

MASTERARBEIT

Untersuchung der Eignung des MapReduce-Verfahrens für den Einsatz in logistischen Assistenzsystemen im Aufgabengebiet des Supply Chain Managements

bearbeitet von: Emre Akyol

Studiengang: Logistik
Matrikel-Nr.: 198827

Ausgegeben am: 13.08.2020
Eingereicht am: 26.02.2021

Erstprüferin: Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Anne Antonia Scheidler
Zweitprüfer: M.Sc. Joachim Hunker

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abkürzungsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis.....	v
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen des Supply Chain Managements	3
2.1 Begriffsdefinition Logistik und Supply Chain Management	3
2.2 Aufgabenmodelle und -gebiete des Supply Chain Managements	7
2.2.1 Gestaltung: Supply Chain Design	10
2.2.2 Planung: Supply Chain Planning	11
2.2.3 Ausführung: Supply Chain Execution	15
2.3 Informations- und Datenverarbeitung im Supply Chain Management.....	17
2.3.1 Grundlagen zu Daten, Informationen und Wissen	17
2.3.2 Daten- und Informationsverarbeitung	18
2.3.3 IT-Systeme im Supply Chain Management	22
2.3.4 Datenaufkommen im Supply Chain Management.....	24
2.4 Logistische Assistenzsysteme.....	26
2.4.1 Definition von Assistenz und Assistenzsystemen	26
2.4.2 Grundlagen und Charakteristika logistischer Assistenzsysteme.....	27
2.4.3 Identifikation logistischer Assistenzsysteme.....	29
3 Vorstellung des MapReduce-Verfahrens	36
3.1 Grundlagen des MapReduce-Verfahrens.....	36
3.1.1 Die MapReduce-Phasen.....	36
3.1.2 Beispielhafte Darstellung des MapReduce-Verfahrens.....	37
3.2 Hadoop.....	38
4 Konzeptionierung der Bewertungsmethode	40
4.1 Taxonomie zur Klassifizierung von Assistenzsystemen für logistische Aufgabenbereiche.....	40
4.2 Zuordnung der Datengrundlagen.....	43
4.3 Bewertungskriterien bestimmen und herleiten	45
4.3.1 Aufgabenkriterien	45
4.3.2 Datenkriterien	47
4.4 Gewichtung der Kriterien durch die MapReduce-Eigenschaften.....	48

5	Untersuchung der Eignung	55
5.1	Anwendung der Bewertungskriterien	55
5.1.1	Untersuchung der logistischen Assistenzsysteme für Planungsaufgaben	55
5.1.2	Untersuchung der logistischen Assistenzsysteme für operative Steuerungsaufgaben.....	67
5.2	Auswertung und Empfehlung	74
5.2.1	Auswertung für die logistischen Assistenzsysteme der Planungsaufgaben ..	75
5.2.2	Auswertung für die logistischen Assistenzsysteme der operativen Steuerungsaufgaben.....	83
6	Beispielhafte Anwendung	87
7	Fazit	90
8	Zusammenfassung und Ausblick	92
9	Literaturverzeichnis	94
Anhang		1
	Anhang A: Prototyp Codes.....	1
	Anhang B: Sonstiges	4
	Eidesstattliche Versicherung	5

Abkürzungsverzeichnis

bspw.	beispielsweise
CSV	Comma Separated Values
DB	Datenbank
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DBS	Datenbanksystem
DML	Datenmanipulationssprache
ERP	Enterprise Resource Planing
HDFS	Hadoop Distributed File System
i. d. R.	in der Regel
IuK	Information- und Kommunikation
LAS	Logistische Assistenzsysteme
MR	MapReduce
RDBS	Relationales Datenbanksystem
RFID	Radiofrequenzidentifikation
SCM	Supply Chain Management
SCOR	Supply Chain Operations Reference
SQL	Structured Query Language
u. a.	unter anderem
VDBS	Verteiltes Datenbanksystem
WBZ	Wiederbeschaffungszeit
XML	Extensible Markup Language
z. B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Entwicklung der Logistik.....	4
Abbildung 2-2: Ebenen des SCOR-Modells.....	8
Abbildung 2-3: Das SCM-Aufgabenmodell.....	10
Abbildung 2-4: Hierarchischer Aufbau von Zeichen bis zum Wissen.....	17
Abbildung 2-5: Kategorisierung von Daten im Supply Chain Management	25
Abbildung 3-1: Beispielhafte Darstellung des MapReduce-Verfahrens	38
Abbildung 4-1: Taxonomie für Aufgaben logistischer Assistenzsysteme	41
Abbildung 6-1: Das MapReduce-Verfahren für die beispielhafte Anwendung	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Zuordnung der Datengrundlage.....	45
Tabelle 4-2: Datenkriterien und Fragestellungen	47
Tabelle 4-3: Gewichtung der Aufgabenkriterien	51
Tabelle 4-4: Gewichtung der Datenkriterien	52
Tabelle 4-5: Rangordnung der Aufgaben- und Datenkriterien	54
Tabelle 5-1: Untersuchung der Aufgabenkriterien - OTD-Assist Dispo.....	56
Tabelle 5-2: Untersuchung der Datenkriterien - OTD-Assist Dispo.....	57
Tabelle 5-3: Untersuchung der Aufgabenkriterien – LAS für Rohstoffbeschaffung	58
Tabelle 5-4: Untersuchung der Datenkriterien – LAS für Rohstoffbeschaffung	59
Tabelle 5-5: Untersuchung der Aufgabenkriterien - ECO2LAS.....	59
Tabelle 5-6: Untersuchung der Datenkriterien - ECO2LAS.....	60
Tabelle 5-7: Untersuchung der Aufgabenkriterien - RESOPT	61
Tabelle 5-8: Untersuchung der Datenkriterien - RESOPT	62
Tabelle 5-9: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LAS für Ressourcenplanung von GVZ	62
Tabelle 5-10: Untersuchung der Datenkriterien - LAS für Ressourcenplanung von GVZ	63
Tabelle 5-11: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LAS für Tourenplanung	64
Tabelle 5-12: Untersuchung der Datenkriterien - LAS für Tourenplanung	65
Tabelle 5-13: Untersuchung der Aufgabenkriterien - DOSIMIS.....	66
Tabelle 5-14: Untersuchung der Datenkriterien - DOSIMIS.....	67
Tabelle 5-15: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LogNetAssist	68
Tabelle 5-16: Untersuchung der Datenkriterien - LogNetAssist	69
Tabelle 5-17: Untersuchung der Aufgabenkriterien - Behälterassistenzsystem.....	69
Tabelle 5-18: Untersuchung der Datenkriterien - Behälterassistenzsystem.....	70
Tabelle 5-19: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs	71
Tabelle 5-20: Untersuchung der Datenkriterien - LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs	72
Tabelle 5-21: Untersuchung der Aufgabenkriterien - Chem-Log.Net-System	73
Tabelle 5-22: Untersuchung der Datenkriterien - Chem-Log-Net-System	74
Tabelle 5-23: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien.....	75
Tabelle 5-24: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - OTD-Assist Dispo	76
Tabelle 5-25: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für Rohstoffbeschaffung ..	77
Tabelle 5-26: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - ECO2LAS	78
Tabelle 5-27: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - RESOPT.....	79
Tabelle 5-28: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für Ressourcenplanung von GVZ	80
Tabelle 5-29: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für Tourenplanung	81
Tabelle 5-30: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - DOSIMIS	82
Tabelle 5-31: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LogNetAssist.....	83
Tabelle 5-32: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - Behälterassistenzsystem	84

Tabelle 5-33: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs.....	85
Tabelle 5-34: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - Chem-Log.Net-System.....	86

1 Einleitung

Im Vordergrund des digitalen Zeitalters steht nicht nur das Potential aus den Daten wertvolles Wissen zu generieren, sondern auch die ansteigende Datenvielfalt und die Datenmenge. Die Automobilindustrie verzeichnet allein im Karosseriebau eine tägliche Speicherung von über 200 Gigabyte [vgl. HUBER 2016] und nach Hompel [2014] steigt in der Logistikbranche die Datenmenge je Dekade um den Faktor 1000 an [vgl. HOMPEL 2014]. Einer Studie der International Data Corporation (IDC) zufolge, wird ein Anstieg der Datenmenge von 33 Zettabytes im Jahr 2018 auf bis zu 175 Zettabytes im Jahr 2025 prognostiziert [vgl. John Gantz et al. 2018]. Im Hinblick auf die praxisorientierte Perspektive durch die steigende Automatisierung der Fertigungsindustrie und z. B. autonom agierenden Lagerfahrzeugen ist auch eine wachsende Datenmenge und -vielfalt im Logistik- und Supply-Chain-Management zu vermerken [vgl. HAAS 2017].

Durch die zunehmende Digitalisierung und den datengesteuerten Märkten erhalten logistische Assistenzsysteme im Aufgabengebiet des Supply Chain Managements eine zunehmende Bedeutung. Durch die Erzeugung und Aufbereitung von Informationen unterstützen logistische Assistenzsysteme den Menschen bei der Entscheidungsfindung und -durchführung [vgl. BUCHHOLZ, P.; CLAUSEN, U.2009]. Für die Gewinnung neuer Erkenntnisse werden Informationen zu verschiedenen Prozessen, Systemen und Organisationen in Form von strukturierten und unstrukturierten Daten gesammelt. Das tägliche Verarbeiten von Daten ist neben der Speicherung von großen Datenmengen auch mit Server- und Rechnerkosten verbunden, da die Reaktionsfähigkeit eine hohe Anforderung an die Leistungsfähigkeit der Hardware stellt [vgl. SCHUH & STICH 2013].

Das Speichern großer Datenmengen über 100 Terabyte lassen klassische Datenbanken schnell an ihre technischen Grenzen stoßen [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016]. Das MapReduce-Verfahren bietet eine schnelle und effiziente Möglichkeit, um große Datenmengen in geringerer Zeit zu verarbeiten [vgl. RAHM et al. 2015]. Dabei setzt das MapReduce-Verfahren auf die Parallelität bzw. auf die Verteilung, da die Prozesse auf verschiedene Maschinen verteilt und parallel verarbeitet werden [vgl. KEMPER et al. 2010]. Das Verfahren ermöglicht somit die Speicherung von großen Datenmengen in einer Cluster-Umgebung [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016]. Zusätzlich ist beim MapReduce-Verfahren eine kostengünstige Leistungssteigerung durch die horizontale Skalierbarkeit möglich, d. h. je mehr Maschinen angebunden sind, desto höher ist die Leistungsfähigkeit. [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016]. Durch die Verteilung liegen die Datenhaltungs- und Verarbeitungskosten im Vergleich zu klassischen Systemen niedriger, da die Verteilung und Erweiterung von diesen entsprechende Hardware benötigt [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016].

Die Anforderungen an logistische Assistenzsysteme (LAS) für die einzelnen Bereiche im Aufgabengebiet des Supply Chain Managements lassen sich unterscheiden, was den Einsatz des MapReduce-Verfahrens nicht für alle Aufgabengebiete gleichermaßen geeignet erscheinen lässt. Die Notwendigkeit von MapReduce für die einzelnen Bereiche ist nicht eindeutig festgelegt und bedarf einer ausführlichen Untersuchung.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist die Untersuchung und Bewertung des MapReduce-Verfahrens für den Einsatz in logistischen Assistenzsystemen im Aufgabengebiet des Supply Chain Managements. Im Rahmen der Identifikation von logistischen Assistenzsystemen ist das erste Teilziel die Kategorisierung logistischer Assistenzsysteme sowie die Zuordnung in geeignete Aufgabenbereiche des Supply Chain Managements. Hierbei sollen logistische Assistenzsysteme nach den Anforderungen in den einzelnen Aufgabenbereichen charakterisiert werden. Das zweite Teilziel besteht darin, anhand der Kategorisierung geeignete Bewertungskriterien abzuleiten. Die Kriterien dienen als Grundlage für die anschließende Auswertung und Empfehlung bezüglich geeigneter Aufgabenbereiche. Das letzte Teilziel besteht darin, eine beispielhafte Anwendung des MapReduce-Verfahrens auf eine ausgewählte Aufgabe zu demonstrieren.

Für ein besseres Verständnis werden die theoretischen Grundlagen in zwei Kapiteln (Kapitel 2 und 3) aufgeteilt. In Kapitel 2 wird zu Beginn ein grundlegendes Begriffsverständnis für die Logistik und das Supply Chain Management aufgebaut, sowie die Entwicklung und Abgrenzung dieser Begriffe definiert. Anschließend wird das SCM-Aufgabenmodell im Rahmen der Aufgabenbereiche vorgestellt. Das Aufgabenmodell ist aufgeteilt in die Bereiche Gestaltung, Planung, Ausführung und Netzwerk-Informationsmanagement. Für das erweiterte Verständnis werden anschließend wesentliche Grundlagen der Daten- und Informationsverarbeitung im Supply Chain Management vorgestellt. Darauffolgend werden die Grundlagen und Anforderungen, sowie das Entwicklungsleitbild von logistischen Assistenzsystemen beschrieben. Abschließend werden verschiedene logistische Assistenzsysteme vorgestellt. In Kapitel 3 wird das MR-Verfahren erläutert. Dabei wird Bezug auf die einzelnen Phasen genommen sowie durch ein Beispiel erörtert. Im zweiten Unterkapitel wird Hadoop und das dazugehörige Hadoop Distributed File System (HDFS) in seinen Grundzügen dargelegt.

In Kapitel 4 findet die Konzeptionierung der Bewertungsmethode statt. Hierfür ist vorerst eine Taxonomie für den Einsatz von LAS in den Aufgabenbereichen des SCM sowie die Zuordnung der Datengrundlage notwendig. Darauf folgt die Bestimmung von Bewertungskriterien und abschließend werden die MR-Eigenschaften mit den Bewertungskriterien gegenübergestellt, um eine Rangordnung der Bewertungskriterien zu erhalten.

Nach der Konzeptionierung der Bewertungsmethode erfolgt in Kapitel 5 die Untersuchung der Eignung anhand der Bewertungskriterien. Die Untersuchung ist aufgeteilt in die Anwendung der Bewertungskriterien und der anschließenden Auswertung und Empfehlung. Für die Validierung wird in Kapitel 6 das MapReduce-Verfahren auf ein ausgewähltes Aufgabengebiet beispielhaft angewendet.

Die Erkenntnisse aus der Untersuchung und der beispielhaften Anwendung werden in Kapitel 7 als Fazit aufgeführt. Das letzte Kapitel 8 dient als Zusammenfassung und gibt einen Ausblick auf zukünftige Fragestellungen.

2 Grundlagen des Supply Chain Managements

Im vorliegenden Kapitel werden dem Leser das theoretische Grundverständnis zu den Themen Logistik, Supply Chain Management und logistischen Assistenzsystemen übermittelt. Zunächst findet eine Begriffserklärung und -abgrenzung von Logistik und Supply Chain Management statt. Im nächsten Schritt werden die Aufgabengebiete des SCMs nach dem SCM-Aufgabenmodell näher erläutert. Anschließend wird die Thematik zur Informations- und Datenverarbeitung im SCM vorgestellt. Dabei werden neben den Grundlagen der Begrifflichkeiten auch Datenbank zur Speicherung sowie IT-Systeme im SCM vorgestellt. Abschließend werden logistische Assistenzsysteme nach Ihrer Anforderung und den Charakteristika vorgestellt und Identifiziert.

2.1 Begriffsdefinition Logistik und Supply Chain Management

Zunächst werden die zeitlichen Veränderungen der Aufgaben und Funktionen der Logistik und des Supply Chain Managements (SCM) erläutert, um ein Grundverständnis für die Abgrenzung dieser beiden Begriffe zu erhalten.

Das starke Wachstum und das Durchdringen neuer Märkte haben die Wirtschaftsentwicklung im letzten Jahrhundert geprägt und zwangen die Unternehmen die Bewegungen aller Material- und Güterströme zu überwachen. Dieser Aspekt unterstützt die logistischen Überlegungen, die gesamte Grundfunktionskette vom Einkauf bis zum Vertrieb auszuweiten [vgl. SCHULTE 2016]. Durch gewonnene Logistikerkenntnisse im Militärbereich der USA erhält die Logistik erst nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs den Zugang in die Wirtschaft [vgl. SCHUH & STICH 2013]. In Deutschland wird der Begriff Logistik im Kontext der Wirtschaftswissenschaften erstmals ab den 70er Jahren verwendet [vgl. HAUSLADEN 2016].

Die Aufgaben und Funktionen der klassischen Logistik wurden in den 1960er und 1970er Jahren erstmals als Diskussionsgrundlage thematisiert. Neben den drei Aufgaben Transport, Umschlag und Lagerung, gehören auch das Verpacken und Kommissionieren zu den ersten Funktionen der Logistik [vgl. SCHULTE 2016, S. 26]. Diese Tätigkeiten stehen in den nächsten Folgejahren sinnbildlich für den Aufgabenbereich der Logistik [vgl. SCHUH & STICH 2013].

Durch die ansteigende Marktsättigung und dem vermehrten Aufsteigen ernstzunehmender Konkurrenz müssen die Unternehmen durch den entstehenden Kostendruck umdenken und auf die neuen Anforderungen reagieren [vgl. SCHUH & STICH 2013]. In dieser Zeit verändert sich die Sichtweise der Logistik, die zuvor abgegrenzte Funktionen betrachtet, zu einer flussorientierten Betrachtungsweise. Diese Veränderung hat das Ziel die Beschaffungs-, Produktions- und Vertriebsfunktion integriert zu betrachten und die Optimierung funktionsübergreifender Prozesse zu erreichen. Durch die neuen Aufgaben unternehmensweiter Abstimmung wird in den 1980er Jahren der Begriff Querschnittsfunktion mit der Logistik verknüpft [vgl. SCHULTE 2016].

Mit zunehmendem Erfolg erweitern sich die Planungs- und Koordinationsaufgaben der Logistik. Es folgt die Integration von Funktionen zu ganzen Prozessketten in Unternehmen, sowie das Einführen der Bereiche Entwicklung und Entsorgung in die Material- und Informationsströme. Unternehmen erwarten durch die funktionale Integration der Logistik eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt. Der Einsatz von Informationstechniken ermöglicht zwischen den Prozessen den Abbau von Informationsverlusten und führt zur Optimierung der

gesamten Prozesskette durch die ganzheitliche Betrachtung [vgl. SCHULTE 2016]. Das Betrachten als einheitlicher Prozess mit einer durchgängigen Organisation, gemeinsamen Ressourcen und Zielen ermöglicht das Gestalten, Planen, Steuern und Bewerten logistischer Tätigkeiten als Ganzes [vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018].

Gegen Ende der 1990er Jahre erfolgt die unternehmensübergreifende Integration der Logistik durch das Einbeziehen der Partner in Wertschöpfungsketten. Die Logistik verändert sich von der eigenen Unternehmenssichtweise auf ganze Logistiknetzwerke und erstmals treten sog. Logistikdienstleister auf [vgl. NYHUIS 2008]. Mit der neuen Sichtweise wird die Logistik zu einer Kernkompetenz auf der Ebene der Unternehmensstrategie [vgl. BAUMGARTEN 2004]. Durch den Einsatz von Kommunikations- und Informationstechniken entlang der Wertschöpfungskette und der Weiterentwicklung von IT-Technologien ist die Einführung und Realisierung von neuen Logistikkonzepten anwendbar [vgl. BAUMGARTEN 2004]. Eine abgestimmte Strategie mit allen Partnern einer optimierten Wertschöpfungskette und der Einsatz von IT-Systemen sichert eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit und entscheidende Vorteile gegenüber unkoordinierten Wettbewerbern. Durch die frühzeitige und gegenseitige Informationsbereitstellung können Unternehmen u. a. schneller auf Bedarfsveränderungen reagieren oder Partner in die Planung und Produktgestaltung miteinbeziehen [vgl. WEBER et al. 2004]. Durch das Erweitern der Grenzen einzelner Unternehmen zu ganzen Wertschöpfungsketten und in Leistungs- und Lieferbeziehungen stehenden Unternehmen, erhält das Supply Chain Management (SCM) zunehmend an Bedeutung [vgl. WEBER et al. 2004]. Auch zukünftig wird sich die Logistik und das SCM durch die Integration von Unternehmen zu ganzen Wertschöpfungsketten vermehrt mit den Aufgaben der Gestaltung und dem Management von weltweiten Unternehmensnetzwerken beschäftigen [vgl. SCHULTE 2016]

Die Entwicklung der Logistik wird von Weber [2012] anhand eines mehrstufigen Modells auf Abbildung 2-1 dargestellt. Mit zunehmendem Niveau des logistischen Wissens unterscheidet das Modell vier aufeinander aufbauende Entwicklungsstufen und ordnet das SCM als vorerst letzte Entwicklungsstufe der Logistik ein [vgl. WEBER 2012].

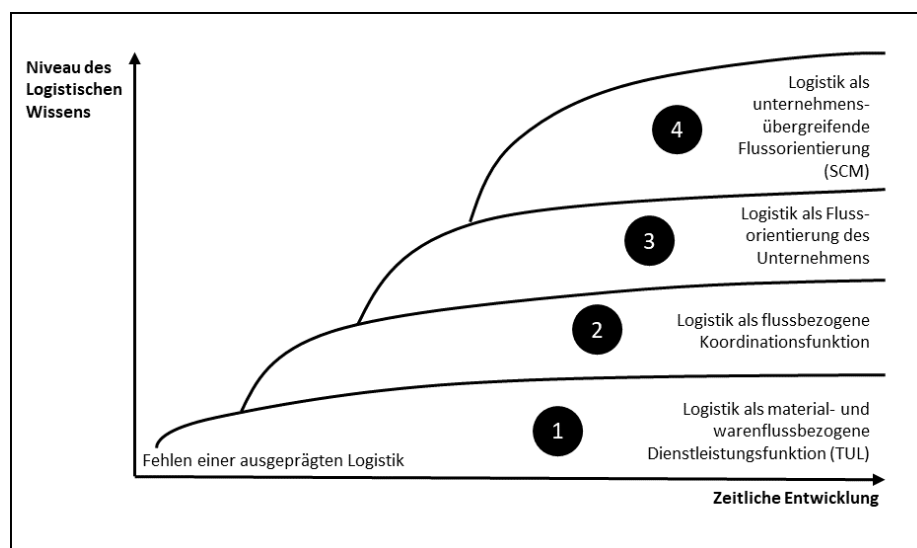


Abbildung 2-1: Entwicklung der Logistik [WEBER 2012, S. 5]

Die dynamische und rasante Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte in der Wissenschaft und Praxis bringen für die Logistik und das SCM eine Vielzahl unterschiedlicher Begriffe, Sichtweisen und Definitionen mit sich [vgl. GLEIBNER & FEMERLING 2008]. Die vorliegende Arbeit verfolgt eine untergeordnete Sichtweise und betrachtet somit die Logistik als Teildisziplin, die dem Supply Chain Management untergeordnet ist.

In der Literatur sind mit den Aufgaben der Logistik mehrfach die vier oder mehr "Rs" verbunden, wobei das "R" an dieser Stelle für "richtig" steht. Die Aufgaben beschreiben nur die Anforderungen eines Güterflusses und beziehen die Informationsflüsse nicht mit ein, die in der heutigen Praxis und Sichtweise der Logistik einen wichtigen Punkt darstellt [vgl. MUCHNA et al. 2018]. In Form von Begleitdokumenten sind Informationen mit Gütern eng verknüpft und stellen ein wichtiges Hilfsmittel für die Planung, Steuerung, Realisierung und Kontrolle dar [vgl. MUCHNA et al. 2018]. Unter dem Aspekt des Informationsflusses ergibt sich nach Hausladen [2016] für die Aufgaben der Logistik die folgende Definition:

"Unter **Logistik** wird die Aufgabe verstanden, das richtige Produkt, zur richtigen Zeit, in der richtigen Menge, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität, dem richtigen Kunden und zu den richtigen Kosten zur Verfügung zu stellen. Im heutigen Informationszeitalter bedarf es [...] einer Ergänzung dieser klassischen 7Rs, um eine weitere entscheidende Komponente: „versehen mit den richtigen Informationen (8Rs).“ [HAUSLADEN 2016, S. 4]

Informationen besitzen für die heutige Logistik eine hohe Bedeutung, da Informationen z. B. zwischen den verschiedenen Beteiligten eine stabile Kommunikation und den Datenaustausch sicherstellen. Durch die Möglichkeit der Kennzeichnung und Identifizierung von logistischen Objekten, wie z. B. Paletten oder Behältern, helfen Informationen bei der Prognose, Planung, Steuerung und Kontrolle von konkreten Abläufen des Warenflusses [vgl. MUCHNA et al. 2018].

Unter Logistik finden auch die Begriffe Logistiknetzwerk und Supply Chain (SC) Anwendung. In einem Logistiknetzwerk finden unternehmensübergreifend Waren- und Informationsflüsse statt. Ziel ist es den Wertschöpfungsprozess innerhalb des Netzwerks durch die Identifikation von Kostenoptimierungspotenzialen optimal zu gestalten [vgl. NYHUIS, P.2008]. Ein Logistiknetzwerk kann in einzelne Logistikketten zerlegt werden. Innerhalb der Logistikketten gibt es Quelle-Senke-Beziehungen von Warenströmen. Als Logistiknetzwerk werden diese als Geflecht dargestellt [vgl. MUCHNA et al. 2018]. Als Supply Chain (SC) werden Lieferketten beschrieben, die einzelne logistische Elemente abbilden, die miteinander verknüpft werden [GLEIBNER & FEMERLING 2008]. Ziel einer Supply Chain ist es unternehmensübergreifend Kapazitäten effizient zu planen, Ressourcen optimal zu allokatieren und die Kommunikation zwischen den Logistikpartnern zu verbessern [vgl. HAUSLADEN 2016]. Dabei gibt es ein dominierendes Unternehmen, das den Mittelpunkt der Supply Chain bildet. Die übrigen Beteiligten richten sich nach diesem Unternehmen. Welches Unternehmen die dominierende Rolle einnimmt, entscheidet sich insbesondere auf Basis der finanziellen Mittel und dem Know-How [vgl. WERNER 2017]. Die Begriffe Logistiknetzwerk und Supply Chain können in der Literatur auch als synonym verstanden werden [vgl. GÖPFERT et al. 2017]. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Supply Chain verwendet.

Unter dem Koordinationsaspekt von Akteuren entlang der gesamten SC hat sich das Supply Chain Management als Managementansatz etabliert, um die steigende Komplexität zur Erfüllung logistischer Aufgaben im weltweiten Kontext zu beherrschen [vgl. HAUSLADEN 2016]. Nach Kuhn & Hellgrath [2002] gilt für das SCM die folgende pragmatische Definition:

„**Supply Chain Management** ist die integrierte prozessorientierte Planung und Steuerung der Waren-, Informations- und Geldflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Kunden bis zum Rohstofflieferanten mit den Zielen Verbesserung der Kundenorientierung, Synchronisation der Versorgung mit dem Bedarf, Flexibilisierung und bedarfsgerechte Produktion, Abbau der Bestände entlang der Wertschöpfungskette.“ [KUHNS & HELLINGRATH 2002, S. 10]

Die integrierte Vorgehensweise im Zusammenhang mit dem SCM ist aktuell nicht nur ein Trend, es hat sich durch das Zusammensetzen interdisziplinärer Teams aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen erfolgreich durchgesetzt. Die Integration unterschiedlicher Teams und Bereiche ermöglicht das Zusammenführen von Wissen und Erfahrung, sowie um gemeinsame Absprachen und Entscheidungen zu treffen. In einer Supply Chain kommen unternehmensübergreifend die Mitarbeiter der jeweiligen Unternehmen zusammen und auch in Verbindung mit der Rolle der IT und der Koordination des Material- und Informationsflusses ist die Zusammenarbeit ein wichtiger Faktor. Das prozessorientierte Denken und Handeln ermöglicht eine reaktionsfähige Organisation, die schnell und dynamisch auf Veränderungen auf dem Markt reagieren kann. [vgl. KUHNS & HELLINGRATH 2002]

Unter Wertstrom werden alle notwendigen wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Aktivitäten verstanden, um ein Produkt entlang der Hauptflüsse von der Produktentwicklung bis zum Endkunden zu bringen [vgl. KUHNS & HELLINGRATH 2002]. Unter wertschöpfenden Tätigkeiten sind alle Arbeitsschritte und Prozesse zu verstehen, für die der Kunde bereit ist mehr zu zahlen, da Sie für die Erfüllung der Kundenanforderungen am Endprodukt einen Mehrwert bieten [vgl. DOMBROWSKI et al. 2009]. Alle Aktivitäten und Prozesse die Zeit, Ressourcen oder Raum kosten und zur Erfüllung der Kundenanforderungen keinen beitragen leisten, werden unter nicht wertschöpfenden Aktivitäten verstanden [vgl. DOMBROWSKI et al. 2009]. Nach Kuhn & Hellgrath [2002] kann man die Philosophie des SCM damit ausdrücken, dass bei der Optimierung die Betrachtung des Gesamten als die Optimierung von Teilausschnitten eines Gesamtsystems [vgl. KUHNS & HELLINGRATH 2002].

Mit dieser Aussage wird verdeutlicht, dass das SCM eine umfassende Betrachtung vorsieht. Die Unterteilung in die drei grundlegenden Aufgaben Gestaltung, Planung und Steuerung weist zwei Teilaspekte auf. Neben dem ersten Teilaspekt, was die Gestaltung von Netzwerken, die Planung der Aktivitäten und die ganzheitliche Überwachung und Steuerung dieser Aktivitäten berücksichtigt, beinhaltet der zweite Teilaspekt auch den Rückfluss von der Steuerung zur Planung, sowie von der Planung zur Gestaltung. Ein wesentlicher Vorteil liegt zudem in der systematischen Nutzung der Erfahrungen und Erkenntnisse [vgl. KUHNS & HELLINGRATH 2002].

2.2 Aufgabenmodelle und -gebiete des Supply Chain Managements

Nach einer einführenden Begriffsdefinition und -abgrenzung sind die wesentlichen Definitionen und Aufgaben des SCM festgelegt. Im folgenden Unterkapitel werden die Aufgabengebiete des SCM mit ausgewählten Modellen näher erläutert.

Um ein Modell für bestimmte Aufgabengebiete vorzustellen, werden zunächst die Anforderungen und Charaktereigenschaften eines Referenzmodells erläutert. Generell gelten Referenzmodelle als Ausgangspunkt zur Entwicklung spezieller anwendungsbezogener Modelle. Zu den Anforderungen gehören die Robustheit gegenüber Veränderungen der realen Welt und die Flexibilität im Hinblick auf Anpassungen an spezifische Anforderungen einer Problemstellung. Des Weiteren müssen Referenzmodelle abstrakt und nicht zu allgemein sein. Der Detaillierungsgrad darf hierbei nicht zu präzise sein, um weiterhin auf verschiedenartige Problemstellungen anwendbar zu sein. Als letzte Anforderung gilt, dass Strukturen und Abläufe von Referenzmodellen konsistent und somit frei von Widersprüchen abgebildet werden können [vgl. SCHULTE 2016].

Durch die Anforderungen bringen Referenzmodell Vorteile mit sich. Zum einen können Prozesse und Strukturen durch eine erhöhte Transparenz einfacher identifiziert werden und die Erstellung von Modellen beschleunigen, zum anderen agieren sie durch die terminologische Grundlage als Kommunikations- und Orientierungshilfe. Ein weiterer Vorteil ist die standardisierte Vorgehensweise durch definierte Anforderungen für festgelegte Gebiete oder Bereiche. Die aufgezählten Vorteile von Referenzmodellen eignen sich somit insbesondere als Vergleichsmaßstab und dienen als Instrument zur Analyse von Schwachstellen und Optimierung von gegebenen Modellen [vgl. SCHULTE 2016].

Supply Chain Operations Reference-Modell

Vor diesem Hintergrund kommt das im Jahre 1996 gegründete Supply Chain Council (SCC) ins Spiel. Das SCC ist eine Initiative zweier US-amerikanischer Unternehmensberatungen, die unabhängig, gemeinnützig und als non-profit-orientierte Organisation agiert [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002; vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018; vgl. BECKER 2004]. Das Ziel ist die Entwicklung eines Modells, das in der Lage ist, die Prozesse der gesamten Supply Chain anhand eines standardisierten Referenzmodells abzubilden und für den Informationsaustausch entlang einer Supply Chain eingesetzt wird. Als Ergebnis wurde das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell entwickelt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002; vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018; vgl. BECKER 2004; vgl. SCHULTE 2016]. Eine weitere Besonderheit des SCOR-Modells ist das Ziel der kontinuierlichen Weiterentwicklung und die freie Zugänglichkeit. Das Modell hat bereits erfolgreich mehrere Stufen der Entwicklung durchlaufen und konnte mittlerweile ca. 1000 Unternehmen dazu motivieren, sich dieser Initiative anzuschließen [vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018; vgl. BECKER 2004].

In Bezug auf die Supply Chain Prozesse ermöglicht das SCOR-Modell den Aufbau und die Inhalte zu definieren und beschreiben. Zur Aufbaubeschreibung gehören die Prozessbeschreibungsmethode, die Konfigurierbarkeit, der Hierarchische Aufbau, die Prozesszusammenfassung, die Standardprozessbeschreibung, Best Practices, sowie Messgrößen und Softwareanwendungen [vgl. BECKER 2004].

Mit dem SCOR-Modell ist es möglich, eine unternehmens- und branchenübergreifende einheitliche Beschreibung, Bewertung und Analyse der Supply Chain durchzuführen [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002; vgl. WERNER 2017].

Das SCOR-Modell gliedert sich in die vier Ebenen Prozess, Prozesskategorie, Prozesselemente und Implementierung (Abbildung 2-2). Durch den hierarchischen Aufbau beschreibt die erste Ebene die gesamte Supply Chain anhand der fünf Kernprozesse (Plan, Source, Make, Deliver und Return) und detailliert in den darauffolgenden Ebenen jeweils die vorangegangene Ebene [vgl. BECKER 2004; vgl. WERNER 2017; vgl. SCHULTE 2016].

Die integrierte Betrachtung umfasst nicht nur die gesamte Materialbewegungen und -transformationen, sondern auch alle Kundeninteraktionen von Auftragsbeginn bis Zahlungseingang und alle Marktinteraktionen von der Anlieferung des Rohstofflieferanten bis zur Auslieferung an den Endkunden [vgl. SCHULTE 2016].

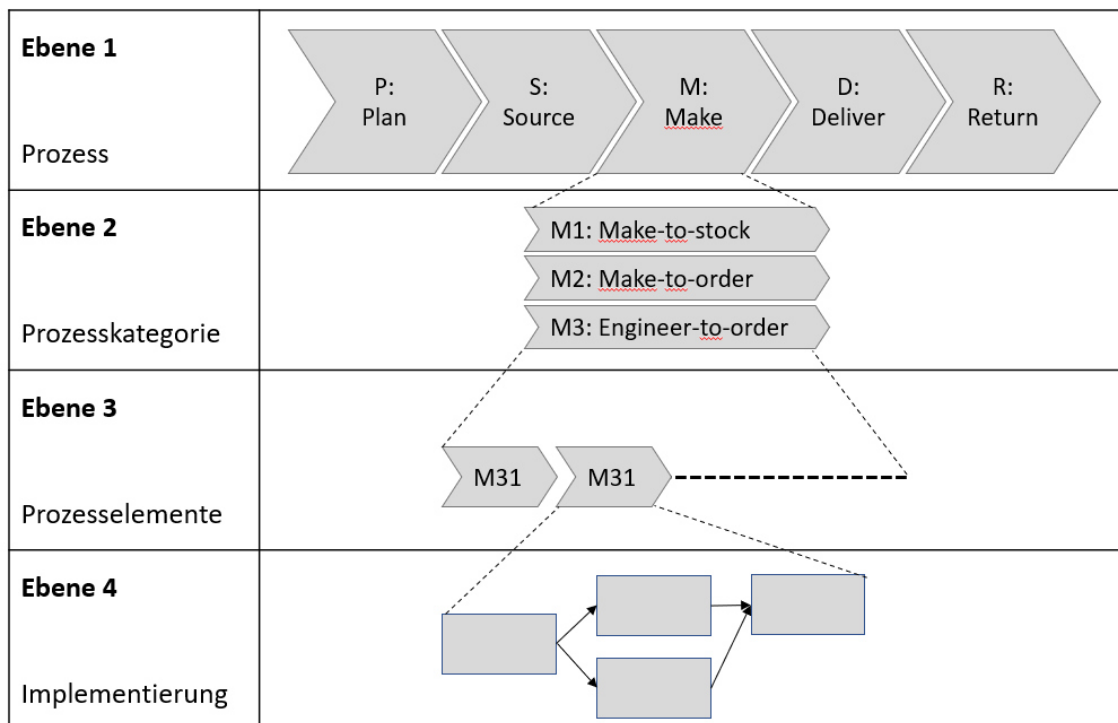


Abbildung 2-2: Ebenen des SCOR-Modells [HUBER & LAVERENTZ 2018, S. 155]

Die oberste und erste Ebene umfasst die grundlegenden Prozesse und beinhaltet die folgenden Aufgaben [vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018; vgl. SCHULTE 2016]:

- 1. Plan (Planen):** Das Planen schließt alle Aktivitäten ein, die zur Vorbereitung der folgenden vier Prozesse dienen. Hierzu gehören z. B. die Aggregation der Anforderungen für die Beschaffung, Produktion, und Distribution oder die Zuweisung der Ressourcen. Zusätzlich beinhaltet dieser Prozess ebenfalls die langfristige Planung der Infrastruktur für Kapazitäten, benötigte Ressourcen und Produkte.
- 2. Source (Beschaffen):** Zu den Aufgaben des Beschaffungsprozesses gehören der Erwerb und das Prüfen der Materialien, um die benötigten Sachgüter und Dienstleistungen zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren gehört zu den Aufgaben die Infrastrukturmaßnahmen

des Lieferantenmanagements wie z. B. die Auswahl der Lieferanten oder die Vertragsgestaltungen.

3. **Make (Herstellen):** Das Herstellen beinhaltet die Aufgaben der Transformation, um aus einem Vorprodukt ein verkaufbares Endprodukt zu erhalten und die Nachfrage des Marktes zu befriedigen.
4. **Deliver (Liefiern):** Der Prozess Liefern umfasst die gewöhnliche Auftragsabwicklung und die bekannten TUL-Aufgaben (Transportmanagement, Auftragsmanagement, Lagermanagement), um die Kunden mit den Endprodukten zu beliefern. Dabei ist zu beachten, dass die vorhergesagte Nachfrage erfüllt wird. (Auftragsmanagement, Transportmanagement, Lagermanagement).
5. **Return (Zurückliefern):** Der letzte Prozess Zurückliefern verfolgt die Aufgabe der Rücklieferung, sowohl vom Kunden als auch vom Lieferanten.

In der zweiten und dritten Ebene werden die Prozesse aus der obersten Ebene in Prozesskategorien und Prozesselemente unterteilt. Für den Prozess Beschaffen kann bspw. die Unterteilung in die Prozesskategorien Make-to-stock, Make-to-order und Engineer-to-order durchgeführt werden (Abbildung 2-2). Dabei unterscheiden sich die drei Kategorien in den Strategien Lagerfertigung, Kundenauftragsfertigung und kundenauftragspezifische Konstruktion. Anschließend werden die Kategorien in einzelne Prozesselemente aufgliedert [vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018].

In der vierten Ebene werden die Prozesselemente weiter in Aktivitäten aufgeteilt. Aufgrund der zu individuellen Darstellung wird die vierte Ebene von vielen Autoren nicht weiter berücksichtigt. Grund hierfür liegt daran, dass die Aktivitäten in dieser Ebene von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich sind und die Gestaltung nach individuellen Gesichtspunkten stattfindet [vgl. SCHULTE 2016; vgl. HUBER & LAVERENTZ 2018; vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Im Aufgabengebiet des SCM gewinnen vermehrt IT-Lösungen in Form von Assistenzsystemen oder SCM-Software an Beliebtheit. Der Einsatz von Software im SCM kann unterschiedliche Aufgabenspektren unterstützen und unterschiedliche Funktionalitäten anbieten und da eine Software meist aus mehreren Komponenten zusammengesetzt ist, eignet sich das SCOR-Modell nicht für die Einschätzung und den Vergleich von Software im SCM [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Die Standardisierung von Supply Chain-Operatoren und Supply Chain-Kennzahlen auf mehrere Beschreibungsebenen kann das SCOR-Modell zwar beschreiben, aber kommt in Bezug auf Funktionalität von Software an ihre Grenzen. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Prozesse nicht direkt identifiziert werden können und somit der Einsatz der Software im Hinblick auf die einzelnen Prozesse und deren sinnvolle Unterstützung nicht abgedeckt werden [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002; vgl. HELLINGRATH et al. 2004].

Das SCM-Aufgabenmodell

Als Lösung zur Realisierung eines standardisierten Referenzmodells für das Aufgabenspektrum der SCM und deren Funktionalität haben KUHN & HELLINGRATH in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Instituten IML und IPA, sowie mit dem BWI der ETH Zürich das SCM-Aufgabenmodell entwickelt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002; vgl. SCHULTE 2016; vgl. WERNER 2017].

Das entwickelte Modell zerlegt die Elemente des SCOR-Modells und beschreibt diese detailliert in Bezug auf die möglichen Software-Funktionalität. Im weiteren Sinne kann das Aufgabenmodell als Grundlage für die Aufgaben der Untersuchung, Analyse und Auswahl von IT-Software verwendet werden [vgl. KUHN & HELINGRATH 2002; vgl. SCHULTE 2016; WERNER 2017].

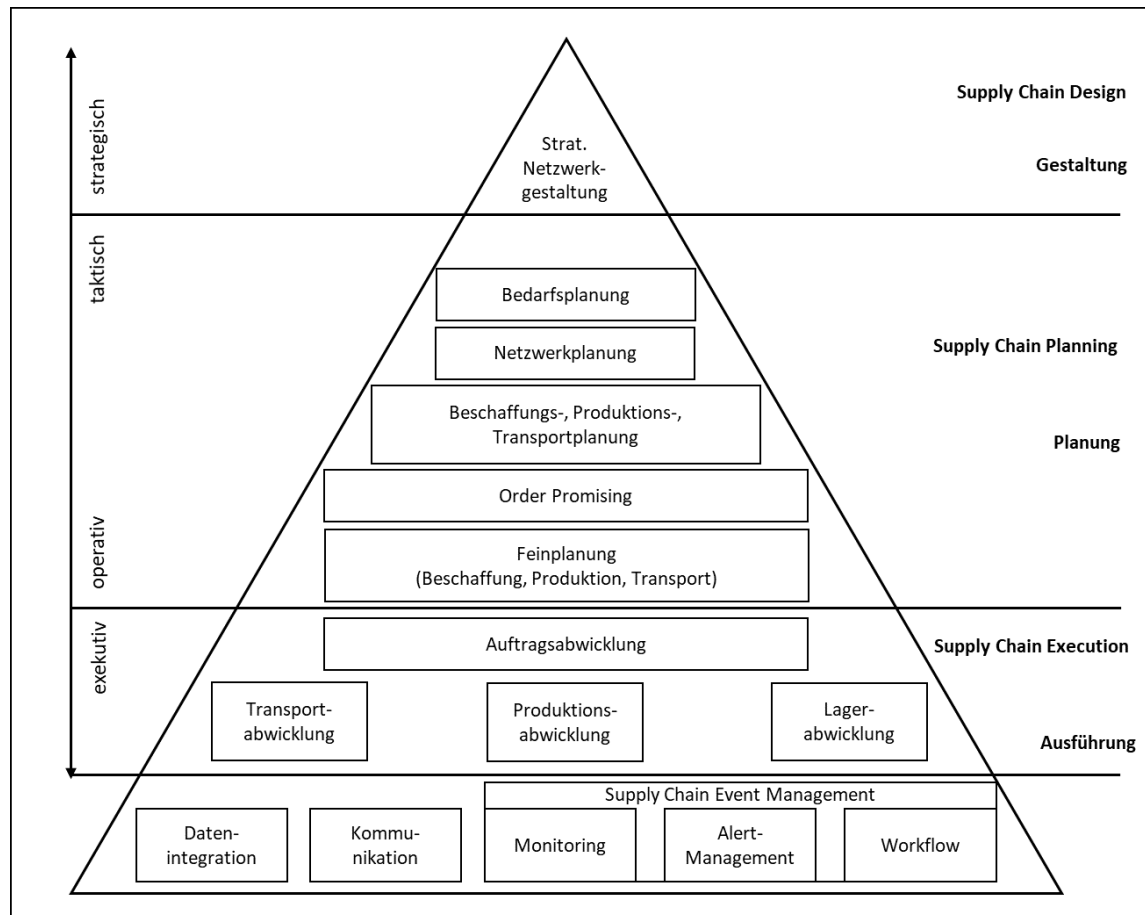


Abbildung 2-3: Das SCM-Aufgabenmodell [HELLINGRATH et al. 2004, S. 197]

Die Hauptaufgabenbereiche (Abbildung 2-3) bilden die Gestaltungsebene (Supply Chain Design), die Planungsebene (Supply Chain Planning) und die Ausführungsebene (Supply Chain Execution). Dabei streckt sich der Zeithorizont der einschließenden Aufgaben von Jahren in der Gestaltungsebene bis zu wenigen Minuten in der Ausführungsebene [vgl. HELINGRATH et al. 2004; vgl. WERNER 2017; vgl. ARNOLD et al. 2008]. Im Folgenden werden die Aufgaben und die dazugehörigen Aufgabenbereiche der drei Ebenen detailliert erklärt.

2.2.1 Gestaltung: Supply Chain Design

Die oberste Ebene beinhaltet das Supply Chain Design und somit die Gestaltung einer Supply Chain. In dieser Ebene werden Aufgaben bezüglich der Ausgestaltung und der kostenoptimierten Struktur der gesamten SC erarbeitet und sind aufgrund des strategischen Inhaltes der Unternehmensentwicklung zuzuordnen [vgl. KUHN & HELINGRATH 2002]. Die Gestaltung der Supply Chain betrachtet nicht nur das einzelne Unternehmen, sondern ganze Unternehmensverbände. Die Strategien richten sich hierbei an die abgeleiteten Zielsetzungen des Unternehmensverbundes [vgl. HELINGRATH et al. 2004; vgl. SCHULTE 2016].

Die Auswahl der richtigen Strategie kann sehr zeitintensiv sein und so streckt sich der Planungshorizont der Gestaltung von mehreren Monaten bis zu mehreren Jahren [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Dadurch ist die richtige Vorgehensweise von enormer Bedeutung, da die getroffenen Entscheidungen einen langfristigen Effekt einnehmen [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Des Weiteren ist die Wahl der richtigen Strategie mit einer langfristigen Beobachtung der Märkte verbunden, da die Reorganisation des Supply Chain Designs sehr aufwändig ist und richtige Entscheidungen bei der Wahl der richtigen Strategie Wettbewerbsentscheidend ist [vgl. GÜNTHER, H.-O.2005].

Die Planung auf der obersten Ebene hat zudem einen qualitativen Einfluss auf die untergeordneten Planungsebenen und ist entscheidend für den weiterführenden Erfolg der Supply Chain [vgl. GÖPFERT et al. 2017].

Zu den Hauptaufgaben gehören in der strategischen Netzwerkgestaltung die kostenoptimierte Auslegung und Gestaltung des gesamten Supply Chain-Netzwerks bzw. der Entwurf des gesamten Logistiknetzwerks [vgl. HELLINGRATH et al. 2004; vgl. HAUSLADEN 2016]. In diesen Aufgabenbereich gehört die räumliche Anordnung von Produktions- oder Lagerstandorten sowie die Implementierung von ausgewählten Strategien [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Zuzüglich ist auch die Konfiguration der Distributionsstufen und die Festlegung einzubeziehender Kooperationspartner und Lieferanten ein Schwerpunkt der Gestaltungsaufgabe [vgl. GÜNTHER, H.-O.2005]. Zusammenfassend werden in der obersten Ebene die strategischen Eckpunkte festgelegt [vgl. GÖPFERT et al. 2017].

Die Festlegung der beschriebenen Aufgaben ist auch mit finanziellen Entscheidungen verbunden und somit ist die Bewertung von Investitionsentscheidungen eine weitere wichtige Fragestellung in der Gestaltungsebene der SCM [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Neue Produktions- und Lagerkapazitäten in Form von weiteren Produktions- und Lagerstandorte, sowie neue Distributionszentren und -kanäle sind Beispiele für wichtige Investitionsfragen [vgl. SCHULTE 2016]. Die richtige Entscheidung kann bedeutende Einsparungen der gesamten Supply Chain aufweisen [vgl. WERNER 2017].

Die Gestaltungsaufgabe umfasst wichtige strategische Aufgaben in einer Supply Chain. Die dabei getroffenen Entscheidungen beziehen sich z. B. auf Anzahl, Standort und Kapazität von Produktions- und Lagerstätten. Weiterführend werden auch Entscheidungen in Bezug auf die Zuordnung der Produkte auf die Standorte und die Transportart im gesamten Supply Chain festgelegt [vgl. GÜNTHER, H.-O.2005]. In Bezug auf die Zuordnung der Produkte können nach Schulte [2016] die folgenden konkreten Fragestellungen aufgestellt werden:

- „Welches Produkt soll hergestellt werden?“
- „In welchem Werk soll ein Produkt hergestellt werden?“
- „Durch welchen Lieferanten soll die Materialbeschaffung erfolgen?“
- „Welche Distributionskanäle sollen genutzt werden?“ [vgl. SCHULTE 2016]

2.2.2 Planung: Supply Chain Planning

Die zuvor festgelegte Struktur der Gestaltungsebene stellt den grundlegenden Aufbau dar, worauf die weiteren Planungsaufgaben ansetzen. Dabei geht die Betrachtung über das ganze Netzwerk

einer SC bis hin zu den einzelnen Lagerstandorten und Transportrouten [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Im Folgenden werden die einzelnen Planungsaufgaben Bedarfsplanung, Netzwerkplanung, Beschaffungsplanung und Distributionsplanung, sowie das Order Promising näher erläutert.

Die Produktionsplanung stellt ebenfalls eine wichtige Planungsaufgabe dar, da in einer SC die Planung von Produktions- und Transportplänen eng miteinander verbunden sind [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Jedoch wird die Betrachtung der Produktionsplanung für die weitere Untersuchung nicht weiter berücksichtigt. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Betrachtung in den folgenden Kapiteln auf logistische Assistenzsysteme und somit der Unterstützung logistischer Prozesse und Aufgaben abzielt.

Bedarfsplanung

Nach dem SCM-Aufgabenmodell (Kapitel 2.2) bildet die Bedarfsplanung die Grundlage für die weiteren Planungsaufgaben in der Planungsebene einer SCM, da die benötigten Bedarfsinformationen zur Abstimmung einer SC die Rahmenbedingungen vorgeben [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Der Grund hierfür liegt darin, dass in der Bedarfsplanung die zukünftigen Absatzmengen prognostiziert und die kurzfristigen Bedarfe transparent bereitgestellt werden [SCHWARZER & KRUMHOLTZ 2014]. Insbesondere in Bezug auf die zentrale Rolle der Bedarfsinformationen liegt die Fähigkeit darin, die Kundenbedarfe frühzeitig sicherzustellen, Kapazitäten entlang einer SC bedarfsgerecht zu verteilen und gleichzeitig die Bedarfe optimal zu bestimmen [vgl. SCHULTE 2016].

Die Zeitspanne bei der Bedarfsplanung zieht sich von kurzfristigen Bedarfen über mittelfristige Bedarfe bis hin zu langfristigen Bedarfen [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Der kurzfristige Bedarf umfasst die Auswertung bestehender Bestellungen, die bspw. aus dem ERP-System ermittelt werden können [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Bei der Ermittlung des mittel- und langfristigen Bedarfs werden die Bedarfe in Bezug auf Abstraktionsniveau unterschieden. Dies ist Voraussetzung, um bspw. den Bedarf nach einzelnen Produkten oder Produktgruppen unterscheiden zu können [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Außerdem betrifft der mittelfristige Zeitraum einen täglichen bis wöchentlichen Rhythmus, wobei die Menge von Produktgruppen bestimmt wird [vgl. REINDL & OBERNIEDERMAIER 2002]. Der langfristige Bedarf wird hingegen auf mehrere Jahre bezogen und für Produktfamilien bestimmt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Während für die kurzfristigen Bedarfe die vorliegenden Bestellungen als Informationen dienen, müssen für langfristige Bedarfe sog. Prognosen aufgestellt werden. Hierfür kommen verschiedene statistische Prognoseverfahren zum Einsatz, was auch den Schwerpunkt der Bedarfsplanung darstellt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Die statistischen Prognosen werden anhand von historischen Daten und Informationen aus dem Marketing und Vertrieb aufgestellt. Diese Informationen können saisonale Einflüsse oder Auslaufkurven sowie Markteinführung von neuen Produkten beinhalten [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Im Detail fließen die vorhandenen Informationen mittels gleitender Durchschnitte oder exponentieller Glättung in zukünftige Prognosewerte ein und spiegeln die Zukunft ab [vgl. WERNER 2017].

Netzwerkplanung

Das Ziel bei der Netzwerkplanung ist die Ermittlung einer optimalen Auslastung der gesamten SC und somit auch aller Partner und Beteiligten [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Außerdem wird das Leistungspotential in Bezug auf logistische Aufgaben aufgebaut [vgl. ARNOLD et al. 2008].

Für dieses Ziel findet eine Abstimmung von Ressourcen, Kapazitäten und Bedarfen statt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Dabei wird ein Mengengerüst generiert und mittels der Prognosen aus der Bedarfsplanung auf die gesamte SC zugeordnet. So wird je nach Produktionsvolumen an den verschiedenen Standorten einer SC die optimale Auslastung erreicht [vgl. WERNER 2017].

Durch das Einbeziehen aller Beteiligten wird in der Netzwerkplanung außerdem die Koordination der einzelnen Beteiligten bestimmt [vgl. SCHULTE 2016]. Das Herausstechen führender Partner und Beteiligter einer SC ist von besonderer Wichtigkeit, da diese die umfänglichsten Informationen entlang einer SC besitzen [vgl. WERNER 2017]. Außerdem bringt die frühzeitige Erkennung von potentiellen Engpässen und insbesondere wichtiger Artikel und Teile einen Wettbewerbsvorteil.

Für die langfristige Betrachtung wird in der Netzwerkplanung die grundlegende Struktur der SC festgelegt und gilt somit als feste Randbedingung [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Die festzulegenden Strukturen können dabei bspw. die Lieferanten, die Standorte oder die Lieferbeziehungen betreffen [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Des Weiteren stellt die Netzwerkplanung die Grundlage für die weiteren Planungsaufgaben der Beschaffung und Distribution dar [vgl. SCHULTE 2016].

Beschaffungsplanung

Die Beschaffungsplanung ist für eine optimale Teileversorgung bzw. Bestände einer mehrstufigen Lagerstruktur zuständig und verfolgt dabei das Ziel, dass die benötigten Teile zeitgenau am richtigen Ort bereitstellen und dabei die Bestände möglichst niedrig gehalten werden [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Als Grundlage für die Planung werden als Informationen die Ergebnisse aus der Bedarfs- und Netzwerkplanung herangezogen [vgl. WERNER 2017]. Der betrachtete Zeitraum bei der Beschaffungsplanung liegt zwischen Wochen und Tagen und kann bei langfristigen Planungsaufgaben auch Jahre betreffen [vgl. SCHULTE 2016].

Im Detail werden die Sicherheitsbestände sowie die minimalen und maximalen Grenzwerte der Bestände ermittelt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Als besonderes Hilfsmittel gilt hier die Stückliste, wodurch die einzelnen Bedarfsstufen ermittelt werden können [vgl. WERNER 2017]. Für die Ermittlung fließen die Kapazitäten der gesamten SC und die Lieferfrequenz sowie Widerbeschaffungszeiten mit ein. Außerdem ist durch das Simulieren von verschiedenen Szenarien das Vergleichen mit den Zielwerten der optimalen Bedarfserfüllung möglich [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Nach Hausladen [2016] lassen sich die Aufgaben der Beschaffungsplanung weiter in strategische und operative Aufgaben aufteilen. Die operativen Aufgaben können dabei bspw. den Vorgang betreffen, indem der Beschaffungsauftrag ausgelöst und bis zur Anlieferung überwacht wird.

Dabei werden z. B. die zeitliche Einhaltung oder die Qualitäts- und Quantitätsprüfung berücksichtigt. Aus der strategischen Sicht gehören zur Beschaffungsplanung die Aufgaben wie z. B. die Entwicklung der Strategien für den Einkauf bzw. Beschaffung, Entscheidungen zum Outsourcing, Auswahl strategischer Lieferanten oder das Lieferantenmanagement [vgl. HAUSLADEN 2016].

Distributionsplanung

Kuhn und Hellingrath [2002] beschreiben als Hauptaufgaben der Distributionsplanung die Optimierung der Bestände im Fertigteilelager und der Verteilung der Ware hin zum Kunden [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Neben der optimalen Planung liegt die Zielsetzung hierbei in der Kombination der Transporte und Lieferungen. Dabei liegt das Ziel darin, die Kundennachfrage stets zu erfüllen. Für dieses Vorhaben werden ähnlich wie bei der Beschaffungsplanung die Sicherheitsbestände und die minimalen und maximalen Grenzwerte der Bestände festgelegt [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Außerdem gehört die Kostenoptimierung ebenfalls zu den Zielen der Distributionsplanung. Dabei werden alle kalkulatorischen Kosten und die messbaren Folgekosten der Prozesse betrachtet [vgl. REINDL & OBERNIEDERMAIER 2002]. Der Betrachtungszeitraum der Distributionsplanung kann von Monaten bis zu Tagen reichen und des Weiteren als strategische, taktische und operative Planungsaufgaben unterschieden werden [vgl. WERNER 2017]. Die benötigten Informationen stammen aus den Ergebnissen der Bedarfsplanung und den festgelegten Vorgaben aus der Netzwerkplanung [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Eine wichtige Kennzahl für die Verteilung durch Transporte ist die Reichweite der Bestände von Fertigteilen [vgl. WERNER 2017].

Für die optimale Planung müssen verschiedene Distributionskanäle, Logistikdienstleister oder Transportmittel bewertet werden. Je nach Unternehmensziel kann die optimale Auswahl unterschiedlich ausfallen. Eine Unterstützung hierbei ist der Einsatz der Simulationstechnik, wodurch verschiedene Szenarien durchgespielt und analysiert werden können [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Insbesondere das Durchspielen variiert Einflussfaktoren ermöglicht eine optimale und gleichzeitig kostengünstige Planung der Distribution [vgl. WERNER 2017].

Die strategischen und somit langfristigen Planungsaufgaben betreffen Entscheidungen, die für die weitere Planung grundsätzliche Vorgaben in Bezug auf Strategie und Zeitvorgaben definiert. Dazu gehört bspw. die Planung der Absatzwege eines Unternehmens [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Für die Festlegung der Strategie fließen die Prognosen aus der Bedarfsplanung und die Rahmenbedingungen der Netzwerkplanung ein, um die voraussichtlichen Mengen iterativ aufeinander abzustimmen [vgl. REINDL & OBERNIEDERMAIER 2002].

Die taktischen Planungsaufgaben bauen auf die festgelegten strategischen Entscheidungen auf und können bei Bedarf eine Korrektur vornehmen [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Hierfür werden in einer Frequenz von Wochen oder Monaten die Bedarfsmengen für die Transporte und Lagerung abgeglichen, um eventuelle Erweiterungen der Kapazitäten durchzuführen [vgl. REINDL & OBERNIEDERMAIER 2002]. Zu den weiteren Planungsaufgaben gehören nach Arnold et al. [2008] die Kundenzuordnung, wobei die Aufteilung der Gebiete gemeint ist. Im Detail wird entschieden welcher Kunde aus welchem Lager beliefert wird und welche Strategien hinsichtlich des Transportes und der Lagerung festgelegt werden [vgl. ARNOLD et al. 2008].

Eine weitere Planungsaufgabe ist die Transportplanung und umfasst die Tourenplanung, die Transportauswahl und die Planung der Beladungsreihenfolge [vgl. SCHWARZER & KRUMAR 2014]. Diesbezüglich werden Entscheidungen über die Rahmenbedingungen der Transportplanung getroffen, die für die Lieferungen der Lager zuständig sind. Dazu zählen u. a. die Beantwortung der Fragen welche Transportart gewählt werden soll, wie viele Transportmittel benötigt werden oder wie hoch die vorhandene Kapazität der Transportmittel ist [vgl. ARNOLD et al. 2008].

Im Hinblick auf die kurzfristige Planungsaufgaben werden in der Transportplanung die tatsächlichen Mengen in einem Zeitfenster von einem Tag berücksichtigt und nur in Bezug auf die exakten Zahlen eventuelle Gegenmaßnahmen eingeleitet [vgl. REINDL & OBERNIEDERMAIER 2002].

Order Promising

Beim Order Promising geht es darum, dass Kundenaufträge gemäß den Vereinbarungen erfüllt werden können. Hierfür müssen die Verfügbarkeiten überprüft und eine Machbarkeitsprüfung durchgeführt werden [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Es gibt verschiedene Formen des Versprechens, die berücksichtigt werden können. Das Versprechen kann sich nach außen (Available-to-Promise) oder nach innen (Capable-to-Promise) richten [vgl. WERNER 2017]. Schulte [2016] beschreibt außerdem eine dritte Form, nämlich Configure-to-Promise [vgl. SCHULTE 2016]. Bei Available-to-Promise muss sichergestellt werden, dass die Vereinbarung, die mit dem Kunden getroffen wurde zum Zeitpunkt, Umfang, Preis und Ort der Lieferung eingehalten werden kann [vgl. WERNER 2017]. Es geht daher um die Verfügbarkeit des Produktes. Bei Capable-to-Promise wird hingegen geprüft, ob die Produktionskapazitäten ausreichen, um das bestellte Produkt herzustellen. Rückt das Configure-to-Promise in den Vordergrund, geht es darum, ein speziell konfiguriertes Produkt für den Kunden mit ausreichend Kapazitäten wie vereinbart zur Verfügung zu stellen [vgl. SCHULTE 2016].

Ziel des Order Promising kann es daher nicht nur sein, die Ware schnellmöglich zur Verfügung zu stellen, sondern auch den Kundenwünschen nachzukommen und ggf. Alternativen zu ermitteln und vorzuschlagen, falls ein Versprechen an den Kunden nicht eingehalten werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen werden insbesondere Simulationen durchgeführt, um die Möglichkeiten zur Erfüllung der Kundenaufträge in Machbarkeitsprüfungen zu ermitteln [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

2.2.3 Ausführung: Supply Chain Execution

Die Ausführungsebene stellt die unterste Ebene der SCM dar und dient an erster Stelle zur Steuerung und Kontrolle der gesamten SC und allen Beteiligten [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Die Zielsetzung liegt darin, dass in Anbetracht der aktuellen Ist-Situation einer SC die Unterstützung von operativen Entscheidungen geboten wird [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Weiterführend steht die Reaktion auf dynamische Veränderungen im Vordergrund, um die Kundenzufriedenheit stets zu erfüllen [vgl. HELLINGRATH et al. 2004].

Somit wird in der Ausführungsebene gewährleistet, dass durch die vorliegenden Ergebnisse der Planungsebene und der Überwachung der operativen Prozesse die Zielsetzungen stets kontrolliert

sowie notwendige Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden, um die Kundenzufriedenheit durch die Termineinhaltung und den gesetzten Qualitätsansprüchen zu erreichen [vgl. HAUSLADEN 2016]. Die besondere Herausforderung besteht in der Einbeziehung der relevanten Informationen aller Beteiligten IT-Systemen einer SC und der Voraussetzung, dass die Informationen stets aktuell und somit in Echtzeit vorliegen müssen [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Im Folgenden werden die Prozesse der Auftragsabwicklung in Bezug auf logistische Aufgaben und das Lager- und Transportmanagement näher erläutert.

Auftragsabwicklung

Die Aufgabe besteht darin, Kundenaufträge entlang einer SC zu steuern und zu überwachen. Dies umfasst alle Aufgaben aus den Planungsaufgaben aus der vorherigen Ebene, die einen Bezug zum Kundenauftrag aufweisen [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Dabei steht insbesondere die Einhaltung der Reihenfolge und zeitlichen Vorgaben im Fokus [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Das Ziel der Auftragsabwicklung ist das Erreichen und Sichern einer hohen Kundenzufriedenheit [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Für die Auftragsabwicklung werden alle Informationen benötigt, die für den Prozess eines Kundenauftrags relevant sind [vgl. SCHULTE 2016]. Neben der Rückmeldung des Auftragsfortschrittes gehören u. a. die Information über die aktuellen Bestände entlang der SC und die verfügbaren Kapazitäten zum Informationsbedarf in der Auftragsabwicklung [vgl. ARNOLD et al. 2008]. Die richtigen Informationen an den unterschiedlichen Punkten einer SC zugänglich zu erfassen ist durch die betriebliche Datenerfassung (BDE) möglich. In der Praxis wird diese Möglichkeit durch mobile Lösungen wie bspw. „Computer-Handheld“ umgesetzt, um die Informationen automatisch in ERP-Systemen zur Verfügung zu stellen [vgl. ARNOLD et al. 2008].

Außerdem erzielt man durch frühzeitige Bereitstellung der Informationen positive Effekte bei der Vorbereitung der Auftragsbearbeitung. Insbesondere für die Ankunft oder den Umschlag eines Transports können durch Vorgaben für die Ausführung eine Unterstützung erzielt werden [vgl. ARNOLD et al. 2008].

Transportmanagement

Das Transportmanagement ist für die Abwicklung der Transporte zuständig, die sowohl bei der Beschaffung als auch bei der Distribution anfallen können. Außerdem werden die Transporte erfasst und überwacht [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002].

Im Detail werden die notwendigen Dokumente erstellt und die Kosten berechnet, die für die Transporte notwendig sind. Dies betrifft auch die Erstellung von Begleitpapieren für den Transport. Im Rahmen der Tourenplanung werden auch die Zeitfenster und die Frequenzen der Belieferungen festgelegt. Der Einsatz von technischem Hilfsmittel ermöglicht außerdem das Tracking & Trace von Sendungen, um die Transporte in Echtzeit zu überwachen und Probleme schneller zu identifizieren [vgl. SCHULTE 2016].

Lagermanagement

Im Lagermanagement werden alle Bestände und die dazugehörigen Bewegungen der Waren bzw. Materialien erfasst und gebucht [vgl. KUHN & HELLINGRATH 2002]. Dabei betrifft das

Lagermanagement die Beschaffungs- und Distributionsseite. Während zur Beschaffungsseite die Rohmaterialien, Teile und Baugruppen gehören, zählt zur Distributionsseite die Zuordnung der richtigen Lagerplätze der fertigen Produkte [vgl. SCHULTE 2016].

Die Buchung und die Verwaltung können in der Praxis mittels passenden IT-Systemen erfolgen. Die exakte Erfassung der Bewegungen entlang einer SC ermöglicht durch den systemseitigen Einsatz von IT-Systemen die genaue Visualisierung der gesamten Bestände in der SC [vgl. SCHULTE 2016]. Durch moderne Technologien wie bspw. der RFID-Technologie ist außerdem eine beleglose Lagerabwicklung möglich [vgl. SCHULTE 2016].

2.3 Informations- und Datenverarbeitung im Supply Chain Management

Im folgenden Unterkapitel wird neben der Begriffsbestimmung von Daten und Informationen auch das theoretische Verständnis für die Verarbeitung und Speicherung aufgebaut. Dabei werden Verarbeitungsformen und Möglichkeiten der Speicherung durch Datenbanksysteme vorgestellt. Für die Anwendung von IT-Systemen im SCM werden außerdem die Begriffe Informations- und Anwendungssysteme näher betrachtet. Abschließend wird das Datenaufkommen im SCM anhand einer Kategorisierung vorgestellt.

2.3.1 Grundlagen zu Daten, Informationen und Wissen

Im Aufgabengebiet des SCM fallen häufig die Wörter Daten, Informationen und Wissen. Daher wird im Folgenden eine grundlegende Erklärung der Begrifflichkeiten in diesem Zusammenhang vorgelegt. Die folgende Abbildung 2-4 zeigt einen hierarchischen Aufbau von den einzelnen Zeichen über Daten und Informationen bis hin zum Wissen. Auf der linken Seite sind außerdem Beispiele aufgezeigt, die zur Erläuterung der Begrifflichkeiten im Folgenden verwendet werden.

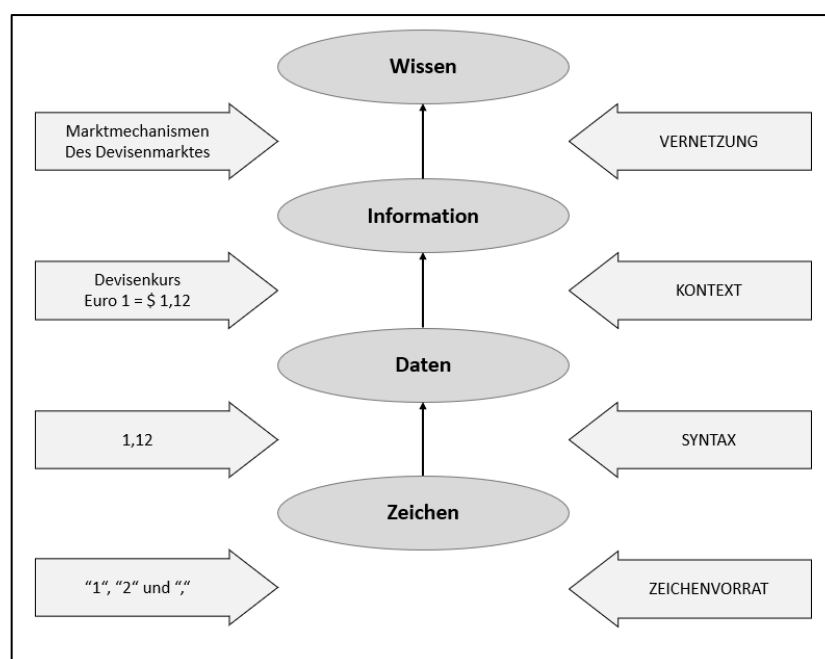


Abbildung 2-4: Hierarchischer Aufbau von Zeichen bis zum Wissen [SCHWARZER & KRUMAR 2014, S. 7]

In der untersten Stufe sind die Zeichen eingegliedert und der Zeichenvorrat auf Abbildung 2-4 besteht aus den Ziffern „1“, „2“ und „.“. Die in diesem Beispiel gezeigten Zeichen werden in der nächsten Stufe zu Daten verbunden. Daten müssen eine festgelegte Struktur aufweisen, was auch Syntax genannt wird. In diesem Beispiel wird aus dem Zeichenvorrat das Datenelement „1,12“. Alleinstehend besitzt das Datenelement jedoch keine Aussagefähigkeit, da es sich hierbei um eine Angabe für bspw. eine Maßeinheit eines physischen Objekts oder einem finanziellen Betrag handeln kann. Erst in dem man das Datenelement in einen Zusammenhang bzw. Kontext bringt, erhält man eine Aussagefähigkeit [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Hierbei entstehen aus Daten die Informationen, wodurch Interpretationen erst möglich werden. Im aufgezeigten Beispiel wird aus dem Datenelement die Information zum Devisenkurs, dass man zum gegebenen Zeitpunkt für 1,00 € im Austausch 1,12 \$ bekommt, erstellt.

Die oberste Stufe beschreibt das Wissen, indem der Devisenkurs aus dem Beispiel mit Wissen über Marktmechanismen verknüpft wird. Somit erhält der Devisenhändler, der für dieses Beispiel als Betrachter gilt, Unterstützung beim Treffen von Entscheidungen. Daraus lässt sich ableiten, dass aus einer Vielzahl von Informationen und der richtigen Vernetzung Wissen entsteht [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

2.3.2 Daten- und Informationsverarbeitung

An dieser Stelle werden die Begrifflichkeiten Daten- und Informationsverarbeitung erläutert, um für die vorliegende Arbeit ein Grundverständnis zu erhalten. Die Datenverarbeitung umfasst vier grundlegende Bausteine. Neben den Eingabe- und Ausgabedaten, die zu verarbeitende und auszugebende Daten darstellen, bilden außerdem die eigentliche Verarbeitung und die anschließende Speicherung die Bausteine. Bei der Datenverarbeitung werden Veränderungen an den Eingabedaten durchgeführt, um bspw. die Daten in das gewünschte Format zu bringen. Die Speicherung stellt die Ausgabedaten bereit, um diese bei Bedarf abrufen zu können. Da durch die Digitalisierung und den flächendeckenden Einsatz von Computern mittlerweile vermehrt auch Informationen und nicht nur Daten verarbeitet werden, findet in der Praxis heutzutage der Begriff Informationsverarbeitung größere Anwendung [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Für das einheitliche Verständnis wird in der vorliegenden Arbeit somit der Begriff Informationsverarbeitung fortgeführt und die Verarbeitung und die Speicherung von Daten, sowie dazugehörige Begrifflichkeiten, im Folgenden beschrieben.

Verarbeitung

Bei der Verarbeitung werden wie bereits erwähnt Änderungen der Daten vorgenommen, die auch Transformation genannt wird. Durch die synchrone Ausführung einzelner Befehle oder der synchronen Bearbeitung von einzelnen Daten kann außerdem durch das parallele Verarbeiten eine Leistungssteigerung erreicht werden [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Zwei signifikante Nutzungsformen in Bezug auf die zeitliche Durchführung der Verarbeitung sind die *Dialog- und Batchverarbeitung*. Bei der *Dialogverarbeitung* wird, während zeitgleich eine Verarbeitung noch ausgeführt wird, auf gespeicherte Daten zugegriffen. Insbesondere beim Bedarf von aktuellen Daten ist der Einsatz dieser Form von Vorteil. Durch die zeitliche Kopplung der Verteilung der Verarbeitung mit der Reihenfolge des Dialogs kann eine Echtzeit- oder

Realzeitverarbeitung erreicht werden. Hingegen verfolgt die *Batchverarbeitung* das Ziel, die Daten bis zu einem bestimmten Zeitpunkt zu sammeln und anschließend als Stapel zu bearbeiten. [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Speicherung

Neben der Verarbeitung gehört auch die Speicherung zur Informationsverarbeitung und wird im Folgenden erläutert, um ein Grundverständnis für die Speicherung von Daten und Informationen zu erhalten [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Im Allgemeinen kann unter der Speicherung auch das Aufbewahren von Daten und Informationen verstanden werden. Wobei neben den Eingabedaten auch die Zwischenergebnisse, die Endergebnisse und die verwendeten Anwendungsprogramme gespeichert werden müssen [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Messgrößen bei der Speicherung sind Byte (B), Kilobyte (KB), Megabyte (MB) Gigabyte (GB), Terabyte (TB) und Petabyte (PB). Dabei steht ein Byte für ein Zeichen, das bspw. ein Buchstabe oder eine Ziffer sein kann und die Speicherkapazität gibt an, wie viele Zeichen bzw. Bytes gespeichert werden [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Eine nennenswerte Unterscheidung ist außerdem die transiente und persistente Speicherung von Daten und Informationen. Unter transienter Speicherung ist die kurzfristige Speicherung von Daten gemeint, die bspw. nur während der Ausführung von Programmen aufkommen. Demgegenüber steht die persistente Speicherung, die die automatische und dauerhafte Speicherung vornimmt [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Datenbanken zur Speicherung von Daten

Eine weitverbreitete Möglichkeit zusammengehörende Dateien zu speichern und auch zu verwalten bieten Datenbanken. Im Folgenden werden grundlegende Begriffe, Komponenten und Varianten von Datenbanken vorgestellt. Zu den Bestandteilen gehört die Datenbank (DB) als Datenbasis und das Datenbankverwaltungssystem (DBMS). Beide Bestandteile bilden zusammen ein Datenbanksystem (DBS) [vgl. STEINER 2017].

3-Ebenen-Architektur

Um in der Praxis zahlreiche unterschiedlicher Ansätze beim Datenbankentwurf zu vermeiden, hat das ANSI/SPARC-Komitee die 3-Ebenen-Architektur als Basis vorgeschlagen [vgl. MERTENS et al. 2017]. Des Weiteren liegt der Nutzen dieser Basis darin, eine hohe Datenunabhängigkeit zu gewährleisten und den Zugriff unterschiedlicher Nutzer auf eine Datenbank in Bezug auf Zugriffsrechte und Betrachtungen zu kontrollieren und zu steuern [vgl. RAHM et al. 2015]. Hierbei wird die Sichtweise auf die interne, konzeptionelle und externe Ebene unterteilt [vgl. MERTENS et al. 2017].

Die *interne Ebene* betrachtet die Struktur der physikalischen Speicherung der Daten [vgl. MERTENS et al. 2017]. Dabei wird der Aufbau der Datenstruktur und die Zugriffsmöglichkeiten geregelt [vgl. WAGNER et al. 2012]. Außerdem werden auch die Fragen zur Clusterbildung und Komprimierung in der internen Ebene geklärt [vgl. RAHM et al. 2015].

In der *konzeptionellen Ebene* liegt das Ziel darin, die Daten und die dazugehörigen Beziehungen unabhängig vom Kontext und dem Betrachter zu formulieren [vgl. MERTENS et al. 2017]. Somit

wird der konzeptionelle Aufbau der gesamten Datenbank und dazugehörigen Informationen dargestellt [vgl. WAGNER et al. 2012]. Des Weiteren umfasst der Aufbau alle Dateien bzw. Datensätze und somit auch die einzelnen Attribute sowie die Beziehungen innerhalb der Datenbank [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Die Notwendige Perspektive für den Zugriff von verschiedenen Betrachtern und Anwendungssystemen gibt die *externe Ebene* vor [vgl. MERTENS et al. 2017]. In dieser Ebene werden Teilmengen und somit nur der berechtigte und angeforderte Bestandteil der gesamten Datenbank in einer spezifischen Form dargestellt [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Dadurch ist außerdem eine einfache Nutzung sowie die Kontrolle über Zugriffsrechte gewährleistet [vgl. RAHM et al. 2015].

Für die Abfrage kommen sog. Datenmanipulationssprachen (DML) zum Einsatz, die eine Erzeugung, Änderung und Löschung von Daten ermöglichen. Die bekannteste DML ist die Structured Query Language (SQL) [vgl. WAGNER et al. 2012].

Eine weitere Unterscheidung beim Datenbankentwurf ist nach der physischen und logischen Datenorganisation. Während in der physischen Datenorganisation die interne Ebene betrachtet wird, gehört zur logischen Datenorganisation die Betrachtung der konzeptionellen und externen Ebene. Das Ziel der logischen Datenorganisation ist die formale Beschreibung, sowie die dazugehörigen Eigenschaften und Beziehungen der Datensätze. Als Grundlage dient an dieser Stelle das Datenbankmodell [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Relationales Datenbanksystem

Das bekannteste Datenbankmodell ist das relationale Datenbanksystem. Dabei werden die Daten in Tabellen bzw. Relationen abgespeichert und besitzen eine definierte Anzahl an Spalten, die auch Attribute genannt werden [vgl. RAHM et al. 2015]. Die einzelnen Attribute behalten für jeden Datensatz die gleiche Bedeutung [vgl. WAGNER et al. 2012]. Somit gelten die Spalten einer Tabelle als homogen und sind vom gleichen Datentyp [vgl. MERTENS et al. 2017].

Die Anzahl der Zeilen, die auch Tupel oder Datensatz genannt werden, sind nicht begrenzt und können eine beliebige Anzahl annehmen [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Eine nennenswerte Besonderheit ist der Primärschlüssel, wodurch jeder Datensatz eindeutig identifiziert werden kann und somit die Datensätze differenziert werden können [vgl. WAGNER et al. 2012]. Durch den Primärschlüssel ist es möglich verschiedene Beziehungen zwischen den Tabellen herzustellen [vgl. STEINER 2017]. Des Weiteren stellt der Fremdschlüssel den Verweis zwischen zwei Tabellen dar und gilt in der zweiten Tabelle als Primärschlüssel [vgl. WAGNER et al. 2012]. Jedoch ist die Möglichkeit der Beziehungen begrenzt und resultiert aus der Kombination der Assoziationen zwischen zwei Tabellen [vgl. STEINER 2017].

Zu den wichtigsten Beziehungsarten gehören die 1:1, 1:n und m:n-Beziehungen. Die 1:1-Beziehung ist die einfachste Form zwei getrennte Datensätze miteinander zu verknüpfen. Das einfachste Beispiel ist das Verknüpfen einer Tabelle mit Produktinformationen und einer eindeutigen Produktnummer, die mit einem weiteren Datensatz zum Lagerbestand dieses Produktes verknüpft wird. Unter 1:n-Beziehung wird auch die eins-zu-viele-Beziehung verstanden und stellt die häufigste Form in der Praxis dar. Dabei wird ein Datensatz mit beliebig

vielen Datensätzen verbunden. Bei der m:n-Beziehung werden beliebig viele Datensätze mit beliebig vielen Datensätzen unterschiedlicher Tabellen in Beziehung gesetzt. Beispielsweise kann eine Tabelle mit Produktinformationen und eine weitere Tabelle mit Kundeninformationen in einer m:n-Beziehung zueinander stehen, da jeder einzelne Kunde jedes einzelne Produkt kaufen kann sowie jedes einzelne Produkt von jedem einzelnen Kunden gekauft werden kann [vgl. WAGNER et al. 2012].

Ein Nachteil von relationalen Datenbanksystemen ist damit verbunden, dass jede Erweiterung durch eine neue Tabelle das DBS unüberschaubarer gestaltet und somit die Zugriffszeiten in die Höhe steigen [vgl. STEINER 2017].

Verteilte Datenbanksysteme

In Anbetracht der Begrenzung relationaler Datenbanksysteme haben sich verteilte Datenbanksysteme zu einer neuer Möglichkeit entwickelt, schneller auf Daten zuzugreifen [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Ein VDBS stellt ein System dar, in dem Daten an unterschiedlichen Standorten gespeichert werden und die verteilten Standorte miteinander vernetzt sind [vgl. MERTENS et al. 2017]. Die Benutzeroberfläche während der Abfrage wird weiterhin als zentralisiertes DBS dargestellt und des Weiteren ist der Zugriff von jedem Standort auf die Daten gewährleistet, obwohl die Daten an unterschiedlichen Standorten gespeichert sind [vgl. WAGNER et al. 2012]. Zu den weiteren Vorteilen von VDBS gehört die Effizienzsteigerung durch die Aufteilung in Teilmengen der Datenbestände und die Möglichkeit der parallelen Verarbeitung [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Außerdem sinkt durch die Verteilung die Ausfallwahrscheinlichkeit, da der Ausfall einzelner Standorte keine großen Auswirkungen auf das gesamte Netz verursachen [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Das Konzeptmodell für ein VDBS besteht aus einem Globalen Schema, worin die Vorgaben aus globaler Sicht beschrieben werden und an allen Standorten bekannt sind [vgl. MERTENS et al. 2017]. Bei der Datenbankfragmentierung werden die Daten anschließend im globalen Verteilungsschema in Fragmente zerlegt und an die Standorte verteilt, wobei stets das Nachbilden aller Tabellen aus den Fragmenten möglich ist [vgl. HANSEN et al. 2019; vgl. MERTENS et al. 2017]. Durch die Allokation wird beschrieben an welchem Standort die Fragmente gespeichert sowie die Mehrfachspeicherung für die Steigerung der Verfügbarkeit verwaltet wird [vgl. HANSEN et al. 2019]. An den einzelnen Standorten wird durch das lokale Schema bzw. Ebene die Speicherung der Daten auf den lokalen Datenbanken sichergestellt [vgl. MERTENS et al. 2017].

Grundbegriffe Datenorganisation

Je nach Literatur und Datenbankmodell werden unterschiedliche Begrifflichkeiten in der Datenorganisation verwendet. Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe für eine einheitliche Verwendung in der vorliegenden Arbeit vorgestellt.

Das *Datenfeld* wird auch Spaltenname bezeichnet und kann inhaltlich aus mehreren Zeichen bestehen, die bspw. aus Zahlen für die Artikelnummer oder aus Buchstaben für die Artikelbezeichnung zusammengesetzt sind [vgl. MERTENS et al. 2017]. Des Weiteren wird auch insbesondere in Bezug auf relationalen Datenbankmodellen der Begriff Attribut verwendet, wobei der Inhalt als Attributwert bezeichnet wird [vgl. STEINER 2017].

Zusammengehörende Datenfelder bzw. Attribute bilden einen *Datensatz* und werden in Summe zu Datensätzen zusammengefasst [vgl. MERTENS et al. 2017]. Dabei kann weiterführend auch der Begriff Datei für Datensätze verstanden werden und stellt die einzelnen Datensätze, die in Beziehung zueinanderstehen, zu einer Datenbank zusammen [vgl. LASSMANN, W.; SCHWARZER, J.; ROGGE, R., et al.2006].

Wenn bspw. Datensätze zu Artikeln zusammengefasst werden und die Inhalte Artikelnummer, Artikelbezeichnung und Preis enthalten, bilden die Datensätze eine sog. Artikeldatei [vgl. MERTENS et al. 2017]. Die Speicherung von Daten kann somit durch eine Datei erfolgen, in der die Daten gesammelt und persistent gespeichert werden. Dabei weist das Dateiformat ein Unterscheidungsmerkmal von Dateien auf und unterscheidet sich bei der Speicherung und Codierung durch bspw. die Vorgabe der Zeichenkettenlänge in der Datei. Hierbei spricht man auch von formatierten und unformatierten Dateien, wobei formatierte Dateien stets den identischen Aufbau für jeden einzelnen Datensatz aufweisen [vgl. HANSEN et al. 2019].

Im Folgenden sollen zwei Dateistandards vorgestellt werden. *XML* und *CSV* sind Dateiformate, die Formatstandards erfüllen, d.h. die Codierung zur Reihenfolge, Länge und Datentyp ist vereinheitlicht [vgl. SCHEMM 2009]. Des Weiteren handelt es sich um offene Standards, die öffentlich sind und beliebig oft verwendet werden können [vgl. HANSEN et al. 2019].

Das *XML*-Format (Extensible Markup Language) gehört zu den gängigsten Standardsprachen. Besonders ist, dass durch Metasprache sowohl der Inhalt als auch das Layout textbasiert beschrieben und in beliebigen Hard- und Softwares verwendet werden kann [vgl. MERTENS et al. 2017]. Das XML-Format kann gemäß den Anforderungen angepasst werden und anschließend als standardisiertes Datei-Format weiterverwendet werden. XML spielt daher auch beim Informationsaustausch zwischen verschiedenen Systemen eine wichtige Rolle [vgl. HANSEN et al. 2019].

Eine *CSV*-Datei (Comma Separated Values) hat ein textbasiertes Format. Ein Datensatz wird in einer Zeile dargestellt. Innerhalb des Datensatzes sind die Daten durch Kommata oder Semikolons voneinander getrennt. Eine CSV-Datei kann von viel verwendeten Programmen wie Excel und OpenOffice geöffnet werden [vgl. SEEBOERGER-WEICHSELBAUM 2003].

2.3.3 IT-Systeme im Supply Chain Management

Im Aufgabengebiet kommen eine enorm hohe Anzahl unterschiedlicher Anwendungen zum Einsatz. Die Anwendungen reichen hierbei von modernen Rechenzentren bis hin zu einfachen lokalen Excel-Tabellen, in denen Informationen abgespeichert vorliegen. Je nach Aufgabenbereich sind viele Anwendungen miteinander verknüpft oder bauen aufeinander auf. Das vorliegende Unterkapitel arbeitet die grundlegendsten Anwendungen auf, um ein besseres Verständnis für die Zusammenhänge insbesondere in Bezug auf die Informationen und Daten zu erhalten.

Zu Beginn werden die Begriffe Informations- und Anwendungssysteme grundsätzlich erläutert, um dem Leser ein grundlegendes Verständnis zu vermitteln und eine Abgrenzung der Systeme zu erhalten.

Ein *Informationssystem* bezeichnet ein sozio-technisches System, das aus weiteren in Form von menschlichen und rechnergestützten Teilsystemen besteht [vgl. HANSEN et al. 2019]. Die Autoren Schwarzer und Krcmar [2014] beschreiben als Anforderung für Informationssysteme, dass die richtigen Informationen in der richtigen Menge, Form und Qualität, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort zur Verfügung gestellt werden müssen [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Der Einsatz von Informationssystemen wird in Unternehmen zur Unterstützung von Aufgaben eingesetzt, indem die richtigen Informationen bereitgestellt werden. Die Aufgaben umfassen dabei die Durchführung, Planung und das Management bzw. Entscheidungsaufgaben [vgl. HANSEN et al. 2019].

Wichtige Komponenten eines Informationssystems sind eine Datenbank, sowie eine Methoden- und Modellbank. Diese umfassen neben der Speicherung der gesammelten Daten und Informationen auch die verschiedenen Programme in Form von Methoden und Modellen, die zur Unterstützung bei der Lösung von Problemen notwendig sind [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

Unter *Anwendungssystem* ist ein computergestütztes System zur spezifischen Anwendung auf ein Aufgabengebiet zu verstehen. Es besteht dabei aus einer Anwendungssoftware, was ein Zusammenschluss von mehreren Anwendungsprogrammen darstellt. Unter Anwendungsprogrammen sind Programme für eine spezifische Aufgabe wie bspw. Produktionsplanung oder Lohnabrechnungen gemeint. Des Weiteren umfassen Anwendungssysteme ebenfalls die relevanten Daten für das jeweilige Aufgabengebiet. (Hansen)

Im weiteren Sinne unterstützen Anwendungssysteme sämtliche operativen Aufgabengebiete eines Unternehmens und außerdem für Analyse- und Planungsaufgaben sowie Kontrollaufgaben eingesetzt werden. Dabei stellt die Anwendungssoftware das tatsächliche Programm für die jeweilige Aufgabe dar und stellt nur einen Teil des Anwendungssystems dar. Eine Unterscheidung nach Aufgabengebieten ist durch Transaktions-, Administrations-, Führungs-, Planungs- und Querschnittssystemen möglich [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014].

In der Praxis werden die Begriffe Informationssystem und Anwendungssystem zum Teil als Synonym verwendet und gleichgesetzt [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Ebenfalls ist die Ansicht, dass ein Anwendungssystem ein Teilsystem von Informationssystemen darstellt, je nach Fachgebiet der Literatur und den AutorInnen verbreitet [vgl. GABRIEL 2016].

Da die detaillierte Betrachtung und Gliederung von Informations- und Anwendungssystemen nicht Bestandteil der Untersuchung sind und die vorherigen Punkte nicht näher betrachtet werden, wird im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit der Begriff IT-Systeme verwendet. Im Folgenden werden gängige IT-Systeme vorgestellt, die in der Logistik und im SCM zum Einsatz kommen und u.a. auch für die weiterführende Untersuchung von Relevanz sind.

Data-Warehouse-Systeme

Das erste vorgestellte IT-System ist das Data-Warehouse-System (DWS). Nach Bauer und Günzel [2013] stellt das DWS ein physisches IT-System dar, mit der integrierten Möglichkeit zur Auswertung von Daten und Informationen [vgl. BAUER & GÜNZEL 2013]. Eine Abgrenzung der Begriffe Data Warehouse (DWH) und Data-Warehouse-System (DWS) besteht darin, dass unter

DWH die tatsächliche Datenbank in einem DWS zu verstehen ist, während ein DWS alle notwendigen technischen Komponenten und die gesamte Architektur zur Informationsbeschaffung, -speicherung und -auswertung umfasst [vgl. FARKISCH 2011].

Das Ziel eines DWS ist nicht nur die zentrale Bereitstellung entscheidungsrelevanter Informationen, sondern auch die Unterstützung analytischer Aufgaben und Entscheidungen mittels aufbereiteter Informationen. Außerdem müssen die aufbereiteten Informationen die Merkmale der logischen Integration und Homogenisierung, die Themenorientierung, die zeitbezogene Varianz und die Dauerhaftigkeit der Informationssammlung erfüllen [vgl. LASSMANN, W.; SCHWARZER, J.; ROGGE, R., et al.2006]. Zur Entdeckung von bisher unbekanntem Zusammenhängen, Muster und Tendenzen in einem Datenbestands wird das Data Mining angewendet. Dabei kann das softwaregestützte und automatisierte Verfahren auf verschiedene Datenbanken in einem DWS zugreifen. [vgl. FARKISCH 2011; vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]

Im Vergleich zu Datenbanken ermöglicht ein DWS somit die individuelle und anpassbare Datenanalyse für eine beliebiges Vorhaben unabhängig vom Aufgabengebiet eines Nutzers. In einem DWS können Datenbanken als vorgeschaltete Elemente betrachtet werden, die zur Speicherung von Daten aus internen und externen Datenquellen dienen. [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]

Die Thematik um DWS weist in der Literatur eine besondere Detailtiefe auf und für die vorliegende Arbeit ist das DWS sowie das Data Mining nur oberflächlich zu betrachten.

Enterprise-Resource-Planning-Systeme

Ein weiteres weitverbreitetes IT-System im SCM sind Enterprise-Resource-Planning-Systeme (ERP-Systeme) [vgl. SCHWARZER & KRCCMAR 2014]. Das Ziel eines ERP-Systems ist die Unterstützung operativer Aufgaben und Prozesse und dabei liegt die Besonderheit darin, dass ein ERP-System weitestgehend in allen Aufgabengebieten eines Unternehmens anwendbar ist. Hierzu gehören bspw. Finanz- und Rechnungswesen, Personalwirtschaft, Produktion oder die Materialwirtschaft [vgl. HANSEN et al. 2019]. In direktem Bezug auf die Logistik und das SCM unterstützen ERP-Systeme die Auftragsabwicklung, sowie logistische Prozesse der Beschaffung, Lagermanagement und Disposition [vgl. SCHUH & STICH 2013].

Eine wesentliche Komponente eines ERP-Systems ist eine zentrale Datenbank [vgl. HANSEN et al. 2019]. Dadurch ist einerseits die Redundanz von Daten vermeidbar und andererseits die Möglichkeit gegeben, eine standardisierte Bedienung für die verschiedenen Aufgabengebiete zu ermöglichen. Die integrierte Vorgehensweise durch die zentrale Datenbank bietet somit für verschiedene Aufgaben eine Unterstützung an [vgl. KURBEL 2016].

2.3.4 Datenaufkommen im Supply Chain Management

Für die Darstellung der Daten, die im SCM vorkommen, dient die Aufteilung nach der folgenden Abbildung 2-5 und wird nach Nutz- und Steuerdaten unterteilt. Die unterschiedlichen Datenarten für beide Datengruppen werden im Folgenden näher erläutert.

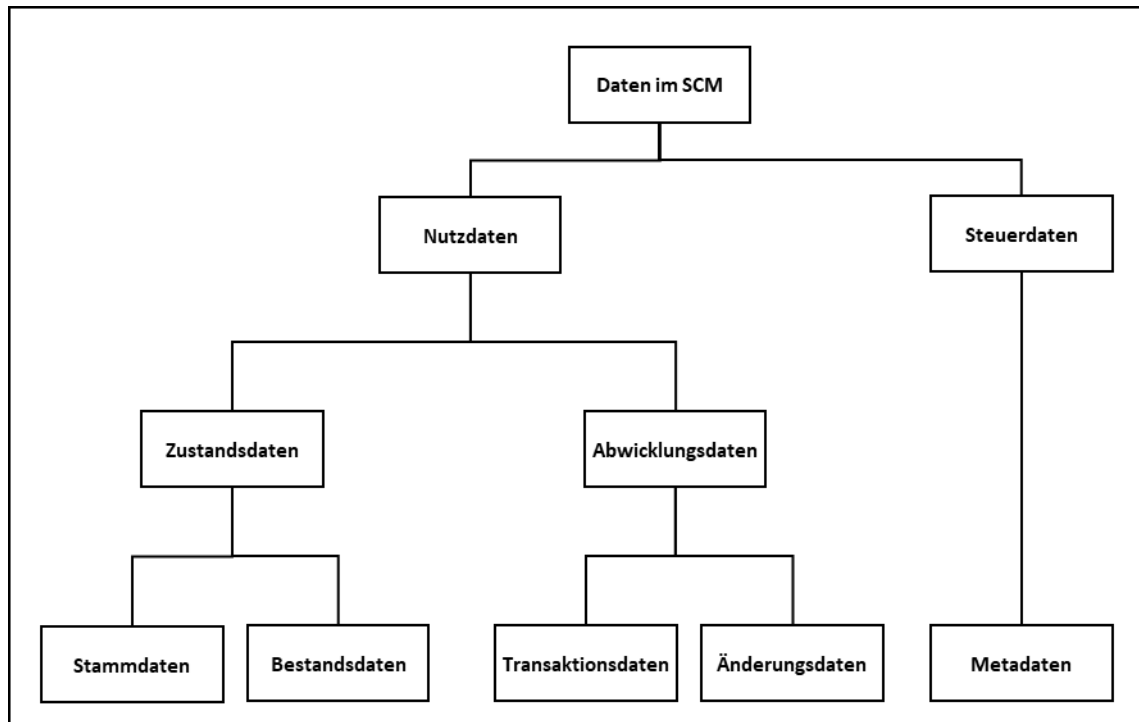


Abbildung 2-5: Kategorisierung von Daten im Supply Chain Management [vgl. SCHEMM 2009, S. 20]

Zustandsdaten

Zustandsdaten unterteilen sich des Weiteren in *Stammdaten* und *Bestandsdaten*. Stammdaten enthalten Basisinformationen und sind statisch [vgl. HOMPEL & SCHMIDT 2010]. Dadurch bleiben Stammdaten im zeitlichen Verlauf meist konstant. Die Basisinformationen können wichtige Eigenschaften zu u. a. Kunden, Lieferanten und Produkten enthalten [vgl. SCHEMM 2009]. In der Logistik dienen Stammdaten z. B. zur Identifikation und Steuerung einzelner Artikel durch Artikelstammdaten im Lagerbetrieb [vgl. HOMPEL & SCHMIDT 2010].

Unter Stammdaten können u. a. Produktdaten, Ressourcendaten, Supply Chain-Daten, Stücklisten, Arbeitspläne sowie Kunden- und Lieferantendaten darstellen [vgl. ZIEGLER 2015].

Bestandsdaten beschreiben die Menge bzw. den Wert z. B. in Form von Lagerbeständen oder Produktionskapazitäten [vgl. SCHEMM 2009]. In der Praxis ist der Zeitpunkt der Datenerfassung besonders wichtig, da auf Basis der Bestandsdaten Lieferungen und Lagerhaltungen geplant werden und deshalb stets die aktuellen Daten vorliegen müssen. Im Vergleich zu Stammdaten weisen Bestandsdaten aufgrund des volatilen Geschäftsgeschehens häufig Änderungen auf [vgl. HOMPEL & SCHMIDT 2010]. Dennoch bleibt die Datenmenge von Bestandsdaten konstant, da durch die Änderungen die alten Daten aktualisiert werden [vgl. SCHEMM 2009]. Bestandsdaten lassen sich weiter unterteilen in Betriebs- und Lagerbestandsdaten [vgl. ZIEGLER 2015].

Abwicklungsdaten

Neben den Zustandsdaten stellen die Abwicklungsdaten eine wichtige Kategorie an Daten dar. Neben den gibt es die *Transaktionsdaten*, die auch Bewegungsdaten genannt werden. Transaktionsdaten beschreiben Geschäftsprozesse, das können Aufträge, Bestellungen oder Lagerbewegungen sein [vgl. SCHEMM 2009]. Sie umfassen Informationen zum Lieferanten selbst und der gelieferten Ware, sowie die Eckdaten zur Lieferung [vgl. HANSEN et al. 2019]. Des

Weiteren zeichnet Transaktionsdaten aus, dass sie aufgrund von häufigen Änderungen durch das Geschäftsgeschehen im zeitlichen Verlauf zusätzlich zu großen Datenmengen führen. Außerdem beeinflussen Transaktionsdaten die Bestandsdaten [vgl. SCHEMM 2009]. Transaktionsdaten können des Weiteren in Transaktionsaktivitätsdaten und Transaktionskontrolldaten unterteilt werden [vgl. ZIEGLER 2015]. Zum anderen gibt es unter Abwicklungsdaten noch die *Änderungsdaten*. Diese lösen Änderungen von Stammdaten aus, in dem bspw. die Ansprechperson seitens Kunden geändert wird und sich somit die Kontaktdaten in den Stammdaten ändern [vgl. SCHEMM 2009].

Steuerdaten

Steuerdaten dienen als Basis dafür, dass die zuvor beschriebenen Nutzdaten in Form von Zustands- und Abwicklungsdaten übertragen werden können. Zu den Steuerdaten zählen die Metadaten. Sie bilden das Grundgerüst von Daten und definieren die Attribute für die jeweiligen Dateninhalte durch ein festgelegtes Vokabular. Beispiele für Metadaten sind Datenname, -größe und Berechtigungen. Ebenso wie bei Datenbanksystemen ist es wichtig, dass die Nutzdaten und die dahinterliegenden Metadaten konsistent sind [vgl. HANSEN et al. 2019].

Nach dem IT-Systeme und die dazugehörigen Begriffe festgelegt erläutert wurden, folgt im nächsten Unterkapitel die Vorstellung von Logistischen Assistenzsystemen.

2.4 Logistische Assistenzsysteme

In diesem Unterkapitel werden die Begriffe Assistenz und Assistenzsysteme grundlegend erläutert und logistische Assistenzsysteme im Detail vorgestellt und Beispiele aus der Praxis aufgeführt. Die Motivation für den Einsatz von LAS wird anhand von Charakteristika untermauert.

2.4.1 Definition von Assistenz und Assistenzsystemen

Bei der Beantwortung der Frage was die Assistenz genauer beschreibt und wo die Abgrenzung ist, können verschiedene Ansätze bei der Lösung dieser Frage helfen. Aus dem allgemeinen Sprachgebrauch leitet sich das Wort Assistenz aus dem lateinischen (*lat. Assistere*) ab und bedeutet im Deutschen übersetzt so viel wie „beistehen“. Damit kann die allgemeine Definition aufgestellt werden, dass es sich bei der Assistenz um die Unterstützung einer Person handelt und hierbei eine Aufgabe mit bestimmten Mitteln unterstützt wird [vgl. BANDOW et al. 2006].

In weiterem Sinne kann die Assistenz bereits durch jedes technische Hilfsmittel geboten werden. Dabei können einer Person über einfachste technische Geräte bestimmte Funktionen zur Verfügung gestellt werden, um Aufgaben schneller und mit weniger Aufwand zu erledigen. Bei den Funktionen kann es sich um einfache Informationen handeln, die dem Benutzer nicht bekannt sind oder nicht abgerufen werden können. Die AutorInnen WANDKE & WETZENSTEIN-OLLENSCHLÄGER liefern einen weiterführenden Ansatz und beschreiben hierbei die Assistenz als Brücke zwischen einem Benutzer und einem interaktiven System. Auf der einen Seite stehen hierbei die Wünsche, die Ziele, das Wissen und die Fähigkeiten eines Benutzers und auf der anderen Seite die Funktionen eines interaktiven Systems [vgl. WANDKE & WETZENSTEIN-OLLENSCHLÄGER 2003]. Bei der weiteren Betrachtung wird die Aufgabenteilung zwischen

System und Mensch nicht weiter berücksichtigt und beschränkt sich auf den Zugang zu den Funktionen eines Systems [vgl. BANDOW et al. 2006].

Für die Anpassung eines Assistenzsystems haben sich die adaptierbare Assistenz und das adaptive System durch flexible Änderungsmöglichkeiten im Vergleich zur konstanten Assistenz und anwenderspezifischen Assistenz durchgesetzt. Bei der adaptierbaren Assistenz kann der Benutzer selbstständig durch die Auswahl und Parameteränderungen das Assistenzsystem nach den eigenen Bedürfnissen anpassen. Das adaptive System führt Änderungen anhand der Auswertung von gespeicherten Kontextmerkmalen durch und passt das Assistenzsystem dem Benutzer an [vgl. WANDKE & WETZENSTEIN-OLLENSCHLÄGER 2003; vgl. BANDOW et al. 2006].

Eine weitere Unterscheidung ist die Art und Weise, wie ein Assistenzsystem eingreifen kann. Dabei wird die Initiative zwischen *aktiver* und *passiver* Assistenz unterschieden. Bei der *aktiven* Form ist zu beachten, dass die notwendigen Informationen bereitgestellt werden müssen, damit das Assistenzsystem genau weiß, wann es welche Bedingungen erreicht und welche Form der Unterstützung anbietet. Während bei der *aktiven* Form die Initiative vom System ausgeht, wird bei der *passiven* Assistenz durch den Benutzer manuell das Assistenzsystem initiiert. Hierbei gelten konventionelle Hilfesysteme als einfaches Beispiel [vgl. WANDKE & WETZENSTEIN-OLLENSCHLÄGER 2003]. Des Weiteren kann die Assistenz von einer rein informativen Form bis hin zu einem automatischen System reichen und somit unterschiedliche Automatisierungsgrade aufweisen [vgl. BANDOW et al. 2006].

2.4.2 Grundlagen und Charakteristika logistischer Assistenzsysteme

Immer größer und komplexer werdende SCs erfordern Bedarf an schnelleren Entscheidungen durch die Veränderungstreiber. In bspw. intralogistischen Systemen kann das Anlagen und Prozesse betreffen, sowie die Anpassungsfähigkeit an veränderte Systemlasten. Für die Logistik definieren Kuhn et al. [2008] die Veränderungstreiber Kundenorientierung, neue Arbeitsteiligkeiten, Globalisierung, Ressourcenverfügbarkeit und den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien). Durch den Einsatz von IuK-Technologien sind bereits qualitative Informationen entlang einer SC vorhanden, jedoch helfen diese nicht bei der Entscheidungsunterstützung. Für dieses Vorhaben werden logistische Assistenzsysteme (LAS) definiert. Es handelt sich dabei um rechnergestützte Hilfsmittel, die eine Kompetenz für einen abgegrenzten Entscheidungsraum besitzen und stets mit allen Beteiligten vernetzt sind [vgl. KUHN et al. 2008].

Das Leistungspotential eines LAS besteht darin, dass für den Menschen komplexe Aufgaben durch intelligente Operationen übernommen werden [vgl. BLUTNER et al. 2009]. Zu den allgemeingültigen Aufgaben eines LAS gehört die Überwachung von Warenströmen entlang einer SC und das Optimieren von einzelnen Prozessbereichen in der Logistik. Des Weiteren gehören zum Aufgabenspektrum eines LAS die Erkennung und Einleitung von Entscheidungen, die durch eine automatische Ereigniserkennung unterstützt wird. Das Echtzeitnahe Monitoring eines Netzwerkes runden die typischen Leistungen eines LAS ab [vgl. KUHN et al. 2008].

Die Besonderheit von LAS liegt in der ausgeglichenen Gestaltung von Unternehmenszielen, da zum einen hohe Logistikleistungen in Form von niedrigem Lieferverzug und kurzen Durchlaufzeiten erreicht wird. Zum andern ist das Bestreben nach niedrigen Logistikkosten und

somit niedrigen Beständen im gesamten Netzwerk und hohen Systemauslastungen das zweite gegensätzliche Ziel. Für eine stabile SC und insbesondere Logistik ist somit die Herausforderung eines LAS, dass die Aufgaben für die Zustandserkennung, Entscheidungsfindung und Entscheidungsdurchführung in Bezug auf die Zielsetzungen unterstützt wird. Bei der Umsetzung dieser meist komplexen Unternehmungen haben sich dynamische Verfahren in Form von Simulation oder das Einbeziehen von Echtzeitdaten für echtzeitnahe Transparenz etabliert. [vgl. KUHN et al. 2008]

Charakteristika von LAS

Nach BOCKHOLT gibt es für LAS die folgenden sechs Charakteristika, die als zentrale Eigenschaften anzusehen sind [vgl. BOCKHOLT 2012] :

Die erste Eigenschaft ist die *Informationstransparenz* und setzt die systemseitige Bereitstellung aller benötigten Informationen voraus. Es kann sich hierbei um Statusdaten zu den Beständen, Bedarfsdaten, Kapazitäten oder Transportinformationen handeln, sowie Plandaten für zukünftige Verhaltenserkennung.

Die *Informationsverarbeitung* beschreibt die Konsolidierung, die Analyse, die Bewertung und die Präsentation der Daten aus den verschiedenen IT-Systemen aller Beteiligten einer SC. Spezifische Konzepte des Data Mining oder Abweichungen im Vergleich zu festgelegten Grenzwerten können zur Analyse der Daten verwendet werden. Die bildliche Darstellung der Daten erfolgt über Tabellen oder Diagramme.

Die dritte Charakteristik von LAS ist die *Entscheidungsunterstützung* und kann während des Entscheidungsprozesses eine teilweise oder eine gänzliche Unterstützung leisten. Dabei stellt die zentrale Herausforderung die Bereitstellung der relevanten Informationen dar, die für die Auswahl einer Alternative notwendig sind.

Die *kollaborative Planung* bezieht sich auf die unterschiedlichen Akteure einer SC. Für das gemeinsame Planen müssen nicht nur die relevanten Daten zusammengeführt werden, sondern auch die Möglichkeit der manuellen Bearbeitung durch alle Akteure gewährleistet werden. Des Weiteren ist durch eine integriertes Benutzermanagement die individuelle Ansicht für jeden einzelnen Akteur möglich und die Auswahl der Berechtigung für den Zugriff geschützter Informationen kann individuell bestimmt werden.

Die vierte Eigenschaft, *Aufgabenorientierung*, bezieht sich auf den Entwicklungsprozess eines LAS. Das Ziel bei der Konzipierung ist die Gestaltung eines schlanker IT-Lösung, wobei das System auf vorbestimmte Aufgaben oder Teilaufgaben zugeschnitten wird. Im Vergleich besitzen bspw. ERP-Systeme die Möglichkeit alle Unternehmensprozesse zu unterstützen und LAS beziehen sich auf vorbestimmte bzw. vordefinierte Aufgaben. Durch die Fokussierung auf vorbestimmte Aufgaben wird der Umfang der benötigten Funktionen der benötigten Technologien reduziert. Ein weiterer Effekt ist die Reduzierung des Zeitraums und die Senkung der Kosten während der Entwicklung eines LAS.

Die *Softwareflexibilität* stellt die letzte Eigenschaft dar und beschreibt, dass ein LAS auf veränderte Rahmenbedingungen eines Prozesses flexibel reagieren muss. Insbesondere in den heutigen dynamischen Logistiknetzwerken muss auf Veränderungen schnell reagiert werden

können, da ein LAS auch bei schnell verändernden Prozessen Unterstützung leisten soll [vgl. BOCKHOLT 2012].

Das Abbilden einer SC als Modell ist die wesentliche Grundidee von LAS und stellt die Grundlage bei der automatischen Zusammenführung von Plandaten und aktuellen Daten dar. Dabei können aus verschiedenen Quellen die Informationen zusammengeführt und in das Modell integriert werden. Ein LAS stellt hierbei die Assistenz-Funktion bei der Integration und dem Zusammenfügen dieser Informationen zu neuen Erkenntnissen dar. Für das Gelingen dieser Herausforderung muss die Verfügbarkeit der Informationen in digitaler Form sowie der Zugriff auf die Informationen entlang einer SC gewährleistet werden [vgl. HENKE & MOTTA 2014].

Schritte eines logistischen Assistenzsystems

Beim Einsatz von LAS ist bei der Art und Weise der Unterstützung eine Systematisierung notwendig, da die wesentliche Gestaltung des Einsatzes zwischen Menschen und Maschine zu unterscheiden ist [vgl. BLUTNER et al. 2009]. Die folgenden sechs Schritte werden dabei unterschieden [vgl. KUHN et al. 2008]:

1. Erzeugen und Aufbereiten (inkl. Filtern) von Informationen – Analyse und Integration der Daten.
2. Erzeugen von Alternativen – Daten werden transformiert, um mehrere Alternativen für die Entscheidung zu generieren.
3. Bewerten von Alternativen – Alle Alternativen können quantitativ bewertet werden.
4. Auswählen einer Alternative – Entscheidung nach abgegrenzten Kriterien.
5. Überwachen der Ausführung – Überwachung nach den bestimmten Zielkriterien.
6. Kontrollieren der Entscheidungsausführung – Revision der ausgewählten Entscheidungen.

Für den Einsatz eines LAS wird mithilfe der Informations- und Methodenbasis eine modellhafte Abbildung erstellt. Die Informations- und Methodenbasis ist ein Sammelbecken für verschiedene Verfahren, wodurch ein bestimmter Teilausschnitt einer logistischen Aufgabe als Modell abgebildet werden kann. Für die Erstellung der Modelle können bspw. die logistischen Prozesse oder die darauf wirkende Systemlasten abgebildet werden. Des Weiteren wird an dieser Stelle die Wissensbasis bereitgestellt, um Effekte von Alternativen schneller einschätzen zu können. Das Wissen kann bspw. in Form von Expertenwissen oder Erkenntnissen aus der Vergangenheit vorliegen [vgl. KUHN et al. 2008].

2.4.3 Identifikation logistischer Assistenzsysteme

Die Einsatzmöglichkeiten von LAS reichen im SCM von Gestaltungsaufgaben über Planungsaufgaben bis hin zu Steuerungsaufgaben [vgl. KUHN et al. 2008]. Im Folgenden werden LAS aus der Praxis vorgestellt sowie die Funktionsweise näher erläutert.

LAS für die effektive Planung logistischer Netzwerke/OTD-Assist Dispo

Das LAS mit der Bezeichnung OTD-Assist Dispo ist für die Planung von Logistiknetzwerken entwickelt worden und bietet durch die Einbindung des Simulationswerkzeugs OTD-NET eine Assistenz-Funktion auf die gesamte SC. Das Ziel des Assistenzsystems liegt nicht nur in der

Überwachung von Lieferbeziehungen, sondern auch in der Planung von zukünftigen Szenarien in Bezug auf das Verhalten einer SC durch Bestands- und Nachfrageänderungen [vgl. KUHN & TOTH 2008].

Bei der Unterstützung werden zwischen der Sicht des Disponenten und der Sicht des Planers unterschieden. Dem Disponenten wird Auskunft darüber geliefert, welche Bestände bspw. am heutigen verfügbar sind oder sich auf dem Transport befinden. Aus Sicht der Planung werden die zukünftigen Bestände ausgegeben, um eventuelle Gegenmaßnahmen einzuleiten [vgl. KUHN & TOTH 2008].

Durch das Simulationswerkzeug kann durch die Integration der aktuellen und der Plandaten eine Prognose und gleichzeitig Bewertung über das zukünftige Verhalten abgegeben werden. Hierfür generiert das Simulationswerkzeug durch mehrere Simulationsdurchläufe verschiedene Modelle im Hintergrund. Für die Durchläufe werden Bedarfe, Plandaten und Prozessdaten einbezogen. Die Validierung prüft im Anschluss, ob Anpassungen des Bedarfs notwendig sind [vgl. KUHN & TOTH 2008].

Als Datenbasis bietet das LAS eine gemeinsame SC-Datenbank an, um für alle Beteiligten stets die benötigten Informationen bereitzustellen. Alle Beteiligten müssen gewährleisten, dass die benötigten Daten automatisiert in die gemeinsame SC-Datenbank eingespielt werden. Dadurch ist der aktuelle Stand der Daten sichergestellt. Die benötigten Daten umfassen dabei Transport- und Bestellbestände sowie aktuelle Plandaten der Disposition [vgl. KUHN & TOTH 2008].

Für das Vorhaben entlang einer SC die Integration für unterschiedliche Systeme eine standardisierte Schnittstelle zu bieten, bietet das LAS eine XML-Schnittstelle an. Dadurch ist ein vorgeschriebener Rahmen für die Struktur festgelegt und durch den offenen Standard das Einbinden unterschiedlicher Systeme gewährleistet [vgl. DEISEROTH et al. 2008].

Das Nutzenpotenzial des vorgestellten LAS liegt in der Überwachung der gesamten SC und aller wichtigen Daten, die durch die XML-Schnittstelle integriert und bspw. tabellarisch oder grafisch dargestellt werden können. Durch die Planungskomponente werden zukünftige Bestände in der gesamten SC visuell dargestellt und das dynamische Verhalten von bspw. Bedarfsabweichungen berücksichtigt. Außerdem ermöglicht die dezentrale Planungsumgebung eine individuelle Problemlösung für die unterschiedlichen Anwender an, da das LAS durch lokale Installationen oder web-basierter Anwendung realisiert wird [vgl. KUHN & TOTH 2008].

LAS für Rohstoffbeschaffung

Im Folgenden wird das LAS für die Rohstoffbeschaffung vorgestellt. Dieses findet in der Stahlindustrie Anwendung. Das LAS unterstützt bei der Beschaffungsplanung und Disposition von Rohstoffen wie Erz und Brennstoffen. Zu den Aufgaben zählen die Informationsaufbereitung, die Simulation sowie die Bewertung der Simulationsergebnisse [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Als Basis dienen Informationen zu Rohstoffbedarfen, Lagerbewegungen, Transportkosten und die Verfügbarkeit der Rohstoffe. Die besondere Herausforderung liegt darin, dass aus verschiedenen Informationsquellen die benötigten Informationen integriert werden müssen. Daher muss das LAS zunächst die Daten aus den verschiedenen Systemen in ein Gemeinsames

überführen, um sie anschließend zur Weiterverarbeitung aufbereiten zu können [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Des Weiteren nutzt das LAS die Simulation, um Beschaffungspläne unter Annahmen variabler Größen zu erstellen. Die Beschaffungspläne können kurzfristig, rollierend oder langfristige Beschaffungsjahrespläne sein. Zu den Aufgaben des LAS für die Rohstoffbeschaffung zählt darüber hinaus die Bewertung der Simulationsergebnisse. Hierfür werden Aspekte zur technischen Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit der erzeugten Alternativen herangezogen. Außerdem kann das System sogenannte Alerts ausrufen, wenn gegensteuernde Maßnahmen aufgrund der Simulationsergebnisse notwendig werden [vgl. BLUTNER et al. 2009].

ECO₂LAS

Dass logistische Assistenzsysteme ein wichtiges Entwicklungsfeld sind, zeigt sich an dem Prototypen ECO₂LAS, der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wird. Das Einsatzgebiet kann weitreichend sein und er soll bei Planungsaufgaben entlang der SC unterstützen. Besonders an dem System ist, dass neben ökonomischen Aspekten auch ökologische einbezogen werden [vgl. HENKE & MOTTA 2014].

Informationen aus der Supply Chain, z.B. Materialflüsse und Kapazitäten seitens der Lieferanten, stellen die Grundlage dar, die in eine zentrale Datenbank einfließt. Die Daten, die aus verschiedenen IT-Systemen stammen können, müssen anschließend aufbereitet werden. ECO₂LAS ist in vier Module unterteilbar: Supply Chain Monitoring, Bedarfs- und Kapazitätsplanung, Transportplanung und Supply Chain Simulationen. Eine wichtige Aufgabe ist die Simulation, woraus sich auch die Bedarfs- und Kapazitätsplanung ableitet. Hierfür werden anhand der Simulationsergebnisse Alternativen ermittelt, die zur Früherkennung von Transportengpässen und Problemen bei der Lieferung dienen sollen. Im Detail werden die Prognosen aus der Simulation mit den vorgegebenen Kapazitätsgrenzen der Lieferanten abgestimmt [vgl. HENKE & MOTTA 2014].

Neben der Simulation selbst ist die Bewertung der Prozesse entlang der SC maßgeblich. Ein hohes Maß an Transparenz ist bei der Bewertung besonders wichtig, da das System automatisch gegensteuernde Maßnahmen einleitet, indem es freie Kapazitäten identifiziert und nutzt, um Lieferengpässe bei hohen Bedarfsmengen zu vermeiden. Das LAS ECO₂LAS soll mit Blick auf die praktische Anwendung nicht nur die Automatisierung des Supply Chain Managements vorantreiben, sondern auch durch eine effiziente Planung emissionsarmen Transport ermöglichen. [vgl. HENKE & MOTTA 2014].

RESOPT

RESOPT ist ein LAS, das in der Chemieindustrie eingesetzt wird. Es unterstützt bei der Ermittlung der optimalen Bestandsmenge unter Berücksichtigung von Kosten und nachhaltigkeitsrelevanten Aspekten [vgl. SCHILLINGER et al. 2015].

Zur Simulation von Bestandsszenarien benötigt das LAS Informationen über die Stammdaten wie bspw. Produktionskosten, Ausfallwahrscheinlichkeiten bei der Lieferung, Anlagenlaufzeiten, Bestandsdaten und CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Ersatzteilen. Die Simulation erfolgt auf Basis eines mathematischen Modells, in das die genannten Informationen einfließen. Durch

die Zusammenfügung der Ausfallwahrscheinlichkeit und der Lebensdauer der Teile wird durch das Modell der optimale Bestand ermittelt. Ziel ist es mit den Simulationsergebnissen Aussagen zum optimalen Bestand unter ökonomischen Gesichtspunkten, aber auch aus nachhaltiger Perspektive, d.h. durch Vermeidung von CO₂-Emissionen, treffen zu können [vgl. SCHILLINGER et al. 2015].

DOSIMIS

Das LAS DOSIMIS unterstützt neben der Produktionsprogrammplanung auch die Sicherstellung der Kundenaufträge. Ziel ist es sicherzustellen, dass die Kundenaufträge erfüllt werden können. Neben reibungslosen Abläufen ist die Verfügbarkeit von Materialien dafür ausschlaggebend. [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Das LAS benötigt folgende Informationen: Eckdaten zu den Betriebsmitteln und Materialien (z.B. Wiederbeschaffungszeiten, Sicherheitsreserven, Bearbeitungszeiten), Beschreibungen der Prozessabläufe (u.a. Ablauforganisation, Disposition von Transportfahrzeugen) und Informationen zur Systemlast. Insbesondere die letztgenannten Informationen können zufällig, aber auch durch das Einlesen von Ist-Werten generiert werden [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Die zentrale Aufgabe von DOSIMIS ist die Simulationsdurchführung und die anschließende Bewertung der Simulationsergebnisse. Bevor diese beginnen kann, müssen die Untersuchungsparameter überprüft sowie die Anforderungen an das Simulationsergebnis definiert werden. Nach Durchführung des Simulationsexperiments können die Ergebnisse vom System bewertet, im Vergleich zu anderen Ergebnissen gesetzt und in Form von Statistiken dargestellt werden. Anhand der Ergebnisse lassen sich Aussagen zur Termintreue bei der Erfüllung von Kundenaufträgen treffen [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Ressourcenplanung von Güterverkehrszentren

Auch bei der Ressourcenplanung in Güterverkehrszentren (GVZ) wird ein LAS unterstützend eingesetzt. Im Güterverkehr ist die Durchlaufzeit eines Auftrags ebenso wie die Kapazität eines Transportmittels und potentielle Engpässe oder Verzögerungen zentrale Größen. Das LAS unterstützt bei der Ermittlung dieser Informationen. Hierfür müssen zunächst folgende Leitfragen beantwortet werden: Welche Strategie wird verfolgt? Welche Transportmittel werden priorisiert? Wie ist der Prozessablauf? Welche Alternativen gibt es zum Prozess? [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Nach Aufbereitung dieser Informationen kann das LAS die Prozesse im GVZ modellhaft abbilden. Dies dient als Grundlage für die Simulation von Planungsszenarien für die Ressourcenplanung unter Berücksichtigung von verschiedenen Kombinationen und Dimensionierungen. Die Simulationsergebnisse werden daraufhin bewertet. Dadurch lassen sich Aussagen u.a. zu Leistungsgrenzen und Systemlasten treffen und die Ergebnisse können unter technischen und organisatorischen Gesichtspunkten in Relation zueinander gesetzt werden. Das LAS unterstützt somit bei der Optimierung des Materialflusses im komplexen System eines GVZ [vgl. BLUTNER et al. 2009].

LAS für die Tourenplanung

Ein weiteres LAS findet in der Tourenplanung Anwendung. Das Ziel ist es die Auslieferung möglichst zeit- und kosteneffizient sowie zuverlässig zu planen. Hierfür werden die Lieferorte zu Touren zusammengefasst [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Als Informationsgrundlage dienen Auftragsdaten und Stammdaten, z.B. über Fahrtzeiten und Fahrzeuge. Diese Informationen werden vom LAS aufbereitet. Anschließend werden Simulationen auf Basis von evolutionären Algorithmen durchgeführt. Es werden Lösungen erzeugt und durch die jeweils bestmögliche Variante ersetzt, bis die Anzahl gewünschter potentieller Tourenpläne erreicht ist [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Die Simulationsergebnisse können manuell verändert werden, um Parameter wie die Priorisierung von Kunden im Nachgang anpassen zu können. Das System kann anschließend die Simulationsergebnisse bewerten. Dafür können unterschiedliche Bewertungsgrößen herangezogen werden, z.B. gefahrene Kilometer oder das Risikoprofil der Tour. Mithilfe des LAS für die Tourenplanung soll so eine möglichst kundenfreundliche und zugleich effiziente Tour ausgestaltet werden [vgl. BLUTNER et al. 2009].

LogNetAssist

Beim LAS LogNetAssist handelt es sich um ein Innovationsprojekt, das die Gestaltung von intelligenten logistischen Netzwerken unterstützen soll. Das Besondere an diesem System ist, dass es mit Radiofrequenzidentifikation (RFID) arbeitet. Dadurch wird eine Echtzeitverarbeitung von Informationen möglich. Für die Anwendung ist es irrelevant, ob die Informationen aus unterschiedlichen Systemen stammen. Sie werden vom LAS aufbereitet und aggregiert, sodass intelligente Informationsobjekte entstehen [vgl. HELLINGRATH 2010].

Durch die Verknüpfung mit Planungs- und Steuerungssoftwares und Visualisierungstechnologien können Informationen verglichen und gefiltert sowie Alerts zum Status des Netzwerks gesendet werden. Außerdem kann das logistische Netzwerk virtuell abgebildet werden. Auf diese Weise können nicht nur Störungen erkannt werden, sondern die intelligenten Informationsobjekte können auch als Basis für Steuerungsmaßnahmen und Entscheidungen in Bezug auf das logistische Netzwerk dienen [vgl. HELLINGRATH 2010].

Chem-Log.Net

Für die engere Zusammenarbeit mehrerer Beteiligter innerhalb eines Logistiknetzwerks wird das LAS Chem-Log-Net als Verbundforschungsprojekt vorgestellt. Zu den Aufgaben gehören neben dem Austausch von Ersatzteilen auch die Überwachung der Bestände innerhalb eines Logistiknetzwerks [vgl. SCHILLINGER et al. 2015].

Für dieses Ziel kommen sowohl mathematische Berechnung als auch die Simulation zum Einsatz. Das mathematische Modell stellt alle realen Bestände und Lagerorte auf und sichert die Verfügbarkeit der Teile innerhalb des Logistiknetzwerks. Durch die Simulation wird durch die Einbeziehung von aktuellen Daten und Prognosen bzw. Plandaten die optimale Bestandsmenge für jeden einzelnen Beteiligten bestimmt. Hierfür werden im Hintergrund über Zehntausende Simulations- und Allokationsschritte durchgeführt, woraus sich die optimale Bestandsmenge und die Verteilung ergibt. Auf einer gemeinsamen Plattform wird für jeden Beteiligten der optimale

Bestandsort zugewiesen und dargestellt. Bei nicht ausreichender Bestandsmenge wird durch das LAS eine Bestellung innerhalb des Logistiknetzwerks vorgeschlagen und unterstützt. Hierfür löst das LAS automatisch eine Bestellung im Lager aus und erstellt dementsprechend einen Kommissionierauftrag. Neben der Erstellung der dazugehörigen Rechnung übermittelt das LAS automatisch die Informationen an einen Transportdienstleister, um die Planungssicherheit für alle Beteiligten zu erhöhen [vgl. SCHILLINGER et al. 2015].

Durch die permanente Erfassung aller Bestände ist ebenfalls die Überwachung bzw. Monitoring des Logistiknetzwerks möglich und bei auftretenden Abweichungen können hierdurch zeitnahe Gegenmaßnahmen eingeleitet werden [vgl. SCHILLINGER et al. 2015].

Für die Nutzung muss jedem einzelnen Beteiligten über die gemeinsame Plattform Auskunft über alle Teile bereitgestellt werden. Für dieses Vorhaben ist in Hinblick auf die schnelle Identifizierung eine standardisierte Struktur der Stammdaten notwendig. Außerdem müssen neben den grundlegenden Stammdaten auch Bestands- und Prozessdaten vorliegen, die Informationen über Lagerort, Kommissionier- und Lageranweisungen verfügen [vgl. SCHILLINGER et al. 2015].

LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs

Auch der Prozess des Beladens und Trimmens eines Flugzeugs wird von einem LAS unterstützt. Ziel ist es, dass der Luftfrachttransport gefahrenlos stattfinden kann, sodass es zu keinen Störungen in meist internationalen Distributionsketten kommt. Des Weiteren wird anhand der Möglichkeit der virtuellen Beladung des Flugzeuges die optimale Reihenfolge antizipiert und für die reale Beladung vorgeplant [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Für dieses Vorhaben benötigt das LAS zunächst Informationen zur Identifikation des Fluges (Flugnummer, Datum, Pilot etc.), technische Daten (Masse des Flugzeugs, des Kraftstoffes und der Ladung sowie Schwerpunkt des Flugzeuges) und zur Flugroute sowie den meteorologischen Bedingungen. Die Informationen können aus bereits vorhandenen IT-Systemen stammen oder vom Piloten manuell erfasst werden. Das LAS bereitet diese Informationen auf und simuliert den Zustand des beladenen Flugzeugs im ruhenden und bewegten Zustand. Anschließend kann das System die Alternativen bewerten, um eine Empfehlung abzuleiten, wie die Sicherheit im Transport bestmöglich gewährleistet werden kann [vgl. BLUTNER et al. 2009].

Behälterassistenzsystem

Entlang einer SC gehören Behälter und andere Ladungsträger zu den Elementen mit einem hohen Potential im Hinblick auf Informationen. Für das Nutzen des Potentials wird ein Behälterassistenzsystem vorgestellt. Am Beispiel der Automobilindustrie führen verteilte Informationen und voneinander unabhängige Prozesse im Behältermanagement zu hohen Logistikkosten, da bspw. im Engpassmanagement für die Dauer der Bereitstellung neuer Behälter oder Ladungsträger zusätzliche Ausweichbehälter benötigt werden. Das Ziel des LAS ist hierbei die Erhöhung der Transparenz und die Reduzierung der Komplexität hinter den Prozessen [vgl. WITTENBRÖKER & BRACHT 2018].

Das LAS besteht aus einer Datenbasis und den beiden Elementen Funktions- und Anwendungsmodul. Die Datenbasis dient zur Bereitstellung von Informationen und Daten. Für

eine durchgängige Struktur werden Materialbedarfsprognosen mit spezifischen Informationen zum Ladungsträger verbunden und dienen als Ausgangspunkt für das Behälterassistenzsystem. Bei der Ermittlung des Behälterbedarfs kommen statistische Berechnungen zum Einsatz [vgl. WITTENBRÖKER & BRACHT 2018].

Im Funktionsmodul werden die wichtigen Informationen für die Analyse und die Assistenz verarbeitet. Hierfür werden auch fehlende Datenquellen aufgedeckt und für eine vollständige Datenbasis integriert. Zu den Anwendungsmodulen gehört die Behälterplanung und die Behältersteuerung. Bei der Unterstützung zur bestmöglichen Empfehlung greifen die Anwendungsmodule auf Funktionsmodule zu. Durch einen einheitlichen Aufbau der web-basierten Benutzeroberfläche wird eine intuitive Bedienung erzielt, da der Nutzer die Elemente schneller findet und versteht [vgl. WITTENBRÖKER & BRACHT 2018].

Für eine effiziente Kommunikation zwischen Funktions- und Datenebene ist eine Verknüpfung der Daten und der Aufbau einer einheitlichen Datenbasis notwendig. Hierbei werden die Daten entsprechend der spezifischen Funktionen verknüpft und außerdem die Redundanz der Daten durch die Vielzahl der Datenquellen vermieden. Dadurch ist weiterführend eine Leistungssteigerung beim Zugriff der Anwendungsmodule auf die Funktionsmodule erreichbar. Durch die einheitliche Datenbasis und dem modularen Aufbau des Systems ist außerdem eine Erweiterung des LAS durch weitere Module möglich [vgl. WITTENBRÖKER & BRACHT 2018].

3 Vorstellung des MapReduce-Verfahrens

In Kapitel 3 steht das MR-Verfahren im Vordergrund. Da es für die weitere Untersuchung in der vorliegenden Arbeit im Fokus steht, wird im Folgenden das MR-Verfahren und die dazugehörigen Map-Phasen erläutert. Für eine bessere Verständlichkeit wird das MR-Verfahren anschließend mit einem einfachen Beispiel beschrieben. Abschließend wird Hadoop und das Hadoop Distributed File System (HDFS) vorgestellt.

3.1 Grundlagen des MapReduce-Verfahrens

Das MapReduce-Verfahren wurde von Google-Mitarbeitern entwickelt und 2004 erstmalig in einem Paper erwähnt. Anlass für die Entwicklung von MapReduce war, dass die Datenmenge in Unternehmen zunehmend schneller steigt, sodass eine Lösung gefunden werden musste, unstrukturierte Daten zu verarbeiten und aufzubereiten [vgl. FREIKNECHT & PAPP 2018]. Das MapReduce-Verfahren besteht grundlegend aus einem Map-Task, der Bildung von Schlüssel-Wert-Paaren und dem Reduce-Task. Es werden demnach Datensätze zerlegt, anschließend mittels eines Schlüssels kombiniert und letztlich so ausgedünnt, dass man einen aggregierten Wert je Schlüssel erhält [vgl. GRUS 2016].

Die Besonderheit des MapReduce-Verfahrens ist, dass es ein Problem in einzelne Teilaufgaben zerlegt und diese anschließend auf eine Vielzahl von Rechnern verteilen kann; so kann eine parallele Verarbeitung stattfinden. Die Zwischenergebnisse von einzelnen Rechnern können zusammengeführt und ausgetauscht werden [vgl. DORSCHER 2015]. Die Teilaufgaben werden von sogenannten Workern erledigt [vgl. BARON 2013]. Im MapReduce-Verfahren können die Worker überwacht werden: Ist ein Rechner überlastet, kann die Teilaufgabe einem anderen Rechner zugewiesen werden. Ebenso kann identifiziert werden, wenn Worker den Job abbrechen bzw. zu lange ausführen. Auch in den Fällen kann der Job an einen anderen Rechner vergeben werden. Zu berücksichtigen ist nur, dass eine Kopie der notwendigen Daten auf dem Rechner vorhanden ist, der die Teilaufgabe von einem anderen übernimmt [vgl. DORSCHER 2015]. Diese Funktion von MapReduce ermöglicht es, dass die Teilaufgaben auf eine beliebige Anzahl von Rechner verteilt werden können, ohne dass technische Optimierungen notwendig sind [vgl. WIERSE & RIEDEL 2017].

3.1.1 Die MapReduce-Phasen

Der Name MapReduce enthält die zwei wesentlichen Funktionen des Verfahrens, nämlich Map und Reduce, die auf die Schlüssel-Wert-Paare angewendet werden [vgl. GLUCHOWSKI & CHAMONI 2016]. Darüber hinaus gibt es noch weitere Phasen: die Split-, Combine- und Shuffle-Phase.

In der Split-Phase werden zunächst die Daten aus verschiedenen System beschafft [vgl. GLUCHOWSKI & CHAMONI 2016]. Die Rohdaten werden geclostert und auf die verschiedenen Rechner als Dateninput verteilt. Die Split-Phase ist dem MapReduce-Verfahren vorgelagert und wird daher nicht zum Algorithmus von MapReduce hinzugerechnet [vgl. FREIKNECHT & PAPP 2018].

Die Map-Phase

Das eigentliche MapReduce-Verfahren startet zunächst mit der Map-Phase. In dieser Phase werden die Daten beschafft und aufbereitet [vgl. FREIKNECHT & PAPP 2018]. Die Voraussetzung dafür ist, dass der Benutzer mittels eines Codes zuvor festgelegt hat, welche Aufgabe erledigt werden soll und welche Informationen dafür benötigt werden. Die Teilaufgaben werden anschließend an die Mapper verteilt, die die Suche nach Schlüssel-Wert-Paaren starten [vgl. GLUCHOWSKI & CHAMONI 2016]. Die Mapper führen hierfür Berechnungen auf Basis der vorliegenden Datensätze durch [vgl. BARON 2013]. Am Ende der Map-Phase wird eine Liste über alle Schlüssel-Wert-Paare erstellt, die identifiziert wurden [vgl. FREIKNECHT & PAPP 2018]. Die Ergebnisse werden lokal auf den Rechnern gespeichert [vgl. BARON 2013].

Auf die Map-Phase kann die Combine-Phase folgen. In dieser Phase werden die Schlüssel-Wert-Paare lokal so weit reduziert, dass keine Redundanzen mehr vorliegen [vgl. FREIKNECHT & PAPP 2018]. Mit dieser Funktion können die Daten weiter reduziert und für die Reduce-Phase vorbereitet werden [vgl. BARON 2013]. Aufgrund dessen kann die Datenmenge, die von den einzelnen Rechnern zusammengeführt werden muss, reduziert werden [vgl. GRUS 2016].

Die Reduce-Phase

Das Bindeglied zwischen der Map- und Reduce-Phase bildet die Shuffle-Phase. Basis für diese Phase sind die aufbereiteten Schlüssel-Wert-Paare aus der Map- und ggf. der Combine-Phase. Diese Ergebnisse sind auf einem Hauptspeicher erfasst. Erreicht der Hauptspeicher einen bestimmten Wert, wird die Shuffle-Phase gestartet [vgl. RAHM et al. 2015]. Hierfür werden die Schlüssel-Wert-Paare zu Gruppen zusammengefasst, um anschließend an die Reducer verteilt zu werden. Ein Reducer erhält somit eine Schlüssel-Wert-Gruppe zur weiteren Verarbeitung [vgl. GLUCHOWSKI & CHAMONI 2016].

Zum Schluss findet die eigentliche Reduce-Phase statt. In der Reduce-Phase wird ausgewertet, welche Werte aggregiert für einen Schlüssel vorliegen [vgl. WIERSE & RIEDEL 2017]. Jeder Reducer betrachtet dabei die Schlüssel-Wert-Gruppe, die ihm in der Shuffle-Phase zugeordnet wurde. Wie die Schlüssel-Wert-Paare aggregiert werden, hängt wie in der Map-Phase davon ab, welcher Code vom Benutzer für die Aufgabe definiert wurde [vgl. GLUCHOWSKI & CHAMONI 2016]. Diese Aggregation wird für alle Schlüssel vorgenommen, sodass als Ergebnis der Reduce-Phase eine Datei vorliegt, die nur noch einen Wert je Schlüssel enthält und deren Datenmenge um ein Vielfaches kleiner ist [vgl. DORSCHER 2015].

3.1.2 Beispielhafte Darstellung des MapReduce-Verfahrens

Um das MR-Verfahren und die einzelnen Map-Phasen beispielhaft zu demonstrieren, wird im Folgenden das einfache Wortzähl-Beispiel aufgezeigt. Das gesamte MR-Verfahren ist auf Abbildung 3-1 dargestellt. Zu Beginn wird die Eingabe, in diesem Beispiel einfache Wörter, auf die Mapper verteilt. Die Split-Phase wird im Folgenden als Teil der Map-Phase angesehen. In der Map-Phase erhalten die einzelnen Wörter anschließend einen Schlüssel, um als Ergebnis der Map-Phase eine Liste mit Schlüssel-Wert-Paaren zu erhalten. In diesem Beispiel wird für jedes Wort, das den Schlüssel darstellt, die Häufigkeit als Wert beigefügt, um Schlüssel-Wert-Paare zu erhalten.

Auf Basis dieses Ergebnisses werden in der Shuffle -Phase die Schlüssel-Wert-Paare zu Gruppen zusammengefügt. So sammelt das MR-Verfahren in diesem Beispiel die Wörter Lager, Logistik und Bestand die Werte zusammen. In der abschließenden Reduce-Phase werden die Schlüssel-Wert-Gruppen aggregiert und zusammengefasst. Als Ausgabe wird für jeden Schlüssel, was in diesem Beispiel einem Wort entspricht, die Summe der Häufigkeit ausgegeben. So erhält man durch das MR-Verfahren die Information, dass das Wort Lager zweimal, das Wort Logistik ebenfalls zweimal und das Wort Bestand einmal in unserer Eingabe vorkommt.

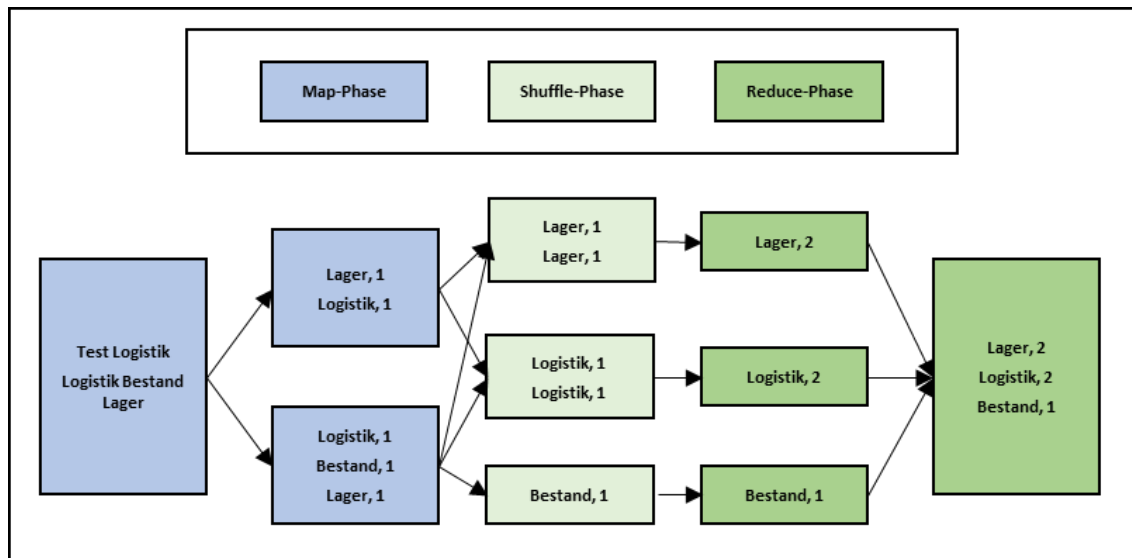


Abbildung 3-1: Beispielhafte Darstellung des MapReduce-Verfahrens

3.2 Hadoop

Das MapReduce-Verfahren wird insbesondere zusammen mit dem Hadoop-Framework verwendet [vgl. RAHM et al. 2015]. Hadoop ermöglicht die Verarbeitung von großen Datenmengen auf mehreren Rechnern. Die Verarbeitung findet mittels Batch-Analyse statt. Diese Eigenschaften von Hadoop bilden die Basis für die Parallelisierung und Skalierbarkeit von MapReduce [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016]. Die Programmierung für MapReduce kann ebenso wie andere Apache Hadoop Anwendungen in Java vorgenommen werden.

Hadoop Distributed File System

Die Datensätze stammen aus dem HDFS (Hadoop Distributed File System). Dort werden auch die Zwischenergebnisse und Endergebnisse aus den verschiedenen MapReduce-Phasen gespeichert [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016]. Das HDFS ist ein verteiltes Dateisystem, d.h. eine Datei wird in Blöcke mit einer standardisierten Dateigröße geteilt und anschließend werden die Blöcke vervielfacht, um sie auf lokale Rechner zu kopieren [vgl. FASEL, D.; MEIER, A.2016]. HDFS besteht aus einem NameNode und mehreren DataNodes. Der NameNode koordiniert die Daten, d.h. die Namen und Zugriffe, wohingegen die DataNodes die Daten speichern und verwalten. Welche Daten von welchem DataNode verarbeitet werden, bestimmt jedoch der NameNode [vgl. RAHM et al. 2015]. Aufgabe des NameNode ist es auch sicherzustellen, dass alle

DataNodes funktionstüchtig sind und bei Ausfällen andere Speicherkapazitäten genutzt werden. Durch die Replikation ist außerdem gewährleistet, dass auch bei Störungen der Zugriff auf die Daten möglich ist. Der Vorteil von HDFS ist somit, dass eine große Datenmenge gespeichert werden kann und eine optimale Verfügbarkeit der Daten gewährleistet ist [vgl. DORSCHERL 2015].

In der Praxis wird Hadoop häufig mit Open-Source-Integrations-Tools kombiniert. Diese ermöglichen es, dass das Framework mit anderen System verbunden wird. Auf diese Weise müssen die Benutzer keine Codes schreiben [vgl. ANTONY et al. 2016]. Die Daten können daher heterogen sein, was bedeutet, dass die Daten in unterschiedlichen Speicherformen (z. B Spalten- oder Zeilensortierung vorliegen [vgl. HANSEN et al. 2019]).

Weitere Ausführungsmöglichkeiten

Im Vergleich zur vorgestellten Architektur durch HDFS bietet die Lambda-Architektur für das MR-Verfahren eine nahezu Echtzeitverarbeitung an. Hierbei wird die Batch-Ebene mit weiteren Ebenen erweitert. Dabei handelt es sich um die Serving-Ebene und die Speed-Ebene [vgl. DORSCHERL 2015]. Da die Erweiterung über das grundsätzliche MR-Verfahren hinausgeht, wird in der vorliegenden Arbeit das MR-Verfahren aus dem vorherigen Kapitel 3.1 betrachtet.

Nach dem in Kapitel 3 die Grundlagen zum MR-Verfahren vorgestellt wurden - folgt im Folgenden die weitere Vorbereitung für die Untersuchung der Eignung.

4 Konzeptionierung der Bewertungsmethode

In Kapitel 4 findet die Konzeptionierung der Bewertungsmethode statt. Das Vorgehen ist in vier Teilaufgaben unterteilt und stellt als Ergebnis die Bewertungsmatrix für die Untersuchung in Kapitel 5 auf. Die erste Teilaufgabe besteht in der Erstellung einer Taxonomie für die Zuordnung von logistischen Assistenzsystemen zu den einzelnen Aufgabenebenen und -bereichen des SCM. In der zweiten Teilaufgabe wird die Datengrundlage den einzelnen logistischen Assistenzsystemen (LAS) zugeordnet. Die Zuordnung ist erforderlich, da innerhalb des Aufgabenspektrums von LAS unterschiedliche Daten aus unterschiedlichen Datenquellen vorkommen. Die dritte Teilaufgabe beschäftigt sich mit der Herleitung und Bestimmung von Aufgaben- und Datenkriterien. In der letzten Teilaufgabe wird die Abgrenzung der MapReduce-Eigenschaften erstellt und eine Gewichtung in Bezug auf die vorher erstellten Kriterien vorgenommen.

4.1 Taxonomie zur Klassifizierung von Assistenzsystemen für logistische Aufgabenbereiche

In der Praxis gibt es bereits zahlreiche logistische Assistenzsysteme, die in den unterschiedlichen Aufgabenebenen des SCM zum Einsatz kommen (Kapitel 2.3). Der Fokus von LAS liegt bei der Unterstützung von Entscheidungen und soll im Hinblick auf die Komplexität von logistischen Netzwerken bestimmte Aufgaben übernehmen. Die Taxonomie dient zur Klassifizierung und geordneten Ansicht der LAS in den einzelnen Gebieten, um Anwendungsbereiche von LAS ordentlicher darstellen zu können. Die Taxonomie ist in drei Ebenen unterteilt. Die logistischen Assistenzsysteme (LAS) bilden die unterste Ebene der Taxonomie und sind jeweils den Aufgabenbereichen zugeordnet.

Die Gestaltungsaufgaben im SCM und in Bezug auf LAS werden in Kapitel 2.3.2 erläutert. Es ist zu erwähnen, dass keins der identifizierten LAS (Kapitel 2.3.3.1) ausschließlich für Gestaltungsaufgaben Anwendung findet. Die LAS für die Planung können ebenfalls Gestaltungsaufgaben übernehmen, wie z. B. bei der Neugestaltung eines GVZ unterstützen. Außerdem ist aufgrund des langen Zeithorizonts von Gestaltungsaufgaben (Kapitel 2.2) eine detaillierte Betrachtung in Bezug auf die Eignung des MapReduce-Verfahrens nicht weiterer Bestandteil der Untersuchung.

Logistische Assistenzsysteme für Planungsaufgaben

Die Netzwerkplanung nimmt nach dem SCM-Aufgabenmodell eine unternehmensübergreifende Rolle ein. Hier wird der Bedarf innerhalb der SC koordiniert, d. h. die Bedarfe, Kapazitäten und Ressourcen werden den einzelnen Standorten zugeordnet. (Kapitel 2.2.2). Eine Unterstützung liefert das LAS OTD-Assist Dispo bei der Analyse der Bestände in der gesamten SC. Zudem analysiert das LAS zukünftige Systemzustände durch Parameteränderungen und kann Aussagen zu Lager- und Transportbedarfen innerhalb der Standorte liefern. (Kapitel 2.4.3).

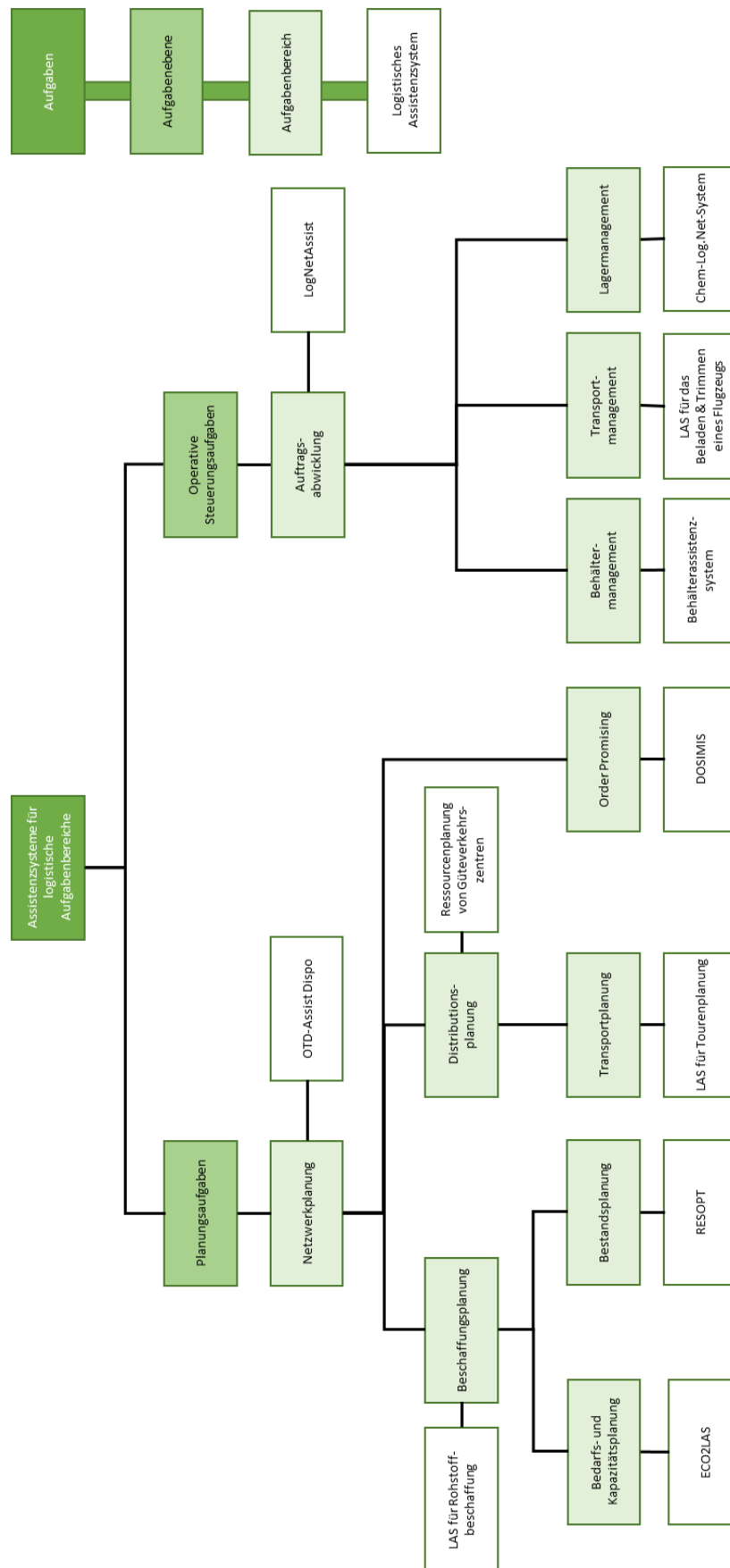


Abbildung 4-1: Taxonomie für Aufgaben logistischer Assistenzsysteme

Die Entscheidungen und Ergebnisse der Netzwerkplanung dienen sowohl für die Beschaffungsplanung als auch für die Distributionsplanung. Beide Bereiche sind in Bezug auf logistische Aufgaben wichtige Bestandteile einer SC. Die Beschaffungsplanung hat das Ziel der Teile- und Materialversorgung am richtigen Ort und zur richtigen Zeit. Die Herausforderung ist das Erreichen von möglichst niedrigen Beständen an den einzelnen Orten der SC (Kapitel 2.2.2). Das LAS für die Rohstoffbeschaffung bewertet Verbrauchs- und Transportpläne. Dadurch werden Entscheidungen im Hinblick auf Anlieferhythmus, Wiederbeschaffungszeit und Bestandshöhe unterstützt. (Kapitel 2.4.3).

Die Beschaffungsplanung lässt sich weiterhin in die Bedarfs- und Kapazitätsplanung sowie Bestandsplanung unterteilen. Die Bedarfs- und Kapazitätsplanung beschäftigt sich im Detail mit der Ermittlung und Verteilung von Ressourcen. Hierfür leistet das LAS ECO2LAS Unterstützung durch die frühzeitige Identifikation von Engpässen durch die Simulation mit Kapazitätsgrenzen der Lieferanten (Kapitel 2.4.3). Hilfestellung bei der Bestimmung der optimalen Bestandshöhe liefert das Assistenzsystem RESOPT und findet Einsatz in der Bestandsplanung. Neben dem Ziel der Minimierung der anfallenden Kosten unterstützt das LAS auch bei ökologischen Fragestellungen. (Kapitel 2.4.3).

Wie zuvor beschrieben basiert neben der Beschaffungs- auch die Distributionsplanung auf den Ergebnissen der Netzwerkplanung. Hier werden Entscheidungen hinsichtlich der Lagerbestände und Verteilungen der Waren in Distributions- und Güterverteilzentren getroffen. Im Detail wird die Struktur, d. h. Anzahl, Größe und Standort, ermittelt (Kapitel 2.2.2). Für diese Aufgaben dient das Assistenzsystem Ressourcenplanung von Güterverteilzentren (GVZ) als Hilfestellung bei der Erstellung von Auftragsdurchlaufplänen unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen (Kapitel 2.4.3). Einen weiteren Aufgabenbereich in der Distributionsplanung stellt die Transportplanung dar. Für die optimale Verteilung findet ein Abgleich der Kapazitäten mit den Transportbedarfen statt (Kapitel 2.2.2). Dafür werden neben Ladeplänen auch Tourenpläne erstellt. Hierfür gibt es das LAS für Tourenplanung, was bei der Erzeugung und Bewertung von Abläufen der Belieferung unterstützende Hilfe bietet (Kapitel 2.4.3).

Beim Order Promising wird überprüft, ob ein Kundenauftrag erfüllt werden kann (Kapitel 2.2.2). Die Abstimmung der Machbarkeit mit den Absatzmengen kann das LAS DOSIMIS übernehmen, in dem es detaillierte Bewertungen anhand von Szenarien und aktuellen Beständen vornimmt (Kapitel 2.4.3).

Logistische Assistenzsysteme für operative Steuerungsaufgaben

In der operativen Ebene bildet der Aufgabenbereich Auftragsabwicklung eine zentrale Rolle. Das Ziel ist es, die Kundenaufträge unter Berücksichtigung der 8Rs (Kapitel 2.1 & Kapitel 2.2.3) zu bearbeiten und erfolgreich abzuschließen. Um dies sicherzustellen müssen alle Informationen, die zur Auftragsabwicklung notwendig sind, vorliegen. Das LAS LogNetAssist unterstützt bei der Bereitstellung dieser Daten und liefert so die Basis zur Steuerung intelligenter Logistiknetzwerke (Kapitel 2.4.3). Bei der Durchführung von Aufträgen entlang einer SC sind Behälter als Ladungsträger und das dazugehörige Behältermanagement nicht wegzudenken. Für eine reibungslose Abwicklung der Aufträge gehört auch die ausreichende Versorgung von Behältern dazu. Unterstützung hierfür leistet das Behälterassistenzsystem, was mittels Echtzeitdaten

Materialbedarfsprognosen aufstellt und neben der Behältersteuerung auch in der Behälterplanung Unterstützung leistet (Kapitel 2.4.3).

Weitere operative Aufgabenbereiche gliedern sich in Lager- und Transportmanagement. Das Lagermanagement steuert alle Bewegungen von Beständen und Materialien. Das LAS „Chem.Log.Net-System“ unterstützt bei der Lagerabwicklung von Aufträgen., indem es automatisch Aufträge im Lager auslöst und bearbeitet (Kapitel 2.4.3). Der zweite Aufgabenbereich, Transportmanagement, befasst sich mit der Transportabwicklung. Es gilt Störfaktoren zu eliminieren. Hierzu zählt die Sicherstellung der Sicherheit beim Transport. Das Assistenzsystem Beladen und Trimmen unterstützt bei der optimalen Beladung im Lufttransport (Kapitel 2.4.3).

4.2 Zuordnung der Datengrundlagen

Im zweiten Unterkapitel werden den einzelnen LAS die Datengrundlage zugewiesen. Die Zuordnung soll bei der Untersuchung dazu dienen, die den LAS zugrunde gelegten Daten systematisch untersuchen zu können.

Datengrundlage für die LAS der Planungsaufgaben

Zur Unterstützung der Netzwerkplanung benötigt das Assistenzsystem OTD-Assist Dispo ein breites Spektrum an Daten. Neben unternehmensinternen Daten, die z. B. aus ERP-Systemen oder Excel-Tabellen stammen, greift das LAS auf Echtzeitdaten zu, die zur Abbildung des IST-Zustands der gesamten SC sowie von Transport- und Bestellbeständen nötig sind. Die benötigten Informationen umfassen somit Stamm-, Bestands- und Transaktionsdaten zugleich (Kapitel 2.3.4). Darüber hinaus werden auch Plandaten der Disposition und den weiteren Planungsaufgaben berücksichtigt. Das Ziel ist eine prozessorientierte Datensicht, da für mehrere Stufen einer SC sämtliche Informationen benötigt werden (Kapitel 2.4.3).

Das zur Unterstützung der Beschaffungsplanung verwendete LAS für Rohstoffbeschaffung greift auf aktuelle Daten zurück. Diese Daten spiegeln den IST-Zustand über das aktuelle Produktionsprogramm, die aktuellen Bestände und die Bedarfsmengen wider (Kapitel 2.4.3). Die benötigten Daten sind unter Stamm-, Bestands- und Transaktionsdaten einzuordnen (Kapitel 2.3.4). In der Bedarfs- und Kapazitätsplanung findet das LAS ECO2LAS Anwendung. ECO2LAS greift mithilfe des Simulations-Moduls auf Daten aus dem Data Warehouse-System und einer unternehmensübergreifenden SC-Datenbank zurück. Dabei werden Stammdaten in Form von Transaktionsstrukturdaten (Kapitel 2.3.4) und Transaktionsdaten verarbeitet. Außerdem integriert das LAS die Kapazitätsauslastung durch Bestandsdaten (Kapitel 2.4.3). Für die Bestandsplanung verwendet das LAS RESOPT Bestands- und Stammdaten, die innerhalb des Systems gepflegt und standardisiert werden. Im Detail sind das Produktionsdaten, Ausfallwahrscheinlichkeiten in Form von SC-Daten sowie Informationen zur Anlagenlaufzeit durch Ressourcendaten (Kapitel 2.3.4 & Kapitel 2.4.3).

Die Distributionsplanung findet Unterstützung durch das LAS für Ressourcenplanung eines Güterverkehrszentrums (GVZ). Hierbei werden Prozessdaten gesammelt, die Informationen über Rüstzeit, Fahrzeit im GVZ oder Drehzeit der Gleise beinhalten. Diese Daten können auch Transaktionsstrukturdaten sowie SC-Daten bezeichnet und unter Stammdaten verstanden werden

(Kapitel 2.3.4). Außerdem benötigt das LAS ebenfalls Daten in Bezug auf Auftragsinformationen und Ressourcen, um die Kapazitäten der Transportmittel planen zu können (Kapitel 2.4.3). Für den Aufgabenbereich Transportplanung findet das LAS für Tourenplanung Einsatz. Zur Unterstützung bei der Aufbereitung von Informationen bedient sich das LAS an Stammdaten. Dazu gehören u. a. Informationen zu Fahrzeiten und Fahrzeugen sowie Personalinformationen des Fahrers. Diese werden gemeinsam mit aktuellen Auftragsdaten eingelesen (Kapitel 2.4.3).

DOSIMIS, das für Order Promising eingesetzt wird, greift zur Abbildung der Systemlast auf zufällige Lastprofile oder auf reale Produktionsprogramme per Datei zurück. Neben technischen Daten zu Arbeitsplänen, die auch unter Stammdaten verstanden werden wie bspw. Transaktionsstrukturdaten (Kapitel 2.3.4), werden auch Bestands- und Transaktionsdaten eingelesen (Kapitel 2.4.3).

Datengrundlage für die LAS der operativen Steuerungsaufgaben

Die zentrale Aufgabe der operativen Steuerung, die Auftragsabwicklung, findet im LAS LogNetAssist eine Unterstützung. Das LAS importiert nicht nur die benötigten Daten aus den Anwendungssystemen, sondern erhebt Echtzeitdaten durch die eingesetzte RFID-Technologie und führt diese zusammen, um daraus Wissen zu gewinnen (Kapitel 2.4.3). Das Behälterassistenzsystem für das Behältermanagement greift neben Echtzeitdaten, die ebenfalls durch die RFID-Technologie und Sensordaten an den Behältern übermittelt werden, auf Stamm-, Transaktions- und Bestandsdaten zurück (Kapitel 2.4.3).

Im Aufgabenbereich des Transportmanagements kommt das LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs zum Einsatz. Für die Berechnung und Sicherstellung der Flugsicherheit benötigt das LAS sämtliche Flugdaten und Personaldaten sowie technische Informationen über die Beladung und Fracht (Kapitel 2.4.3). Die benötigten Daten umfassen dabei Zustandsdaten in Form von Stammdaten (Kapitel 2.3.4). Das LAS Chem-Log.Net-System findet Unterstützung im Lagermanagement. Das System greift auf diverse Daten zurück, hierzu zählen Stamm-, Bestands- und Transaktionsdaten. Des Weiteren werden nicht nur aktuelle Daten, sondern auch Plandaten aus Prognosen abgebildet (Kapitel 2.4.3).

Die folgende Tabelle 4-1 fasst die Datengrundlage die LAS zusammen. Dabei ist wichtig zu erwähnen, dass unter Datengrundlage ebenfalls die Datenquelle aufgelistet wird. Die Information der verwendeten IT-Systeme stellt eine zusätzliche Hilfe für die folgende Untersuchung und Anwendung der Datenkriterien, die im folgenden Unterkapitel gemeinsam mit den Aufgabenkriterien aufgestellt werden.

Tabelle 4-1: Zuordnung der Datengrundlage

Datengrundlage									
Logistisches Assistenzsystem	Stammdaten	Bestandsdaten	Transaktionsdaten	Änderungsdaten	Datenbanksystem	ERP-System	Data Warehouse-System	Echtzeitdaten	Sonstige Daten (Excel-Tabellen)
OTD-Assist Dispo	X	X	X			X		X	X
LAS für Rohstoffbeschaffung	X	X	X						
ECO2LAS	X	X	X		X		X		
RESOPT	X	X							
LAS für Ressourcenplanung von GVZ	X		X						
LAS für Tourenplanung	X		X						
DOSIMIS	X	X	X			X			
LogNetAssist	X	X	X	X				X	
Behälterassistenzsystem	X	X	X	X				X	
LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs	X								
Chem-Log.Net-System	X	X	X	X					

4.3 Bewertungskriterien bestimmen und herleiten

In diesem Unterkapitel werden Kriterien für die Aufgaben und Daten bestimmt. Diese dienen als Grundlage für die Bewertungsmethode im Rahmen der Untersuchung, ob das MapReduce-Verfahren bei LAS Anwendung finden kann. Die Unterteilung der Aufgaben und Daten der einzelnen LAS ermöglicht eine systematische und detaillierte Analyse.

4.3.1 Aufgabenkriterien

Das Aufgabenspektrum von logistischen Assistenzsystemen (LAS) ist sehr breit und reicht von der Zustandserfassung über die Entscheidungsunterstützung bis hin zum Monitoring (Kapitel

2.4.2). In der Praxis unterscheiden sich die LAS in den einzelnen Aufgabenbereichen im Aufgabenumfang. Bei der Konzeptionierung der Bewertungsmethode ist das Bestimmen der Aufgaben von LAS für die Untersuchung von großer Bedeutung. Die festgelegten Aufgaben dienen zur Unterteilung des Aufgabenspektrums eines LAS, um in der weiteren Ausarbeitung eine detaillierte Beurteilung vornehmen zu können. Für die Bewertungsmethode werden die folgenden Aufgaben festgelegt:

Aufgabe 1 – Informationsbeschaffung und -aufbereitung

Die erste Aufgabe ist die Informationsbeschaffung und -aufbereitung. Bei der Informationsbeschaffung werden zunächst Informationen aus verschiedenen Systemen ins LAS überführt. Darüber hinaus kann bspw. die RFID-Technologie als Datengrundlage dienen. Das Ziel ist über die Beschaffung der benötigten Informationen die Zustandserfassung einer SC zu erhalten. Die eigentliche Herausforderung stellt die Informationsaufbereitung dar, da innerhalb einer SC unterschiedliche IT-Systeme vorkommen und so Informationen aus den unterschiedlichsten Quellen stammen. Das Zusammenführen und Integrieren der Informationen ist notwendig, um einen Zusammenhang zwischen den Informationen herzustellen und die Komplexität der Problemsituation zu reduzieren. (Kapitel 2.3.1)

Aufgabe 2 – Erzeugung von Alternativen

Die Erzeugung von Alternativen stellt die zweite Aufgabe dar und dient als Grundlage für die Entscheidungsunterstützung. Durch Simulationsexperimente oder mathematische Berechnungen können Informationen in Entscheidungsalternativen transformiert werden. Ein LAS generiert dabei mehrere Alternativen durch bspw. wiederholte Simulationsläufe mit veränderten Parametern oder Rahmenbedingungen. Zur Erzeugung von Alternativen gehört ebenfalls die Speicherung der Simulationsergebnisse oder den Prognosen. (Kapitel 2.3.1)

Aufgabe 3 - Bewertung

Mit der Bewertung wird die dritte Aufgabe beschrieben. Hier werden die erzeugten Alternativen anhand von zuvor festgelegten Kriterien bewertet. Ziel ist es eine bestmögliche Auswahl zu treffen. Außerdem soll durch die Unterstützung bei der Bewertung der Zeitraum der Bewertungsphase verkürzt werden, da die manuelle Bewertung von Maßnahmen und Alternativen komplex und zeitintensiv sind.

Aufgabe 4 - Monitoring

Das Monitoring ist die letzte Aufgabe. Hierbei wird ein System in Echtzeit überwacht. Die Besonderheit bei der Echtzeitanalyse liegt darin, dass nicht Vergangenheitsdaten ausgewertet werden, sondern Informationen und Daten, die die aktuelle Lage eines Systems wiedergeben. Als Grundlage dafür benötigt das System eine Vielzahl von Informationen aus verschiedenen Datenquellen, wie z. B. Sensoren oder RFID-Tags. Die IST-Daten können außerdem mit den Plandaten verglichen werden und bei Abweichungen wird ein Alert abgegeben bzw. gegensteuernde Maßnahmen im Rahmen des Supply Chain Event Management eingeleitet.

4.3.2 Datenkriterien

In diesem Abschnitt werden die Datenkriterien aufgestellt. Dabei werden Unterkriterien festgelegt und begründet. Die geschlossenen Fragen je Unterkriterium dienen als Basis für nachfolgende Untersuchung. Das Ziel der Datenkriterien liegt bei der späteren Bewertung zum einen der Datengrundlage der LAS und zum anderen für Potenziale, ob der Einsatz des MapReduce-Verfahrens sinnvoll ist.

Tabelle 4-2: Datenkriterien und Fragestellungen

Unterkriterium	Fragestellung
Teilbarkeit	Sind die Daten teilbar?
Speicherung	Sind die Daten automatisch erfasst?
Menge	Sind große Datenmengen verfügbar?
Vergleichbarkeit	Sind die Daten vergleichbar?
Abhängigkeit	Sind die Daten abhängig voneinander?

Kriterium 1 – Teilbarkeit: Sind die Daten teilbar?

Das erste Kriterium stellt die Teilbarkeit der Daten dar. In einer Datenbank sind Daten durch Attribute charakterisiert und können weiterhin durch Attributwerte eine Ausprägung besitzen (Kapitel 2.4.1). Das Kriterium der Teilbarkeit gibt an, ob ein Datensatz in einzelne Attribute zerlegt oder in Attributmengen zusammengefasst werden kann. Die Produktdaten aus einem Stammdatensatz lassen sich bspw. in die Attribute Artikelnummer, Artikelbezeichnung, Menge und Einheit unterteilen.

Kriterium 2 – Speicherung: Werden die Daten automatisch gespeichert?

Das zweite Kriterium Speicherung beschreibt, wie Daten erfasst und gespeichert werden. Der Stand der eingesetzten Technik und die Art der Arbeitsweise führen in der Praxis zu unterschiedlicher Erfassung und Speicherung der Daten (Kapitel 2.4.1). Die Daten können manuell oder automatisch erfasst und gespeichert werden. Der Einsatz von RFID-Tags führt bspw. zu einer persistenten, also automatischen Speicherung von Daten.

Kriterium 3 – Menge: Sind große Datenmengen verfügbar?

Die Menge beschreibt die Anzahl einzelner Datensätze. Diese werden in der Größeneinheit Gigabyte/Terrabyte/Petabyte dargestellt und verglichen (Kapitel 2.4.1). Die Kapazitäten zur Datenspeicherung sind beschränkt und können durch den Einsatz neuer Technologien vergrößert werden. Der Einsatz von der RFID-Technologie zur durchgängigen Identifikation und Lokalisierung - wie bereits im vorherigen Kriterium erwähnt - führt zu einem starken Anstieg der Datenmengen. Ebenso beeinflusst die Frequenz der Datenerfassung die Menge; so steigt diese bei der Echtzeiterfassung schlagartig an.

Kriterium 4 – Vergleichbarkeit: Sind die Daten vergleichbar?

Die Vergleichbarkeit definiert sich durch die wiederkehrende Struktur von Datensätzen. Diese lassen sich bspw. sortieren, filtern, zusammenfassen und abgleichen. Bei Stammdaten in einer SC werden Metadaten als Unterstützung verwendet, um die benötigten Daten schneller aufzufinden (Kapitel 2.3.4). Die Vergleichbarkeit von Daten ermöglicht die Auswertung eines Datensatzes. Sind bspw. Kundendaten in einer Datenbank einheitlich erfasst und mit Metadaten verknüpft, so können die einzelnen Datensätze miteinander verglichen und so Analysen zur Kaufkraft durchgeführt und Zielgruppen definiert werden.

Kriterium 5 – Abhängigkeit: Sind die Daten abhängig voneinander?

Das Kriterium Abhängigkeit beschreibt, ob Datensätze sich gegenseitig beeinflussen. Ein Zusammenhang zwischen Daten besteht bspw. bei Nutzdaten einer SCM (Kapitel 2.3.4). Daten können in wechselseitiger Beziehung zueinanderstehen, wie bei Transaktionsdaten und Bestandsdaten (Kapitel 2.3.4). Eine wechselseitige Beziehung haben z. B. auch Lagerbestands- und Auftragsbestandsdaten. Hierbei beeinflussen sich der Lagerbestand und die Auftragsmenge gegenseitig. Bei Auftragseingang muss im System geprüft werden, ob im Lager genug Bestand vorhanden ist. Bei ausbleibenden Aufträgen muss die Kapitalbindung im Lagerbestand überprüft werden.

Die aufgestellten Aufgaben- und Datenkriterien dienen der strukturellen Untersuchung in Kapitel 5. Im folgenden Unterkapitel findet eine Gewichtung der Kriterien in Bezug auf das MapReduce-Verfahren statt, da diese bislang noch nicht nach ihrer Bedeutsamkeit für die Eignung des MR-Verfahrens gewichtet wurden.

4.4 Gewichtung der Kriterien durch die MapReduce-Eigenschaften

Der letzte Schritt der Konzeptionierung der Bewertungsmethode besteht aus der Gewichtung der Aufgabenkriterien und Datenkriterien. Für die aufgestellten Kriterien aus dem vorherigen Schritt der Konzeptionierung (Kapitel 4.3) ist eine explizite Betrachtung in Bezug auf die Möglichkeiten des MapReduce-Verfahrens (MR-Verfahrens) notwendig. Die Grundidee besteht aus der Problemstellung, dass die aufgestellten Kriterien nicht gleichwertig auf die MapReduce-Eigenschaften übertragbar sind und somit eine Gewichtung erfolgen muss.

Bevor die Gewichtung stattfindet werden die Eigenschaften festgelegt. Dabei wird die Frage beantwortet, was mit dem MapReduce-Verfahren überhaupt möglich ist. Es ermöglicht die Bearbeitung von großen Datenmengen, da bei der Analyse des Verfahrens sich aus den einzelnen Phasen und Einsatzmöglichkeiten in den verschiedensten Bereichen Eigenschaften und Besonderheiten ableiten lassen (Kapitel 3.1). Im Folgenden werden die wesentlichen Eigenschaften vorgestellt, die MapReduce ausmachen.

Eigenschaft 1 – Anwendbarkeit für große Datenmengen

Die bekannteste Funktion und Einsatzmöglichkeit von MapReduce sind die Verarbeitung und Speicherung großer Datenmengen (Kapitel 3.1). In der Praxis weisen Unternehmen bereits Data-Warehouse-Dimensionen von über 40 Petabyte an Daten auf. In der heutigen Zeit können z. B. Logfiles aus Webseiten oder Sensordaten zur schnellen Anhäufung von großen Datenmengen

führen. Für diesen Aspekt ist der Einsatz von MapReduce als unternehmensweite oder -übergreifende Plattform zur Anreicherung von Daten geeignet (Kapitel 3.1).

Nach Rahm & Sake ist die aktive Archivierung von Daten aus beliebigen Anwendungssystemen eine Stärke des Hadoop Distributed File System (HDFS), was ein wesentlicher Bestandteil des Hadoop-Ökosystems ist und somit auch mit MapReduce einhergeht (Kapitel 3.2). Dabei werden historische und nicht gegenwärtig verwendete Daten aus den klassischen Anwendungssystemen ins HDFS ausgelagert und stehen weiterhin für bspw. analytische Methoden zur Verfügung (Kapitel 3.2).

Eigenschaft 2 - Parallelität

Die zweite Eigenschaft leitet sich aus der ersten Phase des MapReduce-Verfahrens ab, der Map-Phase. Hier werden die Teilaufgaben auf die einzelnen Knoten im Cluster-Verbund verteilt, damit diese parallel verarbeitet werden können. Es wird genauer gesagt ein dargelegtes Problem in mehrere Teilprobleme zerlegt und verteilt. Durch die Map-Phase werden die Eingabe sowie Ausgabe parallelisiert (Kapitel 3.1.1).

Die Verteilung bringt außerdem den Vorteil mit, dass die Auslastung des Cluster-Verbundes minimiert wird. Dies ist durch die Grundidee möglich, dass die Bearbeitung direkt bei den Clustern und bei den Daten durchgeführt wird und nicht erst zu einem zentralen Punkt übertragen werden muss (Kapitel 3.1.1).

Die anschließende Shuffle-Phase zum Austausch der Zwischenergebnisse und der Reduce-Phase zur Zusammenfassung der Ergebnisse werden ebenfalls automatisch bestimmt und durchgeführt (Kapitel 3.1.1).

Eigenschaft 3 – Skalierbarkeit

Eine weitere erwähnenswerte Eigenschaft von MapReduce ist die Skalierbarkeit. Damit ist gemeint, dass eine kostengünstige Erweiterung des Cluster-Verbundes möglich ist. Für das MapReduce-Verfahren können insbesondere einfache Rechner als Erweiterung genutzt werden. (Kapitel 3.1). Die Erweiterung des Cluster-Verbundes bringt außerdem die lineare Steigerung der Rechenleistung mit. Dieser Vorteil ist der Funktionsweise des MapReduce-Verfahrens zu verdanken, da eine automatische Verteilung der Teilprobleme vorgenommen wird (Kapitel 3.1.1). Genauer gesagt ist jede Erweiterung des Cluster-Verbundes auch eine Erweiterung der Worker für das Verfahren, d. h. die Rechenleistung steigt mit jeder Erweiterung durch einen weiteren Rechner. Für die Skalierbarkeit ist noch hinzuzufügen, dass bei sinkender Anforderung ebenfalls eine Reduzierung des Cluster-Verbundes möglich ist und somit eine flexible Möglichkeit aus Leistungsänderungen gegeben ist.

Eigenschaft 4 – Erzeugen von Schlüssel-Wert-Paaren

Die vierte Eigenschaft von MapReduce ist das Erzeugen von Schlüssel-Wert-Paaren, um die Vergleichbarkeit von Informationen herzustellen. Wie genau die Schlüssel-Wert-Paare aussehen sollen, muss in der Map-Phase definiert werden (Kapitel 3.1.1). In der Reduce-Phase werden die gezählten Werte aggregiert, damit nur noch jeweils ein Schlüssel-Wert-Paar übrigbleibt. Bei der einfachsten beispielhaften Darstellung des MapReduce-Verfahrens werden Wörter gezählt und

nach Häufigkeit sortiert (Kapitel 3.1.2). Dadurch lassen sich die Wörter anhand des Vorkommens in einer Datei vergleichen und insbesondere für weitere analytische Methoden einsetzen.

Eigenschaft 5 – Batch-Analyse

Die letzte Eigenschaft bezieht sich auf die Batch-Analyse. Damit ist eine stapelweise Bearbeitung von Daten gemeint (Kapitel 2.3.2). Weitergehend ist ein hoher Lesedurchsatz gewährleistet (Kapitel 3.2.1). In Bezug auf Echtzeitdaten und der Verarbeitung von Datenströmen ist zu erwähnen, dass die Batch-Analyse nicht geeignet ist. Aufgrund der Möglichkeit der Erweiterung durch Programmieren und der Fähigkeit verschiedene Datenarten einzulesen, ist jedoch die Batch-Analyse durch das MR-Verfahren im Stande, die Analyse grundsätzlich zu verändern.

Nachdem die wesentlichen Eigenschaften des MR-Verfahrens festgelegt wurden, folgt nun die Gewichtung der Aufgaben- und Datenkriterien aus Kapitel 4.3. Hierfür werden in einer Matrix für jede Zeile die Kriterien und für jede Spalte die Eigenschaften des MR-Verfahrens aufgelistet. Im nächsten Schritt wird für jedes Kriterium eine subjektive Einschätzung in Bezug auf die MR-Eigenschaften abgegeben. Für die richtige Einschätzung wird für jede Aufgabe und jedes Datenkriterium die Frage beantwortet, ob der Einsatz des MR-Verfahrens in Bezug auf die jeweilige Eigenschaft sinnvoll ist. Für die Vergabe der Punkte wird ein Bewertungsmaßstab von -1, 0 und 1 Punkt festgelegt. Ist bei der Betrachtung der Kriterien der Einsatz des MR-Verfahrens in Bezug auf die jeweilige Eigenschaft sinnvoll, wird ein Punkt vergeben. Bei nicht sinnvoller Einschätzung wird minus ein Punkt vergeben. Ist für das Kriterium in Bezug auf die Eigenschaften keine Aussage möglich, so wird kein Punkt vergeben. In der letzten Spalte einer Zeile wird die Summe der Punkte addiert. Abschließend wird absteigend die Reihenfolge bestimmt, wodurch den Aufgaben- und Datenkriterien mit der höchsten Punktzahl eine höhere Wichtigkeit zugeteilt wird.

Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass die Einschätzung im Folgenden nur für die festgelegten Aufgaben- und Datenkriterien erfolgt. Eine genauere Untersuchung für die Eignung des MR-Verfahrens für den Einsatz in logistischen Assistenzsystemen in den einzelnen Aufgabenbereichen erfolgt in Kapitel 5.

Bei der Einschätzung der Aufgaben ist es zwingend erforderlich eine logisch aufgebaute Sichtweise für jedes Feld der Tabellenzeile, das durch ein Aufgaben- oder Datenkriterium beschrieben ist, einzuhalten. Daher wird für jedes Kriterium und jede Eigenschaft die Frage beantwortet, ob es sinnvoll ist, das MR-Verfahren in Bezug auf die jeweilige Eigenschaft anzuwenden, wenn ein beliebiges LAS die jeweilige Aufgabe aufweist. Die Gewichtung der Aufgaben wird in der folgenden Tabelle 4-3 dargestellt und im Folgenden begründet.

Tabelle 4-3: Gewichtung der Aufgabenkriterien

MR-Eigenschaften Aufgabenkriterium	Anwendbarkeit für große Datenmengen	Parallelität	Skalier- barkeit	Schlüssel-Wert-Paare	Batch-Analyse	Summe
Informationsbeschaffung und - aufbereitung	1	1	1	1	1	5
Erzeugung von Alternativen	1	1	1	0	0	3
Bewertung	-1	0	0	-1	1	-1
Monitoring	1	1	1	0	-1	2

Auf den ersten Blick ist erkennbar, dass die Informationsbeschaffung und -aufbereitung für alle Eigenschaften die Höchstpunktzahl von jeweils einem Punkt erhält und den Maximalwert von fünf Punkten erreicht. Der Grund ist, dass die Eigenschaften und die generelle Idee des MapReduce-Verfahrens für die Speicherung und Verarbeitung von insbesondere großen Datenmengen gedacht sind.

Bei der Erzeugung von Alternativen ist ein getrennter Blick auf die einzelnen Eigenschaften notwendig, da man hierbei zu unterschiedlichen Einschätzungen je Eigenschaft kommt. Die Anwendung des MapReduce-Verfahrens in Bezug auf die Eigenschaft Anwendbarkeit für große Datenmengen ist sinnvoll, weil für die Durchführung von Simulationsexperimenten viele Daten benötigt werden und insbesondere in Bezug auf eine SC große Datenmengen vorhanden sind. Außerdem müssen die unterschiedlichen Simulationsergebnisse und Berechnungen gespeichert werden, was bei mehreren Durchläufen die Datenmenge ebenfalls erhöhen kann. Betrachtet man die Eigenschaft Parallelität zeigt sich, dass auch hierfür der Einsatz sinnvoll ist. Durch die Verteilung ist es möglich Aufgaben bei der Erzeugung von Alternativen in Teilprobleme aufzuteilen und parallel zu bearbeiten. Bei der Eigenschaft Skalierbarkeit ist die Erhöhung des Cluster-Verbundes und die Steigerung der Rechenleistung ebenfalls von Vorteil. Für die beiden letzten Eigenschaften ist eine Aussage nicht möglich, da eine Betrachtung der individuellen Aufgabenstellung notwendig ist.

Für die Aufgabe der Bewertung ist der Einsatz des MapReduce-Verfahrens in Bezug auf die Eigenschaft Anwendbarkeit für große Datenmengen weniger sinnvoll, da bei der Bewertung für ein LAS die Datenmenge nicht im Vordergrund steht und eher die Ergebnisse der Alternativen betrachtet werden. Für die Eigenschaft Parallelität ist keine Aussage möglich, denn die konkrete Aufgabenstellung ist nicht bekannt. Es kann sich nämlich um eine Bewertung einer Alternative und deren Auswirkungen handeln oder um die Bewertung mehrerer Alternativen im Vergleich zueinander. Auch für die Eigenschaft Skalierbarkeit ist keine Aussage möglich, da ebenfalls eine individuelle Aufgabenstellung notwendig ist. Die Eigenschaft Schlüssel-Wert-Paare bezieht sich

auf einfache Vergleiche und da die Bewertung von ganzen Logistiksystemen oder der gesamten SC sehr viel komplexer ausfallen kann, ist der Einsatz nicht sinnvoll. Bei der Betrachtung der letzten Eigenschaft Batch-Analyse ist ein Einsatz des MapReduce-Verfahrens sinnvoll. Die Möglichkeit, eine Vielzahl von Ergebnissen zu sammeln und stapelweise zu verarbeiten, erhöht die Bewertung.

Für die letzte Aufgabe eines LAS, das Monitoring, ist der Einsatz in Bezug auf die Eigenschaft Anwendbarkeit für große Datenmengen sinnvoll. Das Auswerten von Sensoren oder RFID-Tags führt zu einem großen Datenbestand. Außerdem können durch das Abspeichern der Informationen aus den Echtzeitdaten historische Daten für analytische Methoden gesammelt werden. Die Eigenschaft Parallelität des MR-Verfahrens kann in Bezug auf das Überwachen komplexerer Systeme sinnvoll sein, da das Verteilen der Aufgabe auf mehrere Knoten möglich ist. Durch die Erhöhung der Rechenleistung und der Anzahl der Knotenpunkte in einem Cluster-Verbund ist der Einsatz in Bezug auf die Eigenschaft Skalierbarkeit sinnvoll. In Bezug auf die Eigenschaft Schlüssel-Wert-Paare ist keine Aussage möglich, da auch hier eine individuelle Betrachtung der Aufgabenstellung notwendig ist. Die letzte Eigenschaft Batch-Analyse ist im Einsatz für die Aufgabe Monitoring nicht sinnvoll. Das liegt daran, dass für das Monitoring Echtzeitdaten gesammelt werden und die Batch-Analyse durch die Stapel-Verarbeitung dieses nicht ermöglichen kann.

Bevor die Gewichtung der Aufgabenkriterien und die Rangliste vorgestellt wird, ist zunächst das gleiche Vorgehen für die Datenkriterien notwendig. Hierbei wird die Fragestellung beantwortet, ob es sinnvoll ist, das MapReduce-Verfahren wegen der jeweiligen Eigenschaft anzuwenden, wenn ein beliebiges LAS die einzelnen Datenkriterien aufweist. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-4 aufgelistet und werden im Folgenden begründet.

Tabelle 4-4: Gewichtung der Datenkriterien

MR-Eigenschaften Datenkriterium	Anwendbarkeit für große Datenmengen	Parallelität	Skalierbarkeit	Schlüssel-Wert-Paare	Batch-Analyse	Summe
Teilbarkeit	1	1	1	1	-1	3
Speicherung	1	1	1	-1	0	2
Menge	1	1	1	1	1	5
Vergleichbarkeit	0	0	-1	1	-1	-1
Abhängigkeit	-1	-1	-1	-1	-1	-5

Bei Betrachtung des MR-Verfahrens in Bezug auf die Eigenschaft Anwendbarkeit großer Datenmengen ist der Einsatz für LAS mit dem Datenkriterium Teilbarkeit sinnvoll. Wenn Daten teilbar sind, kann das MR-Verfahren große Datenmengen verarbeiten und speichern und somit sinnvoll eingesetzt werden. Außerdem ist der Einsatz in Bezug auf die Eigenschaften Parallelität und Skalierbarkeit sinnvoll, da durch die Teilbarkeit die Daten durch das MR-Verfahren verteilt und parallel verarbeitet werden können. Durch die Skalierbarkeit kann auf mehr Knotenpunkte zugegriffen werden und somit die Leistung gesteigert werden. Auch die Eigenschaft Schlüssel-Wert-Paare ist für den Einsatz sinnvoll, da die Daten mit Blick auf die Schlüssel-Wert-Paare verglichen werden können. Für den Einsatz von LAS mit teilbaren Daten ist das MR-Verfahren mit der Eigenschaft Batch-Analyse jedoch nicht sinnvoll, da für die stapelweise Verarbeitung die Teilbarkeit der Daten nicht relevant ist.

Eine persistente Speicherung von Daten kann schnell zu großen Datenmengen führen. Das zweite Datenkriterium Speicherung ist somit für den Einsatz des MR-Verfahrens in Bezug auf die Eigenschaft Anwendbarkeit großer Datenmengen geeignet. Mit Blick auf die Eigenschaft der Parallelisierung ist der Einsatz ebenfalls zu empfehlen, da die Daten parallel gespeichert werden können. Auch für die Eigenschaft Skalierbarkeit ist der Einsatz für LAS mit automatisch erfassten Daten sinnvoll, da durch die erhöhte Anzahl der Knotenpunkte und die gesteigerte Leistung mehr Daten gespeichert werden können. Im Gegensatz dazu ist die Betrachtung in Bezug auf die Eigenschaft Schlüssel-Wert-Paare nicht sinnvoll, da es keinen Bezug zum Datenkriterium Speicherung gibt. Für die Betrachtung der Eignung anhand der Batch-Analyse ist keine Aussage möglich, da es zwar die automatische Speicherung für eine stapelweise Verarbeitung der Daten vorbereiten kann, jedoch abhängig von der individuellen Aufgabenstellung ist.

Für das Datenkriterium Menge ist vorab zu erwähnen, dass der Einsatz in Bezug auf alle Eigenschaften sinnvoll ist. Grund hierfür ist, dass das MR-Verfahren explizit für die Anwendung von großen Datenmengen entwickelt wurde. Wenn große Datenmengen für ein LAS verfügbar sind, können die Daten verteilt verarbeitet und die Rechenleistung quasi linear gesteigert werden. Somit sind die Eigenschaften Parallelität und Skalierbarkeit sinnvoll erfüllt. Außerdem kann das Verfahren die Batch-Analyse und das Vergleichen mit Blick auf Schlüssel-Wert-Paare für ein LAS mit großen Datenmengen durchgeführt werden. Schlussfolgernd erhält das Datenkriterium Menge für alle Eigenschaften einen Punkt.

Die Vergleichbarkeit von Daten ist das vierte Datenkriterium. Für LAS ist für den Einsatz des MR-Verfahrens in Bezug auf die beiden Eigenschaften Anwendbarkeit großer Datenmengen und Parallelität keine Aussage möglich. Denn für das MR-Verfahren können zwar vergleichbare Daten angewendet werden, jedoch sind sie nicht zwingend erforderlich. Der Einsatz in Bezug auf die Eigenschaft Skalierbarkeit ist nicht sinnvoll, da es keine Rolle spielt, ob die Daten vergleichbar sind oder nicht. Für die Eigenschaft Schlüssel-Wert-Paare wird jedoch eine Empfehlung ausgesprochen, da z. B. bei einem Datensatz mit wiederkehrender Datenstruktur aufgrund der Vergleichbarkeit Schlüssel-Wert-Paare erzeugt und aggregiert werden können. In Bezug auf die Eigenschaft Batch-Analyse ist der Einsatz ebenfalls nicht sinnvoll, da die stapelweise Verarbeitung nicht abhängig von vergleichbaren Daten ist.

Die Eignung des MR-Verfahrens für LAS mit dem Datenkriterium Abhängigkeit ist in Bezug auf alle Eigenschaften nicht sinnvoll. Das MR-Verfahren betrachtet in keiner Weise, ob die Daten

abhängig zueinander sind. Wenn bspw. Transaktionsdaten verarbeitet werden, kann das MR-Verfahren nicht die Bestandsdaten anpassen. Daher ist für jede Eigenschaft keine sinnvolle Eignung anzunehmen. Diese Einschätzung bedeutet jedoch nicht, dass das Datenkriterium Abhängigkeit in der weiteren Untersuchung nicht relevant ist. Die Einschätzung in diesem Unterkapitel dient nur zur Gewichtung der einzelnen Kriterien in Bezug auf das MapReduce-Verfahren und soll nur eine neue Rangliste nach Wichtigkeit der Kriterien erstellen. Für die LAS ist die Abhängigkeit von Daten relevant.

Wie bereits erwähnt, ergibt sich durch die Einschätzung des MapReduce-Verfahrens für die Aufgabenkriterien und Datenkriterien eine Rangordnung bezüglich der Kriterien. Die Rangfolge ist in Tabelle 4-5 aufgelistet. Die Gewichtung der Aufgaben und Datenkriterien lässt erkennen, dass sich für die einzelnen Kriterien der Einsatz des MR-Verfahrens aufgrund der verschiedenen Eigenschaften unterschiedlich gut eignet.

Tabelle 4-5: Rangordnung der Aufgaben- und Datenkriterien

Rang	Aufgabenkriterium	Punkte
1	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	5
2	Erzeugung von Alternativen	3
3	Monitoring	2
4	Bewertung	1

Rang	Datenkriterium	Punkte
1	Menge	5
2	Teilbarkeit	3
3	Speicherung	2
4	Vergleichbarkeit	-1
5	Abhängigkeit	-5

5 Untersuchung der Eignung

Im folgenden Unterkapitel 5.1 findet die Anwendung der aufgestellten Bewertungskriterien aus Kapitel 4.3 statt. Hierfür wird für jedes LAS, die in Kapitel 4.1 durch die Taxonomie den Aufgabenbereichen zugewiesen wurden, die Anwendung der Aufgaben- und Datenkriterien geprüft. Dabei wird die Frage beantwortet, ob das Kriterium erfüllt wird oder nicht. Die anschließende Bewertungen und Auswertungen werden in Kapitel 5.2 vorgestellt.

5.1 Anwendung der Bewertungskriterien

5.1.1 Untersuchung der logistischen Assistenzsysteme für Planungsaufgaben

Im Folgenden wird untersucht, inwieweit die in 4.3 definierten Aufgaben- und Datenkriterien von den Assistenzsystemen, die bei logistischen Planungsaufgaben unterstützen, erfüllt werden. Neben der Beschreibung des jeweiligen Assistenzsystems werden auch die logistischen Aufgaben, bei denen das LAS unterstützt, ebenso wie die Datengrundlage zur Untersuchung herangezogen.

Die Aufgaben und Datenkriterien können zutreffen (+), nicht zutreffen (-) oder es kann keine Aussage getroffen werden (0). Letzteres ist der Fall, wenn nicht genügend Informationen vorliegen, um eine eindeutige und verlässliche Aussage treffen zu können.

OTD-Assist Dispo – Netzwerkplanung

Das OTD-Assist Dispo ist ein LAS, das in der Netzwerkplanung eingesetzt wird. Es unterstützt entlang einer SC in Bezug auf Nachfrage- und Bestandsänderungen. Zunächst wird untersucht, ob das Kriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung zutrifft. Das LAS wird für logistische Netzwerke genutzt. Innerhalb eines Netzwerks gibt es zahlreiche Beteiligte, darunter auch Externe (Kapitel 2.2.2). Daher müssen Informationen aus unterschiedlichen Quellen und IT-Systemen beschafft werden. Als Basis dafür dient eine XML-Schnittstelle. Eine XML-Schnittstelle, die notwendigen Informationen erfasst (Kapitel 2.3.2). So können diese in eine gemeinsame Datenbank überführt werden. Damit die Informationen in die Folgeprozesse einfließen können, müssen sie aufbereitet werden. Die Aufgabe Informationsbeschaffung und -aufbereitung wird somit vom LAS OTD-Assist Dispo erfüllt.

Das LAS führt Simulationen durch, um zukünftige Szenarien zu ermitteln (Kapitel 2.4.3). Dies dient dazu, zukünftige Bestände zu prognostizieren und potentielle Warenverteilungen entlang der SC festzustellen. Das Erzeugen von Alternativen gehört damit zu den wesentlichen Aufgaben von OTD-Assist Dispo, weshalb das Aufgabenkriterium erfüllt ist. Dementsprechend ist auch das Aufgabenkriterium Bewertung erfüllt, da OTD-Assist Dispo die Simulationsergebnisse und Alternativen anschließend bewertet (Kapitel 2.4.3). Ziel ist es, den optimalen Bestand zu ermitteln (Kapitel 2.2.2). Hierfür werden Parameter, wie die Bedarfe und Transportmöglichkeiten herangezogen.

Das Aufgabenkriterium Monitoring ist definiert als Echtzeit-Überwachung (Kapitel 4.3.1). Zwar betrachtet das LAS auch aktuelle Bestände und Lieferbeziehungen. Dennoch ist nicht explizit erwähnt, dass es in Echtzeit möglich ist. Daher kann keine eindeutige Aussage zum

Aussage getroffen werden. Das Untersuchungsergebnis für die Datenkriterien sieht wie folgt (Tabelle 5-2) aus:

Tabelle 5-2: Untersuchung der Datenkriterien - OTD-Assist Dispo

<div style="text-align: right;">Datenkriterien</div> <div style="text-align: left;">LAS</div>	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
OTD-Assist Dispo	+	+	+	0	+

LAS für Rohstoffbeschaffung – Beschaffungsplanung

In der Beschaffungsplanung wird das LAS für Rohstoffbeschaffung eingesetzt. Es findet bei der Beschaffungsplanung und Disposition Anwendung und benötigt Informationen zu Bedarfen, Lagerbewegungen, Transportkosten und -kapazitäten (Kapitel 2.4.3). Diese Information müssen aus unterschiedlichen Quellen beschafft werden. In einer gemeinsamen Datenbank werden die Informationen aufbereitet, um anschließend weiterverarbeitet werden zu können (Kapitel 2.4.3). Das Aufgabenkriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung ist damit erfüllt. Auch die Erzeugung von Alternativen ist eine wichtige Aufgabe des LAS und wird erfüllt. Für die Beschaffungsplanung und Disposition führt das LAS für Rohstoffbeschaffung Simulationen durch, um möglich Beschaffungspläne unter verschiedenen Annahmen zu den variablen Größen zu erzeugen (Kapitel 2.4.3). Die Pläne können sowohl kurzfristig als auch langfristig und rollierend sein. Wichtige Parameter, die für die Simulation herangezogen werden, sind die Grenzwert- und Sicherheitsbestände (Kapitel 2.2.2).

Des Weiteren kann das LAS auf Basis der Simulationen Alerts ausrufen, wenn gegensteuernde Maßnahmen eingeleitet werden sollten, um einen reibungslosen Betrieb zu sichern (Kapitel 2.4.3). Allerdings geht daraus nicht hervor, ob die Überwachung und Steuerung in Echtzeit möglich sind. Daher kann keine Aussage getroffen werden, ob das LAS das Aufgabenkriterium Monitoring erfüllt. Im Gegensatz dazu können vom LAS für Rohstoffbeschaffung die erzeugten Simulationsergebnisse bewertet werden. Hierzu werden Parameter wie die Wirtschaftlichkeit und technische Machbarkeit herangezogen (Kapitel 2.4.3). Ziel ist die Beschaffungskosten zu optimieren (Kapitel 2.2.2). Das Kriterium Bewertung trifft demnach zu. Folgende Tabelle 5-3 zeigt die Untersuchungsergebnisse für das LAS für Rohstoffbeschaffung mit Blick auf die Aufgabenkriterien.

Tabelle 5-3: Untersuchung der Aufgabenkriterien – LAS für Rohstoffbeschaffung

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	LAS für Rohstoffbeschaffung	+	+	0

Für die Untersuchung der Datenkriterien muss zunächst die Datengrundlage betrachtet werden. Das LAS für Rohstoffbeschaffung verarbeitet Transaktions- und Stammdaten (Kapitel 4.2). Die Transaktionsdaten, die die Lagerbewegungen widerspiegeln, haben grundsätzlich eine große Menge (Kapitel 2.3.4). Hinzu kommt, dass durch die Simulation eines Beschaffungsplans unter Annahme von variablen Größen, 1:n-Beziehungen genutzt werden. Dies führt zusätzlich zu einer großen Datenmenge (Kapitel 2.3.2). Das Kriterium Menge trifft somit zu. Des Weiteren können Transaktions- und Stammdaten in ihre Attribute unterteilt werden (Kapitel 2.3.4). Bei der Simulation werden variable Größen verändert und so die Auswirkungen auf die Beschaffung betrachtet (Kapitel 2.4.3). Damit das möglich ist, müssen die Daten in ihre Attribute zerlegbar sein. Somit werden die Datenkriterien Menge und Teilbarkeit damit erfüllt.

Ob eine automatische Speicherung erfolgt, ist nicht klar. Zwar müssen die Simulationsergebnisse zur Bewertung automatisch gespeichert werden, jedoch wird nicht genauer thematisiert, ob insbesondere bei der Informationsbeschaffung die Daten ausschließlich automatisch oder auch manuell erfasst werden (Kapitel 2.4.3). Zur Speicherung kann daher keine Aussage getroffen werden.

Die weitere Betrachtung der Stammdaten, die im LAS für Rohstoffbeschaffung verarbeitet werden, sind grundsätzlich als vergleichbar anzunehmen, da sie standardisiert sind (Kapitel 2.3.4). Daraus lässt sich allerdings keine eindeutige Aussage ableiten, ob die Daten generell vergleichbar sind. Des Weiteren ist in Bezug auf das Datenkriterium Abhängigkeit zwischen Transaktions- und Bestandsdaten gegeben (Kapitel 4.3.2). Bei diesem LAS kommen allerdings Transaktions- und Stammdaten zum Einsatz, die zwangsläufig nicht abhängig voneinander sein müssen. Somit lassen sich für die Datenkriterien Vergleichbarkeit und Abhängigkeit keine eindeutige Aussage treffen. Die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf die Datenkriterien können wie folgt (Tabelle 5-4) zusammengefasst werden:

Tabelle 5-4: Untersuchung der Datenkriterien – LAS für Rohstoffbeschaffung

Datenkriterien LAS	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
LAS für Rohstoffbeschaffung	+	+	0	0	0

ECO2LAS – Bedarfs- und Kapazitätsplanung

ECO2LAS wird bei der Bedarfs- und Kapazitätsplanung eingesetzt, um das Supply Chain Management zu automatisieren. Das LAS wird entlang einer SC eingesetzt und benutzt daher Daten aus verschiedenen IT-Systemen und muss diese in eine gemeinsame Datenbank überführen (Kapitel 2.4.3). In der gemeinsamen Datenbank werden die Informationen aufbereitet, um anschließend weiterverarbeitet zu werden. Das Aufgabenkriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung trifft somit zu. Auch das zweite Aufgabenkriterium ist erfüllt, da durch das LAS die Bedarfs- und Kapazitätsplanung insbesondere durch das Supply Chain Simulation-Modul unterstützt wird (Kapitel 2.4.2 und Kapitel 2.4.3). Hier werden Bedarfspläne erstellt und durch m:n-Beziehungen zwischen Bedarfen und Kapazitäten seitens der Lieferanten Szenarien simuliert. Auf diese Weise sollen freie Kapazitäten und auch Lieferengpässe identifiziert werden.

Zum ECO2LAS gehört ein Supply Chain Monitoring-Modul (Kapitel 2.4.3). Allerdings ist nicht klar, ob dieses in Echtzeit agieren kann. Zum Kriterium Monitoring lässt sich daher keine verlässliche Aussage treffen. Hingegen bewertet ECO2LAS die Ergebnisse aus dem Supply Chain Simulation-Modul (Kapitel 2.4.3). Ziel ist es eine optimale Auslastung der SC zu bestimmen. Hierfür muss ein optimaler Beschaffungsprozess durch die Kombination aus Bedarfs- und Kapazitätsplänen ermittelt werden (Kapitel 2.2.2 und Kapitel 2.4.3). Das Bewertungsergebnis dient außerdem dazu ggf. gegensteuernde Maßnahmen einzuleiten. Die Bewertung trifft folglich zu. Folgende Tabelle 5-5 zeigt die Untersuchungsergebnisse für ECO2LAS mit Blick auf die Aufgabenkriterien:

Tabelle 5-5: Untersuchung der Aufgabenkriterien - ECO2LAS

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
ECO2LAS	+	+	0	+

Das LAS wird entlang einer SC eingesetzt und um das möglich zu machen, benötigt es Transaktions-, Bestands- und Stammdaten (Kapitel 4.2). Das grundsätzlich die Datenmenge groß ist, wenn Transaktionsdaten verarbeitet werden, kann angenommen werden (Kapitel 2.3.4). Allerdings kann daraus noch keine verlässliche Aussage zum Kriterium abgeleitet werden. Ebenfalls kann zum Datenkriterium Vergleichbarkeit keine Aussage getroffen werden. Die Daten stammen zwar aus verschiedenen IT-Systemen (Kapitel 2.4.3). Sie können daher unterschiedlich sein, aber es kann auch eine Standardisierung erfolgt sein, um die Weiterverarbeitung zu vereinfachen. Jedoch ist dies allerdings nicht eindeutig festgelegt durch das LAS.

Des Weiteren sind sowohl Stamm- als auch Transaktionsdaten in ihre Attribute teilbar (Kapitel 2.3.4). Es handelt sich um adressierbare Datensätze, die bei ECO2LAS verarbeitet werden. Außerdem werden die Daten aus verschiedenen IT-Systemen beschafft und in eine gemeinsame Datenbank überführt. Dieser Schritt erfolgt durch ECO2LAS automatisch (Kapitel 2.4.3). Ebenso müssen Simulationsergebnisse automatisch gespeichert werden (Kapitel 2.4.3). Die Datenkriterien Teilbarkeit und Speicherung treffen daher zu. Die Transaktions- und Bestandsdaten sind voneinander abhängig. Mit steigendem Bedarf von Materialien, wird sich der Bestand verringern. Auch Lagerbewegungen beeinflussen den Bestand durch Zu- und Abnahme. Daher trifft das Datenkriterium Abhängigkeit für ECO2LAS zu. Im Folgenden (Tabelle 5-6) werden die Ergebnisse zu den Aufgabenkriterien zusammengefasst:

Tabelle 5-6: Untersuchung der Datenkriterien - ECO2LAS

Datenkriterien						
LAS		Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
ECO2LAS		0	+	+	0	+

RESOPT – Bestandsplanung

Das LAS RESOPT unterstützt bei der Bestandsplanung und verfolgt das Ziel, die optimale Bestandsmenge zu ermitteln. Hierfür benötigt RESOPT u.a. Informationen zu Produktionskosten, Anlagenlaufzeiten sowie Bestandsmengen und müssen beschafft werden. Da es sich größtenteils um interne Informationen handelt und nicht um Daten aus verschiedenen IT-Systemen, die in Kontext gesetzt werden müssen (Kapitel 2.3.1), ist allerdings nicht eindeutig, ob eine Aufbereitung erfolgen muss. Daher lässt sich zum Aufgabenkriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung keine eindeutige Aussage treffen.

Hauptaufgabe des LAS ist die Simulation. Es werden Kosten- und CO₂-Emissionsanalysen durchgeführt. Die Simulation stützt sich auf ein mathematisches Modell und nutzt hierbei die Parameter Ausfallwahrscheinlichkeiten und Lebensdauer der Teile (Kapitel 2.4.3). Zu dem Werden die Simulationsergebnisse anschließend bewertet, um die optimale Bestandshöhe zu identifizieren. Die hauptsächlichen Bewertungskriterien sind die Kosten und

nachhaltigkeitsrelevanten Aspekte. Die Simulationsergebnisse werden auf Grundlage dessen miteinander verglichen (Kapitel 2.4.3). Folglich ist neben dem Aufgabenkriterium Erzeugung von Alternativen auch die Bewertung erfüllt.

RESOPT arbeitet des Weiteren mit Stammdaten, die weitestgehend konstant sind (Kapitel 2.3.4). Eine Echtzeit-Überwachung ist daher nicht anzunehmen. Da es allerdings sich ändernde Bestände untersucht, könnte das LAS fürs Monitoring genutzt werden. Es lässt sich daher keine eindeutige Aussage zum Kriterium Monitoring treffen. Die Untersuchung der Aufgabenkriterien lässt sich für RESOPT wie folgt (Tabelle 5-7) zusammenfassen:

Tabelle 5-7: Untersuchung der Aufgabenkriterien - RESOPT

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	RESOPT	0	+	0

RESOPT verarbeitet zur Ermittlung der optimalen Bestandsmenge Stamm- und Bestandsdaten (Kapitel 4.2). Stamm- und Bestandsdaten sind zustandsorientierte Daten und erzeugen daher keine große Datenmenge (Kapitel 2.3.4). Außerdem arbeitet RESOPT ausschließlich mit zustandsorientierten Daten. Transaktionsdaten werden nicht einbezogen, weshalb die Daten nicht abhängig voneinander sind (Kapitel 2.3.4). Die Datenkriterien Menge und Abhängigkeit treffen daher beide nicht zu.

Die Stammdaten lassen sich in ihre Attribute zerlegen, z.B. müssen Eigenschaften von Anlagen isoliert betrachtet werden können, um durchschnittliche Anlagenlaufzeiten zu ermitteln (Kapitel 2.4.3). Gleiches gilt für Bestandsdaten. Auch diese können in ihre einzelnen Attribute zerlegt werden (Kapitel 2.3.4). Das Kriterium Teilbarkeit trifft daher zu.

Das LAS verarbeitet ausschließlich betriebsinterne Informationen (Kapitel 4.2). Daher können die Daten standardisiert und somit vergleichbar sein. Diese Annahme kann allerdings nicht ausreichend belegt werden, weshalb für das Datenkriterium Vergleichbarkeit keine Aussage getroffen werden kann. Zudem kann für das Datenkriterium Speicherung ebenfalls keine Aussage getroffen werden, da nicht genauer spezifiziert wird, wie die Daten erfasst werden. Es kann nur davon ausgegangen werden, dass die Simulationsergebnisse automatisch gespeichert werden (Kapitel 2.4.3). In der folgenden Tabelle 5-8 wird das Ergebnis gezeigt, welche Datenkriterien auf das LAS RESOPT zutreffen und welche nicht.

Tabelle 5-8: Untersuchung der Datenkriterien - RESOPT

Datenkriterien					
LAS	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
RESOPT	-	+	0	0	-

LAS für Ressourcenplanung von Güterverkehrszentren (GVZ) - Distributionsplanung

Ein LAS, das in der Distributionsplanung eingesetzt wird, ist das LAS für Ressourcenplanung von GVZ mit dem Ziel, den Materialfluss innerhalb eines HVZ zu optimieren (Kapitel 2.4.3). Zunächst benötigt das LAS Informationen zu Durchlaufzeiten, Kapazitäten, Engpässen etc. und beschafft diese aus IT-Systemen. Anschließend werden die Informationen so aufbereitet, dass Leitfragen, z.B. welche Transportmittel werden priorisiert, beantwortet werden können (Kapitel 2.4.3). Nach Aufbereitung der Daten kann so das GVZ modellhaft abgebildet werden und zur Simulation von Planungsszenarien genutzt werden. Hierfür werden die Informationen kombiniert und dimensioniert, indem sie in m:n-Beziehungen gestellt werden (Kapitel 2.3.4). Die Aufgabenkriterien Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie die Erzeugung von Alternativen treffen daher zu.

Zum Monitoring kann keine verlässliche Aussage getroffen werden. Da nicht näher erläutert wird, ob das LAS in Echtzeit die Simulationen durchführen kann, um für die kurzfristige Planung ggf. gegensteuernde Maßnahmen rechtzeitig einzuleiten. Im Gegensatz dazu werden die Simulationsergebnisse seitens des LAS bewertet. Hierfür werden Bewertungsparameter, wie technische und organisatorische Machbarkeit überprüft (Kapitel 2.4.3). Außerdem fließen Leistungsgrenzen und Systemlasten in die Bewertung ein, um die optimale Warenverteilung zu bestimmen. Das Kriterium Bewertung trifft daher zu. Die Ergebnisse werden in der folgenden Tabelle 5-9 dargestellt:

Tabelle 5-9: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LAS für Ressourcenplanung von GVZ

Aufgabenkriterien				
LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
LAS für Ressourcenplanung von GVZ	+	+	0	+

Das LAS für Ressourcenplanung in Güterverkehrszentren verarbeitet Transaktions- und Stammdaten (Kapitel 4.2). Auch bei diesem LAS kann angenommen werden, dass die Datenmenge aufgrund der Transaktionsdaten groß ist (Kapitel 2.3.4). Außerdem muss die Menge groß sein, da die modellhafte Abbildung eines komplexen Systems eines GVZ und die dazugehörigen Materialflüsse innerhalb dessen eine Vielzahl an Daten benötigen (Kapitel 2.4.3). Das Datenkriterium Menge trifft daher zu. Weiterführend sind die Stamm- und Transaktionsdaten in ihre Attribute unterteilbar (Kapitel 2.3.4). Im konkreten Beispiel können aus den Stammdaten zu Transportmitteln die Kapazitäten isoliert betrachtet werden (Kapitel 2.4.3). Das Kriterium Teilbarkeit ist somit ebenfalls erfüllt.

Wie die Daten gespeichert werden, ist nicht weiter ausgeführt. Zwar müssen Simulationsergebnisse automatisch gespeichert werden. Aber es ist nicht eindeutig, ob die notwendigen Informationen zur Erstellung des Modells automatisch oder manuell erfasst werden. Zusätzlich gelten Stammdaten zwar grundsätzlich als standardisiert anzusehen und somit vergleichbar, allerdings fließen Informationen aus verschiedenen IT-Systemen ein und müssen zunächst aufbereitet werden (Kapitel 2.4.3). Somit kann für die Datenkriterien Speicherung und Vergleichbarkeit keine Aussage getroffen werden. Auch für das letzte Datenkriterium Abhängigkeit kann ebenfalls keine eindeutige Aussage getroffen werden, da zum einen Transaktionsdaten und Stammdaten i. d. R. nicht voneinander abhängig sind (Kapitel 2.3.4) und zum anderen keine näheren Informationen vorliegen. Im Folgenden (Tabelle 5-10) werden die Untersuchungsergebnisse mit Blick auf die Datenkriterien dargestellt:

Tabelle 5-10: Untersuchung der Datenkriterien - LAS für Ressourcenplanung von GVZ

Datenkriterien LAS	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
LAS für Ressourcenplanung von GVZ	+	+	0	0	0

LAS für Tourenplanung - Transportplanung

Das LAS für Tourenplanung findet bei der logistischen Aufgabe Transportplanung Anwendung. Ziel ist es eine zeit- und kosteneffiziente Auslieferung zu gewährleisten. Hierfür benötigt das LAS z.B. Auftragsdaten und die Eckdaten der möglichen Transportmittel. Diese Informationen müssen aus unterschiedlichen IT-Systemen erfasst werden. Darüber hinaus werden Risikopotenziale erfasst, die mittels einem gleitenden Durchschnitt oder per exponentielle Glättung festgelegt werden (Kapitel 2.3.4). Diese Art der Informationsaufbereitung wird beispielsweise für die

Ermittlung von Fahrtzeiten nach Verkehrslage ermittelt (Kapitel 2.2.2). Die Aufgabe Informationsbeschaffung und -aufbereitung wird somit erfüllt.

Gleiches gilt für das Erzeugen von Alternativen und der anschließenden Bewertung. Das LAS für Tourenplanung führt Simulationen anhand von evolutionären Algorithmen durch und erstellt eine Vielzahl potentieller Tourenpläne (Kapitel 2.2.2 & Kapitel 2.4.3). Für die Bewertung werden verschiedene Bewertungsparameter, wie das Risikoprofil der Tour oder die gefahrenen Kilometer, herangezogen. Ziel ist es die effizienteste Tour auszuwählen (Kapitel 2.4.3). Daraus folgt, dass die Aufgabenkriterien Erzeugung von Alternativen und Bewertung erfüllt werden.

Das LAS dient zur Tourenplanung vorab (Kapitel 2.2.2). Eine Überwachung, die eine Änderung von Touren in Echtzeit umsetzen kann, ist nicht Bestandteil der LAS (Kapitel 2.4.3). Das Aufgabenkriterium Monitoring trifft daher nicht zu. Die Untersuchungsergebnisse zu den Aufgabekriterien können wie folgt in Tabelle 5-11 zusammengefasst werden:

Tabelle 5-11: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LAS für Tourenplanung

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	LAS für Tourenplanung	+	+	-

Das LAS für Tourenplanung hat als Datengrundlage Transaktions- und Stammdaten. Die Tatsache, dass das LAS Transaktionsdaten verarbeitet, spricht für eine große Datenmenge (Kapitel 2.3.4). Das allein reicht allerdings nicht aus, um eine verlässliche Aussage treffen zu können. Die Stamm- und Transaktionsdaten stammen i.d.R. aus betriebsinternen Systemen und können daher automatisch im LAS gespeichert werden (Kapitel 2.3.4). Allerdings wird die Möglichkeit geboten, Parameter manuell anzupassen, z.B. um die Kunden im Nachgang zu priorisieren (Kapitel 2.4.3). Aufgrund dessen kann in Bezug auf die Speicherung ebenfalls keine Aussage getroffen werden.

Transaktions- und Stammdaten können in ihre einzelne Attribute zerlegt werden (Kapitel 2.3.4). Beispielsweise müssen die Stammdaten der Fahrzeuge Attribute zur Kapazität und maximalen Geschwindigkeiten betrachtet werden. Die Kundenaufträge (Transaktionsdaten) können auch zerlegt werden in Kundennummer, Anschrift, bestellte Ware etc. Das Kriterium Teilbarkeit ist daher erfüllt. Weiterführend ist eine Standardisierung der Stammdaten bei betriebsinternen Informationen grundsätzlich anzunehmen (Kapitel 2.3.4). Außerdem müssen die Kapazitäten der Transportmittel vergleichbar sein, auch wenn es sich um verschiedene Fahrzeuge handelt, damit

eine optimale Tour nach Auftragsvolumen geplant werden kann (Kapitel 2.2.2). Das Datenkriterium Vergleichbarkeit trifft folglich zu.

Die Daten im LAS für Tourenplanung sind allerdings nicht voneinander abhängig. Sowohl die Kundenaufträge als auch die Fahrzeugdaten sind i.d.R. konstant und beeinflussen sich nicht (Kapitel 4.2). Die Abhängigkeit ist somit nicht gegeben. Die Untersuchungsergebnisse werden in der folgenden Tabelle 5-12 dargestellt:

Tabelle 5-12: Untersuchung der Datenkriterien - LAS für Tourenplanung

Datenkriterien LAS	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
LAS für Tourenplanung	0	+	0	+	-

DOSIMIS – Order Promising

DOSIMIS ist ein LAS, das beim Order Promising, d.h. für die Sicherstellung zur Erfüllung von Kundenaufträgen, eingesetzt wird. Das LAS benötigt u.a. Informationen zu Materialien, Sicherheitsreserven und auch Prozessabläufen. Diese Informationen müssen bereits zentral erfasst sein. Die Informationen können Werte aus der Vergangenheit sein, aber es können auch zufällige Werte generiert werden (Kapitel 2.4.3). Inwieweit DOSIMIS an der Informationsbeschaffung und -aufbereitung beteiligt ist, kann nicht genau gesagt werden. Daher kann keine Aussage zu diesem Kriterium getroffen werden.

Zu den zentralen Aufgaben von DOSIMIS zählt die Simulation. Hier werden viele Datensätze mit vielen weiteren Datensätzen in Beziehung gestellt und ausgewertet (Kapitel 2.4.3). Dabei handelt es sich um m:n-Beziehungen. Die Analyse erfolgt auf Basis der historischen oder zufälligen Informationen (Kapitel 2.4.3). Die resultierenden Ergebnisse aus der Simulation werden von DOSIMIS miteinander verglichen und außerdem für weitere Statistiken verwendet werden. Ziel ist es die Termintreue zu beurteilen (Kapitel 2.4.3). Das LAS übernimmt damit die Aufgabe der Bewertung. Somit treffen die Aufgabenkriterien Erzeugung von Alternativen und Bewertung zu.

Das LAS arbeitet mit historischen Informationen, die um Ist-Daten ergänzt werden können. Ob ein Monitoring in Echtzeit möglich ist, ist allerdings unklar. Daher kann keine Aussage zum Monitoring getroffen werden. Die Untersuchungsergebnisse für die Aufgabenkriterien sehen wie folgt (Tabelle 5-13) aus:

Tabelle 5-13: Untersuchung der Aufgabenkriterien - DOSIMIS

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	DOSIMIS	0	+	0

Als Datengrundlage für DOSIMIS dienen Stamm- und Transaktionsdaten (Kapitel 4.2). Für Transaktionsdaten ist grundsätzlich anzunehmen, dass eine große Menge an Daten vorliegt (Kapitel 2.3.4). Außerdem werden durch die Simulation von m:n-Beziehungen der verschiedenen Kombinationen eine Vielzahl von Simulationsergebnissen erzeugt (Kapitel 2.4.3). Das Datenkriterium Menge trifft daher zu. Die Transaktionsdaten, die im LAS verwendet werden, können in einzelne Attribute unterteilt werden (Kapitel 2.3.4). Beispielsweise bei Aufträgen zwischen Kundendaten, Ware und Bestellmenge unterschieden werden. Auch Stammdaten können in ihre Attribute zerlegt werden (Kapitel 2.3.4). Das Datenkriterium Teilbarkeit wird folglich erfüllt.

Eine automatische Speicherung der Simulationsergebnisse muss erfolgen. Allerdings kann nicht eindeutig festgestellt werden, ob die Speicherung an anderen Stellen automatisch erfolgt. Historische Daten und Zufallsdaten könnten auch manuell erfasst werden und in das LAS einfließen. Daher lässt sich zur Speicherung keine eindeutige Aussage treffen.

Die Daten, die vom LAS verarbeitet werden, sind größtenteils betriebsintern. Daher kann angenommen werden, dass die Daten standardisiert und somit vergleichbar sind (Kapitel 2.3.4). Gleiches gilt für Stammdaten grundsätzlich. Ein Datei, eine Zusammensetzung aus einer Vielzahl von Datensätzen, enthält stets die gleichen Attribute (Kapitel 2.3.2). Das Kriterium Vergleichbarkeit ist somit erfüllt. Auch das letzte Datenkriterium Abhängigkeit trifft zu. Die Abhängigkeit der Daten kann auf Basis der Transaktionsdaten untersucht werden. Diese Daten beeinflussen andere Daten, z. B. beeinflusst die Wiederbeschaffungszeit die Höhe der Sicherheitsreserven (Kapitel 2.3.4). Die Systemauslastung und die Prozessabläufe sind ebenfalls abhängig voneinander. Die folgende Tabelle 5-14 zeigt die Untersuchungsergebnisse mit Blick auf die Datenkriterien.

Tabelle 5-14: Untersuchung der Datenkriterien - DOSIMIS

Datenkriterien						
LAS		Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
	DOSIMIS	+	+	0	+	+

5.1.2 Untersuchung der logistischen Assistenzsysteme für operative Steuerungsaufgaben

In diesem Unterkapitel wird untersucht, ob die Aufgaben- und Datenkriterien für Assistenzsysteme, die in der Logistik bei operativen Steuerungsaufgaben eingesetzt werden, zutreffen. Das Bewertungsschema sieht auch hier wie folgt aus: Die Aufgaben und Datenkriterien treffen zu (+), treffen nicht zu (-) oder es kann keine Aussage getroffen werden (0).

LogNetAssist – Auftragsabwicklung

Das LAS LogNetAssist ist ein Innovationsprojekt für die Aufgabe der Auftragsabwicklung mit dem Ziel intelligente logistische Netzwerke zu kreieren (Kapitel 2.4.3). Das LAS muss zunächst die notwendigen Informationen beschaffen und anschließend aufbereiten. Die Informationen stammen aus verschiedenen IT-Systemen oder werden mittels RFID-Technologie automatisch erfasst. Um das logistische Netzwerk virtuell abbilden zu können, werden die Informationen zu intelligenten Informationsobjekten zusammengefasst (Kapitel 2.4.3). Weiterführend ermöglicht der Einsatz der RFID-Technologie eine Echtzeitüberwachung, so können der Zustand des logistischen Netzwerks stets aktuell gehalten werden (Kapitel 2.2.3). Außerdem erkennt das LAS Störungen und Abweichungen (Kapitel 2.4.3). Die Echtzeitüberwachung ist somit eine zentrale Aufgabe von LogNetAssist und erfüllt neben dem ersten Aufgabenkriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung auch das Aufgabenkriterium Monitoring.

Im Hinblick auf die weiteren Aufgabenkriterien befasst sich LogNetAssist nur mit dem Ist-Zustand. Mittels Planungs- und Steuerungssoftwares können die Informationen verglichen und gefiltert werden (Kapitel 2.4.3). Simulationen finden jedoch nicht statt. Da keine Alternativen vom LAS erzeugt werden, kann auch keine Bewertung von Alternativen erfolgen. Daher treffen die Aufgabenkriterien Erzeugen von Alternativen und Bewertung nicht zu. Die folgende Tabelle 5-15 fasst die Untersuchungsergebnisse zusammen.

Tabelle 5-15: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LogNetAssist

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
LogNetAssist	+	-	+	-

Die Besonderheit von LogNetAssist ist die Nutzung der RFID-Technologie. Die Nutzung der RFID-Technologie verursacht große Datenmengen, da Daten in Echtzeit übertragen und gespeichert werden (Kapitel 2.4.3). Des Weiteren werden zur Abbildung des logistischen Netzwerks Transaktionsdaten verarbeitet, die grundsätzlich eine große Datenmenge aufweisen (Kapitel 2.3.4). Zuletzt kann noch angeführt werden, dass das LAS alle Beteiligte entlang einer SC einbezieht, sodass die Daten aus einer Vielzahl von IT-Systemen stammen (Kapitel 2.4.3). Das Datenkriterium Menge trifft daher zu.

Die Transaktionsdaten sind grundsätzlich in ihre Attribute unterteilbar (Kapitel 2.3.4). Diese Eigenschaft ist besonders wichtig für die Erstellung von Informationsobjekten. Aufgrund der Teilbarkeit können die notwendigen Attribute isoliert betrachtet und aufbereitet werden. Das Kriterium Teilbarkeit ist daher erfüllt.

Der Einsatz der RFID-Technologie setzt eine automatische Speicherung voraus. Außerdem stammen die Daten aus verschiedenen IT-Systemen und für LogNetAssist ist es irrelevant, von wo die Daten stammen, da nur die intelligenten Informationsobjekte verarbeitet werden. Aus den vorliegenden Informationen lässt sich ableiten, dass LogNetAssist auf einem verteilten Datenbankmanagementsystem basiert. Die Daten werden in dem Fall auf lokalen Rechnern gespeichert und unterliegen einem globalen Verteilungsschema (Kapitel 2.3.2). Außerdem ist durch den Einsatz der RFID-Technologie davon auszugehen, dass die erfassten Daten standardisiert und somit vergleichbar sind. Zuletzt stärkt die Annahme, dass durch ein globales Verteilungsschema bei der Nutzung eines VDBS die Daten vergleichbar sind (Kapitel 2.3.2). Somit treffen die Datenkriterien Speicherung und Vergleichbarkeit zu.

Bei der Abbildung eines intelligenten logistischen Netzwerks ist es naheliegend, dass Daten verarbeitet werden, die abhängig voneinander sind. Diese Annahme lässt sich allerdings nicht ausreichend belegen. Daher kann zum Datenkriterium keine Aussage getroffen werden. Für die Datenkriterium ergibt sich folgendes Untersuchungsergebnis (Tabelle 5-16):

Tabelle 5-16: Untersuchung der Datenkriterien - LogNetAssist

Datenkriterien						
LAS		Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
	LogNetAssist	+	+	+	+	0

Behälterassistenzsystem - Behältermanagement

Im Behältermanagement findet das Behälterassistenzsystem Anwendung. Ziel ist es die Nutzung der Behälter optimal zu planen, um die Kosten möglichst gering zu halten. Das LAS besteht aus einer Datenbasis. Innerhalb der Datenbasis werden Informationen bereitgestellt. Die Informationen werden aufbereitet: Redundanzen sollten vermieden und fehlende Informationen aufgedeckt und beschafft werden. Letzteres geschieht im Funktionsmodul (Kapitel 2.4.3). Das Aufgabenkriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung wird somit erfüllt.

Das Anwendungsmodul des Behälterassistenzsystems erstellt Behälterpläne. Hierfür wird auf Basis von statistischen Berechnungen Behälterbedarfe ermittelt (Kapitel 2.4.3). Die anschließende Bewertung der generierten Behälterpläne wird ebenfalls vom LAS übernommen. Es spricht Empfehlungen aus, indem Bewertungsgrößen mit Bezug auf Kosten- und Zeitaspekte herangezogen werden (Kapitel 2.4.3). Eine Erzeugung von Alternativen und die Bewertung findet daher statt und beide Kriterien werden erfüllt.

Eine weitere Aufgabe, die vom Anwendungsmodul übernommen wird, ist die Behältersteuerung. Allerdings kann keine Aussage dazu getroffen werden, ob die Steuerung in Echtzeit möglich ist. Daher kann zum Aufgabenkriterium Monitoring keine verlässliche Aussage getroffen werden. Im Folgenden (Tabelle 5-17) werden die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf die Aufgabekriterien dargestellt:

Tabelle 5-17: Untersuchung der Aufgabekriterien - Behälterassistenzsystem

Aufgabekriterien					
LAS		Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	Behälterassistenzsystem	+	+	0	+

Das Behälterassistenzsystem verarbeitet vorrangig Transaktions- und Bestandsdaten (Kapitel 4.2). Eine große Datenmenge ist aufgrund der Verarbeitung von Transaktionsdaten anzunehmen (Kapitel 2.3.4). Hinzukommt dass das LAS alle Beteiligte entlang einer SC einbezieht, sodass betriebsübergreifend eine Vielzahl von Daten anfallen. Daher wird das Datenkriterium Menge als erfüllt angesehen.

Die Transaktions- und Stammdaten sind in einzelne Attribute teilbar (Kapitel 2.3.4). Außerdem haben alle Beteiligte von lokalen Orten Zugriff auf die Datenbasis. Dies ist möglich, indem das LAS mit einer webbasierten Lösung arbeitet. Ein verteilter Zugriff ist charakteristisch für ein verteiltes Datenbankmanagementsystem (Kapitel 2.3.2). Die Teilbarkeit von Daten ist eine wichtige Voraussetzung für ein VDBS, sodass das Datenkriterium Speicherung zutrifft.

Zum Datenkriterium Vergleichbarkeit kann keine verlässliche Aussage getroffen werden. Zwar ist anzunehmen, dass die Daten innerhalb der SC standardisiert sind. Da die Daten allerdings aus verschiedenen IT-Systemen stammen und in der Datenbasis aufbereitet werden müssen, ist nicht klar, ob grundsätzlich eine Vergleichbarkeit gegeben ist. Deshalb kann zum Datenkriterium Vergleichbarkeit keine Aussage getroffen werden.

In einem VDBS werden die Daten automatisch gespeichert. Sie stammen aus verschiedenen IT-Systemen und werden deshalb automatisch erfasst (Kapitel 2.3.2). Die Bestands- und Transaktionsdaten, die von Behälterassistenzsystem verarbeitet werden, sind abhängig voneinander (Kapitel 2.3.4). Der Materialfluss führt zu Bestandsänderungen. Auch der Bedarf an Behältern wird durch Aufträge und Bestellungen beeinflusst. Die Speicherung und die Abhängigkeit sind daher ebenso erfüllt. Die Ergebnisse der Untersuchung der Datenkriterien können wie folgt (Tabelle 5-18) zusammengefasst werden:

Tabelle 5-18: Untersuchung der Datenkriterien - Behälterassistenzsystem

Datenkriterien						
LAS		Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
	Behälterassistenzsystem	+	+	+	0	+

LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs - Transportmanagement

In der operativen Steuerung innerhalb des Aufgabenfelds Transportmanagement wird das LAS für Beladen und Trimmen eines Flugzeugs angewandt. Ziel ist es einen reibungslosen Luftfrachttransport zu gewährleisten (Kapitel 2.4.3). Für das Vorhaben müssen zunächst die notwendigen Informationen, d.h. die Stammdaten vom potentiellen Transportmitteln sowie Informationen zur Fracht, beschafft werden. Diese Informationen werden vom LAS aufbereitet,

um die Beladung virtuell abbilden zu können (Kapitel 2.4.3). Das Aufgabenkriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung ist daher erfüllt.

Mithilfe der virtuellen Abbildung der Beladung und den vorliegenden Informationen werden vom LAS Beladungsmöglichkeiten simuliert. Hierfür wird das Flugzeug sowohl im ruhenden als auch im bewegten Zustand betrachtet und Schwerpunkt-Verlagerungen berücksichtigt (Kapitel 2.4.3). Folglich werden die Simulationsergebnisse vom LAS bewertet. Es findet eine Prüfung der Eignung der Transportmittel statt und darüber hinaus eine Auswahl der optimalen Beladung des Flugzeugs, um die Transportsicherheit zu gewährleisten (Kapitel 2.4.3). Das LAS erzeugt daher Alternativen und bewertet diese, somit sind beide Aufgabenkriterien als erfüllt anzusehen.

Der Ist-Zustand des Flugzeugs während des Transports kann vom LAS nicht überwacht werden und der bewegte Zustand wird nur simuliert (Kapitel 2.4.3). Eine Echtzeit-Überwachung ist somit nicht möglich. Das Kriterium Monitoring wird vom LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs daher nicht erfüllt. Die folgende Tabelle 5-19 zeigt eine Übersicht über die Untersuchungsergebnisse mit Bezug auf die Aufgabenkriterien.

Tabelle 5-19: Untersuchung der Aufgabenkriterien - LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs	+	+	-

Das LAS für Beladen und Trimmen eines Flugzeugs verarbeitet Stammdaten. Diese haben grundsätzlich keine große Datenmenge, da es sich um zustandsorientierte Daten handelt ist die Menge somit gering (Kapitel 2.3.4). Außerdem werden einzelne Flugzeuge und Frachten betrachtet, weshalb auch keine große Menge an Daten durch die Simulation erzeugt werden. Das Datenkriterium Menge ist daher nicht erfüllt.

Die Daten können automatisch gespeichert werden. Die Daten beschafft sich das LAS aus vorhandenen IT-Systemen, jedoch kann der Pilot auch manuell Daten eintragen (Kapitel 2.4.3). Außerdem lassen sich Stammdaten in Attribute unterteilen (Kapitel 2.3.4). Auf Basis dieser Argumente kann keine eindeutige Aussage in Bezug auf die Datenkriterien Teilbarkeit und Speicherung getroffen werden.

Stammdaten sind wie bereits erwähnt i.d.R. standardisiert und somit vergleichbar (Kapitel 2.3.4). Hinzu kommt, dass die Daten für die Fracht ebenso wie die Eckdaten des Flugzeugs genormt sein

müssen, um unterschiedliche Flugzeuge und auch Beladungspläne miteinander vergleichen zu können. Das Kriterium Vergleichbarkeit trifft somit zu.

Die Daten, die im LAS verarbeitet werden, sind unabhängig voneinander. Die Eckdaten des Flugzeugs ändern sich nicht, gleiches gilt für die Frachtmenge und das Volumen (Kapitel 2.4.3). Stammdaten weisen i.d.R. keine Abhängigkeit zueinander auf (Kapitel 2.3.4), sodass das Kriterium Abhängigkeit nicht zutrifft. Die Ergebnisse der Untersuchung für die Datenkriterien wird im Folgenden (Tabelle 5-20) aufgezeigt.

Tabelle 5-20: Untersuchung der Datenkriterien - LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs

LAS	Datenkriterien				
	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs	-	0	0	+	-

Chem-Log.Net-System - Lagermanagement

Chem-Log-Net ist LAS ein Verbundforschungsprojekt, das bei der logistischen Aufgabe Lagermanagement unterstützen soll. Ziel ist es über eine gemeinsame Plattform Auskunft über Ersatzteile an alle Beteiligten liefern zu können (Kapitel 2.4.3). Basis für Chem-Log.Net ist eine gemeinsame Plattform. Die dort vorkommenden Informationen sind standardisiert (Kapitel 2.4.3). Daher ist anzunehmen, dass keine Aufbereitung der Informationen mehr zwingend notwendig ist. Das Kriterium Informationsbeschaffung und -aufbereitung trifft daher nicht zu.

Das LAS führt Bestandsanalysen durch. Hierfür werden Informationen zur Bestandsmenge und dem Ort benötigt. Diese Informationen fließen in eine Simulation auf Basis von mathematischen Berechnungen ein (Kapitel 2.4.3). Die Simulationsergebnisse der Bestandsanalysen werden vom LAS ebenfalls bewertet (Kapitel 2.4.3). Das LAS ermittelt die optimale Bestandsmenge und -ort. Außerdem kann es auf Basis der Bewertung der Alternativen Bestellungen auslösen, um den optimalen Zustand innerhalb des logistischen Netzwerks herzustellen (Kapitel 2.4.3). Daher treffen sowohl die Erzeugung von Alternativen als auch die Bewertung zu.

Die Informationen werden auf der gemeinsamen Plattform permanent erfasst (Kapitel 2.4.3). So können die Bestände innerhalb des logistischen Netzwerks in nahezu Echtzeit überwacht werden und ggf. gegensteuernde Maßnahmen eingeleitet werden, falls Planabweichungen vorliegen (Kapitel 2.2.3). Somit stellt das Monitoring eine wesentliche Aufgabe des Chem-Log.Net-Systems dar und erfüllt das Aufgabenkriterium. Welche Aufgabenkriterien für das Chem-Log.Net-System zutreffen, kann der folgenden Tabelle 5-21 entnommen werden.

Tabelle 5-21: Untersuchung der Aufgabenkriterien - Chem-Log.Net-System

Aufgabenkriterien LAS	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
	Chem-Log.Net-System	-	+	+

Das LAS Chem-Log.Net benötigt zur Analyse des Logistiknetzwerks sowohl Stammdaten als auch Bestands- und Transaktionsdaten (Kapitel 4.2). Transaktionsdaten weisen grundsätzlich eine große Datenmenge auf (Kapitel 2.3.4). Außerdem werden vom LAS zehntausende Simulations- und Allokationsschritte durchgeführt, die viele Daten verursachen (Kapitel 2.4.3). Das Datenkriterium Menge trifft entsprechend zu.

Für die Bestandsanalysen werden die Attribute der Datensätze auch getrennt voneinander betrachtet (z.B. Bestandsmenge und Lagerort). Außerdem sind Stamm-, Bestands- und Transaktionsdaten grundsätzlich in Attribute teilbar (Kapitel 2.3.4). Das LAS arbeitet mit einer gemeinsamen Plattform. Daher ist anzunehmen, dass die Daten auf dieser Plattform standardisiert sind (Kapitel 2.4.3). Um Bestandsanalysen in nahezu Echtzeit durchführen zu können, ist es zudem wichtig, dass die Daten vergleichbar sind und nicht erst aufbereitet werden müssen. Daher treffen beide Datenkriterien Teilbarkeit und Vergleichbarkeit zu.

Die Daten, die im Chem-Log.Net-System verarbeitet werden, müssen aktuell gehalten werden (Kapitel 2.4.3). Das ist nur möglich, wenn die Daten automatisch und persistent gespeichert werden (Kapitel 2.3.2). Auch die durch die Simulation und Allokation entstehenden Daten müssen automatisch erfasst werden. Die weitere Betrachtung zeigt, dass Bestands- und Transaktionsdaten grundsätzlich eine Abhängigkeit zueinander aufweisen (Kapitel 2.3.2). Aufträge und Bestellungen beeinflussen den Bestand und umgekehrt. Aufgrund der umfassenden Betrachtung eines logistischen Netzwerks sind sogar die Bestände von verschiedenen Beteiligten abhängig voneinander, da die Allokation global gesteuert wird. Neben dem Datenkriterium Speicherung wird auch die Abhängigkeit vom LAS ebenfalls erfüllt. Die folgende Tabelle 5-22 fasst die Untersuchungsergebnisse zusammen:

Tabelle 5-22: Untersuchung der Datenkriterien - Chem-Log-Net-System

LAS \ Datenkriterien	Menge	Teilbarkeit	Speicherung	Vergleichbarkeit	Abhängigkeit
Chem-Log.Net-System	+	+	+	+	+

5.2 Auswertung und Empfehlung

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse zu den Aufgaben – und Datenkriterien aus Kapitel 5.1 zu jedem LAS gegenübergestellt. Durch die Gewichtung der Kriterien (Kapitel 4.4) kann so ausgewertet werden, ob der Einsatz von MapReduce im LAS sinnvoll ist. Die These wird durch die Untersuchung der MapReduce-Eigenschaften falsifiziert oder bekräftigt.

Die folgenden Tabelle 5-23 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der Aufgaben- und Datenkriterien. Im Folgende werden die zuvor untersuchten Kriterien (Kapitel 5.1) für jedes LAS ausgewertet. Ein + sagt aus, dass beide Kriterien erfüllt sind. Kann für mindestens ein Kriterium keine Aussage getroffen werden, so wird ein 0 vergeben. Dies ist auch der Fall, wenn bspw. ein Aufgabenkriterium zutrifft und für das dazugehörige Datenkriterium keine Aussage getroffen werden konnte. Wenn mindestens ein Kriterium nicht zutrifft, wird ein – vergeben. Die graue Zeile oben und graue Spalte links bildet die Rangordnung der Kriterien ab. Im Vordergrund stehen die Kriterien mit höherem Rang, da in Kapitel 4.4 die Gewichtung auf die MR-Eigenschaften durchgeführt wurde und der allgemeine Zusammenhang zum MR-Verfahren aufgestellt wurde.

Tabelle 5-23: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	+/0/-	+/0/-	+/0/-	+/0/-
2	Teilbarkeit	+/0/-	+/0/-	+/0/-	+/0/-
3	Speicherung	+/0/-	+/0/-	+/0/-	+/0/-
4	Vergleichbarkeit	+/0/-	+/0/-	+/0/-	+/0/-
5	Abhängigkeit	+/0/-	+/0/-	+/0/-	+/0/-

Im Folgenden findet eine Auswertung zur Erfüllung der Aufgaben- und Datenkriterien jedes einzelnen LAS statt. Dies dient dazu, um anhand der Gewichtung der MR-Eigenschaften mit Blick auf die Kriterien (Kapitel 4.4) eine Aussage für jedes LAS treffen zu können, ob das MR-Verfahren für das LAS anwendbar ist. Die Auswertung beginnt chronologisch folgend mit den LAS der Planungsaufgaben.

5.2.1 Auswertung für die logistischen Assistenzsysteme der Planungsaufgaben

OTD-Assist Dispo – Netzwerkplanung

Die Gegenüberstellung der Aufgaben- und Datenkriterien zeigt, dass OTD-Assist Dispo zwölf von zwanzig Aufgaben- und Datenkriterien erfüllt, davon insbesondere die mit höchstem Rang. Die bedeutsamsten Kombinationen aus Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie Menge trifft auf das LAS zu. Außerdem sind auch Rang zwei und drei der Datenkriterien, Teilbarkeit und automatische Speicherung sowie das Aufgabenkriterium Erzeugung von Alternativen erfüllt. Auf Basis dessen ist zunächst anzunehmen, dass MapReduce bei dem LAS OTD-Assist Dispo angewendet werden kann.

Tabelle 5-24: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - OTD-Assist Dispo

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	+	+	0	+
2	Teilbarkeit	+	+	0	+
3	Speicherung	+	+	0	+
4	Vergleichbarkeit	0	0	0	0
5	Abhängigkeit	+	+	0	+

In Bezug auf die Eigenschaft Anwendbarkeit von großen Datenmengen (Kapitel 4.4) kann MapReduce dadurch eingesetzt werden, dass OTD-Assist Dispo unternehmensübergreifend angewendet wird, d.h. entlang einer SC (Kapitel 2.4.3). Dass MapReduce parallele Verarbeitung ermöglicht, bietet bei dem LAS einen Vorteil, da Disponenten und Planer von lokalen Rechnern Zugriff benötigen und außerdem OTD-Assist Dispo webbasiert ist. Deshalb ist kein zentraler Rechner zwingend notwendig. Außerdem kann die Rechenleistung bei Erweiterungen der SC um neue Beteiligte horizontal gesteigert werden. Daher ist auch die Skalierbarkeit positiv für das LAS. Da OTD-Assist Dispo zukünftige Bestände und Bedarfe simuliert, kann eine Batch-Analyse angewendet werden. Somit ist eine Echtzeitverarbeitung nicht notwendig.

Die wichtigste Eigenschaft von MapReduce, die Erstellung von Schlüssel-Wert-Paaren, bietet einen weiteren Vorteil für OTD-Assist Dispo. Die Bestandsabfrage kann durch das MR-Verfahren übernommen werden und aggregierte Informationen bereitgestellt werden. Gleiches gilt für die Abfrage von Nachfragen bzw. Bedarfen in der SC. Nach Betrachtung der Eigenschaften von MapReduce in Anwendung bei OTD-Assist Dispo lässt sich die These aus der Gegenüberstellung der Kriterien bestärken, dass MapReduce bei OTD-Assist Dispo angewendet werden kann.

LAS für Rohstoffbeschaffung – Beschaffungsplanung

Auf Basis der Untersuchung des LAS für Rohstoffbeschaffung lassen sich die Aufgaben- und Datenkriterien, die erfüllt werden, gegenüberstellen. Die Tabelle 5-25 zeigt, dass für das LAS die jeweils ersten beiden Kriterien der Rangreihenfolge zutreffen. Das gilt für die Aufgabenkriterien Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie Erzeugung von Alternativen ebenso für die

Datenkriterien Menge und Teilbarkeit. Auch das Aufgabenkriterium Bewertung trifft für die genannten Datenkriterien zu. Dass jeweils die wichtigsten beiden Aufgaben- und Datenkriterien in Kombination erfüllt sind, lässt die Eignung von MapReduce bei LAS für Rohstoffbeschaffung nahelegen. Jedoch treffen nur sechs von zwanzig möglichen Kriterien-Kombinationen zur Beurteilung der Anwendbarkeit von MapReduce zu.

Tabelle 5-25: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für Rohstoffbeschaffung

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	+	+	0	+
2	Teilbarkeit	+	+	0	+
3	Speicherung	0	0	0	0
4	Vergleichbarkeit	0	0	0	0
5	Abhängigkeit	0	0	0	0

Die MapReduce-Eigenschaften bieten Vorteile für das LAS für Rohstoffbeschaffung. Da MapReduce große Datenmengen verarbeiten kann, könnte es im Informationsbeschaffungsprozess im LAS gut angewendet werden, indem es Daten von unterschiedlichen Rechnern in Form von Schlüssel-Wert-Paaren überführt. Die Schlüssel-Wert-Paare können beispielsweise Bedarfe sein, indem der Bedarf eines Standorts zu einem Produkt abgefragt wird und die Bedarfe mithilfe von MapReduce zu einem Gesamtbedarf zusammengefasst werden. Außerdem könnten die Eigenschaften Parallelität und Skalierbarkeit genutzt werden, um die Direktverarbeitung an den Rechnern zu ermöglichen, sodass Beschaffungspläne auf Grundlage der gespeicherten Daten, z.B. zu Rohstoffbedarfen und Kapazitäten lokal erstellt werden könnten. Diese Funktion könnte beliebig ausgeweitet werden. Das LAS für Rohstoffbeschaffung arbeitet nicht in Echtzeit, sodass das Batch-Analyse-Verfahren keinen Nachteil darstellt.

Die Eigenschaften von MapReduce erscheinen sinnvoll für die Anwendung im LAS für Rohstoffbeschaffung. Auch wenn viele Kriterien-Kombinationen nicht zutreffen, sind dennoch die vier wichtigsten erfüllt, weshalb die Anwendung von MapReduce in dem LAS sinnvoll erscheint.

ECO2LAS – Bedarfs- und Kapazitätsplanung

Die Untersuchung der ECO2LAS nach den Aufgaben- und Datenkriterien hat ergeben, dass neun von zwanzig möglichen Kriterien-Kombinationen erfüllt sind. Jedoch ist ein Großteil davon Kriterien mit niedriger Bedeutsamkeit für MapReduce zuzuordnen. Das Datenkriterium Menge ist nicht erfüllt, stattdessen aber die Teilbarkeit und Speicherung in Kombination mit der Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie der Erzeugung von Alternativen. Dass MapReduce für die Anwendung im LAS geeignet ist, lässt sich vorerst annehmen.

Tabelle 5-26: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - ECO2LAS

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	0	0	0	0
2	Teilbarkeit	+	+	0	+
3	Speicherung	+	+	0	+
4	Vergleichbarkeit	0	0	0	0
5	Abhängigkeit	+	+	0	+

ECO2LAS erstellt Bedarfs- und Kapazitätspläne. Dafür müssen Daten von verschiedenen Standorten und aus verschiedenen IT-Systemen abgefragt werden. Hier kann die Parallelität und Skalierbarkeit von MapReduce einen großen Vorteil bieten, indem eine verteiltes Datenbankmanagementsystem etabliert werden könnte. Außerdem kann durch die Erstellung von Schlüssel-Wert-Paaren mittels dezentraler Aufbereitung die Datenmenge reduziert werden, die von Rechner zu Rechner transportiert werden muss, verringert werden. Die Herkunft aus verschiedenen IT-Systemen ist für MapReduce in dem Zusammenhang irrelevant. Da keine großen Datenmengen vorhanden sind, findet die Besonderheit von MapReduce, dass es diese verarbeiten kann und das in Form von einer Batch-Analyse, keine besondere Berücksichtigung.

Ob der Einsatz von MapReduce bei ECO2LAS sinnvoll ist, ist nicht eindeutig. Zwar erfüllt es wichtige Kriterien-Kombinationen in Bezug auf die Relevanz der MapReduce-Eigenschaften, jedoch sind die zentralen Merkmale Anwendung bei großen Datenmengen und Batch-Analyse ohne Bedeutung für ECO2LAS.

RESOPT – Bestandsplanung

Aus der Untersuchung der Aufgaben- und Datenkriterien für das LAS RESOPT für die Bestandsplanung ergibt sich, dass nur zwei von zwanzig möglichen Kombinationen aus Aufgaben- und Datenkriterien erfüllt werden. Zutreffend ist das Datenkriterium Teilbarkeit in Kombination mit der Erzeugung von Alternativen und der Bewertung. Der Einsatz von MapReduce kann auf Basis dieser Informationen nicht empfohlen werden.

Tabelle 5-27: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - RESOPT

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	-	-	-	-
2	Teilbarkeit	0	+	0	+
3	Speicherung	0	0	0	0
4	Vergleichbarkeit	0	0	0	0
5	Abhängigkeit	-	-	-	-

Bei der Betrachtung der Eigenschaften von MapReduce wird diese These bestärkt: RESOPT hat nur eine geringen Datenmenge bestehend aus Bestands- und Stammdaten, sodass die Anwendbarkeit bei großen Datenmengen irrelevant ist. Gleiches gilt für die Batch-Analyse, auch wenn eine Echtzeitverarbeitung nicht erforderlich ist. Die Parallelität und Skalierbarkeit könnten zwar genutzt werden, um die Simulation mittels mathematischen Modells auf verschiedene Rechner zu verteilen. Da es sich allerdings nur um betriebsinterne Prozesse handelt, sind sie vermutlich in keinem Umfang, für das die Anwendung von MapReduce in Frage kommen würde. Der Einsatz von MapReduce für RESOPT erscheint daher nicht sinnvoll.

LAS für Ressourcenplanung GVZ – Distributionsplanung

Das LAS für Ressourcenplanung in Güterverkehrszentren erfüllt die Kriterien Informationsbeschaffung und -aufbereitung und Erzeugung von Alternativen und zugleich die Datenkriterien Menge und Teilbarkeit. Diese Kriterien besetzen jeweils Rang eins und zwei in Bezug auf den Einsatz von MapReduce. Außerdem ist das Aufgabenkriterium Bewertung erfüllt. Die übrigen 14 Kriterien-Kombinationen treffen hingegen nicht zu. Aufgrund der hohen Gewichtung der erfüllten Kriterien-Kombinationen lässt sich jedoch annehmen, dass MapReduce für das LAS für Ressourcenplanung in Güterverkehrszentren eingesetzt werden kann.

Tabelle 5-28: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für Ressourcenplanung von GVZ

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	+	+	0	+
2	Teilbarkeit	+	+	0	+
3	Speicherung	0	0	0	0
4	Vergleichbarkeit	0	0	0	0
5	Abhängigkeit	0	0	0	0

Die These wird auf Basis der MapReduce-Eigenschaften im Folgenden untersucht. Aufgrund der großen Datenmenge, die im LAS durch die Auftragsdaten, Stammdaten und Kapazitäten zustande kommt, könnte MapReduce mit den Eigenschaften Anwendbarkeit bei großen Datenmengen und Batch-Analyse eingesetzt werden. Die Daten werden auch nicht in Echtzeit benötigt. Für die Verarbeitung der Daten im LAS müssen diese zu Informationen aufbereitet und in den Kontext zueinander gestellt werden. Die Aufbereitung kann mittels Schlüssel-Wert-Paaren von MapReduce übernommen werden. Die Simulationsdurchläufe könnten darüber hinaus auf verschiedene Rechner verteilt werden und die Vielzahl von Simulationsergebnissen lokal gespeichert werden.

Die Analyse der MapReduce-Eigenschaften bestätigt die Annahme, dass MapReduce für das LAS für Rohstoffbeschaffung im Güterverkehrszentrum geeignet ist, auch wenn nur sechs von zwanzig Kriterien-Kombinationen erfüllt sind.

LAS für Tourenplanung – Transportplanung

Bei der Gegenüberstellung der Aufgaben- und Datenkriterien für das LAS für Tourenplanung ergibt sich, dass vier von insgesamt zwanzig möglich Kriterien-Kombinationen erfüllt sind. Eins davon ist die Kombination aus Erzeugung von Alternativen und Teilbarkeit, die die Kriterien mit zweit höchster Reihenfolge jeweils abbilden. Außerdem ist jeweils Rang zwei und vier der Aufgaben- und Datenkriterien erfüllt. Auf Basis der Untersuchung und der Gegenüberstellung erscheint der Einsatz von MapReduce zunächst nicht sinnvoll zu sein.

Tabelle 5-29: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für Tourenplanung

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	0	0	-	0
2	Teilbarkeit	+	+	-	+
3	Speicherung	0	0	-	0
4	Vergleichbarkeit	+	+	-	+
5	Abhängigkeit	-	-	-	-

Betrachtet man die Eigenschaften von MapReduce, lässt sich zunächst feststellen, dass unklar ist, wie groß die Datenmenge ist, da zwar Stamm-, Bestands- und Transaktionsdaten vorkommen und Simulationsergebnisse zwischen gespeichert werden, aber eine genaue Quantifizierung nicht möglich ist. Die Eigenschaften Anwendbarkeit bei großen Datenmengen und Batch-Analyse sind daher von keiner besonderen Bedeutung. Das LAS für Tourenplanung arbeitet zudem mit einem zentralen Rechner. Aufgrund der Teilbarkeit könnten Teilaufgaben in der Simulation gebildet und auch mehrere Rechner verteilt werden, aber dies erscheint im LAS für Tourenplanung nicht ausschlaggebend zu sein. Gleiches gilt für die Skalierbarkeit. Es ist darüber hinaus unklar, welche Schlüssel-Wert-Paare gebildet werden können, die das LAS für die Erstellung von Tourenplänen benötigt.

Zusammenfassend wird deutlich, dass bei Betrachtung der erfüllten Kriterien und der Eigenschaften von MapReduce der Einsatz beim LAS für Tourenplanung nicht sinnvoll erscheint.

DOSIMIS – Order Promising

Das LAS DOSIMIS erfüllt acht von zwanzig möglichen Kriterien-Kombinationen. Ein Großteil davon liegt auf niedrigen Rangfolgen. Hervorzuheben sind die Kriterien Kombinationen aus Erzeugung von Alternative mit Menge und Teilbarkeit. Das Aufgabenkriterium belegt Rang zwei und die Datenkriterien Rang eins und zwei. Daraus kann die These abgeleitet werden, dass der Einsatz von MapReduce in DOSIMIS möglich ist.

Tabelle 5-30: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - DOSIMIS

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	0	+	0	+
2	Teilbarkeit	0	+	0	+
3	Speicherung	0	0	0	0
4	Vergleichbarkeit	0	+	0	+
5	Abhängigkeit	0	+	0	+

Für die Anwendung von MapReduce spricht insbesondere, dass das LAS mit einer großen Datenmenge bestehend aus Produkten, Arbeitsplänen, Bestands- und Auftragsdaten etc. arbeitet. Die Parallelität von MapReduce kann dafür genutzt werden, dass die Daten lokal gespeichert werden. DOSIMIS benötigt die Daten in einer gemeinsamen Datenbank bereitgestellt, um diese weiterzuverarbeiten. Unklar ist, wie die Simulationen dann auf die lokalen Rechner aufgeteilt werden könnten. Wenn die Auftragslage sich verändert, könnte MapReduce dank seiner Skalierbarkeit die Rechenleistung flexibel anpassen. Da die Hauptaufgabe von DOSIMIS die Simulation ist, ist die Nutzung der Bildung von Schlüssel-Wert-Paaren nicht eindeutig. Die Simulationsergebnisse könnten ggf. aufbereitet werden, um die anschließende Bewertung zu erleichtern. Es ist allerdings unklar, wie dies gestaltet sein könnte. Zur Batch-Analyse lässt sich ebenfalls keine Aussage treffen, da unklar ist, in welchem Rhythmus die Simulationsdurchläufe stattfinden.

Nach Betrachtung der Kriterien-Kombinationen und der Eigenschaften von MapReduce, kommt man zum Ergebnis, dass keine eindeutige Aussage getroffen werden kann, ob der Einsatz von MapReduce im LAS DOSIMIS sinnvoll ist, da offene Fragen, z.B. wie kann MapReduce bei Simulationen unterstützen, zunächst geklärt werden müssen.

5.2.2 Auswertung für die logistischen Assistenzsysteme der operativen Steuerungsaufgaben

Die Auswertung wird nun auch für die LAS der operativen Steuerungsaufgaben durchgeführt. Das Vorgehen ist dasselbe wie bei den Planungsaufgaben. Zunächst werden die Untersuchungsergebnisse der Aufgaben- und Datenkriterien je LAS gegenübergestellt und anschließend bewertet, ob ein Einsatz von MapReduce möglich ist.

LogNetAssist – Auftragsabwicklung

Die Untersuchungsergebnisse von LogNetAssist sind der oberen Tabelle dargestellt. Es erfüllt die Kriterien-Kombinationen aus Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie Monitoring mit allen Datenkriterien mit Ausnahme von der Abhängigkeit. Damit ist der Rang eins von den Daten- und den Aufgabenkriterien erfüllt. Insgesamt treffen acht von zwanzig möglichen Kriterien-Kombinationen zu. Aus Basis dessen lässt sich zunächst annehmen, dass MapReduce für LogNetAssist eingesetzt werden kann.

Tabelle 5-31: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LogNetAssist

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	+	-	+	-
2	Teilbarkeit	+	-	+	-
3	Speicherung	+	-	+	-
4	Vergleichbarkeit	+	-	+	-
5	Abhängigkeit	0	-	0	-

Im Folgenden soll anhand der MapReduce-Eigenschaften analysiert werden, ob die These unterstützt werden kann. LogNetAssist arbeitet mit Sensordaten aus RFID-Tags, diese werden entlang der SC erfasst. Insbesondere bei Sensordaten ist die Eigenschaft, dass MapReduce bei großen Datenmengen angewendet werden kann, von Vorteil. Außerdem könnten die Sensordaten dank der Parallelität lokal in der SC gespeichert werden, sodass Überlastungen der Rechner aufgrund von zu großen Datenmengen vermieden werden könnten. Mithilfe von MapReduce könnten die Sensordaten aggregiert werden und somit vergleichbar gemacht werden. Allerdings ist das nur per Batch-Analyse und nicht in Echtzeit möglich, was für ein operatives LAS, das darauf ausgelegt die SC virtuell abzubilden und zu überwachen.

Die These, dass MapReduce für den Einsatz bei LogNetAssist geeignet ist, kann somit nicht eindeutig bestätigt werden. Zwar eignet sich MapReduce hervorragend zur Verarbeitung von Sensordaten, jedoch ist die Batch-Verarbeitung für Überwachungsprozesse nicht bedingt geeignet. Zum Einsatz von MapReduce in diesem LAS lässt sich daher keine eindeutige Aussage treffen.

Behälterassistenzsystem – Behältermanagement

Auf Basis der vorhergegangenen Untersuchung kommt man zum Ergebnis, dass das Behälterassistenzsystem zwölf von möglichen zwanzig Kriterien-Kombinationen erfüllt. Die wichtigen beiden Aufgabenkriterien und die drei bedeutsamsten Datenkriterien für MapReduce sind erfüllt. Die Untersuchungsergebnisse legen nahe, dass MapReduce sich für den Einsatz im LAS Behälterassistenzsystem eignet.

Tabelle 5-32: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - Behälterassistenzsystem

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	+	+	0	+
2	Teilbarkeit	+	+	0	+
3	Speicherung	+	+	0	+
4	Vergleichbarkeit	0	0	0	0
5	Abhängigkeit	+	+	0	+

Diese Annahme lässt sich bei Betrachtung der MapReduce-Eigenschaften unterstreichen. Das LAS arbeitet unternehmensübergreifend und erfasst mittels RFID-Tags die Standorte der Behälter. Dadurch fallen große Datenmengen an, die von MapReduce lokal durch einen Cluster-Verbund verarbeitet werden könnten. Die Parallelität könnte sich auch für die Simulation nutzen lassen, indem die statistischen Berechnungen lokal durchgeführt werden könnten, was die Steigerung der Anzahl der Simulationsdurchläufe ermöglicht und das flexibel aufgrund der Möglichkeit zur Skalierbarkeit von MapReduce. Welche Schlüssel-Wert-Paare gebildet werden könnten, müsste im Einzelfall betrachtet werden. Eine Aggregation der Anzahl der Behälter auf Basis der Informationen von den verschiedenen Standorten wäre möglich. Das LAS übernimmt auch die Behältersteuerung, für welches eine Echtzeitverarbeitung nötig wäre. Das kann MapReduce nicht übernehmen.

Zusammenfassend kommt man zu dem Ergebnis, dass MapReduce für den Einsatz im Behälterassistenzsystem geeignet ist, insbesondere bei der Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie bei der Erzeugung von Alternativen. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass es aufgrund der Batch-Analyse beim Monitoring nur bedingt unterstützen kann.

LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs – Transportmanagement

Die Untersuchungsergebnisse vom LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs zeigen, dass nur drei von zwanzig möglichen Kriterien-Kombinationen zutreffen. Es ist nur ein Datenkriterium, nämlich Vergleichbarkeit, in Kombination mit den Aufgabenkriterien mit Ausnahme vom Monitoring erfüllt. Es kann daher angenommen werden, dass der Einsatz von MapReduce beim LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs nicht sinnvoll ist.

Tabelle 5-33: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - LAS für das Beladen und Trimmen eines Flugzeugs

		Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien		Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien					
1	Menge		-	-	-	-
2	Teilbarkeit		0	0	-	0
3	Speicherung		0	0	-	0
4	Vergleichbarkeit		+	+	-	+
5	Abhängigkeit		-	-	-	-

Unterstützt wird diese These, wenn man die Eigenschaften von MapReduce näher betrachtet. Das LAS hat nur eine sehr geringe Datenmenge, da es nur direkt Informationen zur Beladung des Flugzeuges benötigt. Die Simulation kann lokal durchgeführt werden, sodass die Parallelität und die Skalierbarkeit von MapReduce keine Rolle spielen. Außerdem ist unklar, welche Schlüssel-Wert-Paare nützliche aggregierte Informationen für die Erstellung von Beladungsplänen wären.

Daher bestätigt sich die These, dass der Einsatz von MapReduce im LAS für Beladen und Trimmen eines Flugzeugs nicht sinnvoll ist.

Chem-Log.Net-System – Lagermanagement

Auf Basis der Untersuchung vom Chem-Log.Net-System kommt man zu dem Ergebnis, dass fünfzehn von möglichen zwanzig Kriterien-Kombinationen aus Aufgaben- und Datenkriterien

erfüllt sind. Lediglich die Informationsbeschaffung und -aufbereitung trifft in Kombination mit den Datenkriterien nicht zu. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Einsatz von MapReduce beim LAS Chem-Log-Net sinnvoll ist.

Tabelle 5-34: Auswertung der Aufgaben- und Datenkriterien - Chem-Log.Net-System

	Rang	1	2	3	4
	Aufgabenkriterien	Informationsbeschaffung und -aufbereitung	Erzeugung von Alternativen	Monitoring	Bewertung
Rang	Datenkriterien				
1	Menge	-	+	+	+
2	Teilbarkeit	-	+	+	+
3	Speicherung	-	+	+	+
4	Vergleichbarkeit	-	+	+	+
5	Abhängigkeit	-	+	+	+

Im Folgenden soll diese These mithilfe der MapReduce-Eigenschaften im LAS genauer betrachtet werden. Im Chem-Log.Net-System werden zehntausende Simulationsdurchläufe durchgeführt. Dabei entsteht eine große Datenmenge durch die Speicherung von Simulationsergebnissen. MapReduce kann an der Stelle unterstützen und darüber hinaus durch die Verteilung der Aufgaben auf verschiedene Rechner innerhalb eines Clusters der Überlastung an einem zentralen Rechner vorbeugen. Die zehntausende Simulationsdurchläufe könnten auf den Cluster-Verbund verteilt werden und die Rechenleistung beliebig angepasst werden. Da im LAS die Daten allerdings schon aufbereitet vorliegen müssen, ist die Bildung von Schlüssel-Wert-Paaren grundsätzlich nicht mehr notwendig. Die optimale Bestandshöhe könnte mittels Batch-Analyse ermittelt werden, für das Monitoring der Bestände eignet sich MapReduce allerdings nicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Chem-Log.Net-System zwar aufgrund der großen Datenmenge und Anzahl an Simulationsdurchläufen die Eigenschaften Parallelität und Skalierbarkeit gut nutzen könnte. Jedoch würde der Einsatz von MapReduce nur sinnvoll sein, wenn es dem LAS vorgelagert ist und die Informationsaufbereitung übernimmt. Da das LAS die Daten selbst nicht aufbereitet und nicht nur simuliert, sondern auch das operative Monitoring übernimmt, eignet sich MapReduce zur Unterstützung des LAS selbst nur wenig. Eine eindeutige Aussage lässt sich allerdings nicht treffen.

6 Beispielhafte Anwendung

LAS unterstützen bei der Entscheidungsfindung und übernehmen vermehrt komplexe Aufgaben in unterschiedlichen Aufgabenbereichen des SCM und durch die Charakteristik der Informationsverarbeitung insbesondere in der Bereitstellung der richtigen Informationen (Kapitel 2.4.2). Hierfür werden u. a. historische oder aktuelle Datensätze verarbeitet, um durch weitere analytische Methoden das richtige Wissen zu generieren. Außerdem kann die Verarbeitung großer Datenmengen für den Einsatz in LAS von Vorteil sein, da durch die Einbeziehung aller Standorte sowie aller Beteiligten einer SC auch eine große Datenmenge vorliegt (Kapitel 5.1.1). Im Folgenden wird eine beispielhafte Anwendung des MR-Verfahrens für die Verarbeitung historischer Datensätze vorgestellt.

Das Hauptziel ist dabei, die Aufgabe in einem Cluster-Verbund zu verarbeiten und somit eine Parallelisierung der Verarbeitung zu erzielen. Hierfür wurde mittels Hadoop (Version 3.2.1) ein Cluster mit einem Master, der das NameNode übernimmt, und zwei weiteren Slaves, die für die DataNodes zuständig sind, erstellt (Kapitel 3.2). Insgesamt kommen für die prototypische Anwendung somit drei Rechner zum Einsatz, die mittels VMWare Workstation 15 Player simuliert und mit jeweils dem Betriebssystem Ubuntu Server Version 20.04 laufen.

Als Ausgangspunkt dient ein Datensatz mit Informationen zur historischen Produktnachfrage. Dabei enthält der Datensatz insgesamt 1.038.107 Datensätze, die strukturiert aufgebaut sind und im CSV-Dateiformat vorliegen [ZHAO 2017]. Die Eingabedatei ist dem Anhang dieser Arbeit beigelegt. Das CSV-Dateiformat eignet sich insbesondere zum Austausch zwischen unterschiedlichen IT-Systemen sehr gut, da es Datensätze durch Zeilenumbrüche und Datenfelder durch Kommas trennen kann (Kapitel 2.3.2). Die Eingabedatei enthält neben der Produktnummer (Product_Code) auch Informationen zum Zentrallager (Warehouse), Bestelldatum (Date), zur Kategorie (Category) sowie zur Produktnachfrage (Order_Demand) und ist wie folgt aufgebaut:

Eingabedatei – HPDemand.csv

```
Product_Code,Warehouse,Product_Category,Date,Order_Demand
Product_0993,Whse_J,Category_028,2012/7/27,100
Product_0979,Whse_J,Category_028,2012/1/19,500
Product_0979,Whse_J,Category_028,2012/1/19,500
Product_0979,Whse_J,Category_028,2012/2/3,500
Product_0979,Whse_J,Category_028,2012/2/9,500
Product_0979,Whse_J,Category_028,2012/3/2,500
[...]          [...]
```

Die Aufgabe und das genauere Vorhaben im vorliegenden Prototypen liegt darin, aus der Eingabedatei für jedes einzelne Produkt die durchschnittliche Produktnachfrage zu ermitteln. Für das Vorhaben wurde mittels Java das Programm geschrieben. Im Einzelnen besteht das Programm aus den drei Java Klassen PrototypMapper für die Map-Phase, PrototypReducer für die Reduce-Phase und dem PrototypDriver, der für die Ausführung des gesamten MR-verfahrens zuständig ist. Die drei Java Klassen enthalten alle zugehörigen Programmcodes und sind dem Anhang

beigefügt. Für die Ausführung auf dem Master wurde das Programm als JAR kompiliert und ebenfalls dem Anhang beigefügt (MA_K6_Prototyp.jar).

Das MR-Verfahren für die prototypische Anwendung, das auf Abbildung 6-1 abgebildet ist, beginnt nach dem Importieren in das HDFS mit der Verteilung der Eingabedaten an die einzelnen Mapper. Im Programmcode PrototypMapper.java ist festgelegt, dass in der Map-Phase die Produktnummer als Schlüssel und die Produktnachfrage als Wert festgelegt sind. So werden als Ergebnis Schlüssel-Wert-Paare lokal abgespeichert.

Mit dem PrototypReducer werden in der Shuffle-Phase zu Schlüssel-Wert-Gruppen zusammengefasst, um anschließend an den Reducer weitergeleitet zu werden. Eine zusätzliche Teilaufgabe wird im Programmcode mit der Zählung der Häufigkeit von Produktnummern festgelegt. In der anschließenden Reduce-Phase findet die Aggregation der Schlüssel-Wert-Gruppen statt. Jedoch ist das MR-Verfahren damit nicht erledigt. Durch die zuvor festgelegte Teilaufgabe der Zählung, wie oft die Produktnummer drankam, berechnen wir in der Reduce-Phase den Durchschnitt der Produktnachfrage. Hierfür wird der Wert, die Summe der Produktnachfrage, mit der Häufigkeit geteilt und die durchschnittliche Produktnachfrage ermittelt.

Mit dem Abschluss des festgelegten Programmcodes erhalten wir als Ausgabedatei die Produktnummer und die dazugehörige durchschnittliche Produktnachfrage. Die resultierende Ausgabedatei ist wie folgt aufgebaut:

Ausgabedatei – part-r-00000.txt

Product_0001	769.3086
Product_0002	19590.201
Product_0003	357.57574
Product_0004	372.1557
Product_0005	359.67743
[...]	[...]

Die erfolgreiche Ausgabedatei bestätigt, dass eine Verarbeitung mit logistischem Kontext durch das MR-Verfahren möglich ist. Durch das Aufsetzen eines Clusters, ist die verteilte Verarbeitung erfolgreich abgeschlossen. Die Erkenntnisse der beispielhaften Anwendung werden im Folgenden Fazit mit den Erkenntnissen aus der vorherigen Auswertung beschrieben.

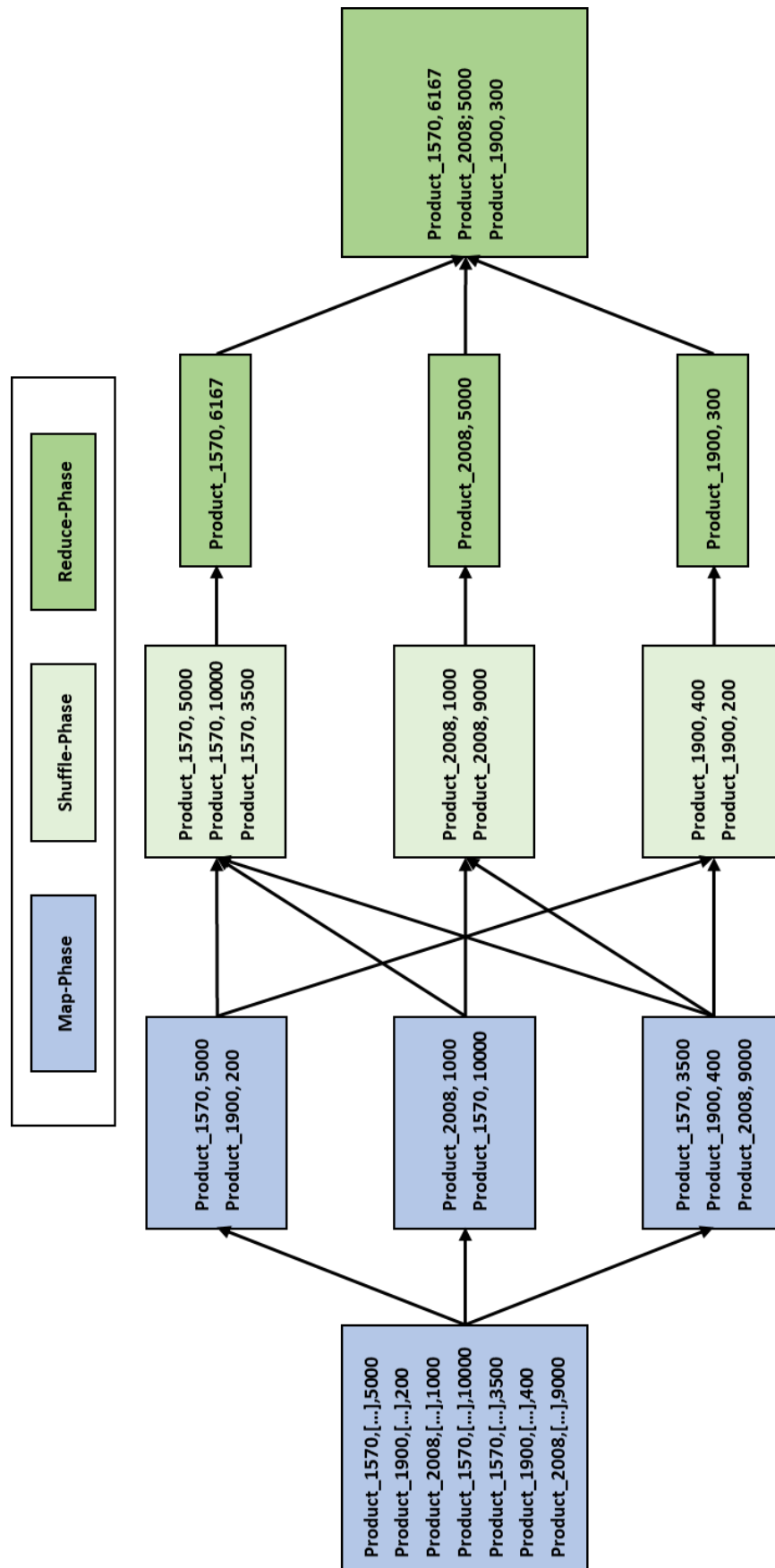


Abbildung 6-1: Das MapReduce-Verfahren für die beispielhafte Anwendung

7 Fazit

Mit der vorliegenden Arbeit wurde die Forschungsfrage untersucht, ob das MapReduce-Verfahren (MR-Verfahren) für den Einsatz in logistischen Assistenzsystemen (LAS) geeignet ist. Auf Basis der Untersuchung der LAS und der anschließenden Auswertung kann im Folgenden eine kritische Bewertung der Forschungsfrage durchgeführt und eine Schlussfolgerung zum MR-Verfahren aufgestellt werden.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass das MR-Verfahren besonders bei der Informationsbeschaffung und -aufbereitung eingesetzt werden kann, da es Daten und Informationen aus unterschiedlichen IT-Systemen sammeln und für das LAS aufbereitet bereitstellen kann. LAS, die entlang einer SC eingesetzt werden, haben auch gemeinsam, dass sie sich größtenteils auf Stamm-, Bestands- und Transaktionsdaten stützen. Dabei handelt es sich um strukturierte Daten, die in Attribute zerlegt werden können und i. d. R. vergleichbar sind. Die Bildung von Schlüssel-Wert-Paaren ist daher grundsätzlich möglich. Offen ist, inwieweit das MR-Verfahren bei Simulationen unterstützen kann. Zwar könnte es eine große Menge an historischen Daten dahingehend auswerten, dass es einen Durchschnitt oder Maximalwert berechnet, jedoch sind logistische Fragestellungen meist komplex und berücksichtigen in Szenarien unterschiedliche Parameter. Ob der Einsatz von MapReduce bei logistischen Simulationen sinnvoll ist, kann auf Basis der Informationen in dieser Arbeit nicht beurteilt werden.

Bei der separaten Betrachtung der Planungs- und Steuerungsaufgaben wird Folgendes deutlich: Bei der Auswertung der Planungsaufgaben ist festzustellen, dass das MR-Verfahren immer dann sinnvoll einsetzbar ist, wenn Assistenzsysteme bei logistischen Aufgaben eingesetzt werden, bei denen die gesamte SC betrachtet wird. Bei unternehmensübergreifenden Prozessen, insbesondere in der Netzwerk-, Beschaffungs- und Distributionsplanung, ist das der Fall. Die Daten stammen in der Regel aus unterschiedlichen IT-Systemen und von verschiedenen Rechnern. Die parallele Verarbeitung von großen Datenmengen in einem Cluster kann hier genutzt werden. Die Aufgabenstellungen, die von LAS auf der Planungsebene erledigt werden, sind außerdem vorrangig mittel- bis langfristig ausgelegt und weniger am Tagesgeschäft orientiert. Dass MapReduce mit Batch-Analysen arbeitet, ist daher irrelevant.

Nach Auswertung der operativen Steuerungsaufgaben kann festgehalten werden, dass das MR-Verfahren eingeschränkt angewendet werden kann. Bei operativen Steuerungsaufgaben kommen oftmals Sensoren zum Einsatz, wobei erfasst wird, wo sich Artikel wann befinden müssen, z.B. im Behältermanagement und -steuerung. Sensordaten erzeugen große Datenmengen, die lokal auf dem Rechner erfasst werden könnten, der dem Standort des Artikels am nächsten ist. Ein Gesamtüberblick über die Artikel in der SC könnte dank MapReduce gewahrt werden und die Sensordaten können aggregiert dem LAS zur Verfügung gestellt werden. Eine Überlastung der Rechner aufgrund der großen Datenmenge durch Sensordaten wäre somit vorgebeugt. Das Cluster kann darüber hinaus flexibel und kostengünstig an die Auslastung in der SC angepasst werden. Allerdings unterstützen die LAS, die bei operativen Steuerungsaufgaben eingesetzt werden, meist beim Monitoring. Damit das Tagesgeschäft überwacht und gesteuert werden kann, ist es unerlässlich Daten in Echtzeit abrufen zu können. Das MapReduce-Verfahren kann in seiner

Grundform allerdings Daten nur mittels Batch-Analyse verarbeiten. Ob das MR-Verfahren abgewandelt bzw. erweitert werden kann, sodass eine Echtzeit-Verarbeitung möglich ist, kann auf Basis der vorliegenden Informationen in dieser Arbeit nicht bestimmt werden und muss separat untersucht werden.

Auf Basis des Prototypen lassen sich folgende technische Aspekte des MR-Verfahrens für die Anwendung in LAS einer SC hervorheben. Wie das MR-Verfahren Daten aufbereitet, obliegt dem Programmierer. Die Codes können beliebig verändert und so immer an die logistische Fragestellung angepasst werden. Im Prototypen wurde beispielsweise ein Durchschnittswert auf Basis von historischen Daten innerhalb eines Clusters, die miteinander kommunizieren, berechnet. Jedoch muss für jede logistische Fragestellungen im Vorfeld definiert werden, in welcher Form das LAS die Daten benötigt. Dementsprechend muss auch für jede Aufgabe ein neuer Code geschrieben werden, der die Eingabe und Ausgabe festlegt. Die Programmierung von des MR-Verfahrens erfordert daher umfassende Programmierkenntnisse und eine spontane Anpassung der Aufgabe ist kaum möglich. Offen bleibt die Frage, ob das MR-Verfahren so programmiert werden kann, dass unterschiedliche Jobs voreingestellt sind, die abgerufen und sogar parallel ausgeführt werden können. Dies würde die Benutzerfreundlichkeit erhöhen.

Zusammenfassend lässt sich das Fazit ziehen, dass das MR-Verfahren bei LAS gut eingesetzt werden kann. Das ist besonders bei Planungsaufgaben in einer SC der Fall, da es dort die Informationen von verschiedenen Beteiligten beschaffen und für das LAS individuell aufbereiten kann, sodass die Daten aggregiert im richtigen Format für das LAS vorliegen. Die Parallelität und Skalierbarkeit sind bei Änderungen in der SC und den damit verbundenen Anpassungen in einem Cluster von Vorteil. Die Datenflut durch Sensordaten kann das MR-Verfahren bei Steuerungsaufgaben bewältigen und vor Überlastung im Rechnernetz schützen. Grundsätzlich kann mit dem MapReduce-Verfahren die Vorarbeit für das LAS durch Informationsbeschaffung und -aufbereitung geleistet werden. Für den Einsatz werden jedoch Programmierexperten benötigt, die die Codes für die speziellen logistischen Fragestellungen schreiben und bei Bedarf modifizieren können.

Es bleibt zu klären, inwieweit MapReduce bei Simulationen unter Berücksichtigung verschiedener Parameter unterstützen kann. Außerdem muss für den Einsatz bei logistischen Steuerungsaufgaben geklärt werden, ob das MapReduce-Verfahren dahingehend angepasst werden kann, dass keine Batch-Analyse, sondern eine Echtzeitverarbeitung möglich wird. Um flexibel auf sich ändernde Anforderungen und Fragestellungen des LAS reagieren zu können, muss außerdem untersucht werden, ob die Programmcodes des MR-Verfahrens voreingestellt und nach Belieben abgerufen werden können.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit mit dem Ziel der Untersuchung der Eignung des MapReduce-Verfahrens (MR-Verfahren) für den Einsatz in logistischen Assistenzsystemen im Aufgabengebiet des Supply Chain Management (SCM) schafft einen ersten Eindruck für das MR-Verfahren in Bezug auf LAS. Zu Beginn von Kapitel 2 wurden die Begrifflichkeiten Logistik und SCM festgelegt. Dabei wurde anhand der Entwicklung der Logistik die zeitliche Änderung der Funktionsweise erläutert (Kapitel 2.1). Darauf aufbauend wurden zur Festlegung der Aufgabengebiete im SCM das SCOR-Modell und das SCM-Aufgabenmodell vorgestellt. Letzteres dient, aufgrund des vermehrten Einsatzes von IT-Systemen im SCM, als Grundlage für die weitere Untersuchung und ist aufgebaut durch die Gestaltungsebene, die Planungsebene und der operativen Steuerungsebene (Kapitel 2.2).

In Kapitel 2.3 wurden wichtige Grundlagen zur Informationsverarbeitung im SCM erläutert. Dazu gehört u. a. die Definition der Begriffe Daten und Informationen, da Daten im richtigen Kontext zu Informationen zusammengefügt werden. Im weiteren Teil des Unterkapitels wurden für die Verarbeitung die Dialog- und Batchverarbeitung vorgestellt. Dabei stellt die Dialogverarbeitung die Echtzeitverarbeitung dar und die Batchverarbeitung die Stapelverarbeitung. Außerdem wurde die Möglichkeit der Speicherung in Datenbanken vorgestellt, sowie die Varianten durch das relationale Datenbanksystem und des verteilten Datenbanksystems (Kapitel 2.3.2). Mit Bezug zur Praxis wurden die weitverbreiteten IT-Systeme (Kapitel 2.3.3) und das Datenaufkommen im SCM (Kapitel 2.3.4) vorgestellt. Im SCM werden Daten nach Zustandsdaten, Abwicklungsdaten und Steuerdaten kategorisiert (Kapitel 2.3.4).

Zum Abschluss der Grundlagen in Bezug zum SCM wurden in Kapitel 2.4 die Grundlagen rund um logistische Assistenzsysteme vorgestellt. Durch Veränderungstreiber wurde die Motivation für den Einsatz von LAS aufgebaut und durch die Charakteristika der Informationstransparenz, Entscheidungsunterstützung, kollaborative Planung, Aufgabenorientierung und Softwareflexibilität untermauert (Kapitel 2.4.2). Abschließend wurden einige LAS aus der Praxis vorgestellt, die für die spätere Untersuchung die Grundlage darstellen (Kapitel 2.4.3).

In Kapitel 3 wurde das MapReduce-Verfahren vorgestellt. Neben der grundlegenden Motivation des MR-Verfahrens, große Datenmengen parallel zu verarbeiten, wurden außerdem die einzelnen Phasen vorgestellt (Kapitel 3.1). Beginnend mit der Map-Phase werden Schlüssel-Wert-Paare erzeugt und durch die Shuffle- und Reduce-Phase zusammengefasst (Kapitel 3.1.1). Zusätzlich wurde durch Hadoop und dem Hadoop Distributed File System (HDFS) eine Möglichkeit der Anwendung des MR-Verfahrens in der Praxis vorgestellt. Das MR-Verfahren in der vorliegenden Arbeit baut auf das HDFS und der Hadoop Version auf.

Mit der Konzeptionierung der Bewertungsmethode beginnt in Kapitel 4 die Vorbereitung der Untersuchung. Zunächst wird in Kapitel 4.1 die Taxonomie aufgestellt. Dabei werden auf Basis des SCM-Aufgabenmodells (Kapitel 2.2) die Aufgabenebenen der Planungsaufgaben und der operativen Steuerungsaufgaben definiert. Unter Planungsaufgaben wird der Netzwerkplanung die Beschaffungs- und Distributionsplanung sowie das Order Promising untergeordnet. Die operativen Steuerungsaufgaben unterteilen der Auftragsabwicklung das Behältermanagement sowie das Lager- und Transportmanagement. Den Aufgabenbereichen werden anschließend

passende LAS zugeordnet. In Kapitel 4.2 erfolgte außerdem die Zuordnung der Datengrundlage. Hierbei wurden den einzelnen LAS die Datengrundlage, welche die LAS integrieren, zugewiesen.

In Kapitel 4.3 wurde das Teilziel, das Aufstellen von Bewertungskriterien, erreicht. Dabei wurden Aufgaben- und Datenkriterien definiert. Mithilfe der MR-Eigenschaften wurden in Kapitel 4.3 die Kriterien gewichtet, um für die Bewertungskriterien eine Rangordnung zu schaffen. Die Bewertungskriterien mit den MR-Eigenschaften Anwendbarkeit für große Datenmengen, Parallelität, Skalierbarkeit, Erzeugung von Schlüssel-Wert-Paaren und der Batch-Analyse gegenübergestellt. Für die Aufgabenkriterien erfolgte die neue Rangordnung beginnend mit der Informationsbeschaffung und -aufbereitung, Erzeugung von Alternativen, Monitoring bis hin zur Bewertung. Für die Datenkriterien ergab die Gewichtung die neue Rangordnung beginnend mit der Menge, Teilbarkeit, Speicherung, Vergleichbarkeit bis hin zur Abhängigkeit.

Durch die Anwendung der Bewertungskriterien im Kapitel 5.1 wurden die einzelnen LAS dahingehend untersucht, inwieweit die Aufgaben- und Datenkriterien zutreffend sind. In der Auswertung in Kapitel 5.2 wurden anschließend die Ergebnisse aus der Anwendung in einer Matrixtabelle gegenübergestellt. Durch die festgelegte Rangordnung in Kapitel 4.4 konnte durch die Gegenüberstellung der Kriterien mit höherem Rang eine einfachere Einschätzung der Eignung erkannt werden. Das OTD-Assist Dispo für die Netzwerkplanung, ECO2LAS für die Beschaffungsplanung sowie das LAS für die Ressourcenplanung von Güterverkehrszentren in der Distributionsplanung eigneten sich anhand der Auswertung am besten für das MR-Verfahren (Kapitel 5.2.1). Für die operativen Steuerungsaufgaben gab es jedoch keine eindeutige Empfehlung durch die Auswertung (Kapitel 5.2.2).

Das MR-Verfahren wurde in Kapitel 6 anhand einer beispielhaften Anwendung demonstriert. Durch einen Datensatz mit historischen Produktnachfragen wurde das Ziel für die Ermittlung der durchschnittlichen Produktnachfrage festgelegt. Das MR-Verfahren konnte erfolgreich in einem Cluster durchgeführt werden und somit die Eingabedaten parallel verarbeiten. Die Ausgabedatei ergab für jedes einzelne Produkt die durchschnittliche Menge der Produktnachfrage.

In Kapitel 7 unterläuft die Untersuchung der Eignung des MR-Verfahrens für den Einsatz in LAS einer kritischen Würdigung. Das Fazit fällt dabei für die grundlegenden Aufgaben der Informationsaufbereitung und dem unternehmensübergreifenden Einsatz im SCM positiv aus. Insbesondere der Einsatz in einem Cluster entfaltet das MR-Verfahren durch die horizontale Skalierbarkeit wesentliches Potential aus. Eine Herausforderung stellt jedoch das sinnvolle Bilden von Schlüssel-Wert-Paaren, was eine Voraussetzung für das MR-Verfahren darstellt.

Offene Fragen bleiben jedoch für die Nutzung des MR-Verfahrens in der Simulation und der Echtzeitverarbeitung. Letzteres macht sich insbesondere bei den operativen Steuerungsaufgaben bemerkbar, da hier das Aufgabenkriterium Monitoring und der MR-Eigenschaft Batch-Analyse im Konflikt stehen. Mit einem Ausblick auf diese wesentlichen offenen Fragen kann diesbezüglich das Herangehen mit der Lambda-Architektur von Bedeutung sein (Kapitel 3.2).

9 Literaturverzeichnis

- ANTONY, B.; SHAO, B.; ADAMS, C., et al. (2016): Professional Hadoop, Indianapolis: Wrox a Wiley brand.
- ARNOLD, D.; ISERMANN, H.; KUHN, A., et al. (2008): Handbuch Logistik, Berlin, Heidelberg: Springer.
- BANDOW, G.; KUHN, A.; KUHNERT, F., et al. (2006): Wissensbasiertes Innovationsmanagement. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Innovationen für Arbeit und Organisation. Dortmund: GfA-Press, S. 615–626.
- BARON, P. (2013): Big Data für IT-Entscheider, München: Hanser.
- BAUER, A.; GÜNZEL, H. (2013): Data-Warehouse-Systeme, Heidelberg: dpunkt.verlag.
- BAUMGARTEN, H. (2004): Trends in der Logistik. In: H. Baumgarten, I.-L. Darkow H. Zadek (Hrsg.): Supply Chain Steuerung und Services. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1–11.
- BECKER, T. (2004): Supply Chain Prozesse: Gestaltung und Optimierung. In: A. Busch (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 65–89.
- BLUTNER, D.; CRAMER, S.; KRAUSE, S., et al. (2009): Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung. In: P. Buchholz U. Clausen (Hrsg.): Große Netze der Logistik. Berlin: Springer, S. 241–270.
- BOCKHOLT, F. (2012): Operatives Störungsmanagement für globale Logistiknetzwerke, Dortmund: Verl. Praxiswissen.
- BUCHHOLZ, P.; CLAUSEN, U. (2009): Große Netze der Logistik, Berlin: Springer.
- DEISEROTH, J.; WEIBELS, D.; TOTH, M., et al. (2008): Simulationsbasiertes Assistenzsystem für die Disposition von globalen Lieferketten. In: M. Rabe (Hrsg.): Advances in simulation for production and logistics applications. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verl., S. 41–50.
- DOMBROWSKI, U.; HERRMANN, C.; LACKER, T., et al. (2009): Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- DORSCHER, J. (2015): Praxishandbuch Big Data, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- FARKISCH, K. (2011): Data-Warehouse-Systeme kompakt, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- FASEL, D.; MEIER, A. (2016): Big Data, Wiesbaden: Springer Vieweg.
- FREIKNECHT, J.; PAPP, S. (2018): Big Data in der Praxis. 2. Auflage, München: Hanser.
- GABRIEL (2016): Anwendungssystem. Gronau, Norbert; Becker, Jörg; Kliewer, Natalia; Leimeister, Jan Marco; Overhage, Sven. <https://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/uebergreifendes/Kontext-und-Grundlagen/Anwendungssystem>. 27.01.2021.
- GLEIBNER, H.; FEMERLING, C. (2008): Logistik. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler.

- GLUCHOWSKI, P.; CHAMONI, P. (2016): Analytische Informationssysteme, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- GÖPFERT, I.; BRAUN, D.; SCHULZ, M. (2017): Automobillogistik, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- GRUS, J. (2016): Einführung in Data Science. 1. Aufl., Heidelberg: O'Reilly Verlag.
- GÜNTHER, H.-O. (2005): Supply Chain Management und Logistik, Heidelberg: Physica-Verlag Heidelberg.
- HAAS, A. (2017): Intelligence Systeme im Logistik- und Supply Chain Management, Leipzig:
- HANSEN, H. R.; MENDLING, J.; NEUMANN, G. (2019): Wirtschaftsinformatik. 12. völlig neu bearbeitete Auflage, Berlin, Boston: DE GRUYTER.
- HAUSLADEN, I. (2016): IT-gestützte Logistik. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- HELLINGRATH, B. (2010): Verbundvorhaben "LogNetAssist - Entwicklung eines Assistenzsystems für die Steuerung intelligenter Logistiknetzwerke.
- HELLINGRATH, B.; HIEBER, R.; LAAKMANN, F., et al. (2004): Die Einführung von SCM-Softwaresystemen. In: A. Busch (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 189–213.
- HENKE, M.; MOTTA, M. (2014): IT im Supply Chain Management. In: C. Kille (Hrsg.): Navigation durch die komplexe Welt der Logistik. Wiesbaden: Springer Gabler.
- HOMPEL, M.; SCHMIDT, T. (2010): Warehouse Management, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- HOMPEL, M. ten (2014): Software in der Logistik 2014. 1. Aufl., München: Huss.
- HUBER, A.; LAVERENTZ, K. (2018): Logistik. 2. Auflage, München: Verlag Franz Vahlen.
- HUBER, W. (2016): Industrie 4.0 in der Automobilproduktion, Wiesbaden: Springer Vieweg.
- John Gantz et al. (2018): The Digitization of the World. IDC.
<https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf>.
- KEMPER, H.-G.; BAARS, H.; MEHANNA, W. (2010): Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- KUHN, A.; HELLINGRATH, B. (2002): Supply Chain Management, Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg.
- KUHN, A.; HELLINGRATH, B.; HINRICHS, J. (2008): Logistische Assistenzsysteme. In: M. ten Hompel (Hrsg.): Software in der Logistik 2008. 1. Aufl. München: Huss-Verl., S. 20–26.
- KUHN, A.; TOTH, M. (2008): Assistenzsysteme für die effektive Planung logistischer Netzwerke. In: B. Scholz-Reiter (Hrsg.): Technologiegetriebene Veränderungen der Arbeitswelt. Berlin: Gito-Verl., S. 257–278.

- KURBEL, K. (2016): Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie. 8. Auflage, Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg.
- LASSMANN, W.; SCHWARZER, J.; ROGGE, R., et al. (2006): Wirtschaftsinformatik. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler.
- MERTENS, P.; BODENDORF, F.; KÖNIG, W., et al. (2017): Grundzüge der Wirtschaftsinformatik, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- MUCHNA, C.; BRANDENBURG, H.; FOTTNER, J., et al. (2018): Grundlagen der Logistik, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- NYHUIS, P. (2008): Beiträge zu einer Theorie der Logistik, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- NYHUIS, P. (2008): Entwicklungsschritte zu Theorien der Logistik. In: P. Nyhuis (Hrsg.): Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 1–17.
- RAHM, E.; SAAKE, G.; SATTLER, K.-U. (2015): Verteiltes und paralleles Datenmanagement, Berlin: Springer Vieweg.
- REINDL, M.; OBERNIEDERMAIER, G. (2002): eLogistics, München: Addison-Wesley.
- SCHEMM, J. W. (2009): Zwischenbetriebliches Stammdatenmanagement, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- SCHILLINGER, R.; WORTMANN, B.; BUß, D. (2015): Ressourcenschonende Chemieparkslogistik. In: P. H. Voß (Hrsg.): Logistik - eine Industrie, die (sich) bewegt. 1. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 173–190.
- SCHUH, G.; STICH, V. (2013): Logistikmanagement, 6. 2. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer.
- SCHULTE, C. (2016): Logistik. 7. Auflage, München: Verlag Franz Vahlen.
- SCHWARZER, B.; KRUMHOLTZ, H. (2014): Wirtschaftsinformatik. 5. Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- SEEBOERGER-WEICHELBAUM, M. (2003): Jetzt lerne ich JSP mit Tomcat, 26300, München: Markt + Technik Verl.
- STEINER, R. (2017): Grundkurs Relationale Datenbanken, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- WAGNER, K.-P.; HÜTTL, T.; BACKIN, D., et al. (2012): Einführung Wirtschaftsinformatik, Wiesbaden: Gabler Verlag.
- WANDKE, H.; WETZENSTEIN-OLLENSCHLÄGER, E. (2003): Assistenzsysteme - Woher und Wohin? In: M. Peissner K. Röse (Hrsg.): Tagungsband UP03. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 3–7.
- WEBER, J. (2012): Logistikkostenrechnung. 3. Aufl., Berlin: Springer Vieweg.
- WEBER, J.; BACHER, A.; GROLL, M. (2004): Supply Chain Controlling. In: A. Busch (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 147–167.

WERNER, H. (2017): Supply Chain Management, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

WIERSE, A.; RIEDEL, T. (2017): Smart Data Analytics, Berlin: DE GRUYTER.

WITTENBRÖKER, S.; BRACHT, U. (2018): Logistikassistenzsystem im Behältermanagement. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113 (2018) 5, S. 316–322.

ZHAO (2017): Forecasts for Product Demand. Kaggle.

<https://www.kaggle.com/felixzhao/productdemandforecasting>. 23.03.2021.

ZIEGLER, J. (2015): Systematische Untersuchung von möglichen Datenkategorien in Supply Chains, Dortmund. Technische Universität Dortmund. Fakultät Maschinenbau.

Anhang

Anhang A: Prototyp Codes

FrequencyMapper.java

```
package ma.test.a02;

import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.FloatWritable;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class Frequency {

    public static void main(String[] args) throws Exception {
        if (args.length != 2) {
            System.err.println("Usage: Average <input path> <output path>");
            System.exit(-1);
        }

        // create a Hadoop job and set the main class
        Job job = Job.getInstance();
        job.setJarByClass(Frequency.class);
        job.setJobName("MA-Test Average");

        // set the input and output path
        FileInputFormat.addInputPath(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job, new Path(args[1]));

        // set the Mapper and Reducer class
        job.setMapperClass(FrequencyMapper.class);
        job.setReducerClass(FrequencyReducer.class);

        // specify the type of the output
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(IntWritable.class);
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(FloatWritable.class);

        // run the job
        System.exit(job.waitForCompletion(true) ? 0 : 1);
    }
}
```

PrototypMapper.java

```
package ma.test.a02;

import java.io.IOException;

import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class FrequencyMapper
extends Mapper<LongWritable, Text, Text, IntWritable> {

    @Override
    public void map(LongWritable offset, Text lineText, Context context)
        throws IOException, InterruptedException {

        String line = lineText.toString();

        if (line.contains("Product_Code, Warehouse")) {
            return;
        }

        if (line.contains("Product")) {
            String productcode = line.split(",")[0].trim();
            int orderDemand = Integer.valueOf(line.split(",")[4].trim());
            context.write(new Text(productcode), new IntWritable(orderDemand));
        }
    }
}
```

PrototypReducer.java

```
package ma.k6.prototyp;

import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.io.FloatWritable;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class PrototypReducer extends Reducer<Text, IntWritable, Text,
FloatWritable > {
    public void reduce( Text productcode, Iterable<IntWritable> orderDemands,
Context context)
        throws IOException, InterruptedException {

        float averageDemand = 0;
        float count = 0;
        for ( IntWritable orderDemand : orderDemands) {

            averageDemand +=orderDemand.get();
            count +=1;
        }

        float result = averageDemand / count;

        context.write(productcode, new FloatWritable (result));
    }
}
```

Anhang B: Sonstiges

Programmcode des Prototypen: MA_K6_Prototyp.jar

Eingabedatei: HPDemand.csv

Ausgabedatei: part-r-00000.txt