 2   | id_modifier               | Schlüssel  |
| 3   | is_current                | Status   |
| 4   | relative_transaction_date | Zeitstempel  |
| 5   | relative_requested_date   | Zeitstempel  |
| 6   | new_requested_qty         | Menge  |
| 7   | new_requested_price       | Preis  |
| 8   | relative_suggested_date   | Zeitstempel  |
| 9   | new_suggested_qty         | Menge  |
| 10  | new_suggested_price       | Preis  |
| 11  | delivery_qty              | Menge  |
| 12  | relative_delivery_date    | Zeitstempel/ Liefertermin (Wunsch)                   |
| 13  | received_qty              | Menge  |
| 14  | relative_received_date    | Zeitstempel  |
| 15  | transport_doc_code        | Schlüssel  |
| 16  | step_counter              |  |
| 17  | id_order_line             | Schlüssel  |
| 18  | id_network                | Schlüssel;<br>Rückschluss auf Tabelle „Supply Chain“ |
| 19  | id_state                  | Schlüssel  |
| 20  | id_order_header           | Schlüssel  |
| 21  | is_delivery_closed        | Status   |
| 22  | delivery_counter          |  |
| 23  | id_icon                   | Schlüssel  |
| 24  | i_name                    | Schlüssel  |
| 25  | special_mark              |  |
| 26  | id_manem_doctype          | Schlüssel  |
| 27  | is_active_deladv          | Status   |
| 28  | relative_issuing_date     | Zeitstempel  |
| 29  | order_number              | Auftragskennung                                      |
| 30  | delivery_location         | Lieferadresse  |
| 31  | fax_for_order             |  |

|    |                            |  |
|----|----------------------------|--|
| 32 | issuer                     |  |
| 33 | id_supplier                | Lieferantenkennung;<br>Rückschluss auf Tabelle „Lieferanten“ |
| 34 | id_order_type              | Schlüssel  |
| 35 | to_be_collected            |  |
| 36 | currency                   | Zahlungsbedingung  |
| 37 | payment                    | Zahlungsbedingung  |
| 38 | shipment                   | Transportmodi  |
| 39 | return_note                | Zahlungsbedingungen; Lieferadresse                           |
| 40 | id_assegee                 | Schlüssel  |
| 41 | counter_line               | Schlüssel  |
| 42 | line_category              | Schlüssel  |
| 43 | relative_issued_date       | Zeitstempel  |
| 44 | relative_xcurrent_date     | Zeitstempel  |
| 45 | issued_quantity            | Menge  |
| 46 | current_quantity           | Menge  |
| 47 | product_code               | Produktkennung;<br>Rückschluss auf Tabelle „Produkte“        |
| 48 | unit                       | Mengeneinheit  |
| 49 | issued_price4unit          | Preis; Mengeneinheit; Losgröße                               |
| 50 | current_price4unit         | Preis; Mengeneinheit; Losgröße                               |
| 51 | i_description              | Schlüssel  |
| 52 | priority                   | Schlüssel  |
| 53 | destination                | Lieferadresse  |
| 54 | line_type                  | Schlüssel  |
| 55 | price_unit                 | Preis; Losgröße  |
| 56 | field_line_1_txt           |  |
| 57 | field_line_4_vstr          | Schlüssel  |
| 58 | relative_field_line_7_date | Zeitstempel  |
| 59 | delivery_status            | Status   |
| 60 | total_delivered            | Menge  |

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, Philipp Guhl, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere, dass ich alle Abbildungen bzw. alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen sind, kenntlich gemacht habe.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift