

Untersuchungen zur Datenmodellierung am Beispiel eines Logistik-Informationssystems in der metallverarbeitenden Industrie

Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades eines Diplom-Kaufmanns
am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
der Universität - Gesamthochschule Siegen

Eingereicht von:
cand. rer. pol.
Redmer Luxem
Fischbacherbergstraße 9
57072 Siegen
Matr.-Nr.: 310 075

Erstgutachter:
Universitätsprofessor
Dr. Manfred Grauer
Zweitgutachter:
Universitätsprofessor
Dr. Sigrid Müller

Siegen, 16. Dezember 1993

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
1. Problemstellung und Aufbau der Arbeit	1
2. Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Logistik.....	3
2.1. Ursprung des Wortes Logistik.....	3
2.2. Abgrenzung von Logistiksystemen.....	3
2.3. Kosten und Leistungen in Logistiksystemen	4
2.4. Logistiksystemkomponenten	6
3. Informations- und Datenbanksysteme	8
3.1. Informationssysteme	8
3.2. Datenbanksysteme.....	8
3.2.1. Die Datenbank	9
3.2.2. Das Datenbank Management System (DBMS).....	9
3.3. Modellbildung in Informationssystemen.....	10
3.4. Phasenmodell der Informationssystementwicklung.....	11
3.5. Konzepte der Datenmodellierung	13
3.5.1. Das konzeptionelle Datenmodell.....	15
3.5.2. Das logische Datenmodell	16
3.5.3. Übergang vom konzeptionellen zum logischen Datenmodell.....	17
4. Planungsphase	19
4.1. Vorstellung der Unternehmung	19
4.2. Problembeschreibung.....	19
4.2.1. Materielle Gesichtspunkte	20
4.2.1.1. Produktsortiment	20
4.2.1.2. Lager.....	20
4.2.1.3. Materialfluß	20
4.2.1.4. Transport.....	21
4.2.1.5. Transportkostenstrukturen.....	21
4.2.1.6. Lieferzeit.....	23
4.2.2. Informationsflüsse.....	23
4.2.2.1. Vorauseilende Informationen.....	23
4.2.2.2. Begleitende Informationen.....	24
4.2.2.3. Zeitlich folgende Informationen.....	25
5. Definitionsphase.....	26
5.1. Strategische Planung	27
5.1.1. Kontinuierliche Modelle	28

5.1.2. Diskrete Modelle	30
5.1.2.1. Vorstellung der Heuristik von Kuehn und Hamburger.....	31
5.1.2.2. Kritik am Verfahren von Kuehn und Hamburger	34
5.1.2.3. Datenbedarfsermittlung.....	37
5.2. Taktische Planung.....	38
5.2.1. Servicegrade in Lagerhaltungsmodellen.....	39
5.2.2. Lagerhaltungs- oder Bestellpolitik.....	40
5.2.2.1. Mehrproduktmodelle	41
5.2.2.2. Datenbedarfsermittlung.....	42
5.3. Operative Planung	43
5.3.1. Abgrenzung des Problemfeldes	44
5.3.2. Das klassische Transportproblem.....	45
5.3.3. Probleme beim Einsatz von Algorithmen zur Lösung klassischer TPP im Beispielunternehmen.....	46
5.3.4. Lösungsvorschlag	47
5.3.5. Datenbedarfsermittlung	49
5.4. Weitere Aufgabenfelder eines Logistikinformationssystems.....	50
5.4.1. Steuerungsaufgaben.....	50
5.4.2. Kontrollfunktionen.....	50
5.4.3. Datenbedarfsermittlung	51
6. Entwurfsphase	52
6.1. Vorstellung des Entity-Relationship-Modells	52
6.2. Vorstellung des grafischen Editors ERDRAW 3.1.....	53
6.2.1. Uminterpretation von Beziehungstypen zu Entitytypen	55
6.2.2. Generalisierung und Spezialisierung.....	56
6.2.3. Modellierung existentieller Abhängigkeiten.....	57
6.3. Modellbeschreibung.....	58
6.3.1. Artikelsortiment	58
6.3.2. Lager	59
6.3.3. Distribution.....	60
6.3.3.1. Kunden	61
6.3.3.2. Auftrag.....	62
6.3.3.3. Auftragsposition.....	62
6.3.3.4. Warenausgang	63
6.3.4. Transport	65
6.3.5. Umlagerung	68
6.3.6. Wareneingang.....	69
6.3.7. Beschaffung von Handelswaren.....	70
6.3.7.1. Zulieferung.....	70
6.3.7.2. Hersteller.....	70
6.3.7.3. Bestellung.....	71
6.3.7.4. Bestellposition.....	71
6.3.8. Eigenproduktion	73
6.3.8.1. Produktionsauftrag.....	73
6.3.8.2. Werk.....	74
6.3.8.3. Fertigstellungsmeldung.....	74

6.3.9. Prognosen.....	75
7. Implementierungsphase	77
7.1. Vorgehen bei der Implementierung	77
7.2. Vorstellung SDT 5.1.....	77
8. Zusammenfassung der Ergebnisse	79
Literaturverzeichnis	81
ANHANG A: Begriffsdefinitionen.....	87
ANHANG B: Kostenaufstellung der Logistikkosten.....	89
ANHANG C: Transformationsregeln (Mapping).....	90
ANHANG D : Attributlisten.....	91
ANHANG E : Create Table Statements	98
ANHANG F : Übersichtsgrafiken ER-Modell	102
Eidesstattliche Erklärung.....	107

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ANSI	American National Standards Institute
BSL	Bundesverband Spedition und Lagerei
C-Lager	Consignationslager oder Konsignationslager
CASE	Computer Aided Software Engineering
CODASYL	Committee on Data Systems Languages
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DBTG	Data Base Task Group
DDL	Data Definition Language
DPD	Deutscher Paket Dienst
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EER	Extended-Entity-Relationship
ERDRAW	verwendeter Diagramm-Editor
ERM	Entity-Relationship-Modell
EUS	entscheidungsunterstützende Systeme
GFT	Güterfernverkehrstarif
GWG	geringwertige Wirtschaftsgüter
IBM	International Business Machines Corporation
IMS	Information Management System
Incoterms	international commercial terms
OR	Operations Research
PLZ	Postleitzahl
RKT	Reichskraftwagentarife
SDT	verwendetes Translation Tool
SGT	Spediteursammeltariff
SPARC	Systems Planning and Requirements Committee
TPP	Transportproblem
UPS	United Parcel Service
WA	Warenausgang
WE	Wareneingang
WLP	Warehouse-Location-Problem

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Relevante Kosten der Logistik	5
Abb. 2: Phasenmodell zur Entwicklung von Informationssystemen.....	12
Abb. 3: Drei-Ebenen-Modell der Datenbankarchitektur	14
Abb. 4: Sammelbestellungen.....	42
Abb. 5: Darstellungsbeispiel ER-Diagramm.....	54
Abb. 6: Uminterpretation von Beziehungstypen.....	56
Abb. 7: Generalisierung und Spezialisierung	56
Abb. 8: existentielle Abhängigkeit	57
Abb. 9: Artikelsortiment	58
Abb. 10: Lager und Bestand	60
Abb. 11: Distribution.....	61
Abb. 12: Auftragsposition und Warenausgang	63
Abb. 13: Selbstabholung und Kundenlieferung	64
Abb. 14: Übersicht Transportbereich.....	65
Abb. 15: Kosten beim Speditionstransport	66
Abb. 16: Kosten beim Paketversand.....	68
Abb. 17: Umlagerung und Wareneingang	69
Abb. 18: Zulieferungen durch Hersteller.....	70
Abb. 19: Hersteller, Bestellung, Bestellposition und Artikel.....	71
Abb. 20: Bestellposition zu Wareneingang	72
Abb. 21: Eigenfertigung	73
Abb. 22: Fertigstellungsmeldung und Umfeld.....	74
Abb. 23: Absatzprognosen.....	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug aus Kundensatztafel 1 des BSL.....	22
Tabelle 2: Auszug aus Hausfrachtentabelle des BSL	22
Tabelle 3: Komplexitätsgrade von Beziehungen.....	55

1. Problemstellung und Aufbau der Arbeit

Der Einsatz von Informationssystemen hat in den letzten Jahren aufgrund der stetig wachsenden Datenflut, mit denen sich Unternehmen heutzutage konfrontiert sehen, stark zugenommen. Aus dieser Datenflut sollen, um Entscheidungen treffen zu können, aktuelle, präzise und zuverlässige Informationen gewonnen werden. Zudem betreffen diese Entscheidungen nicht isolierte Unternehmensbereiche. Entsprechend müssen - innerhalb des Informationssystems - verschiedene Analysen und Anwendungen durchgeführt werden, die einen bereichsübergreifenden Datenzugriff erfordern.

Zur Schaffung einer Datenbasis für Anwendungen mit unterschiedlichsten Datenbedarfsansprüchen werden in Informationssystemen Datenbanksysteme eingesetzt. Diese Datenbanksysteme haben die Aufgabe, den Zugriff der verschiedenen Anwendungen auf die gemeinsame Datenbasis zu regeln, so daß Inkonsistenzen vermieden werden. Zum Aufbau eines Datenbanksystems, das die Grundlage eines Informationssystems bilden soll, ist ein strukturiertes Vorgehen notwendig. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen Untersuchungen zur konzeptionellen Datenmodellierung für ein derartiges Datenbanksystem am Beispiel eines Logistik-Informationssystems eines Betriebes der metallverarbeitenden Industrie durchgeführt werden. Dazu wird - unter Verwendung des grafischen Diagramm-Editors ERDRAW - ein Entity-Relationship-Modell erstellt. Anschließend wird mit Hilfe des Übersetzungstools SDT der Programmcode zur Implementierung der Datenbank im Datenbank Management System SYBASE generiert.

Aufgrund der Komplexität des Themenbereiches Logistik wird im Rahmen dieser Arbeit exemplarisch ein Ausschnitt des gesamten logistischen Problemfeldes dargestellt. In Absprache mit den Ansprechpartnern in der betrachteten Beispielfirma wurde der Bereich der Distributionslogistik ausgewählt. Es werden neben den rein distributorischen Abläufen auch der Bereich "Beschaffung von Handelswaren" und die logistischen Aspekte von "Eigenfertigungen"¹ betrachtet.

Das folgende Kapitel enthält einige grundlegende Aussagen zum Themenkomplex Logistik. Im dritten Kapitel folgen allgemeine Erläuterungen zu Informations- und Datenbanksystemen sowie zu Modellierungskonzepten. Dort wird ein Phasenmodell

¹ Zum Gebrauch der Begriffe Handelsware und Eigenfertigung in dieser Arbeit siehe: Anhang A: Begriffsdefinitionen.

zum Entwurf von Informationssystemen vorgestellt, das die Struktur der weiteren Arbeit bestimmt. In Kapitel 4 erfolgt innerhalb der Planungsphase eine kurze Vorstellung der Beispielfirma und eine Beschreibung des zu modellierenden Diskursbereiches. Anschließend wird im Rahmen einer Definitionsphase ein Anforderungsprofil für das zu entwickelnde Logistik-Informationssystem erstellt und der sich daraus ergebende Datenbedarf ermittelt. In Kapitel 6 werden das Entity-Relationship-Modell von Chen² und die in ERDRAW verwendeten Erweiterungen vorgestellt und die konzeptionelle Datenmodellierung für das Informationssystem durchgeführt. Kapitel 7 beschäftigt sich mit der Implementierung der Datenbank. Den Abschluß der Arbeit bilden eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Hinweise für weiteres Vorgehen.

² Vgl. Chen: The Entity-Relationship Model, S. 9-36.

2. Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Logistik

2.1. Ursprung des Wortes Logistik

Zunächst entwickelte sich der Begriff Logistik im militärischen Bereich. Dort bezeichnet er das Nachschubwesen zur Versorgung der Truppe.³ Diese Bedeutung wird aus dem französischen "loger", übersetzbar mit beherbergen, unterbringen oder allg. (hin- hinein-) bringen,⁴ abgeleitet. Ausgehend vom militärischen Bereich hat der Begriff Logistik auch im wirtschaftswissenschaftlichen Sprachgebrauch Einzug gehalten. Hier kommt der Logistik die Aufgabe zu, die richtigen Produkte im richtigen Zustand zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen.⁵ Oder wie Kirsch es ausdrückt, "die Gestaltung, Steuerung, Regelung und Durchführung des gesamten Flusses an Energie, Informationen, Personen, insbesondere jedoch von Stoffen (Materie, Produkte) innerhalb und zwischen Systemen."⁶

2.2. Abgrenzung von Logistiksystemen

Das Problemfeld der Logistik läßt sich grob in die Bereiche Makro-, Meta- und Mikrologistik aufteilen. Dabei befaßt sich die Makrologistik mit Zusammenhängen gesamtwirtschaftlicher Art, während die Mikrologistik Systeme einzelner Organisationen betrachtet. Die Metalogistik bildet die verbindende Stufe und befaßt sich mit der Kooperation verschiedener Organisationen im Güterfluß.⁷ Das mikrologistische System in einer Unternehmung läßt sich funktionell weiter unterteilen in Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik. Dabei werden Beschaffungs- und Distributionslogistik oft unter dem Begriff Marketinglogistik zusammengefaßt.⁸ Sie bilden den Gegenstand dieser Arbeit.

³ Vgl. Duden - Fremdwörterbuch; Bd. 5, S.464.

⁴ Vgl. Weis: Pons-Globalwörterbuch.

⁵ Vgl. Bienert: Modell- und computergestützte Planung logistischer Systeme, S. 5.

⁶ Vgl. Kirsch: Logistik, S.69.

⁷ Vgl. Pfohl: Logistiksysteme, S. 13.

⁸ ebenda, S. 15ff.

2.3. Kosten und Leistungen in Logistiksystemen

"The goal of logistical performance is to achieve a predetermined level of manufacturing-marketing support at the lowest possible total cost expenditure."⁹ Aus dieser Aussage von Bowersox läßt sich die Bedeutung der beiden Aspekte Kosten und Leistung im Zielsystem eines Logistikkonzeptes ableiten. Zwischen den Kosten- und Leistungszielen bestehen Konflikte, so daß im Rahmen der Erstellung eines logistischen Systems Kompromisse gefunden werden müssen. Hier sollen zunächst die beiden Zielkomponenten näher untersucht werden.

Unter Logistikkosten versteht man den bewerteten Einsatz von Produktionsfaktoren zum Zwecke der Erstellung der logistischen Leistung. Die verschiedenen Kostenarten lassen sich nicht unabhängig voneinander optimieren, sondern es bestehen wechselseitige Abhängigkeiten. So lassen sich zum Beispiel durch Direktvertrieb ab Werk die Lagerkosten reduzieren, andererseits steigen aber aufgrund vermehrter Fahrten die Transportkosten. Die zwischen den einzelnen Kostenarten bestehenden Interdependenzen werden in Abb. 1 angedeutet.

⁹ Vgl. Bowersox: Logistical Management, S. 4.

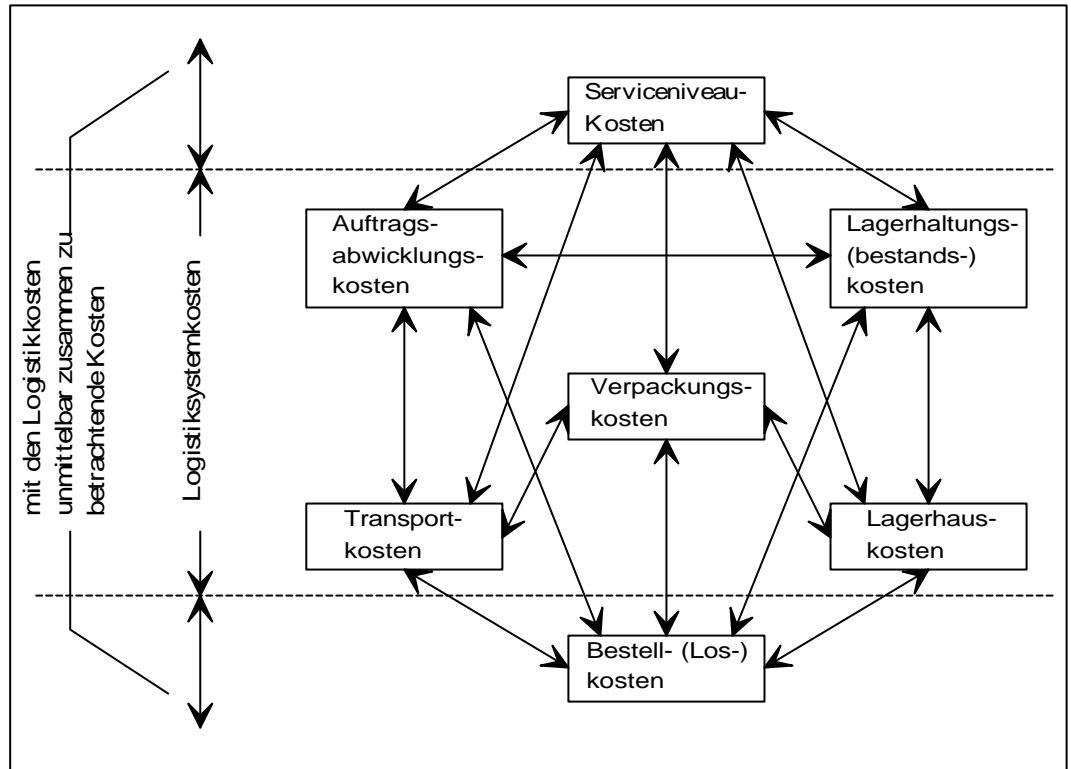


Abb. 1: Relevante Kosten der Logistik¹⁰

Bei der Diskussion über die Logistikkosten werden in unterschiedlichen Untersuchungen sehr verschiedene Werte ermittelt. Nach Aussage von Pfohl¹¹ liegt dies zum großen Teil daran, daß der Begriff der Logistikkosten unterschiedlich weit gefaßt wird. In neueren Aufstellungen wird der Begriff zusehends weiter gefaßt, und auch Kosten für Bestände in Produktionslagern und Wareneingangslagern werden als Logistikkosten ausgewiesen. Für eine Übersicht über Logistikkosten sei auf Anhang B dieser Arbeit verwiesen.

Wie erwähnt sind bei der Analyse von Logistiksystemen sowohl Kosten- als auch Leistungsaspekte zu berücksichtigen. Erst aus der Gegenüberstellung von Kosten- und Leistungsaspekten lassen sich Aussagen über die Effizienz von Logistiksystemen machen.

Den in Abb. 1 dargestellten Kostenbereichen steht als Leistung der Service der Bereitstellung von Teilen für die Produktion und von Fertigprodukten für die Kunden gegenüber¹². Dabei lassen sich im Rahmen einer Kostenarten- und Kostenstellenrechnung die anfallenden Logistikkosten relativ leicht ermitteln, während es

¹⁰ Vgl. Pfohl: Logistiksysteme, S. 22.

¹¹ ebenda, S. 41ff.

¹² ebenda, S. 18.

größere Probleme bereitet, die Leistung der Logistik zu quantifizieren. Versucht wird dies, indem der Lieferservice in vier Komponenten zerlegt und die einzelnen Bestandteile bewertet werden. So unterteilt Pfohl¹³ in:

1. **Lieferzeit:** Darunter wird die Zeitspanne zwischen Auftragserteilung und Wareneingang beim Kunden verstanden. Die Lieferzeit setzt sich aus verschiedenen Teilabschnitten zusammen: Der Auftragsübermittlung und -bearbeitung, der Zusammenstellung, der Verladung, dem Transport und der Entladung beim Kunden. Dabei sind nur distributionsabhängige Lieferzeitkomponenten, nicht jedoch solche, die von der Produktion oder dem Einkauf zu verantworten sind, für die Beurteilung von Logistiksystemen relevant.
2. **Lieferzuverlässigkeit:** Die Lieferzuverlässigkeit gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der die zugesagte Lieferzeit eingehalten wird. Dabei spielen zwei wesentliche Einflußfaktoren eine Rolle. Zum einen die Einhaltung der für die einzelnen Lieferzeitkomponenten vorgesehenen Zeitspannen und zum anderen die Lieferbereitschaft, die angibt, inwieweit ein Auftrag vom Lager beliefert werden kann.
3. **Lieferungsbeschaffenheit:** Die Lieferungsbeschaffenheit gibt den Anteil von Fehllieferungen und beschädigten Lieferungen an.
4. **Lieferflexibilität:** Darunter versteht man die Möglichkeiten der Erfüllung von Kundenwünschen z.B. hinsichtlich der Auftrags- und Liefermodalitäten oder nach Informationen über den Stand der Abwicklung seiner Bestellungen.

Im Gegensatz zu den ersten drei Komponenten läßt sich die Lieferflexibilität nur schwer quantifizieren, aber auch sie sollte bei der Beurteilung von Logistiksystemen nicht außer acht gelassen werden.

2.4. Logistiksystemkomponenten

Betriebliche Logistiksysteme lassen sich nach Bowersox¹⁴ in fünf Komponenten unterteilen. Er nennt Standortstruktur, Transport, Bestandsführung, Kommunikation und Handling. Für jeden dieser Bereiche müssen im Rahmen der betrieblichen Planung Entscheidungen getroffen werden, die zum Teil weitreichende Konsequenzen nach sich

¹³ Vgl. Pfohl: Logistiksysteme, S. 26ff.

¹⁴ Vgl. Bowersox: Logistical Management, S. 42ff.

ziehen.¹⁵ Dabei gilt auch hier, analog zum Bereich der Kostenbetrachtung, daß unkoordinierte Optimierung der Einzelbereiche nur zu suboptimalen Lösungen für das Gesamtsystem führt.

Eine Koordination der verschiedenen Bereiche ist jedoch nur möglich, wenn die verantwortlichen Stellen im Unternehmen mit den für die Entscheidungsfindung notwendigen Informationen versorgt werden. Dafür ist es notwendig, ein Informationssystem zu schaffen, das die relevanten Daten erfaßt und durch geeignete Aufbereitung den Entscheidungsprozeß unterstützt. Ziel dieser Arbeit ist es, die Grundlagen für den Aufbau eines solchen Systems zu schaffen.

¹⁵ z.B. Kapitalbindung beim Erwerb von Lagerraum, langfristige Rahmenverträge mit Speditionen

3. Informations- und Datenbanksysteme

3.1. Informationssysteme

"Ein betriebliches Informationssystem dient zur Abbildung der Leistungsprozesse und Austauschbeziehungen im Betrieb und zwischen dem Betrieb und seiner Umwelt."¹⁶ Betriebliche Gesamtsysteme lassen sich unterteilen in ein Basissystem, das die Bereiche der betrieblichen Leistungserstellung umfaßt, und ein betriebliches Informationssystem.¹⁷ Das Informationssystem besteht aus den Funktionsbereichen Planung, Steuerung und Kontrolle. Die Ergebnisse der Planung werden im Rahmen der Steuerung an das Basissystem übertragen. Der Funktionsbereich Kontrolle überprüft, ob das Basissystem planmäßig operiert.¹⁸ Werden Abweichungen festgestellt, müssen erneut Steuerungsanweisungen an das Basissystem übermittelt werden und gegebenenfalls neue Planungen erfolgen. Der oben beschriebene Ablauf wiederholt sich ständig und sorgt so für die Funktions- und Reaktionsfähigkeit der Unternehmung.

Grundlage für die Planung und Steuerung sind zum einen Informationen, die aus Kontrolldaten des Basissystems entnommen werden, und zum anderen Informationen, die aus Analysen der betrieblichen Umwelt gewonnen werden.

3.2. Datenbanksysteme

Eine Hauptaufgabe von Informationssystemen ist es, große Datenmengen zu erfassen und daraus durch geeignete Aufbereitung und Auswertung Informationen zu gewinnen, die als Grundlage für die oben beschriebenen Planungs- und Steuerungsfunktionen dienen.¹⁹ Während früher häufig Systeme zum Einsatz kamen, bei denen jedes Anwendungsprogramm für die Speicherung und Verwaltung "seiner" Daten verantwortlich war, haben sich inzwischen Datenbanksysteme mehr und mehr durchgesetzt. Ein Datenbanksystem besteht aus den beiden Bestandteilen Datenbank und Datenbankmanagementsystem (DBMS).

¹⁶ Vgl. Hansen: Wirtschaftsinformatik, S. 68ff.

¹⁷ Vgl. Ferstl / Sinz: Software-Konzepte, S. 6.

¹⁸ Vgl. Ferstl / Sinz: Software-Konzepte, S. 7.

¹⁹ Vgl. Wilke: ORACLE, S. 6.

3.2.1. Die Datenbank

Unter einer Datenbank versteht man eine logisch organisierte und strukturierte Datensammlung mit den folgenden Eigenschaften:²⁰

- Die Datenbank enthält alle wesentlichen Informationen eines als Miniwelt oder Diskursbereich bezeichneten Realitätsausschnittes²¹ in expliziter Form. Veränderungen an den realen Tatbeständen werden auch in der Datenbank wiedergegeben.
- Die Daten sind vereinheitlicht und nur einmal abgespeichert. Dadurch lassen sich Redundanzen und Inkonsistenzen in der Datenhaltung auf ein Minimum reduzieren. Auch der Aufwand der Datenerfassung wird verringert, da die Daten nach einmaliger Erfassung in der Datenbank zur Verfügung stehen und nicht für jede Anwendung neu erfaßt werden müssen.
- Die so erstellte Datenbasis dient allen Nutzern mit Informationen. Dabei lassen sich die Aufbereitung und der Zugriff auf die Daten nutzerindividuell steuern. Durch gemeinsame Nutzung der Datenbank ist ein Datentransfer zwischen unterschiedlichen Datenbeständen verschiedener Anwendungen - wie er in dateibasierten Systemen üblich war - nicht mehr notwendig.

3.2.2. Das Datenbank Management System (DBMS)

Ein DBMS ist ein Werkzeug, das die Handhabung von Daten in Datenbanken ermöglicht. Die Zugriffe der unterschiedlichen Anwendungen werden ebenso durch das DBMS geregelt wie die Verwaltung der Datentypen und die physikalische Speicherung der Daten. Damit übernimmt das DBMS eine Schnittstellenfunktion zwischen den in der Datenbank gespeicherten Daten und den unterschiedlichen Anwendungen, die auf diese Daten zugreifen:²²

Aus dieser kurzen Darstellung von Datenbanken und DBMS lassen sich klare Vorteile für den Einsatz von Datenbanksystemen erkennen. Durch die Schaffung einer gemeinsamen Datenbasis entfallen Prozesse der Mehrfacherfassung von Daten und des Datentransfers zwischen unterschiedlichen Anwendungen. Die redundanzfreie und kon-

²⁰ Vgl. Wilke: ORACLE, S. 14.

²¹ vgl Lockemann / Rademacher: Datenmodellierung, S. 4.

²² weitere Ausführungen in Elmasri / Navathe: Fundamentals of Database Systems, S. 23-35.

sistente Datenbasis kann Informationen als Grundlage für Entscheidungen liefern, die bereichsübergreifend sind und auf aktuellen Daten basieren. Bereichsübergreifende Daten waren in Dateisystemen beinahe unmöglich zu erhalten, denn der Datenzugriff war stets auf einen bestimmten Bereich beschränkt, was dazu führte, daß die Koordination zwischen den einzelnen Bereichen stark erschwert wurde.

3.3. Modellbildung in Informationssystemen

Ziel der Modellbildung ist es, eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit zu erstellen, die zum Beispiel zu Zwecken der Prognose oder der Entscheidungsfindung anwendbar ist. Zwei konfliktäre Forderungen sind bei der Modellerstellung zu berücksichtigen:²³

1. Die ausreichende Wirklichkeitsnähe. Hier wird im strengsten Falle gefordert, daß das Modell die isomorphe Strukturabbildung des betrachteten Realitätsausschnitts sei. Das heißt, daß jedem Element und jeder Beziehung zwischen den Elementen, die in der realen Welt existieren, ein Element und eine Beziehung im Modell entsprechen und umgekehrt. Dies führt aber zu Modellen, die nicht mehr vereinfachend wirken. Daher wird die Forderung abgeschwächt, und man begnügt sich mit "ausreichender Ähnlichkeit zwischen Original und Modell"²⁴, sogenannter Homomorphie.
2. Die praktische Durchführbarkeit. Ein Modell, das nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand gelöst werden kann oder das die Anwender überfordert, hat keinen praktischen Wert.²⁵

Bei der Formulierung des Modells ist folglich ein Ausgleich zwischen angemessener Wirklichkeitsnähe und praktischer Durchführbarkeit zu suchen.

Innerhalb des zu entwickelnden Informationssystems werden unter anderem mathematische Modelle mit quantitativen Größen und Beziehungen zur Unterstützung der betrieblichen Entscheidungsfindung entwickelt. Dieser Bereich der Unternehmensforschung wird als Operations Research (OR) bezeichnet.²⁶ In der Literatur zum Thema Operations Research wird eine Reihe solcher Modelle entwickelt, jedoch werden die

²³ Vgl. Assfalg: Lagerhaltungsmodelle, S. 9ff.

²⁴ Vgl. Gabler: Wirtschafts-Lexikon, Band 4, S. 434.

²⁵ Vgl. Assfalg: Lagerhaltungsmodelle, S. 11.

²⁶ Vgl. Gabler: Wirtschafts-Lexikon, Band 4, S. 710.

Methoden der Datengewinnung, -strukturierung und -speicherung in diesem Bereich weitgehend außer acht gelassen.²⁷ Die Aussagefähigkeit der Modelle steht und fällt jedoch mit der Qualität und Vollständigkeit der eingehenden Daten.

Eine Aufgabe dieser Arbeit besteht darin, eine Verbindung zwischen den im Informationssystem verwendeten quantitativen Modellen und deren Datenbedarf herzustellen, so daß eine vollständige Unterstützung der Entscheidungsfindung sowie der Steuerung und Kontrolle der betrieblichen Tätigkeit gewährleistet wird.

3.4. Phasenmodell der Informationssystementwicklung

Aufgrund der hohen Komplexität von Informationssystemen ist es notwendig, die Entwicklung solcher Systeme in mehrere Phasen aufzuteilen. In jeder dieser Phasen entsteht ein Produkt, das mit den gestellten Anforderungen abgeglichen werden kann. Der Entwicklungsprozeß wird dadurch transparenter und eine frühe Erkennung von Fehlentwicklungen wird ermöglicht. Gleichzeitig bildet jedes Phasenergebnis die Grundlage für weiteres Vorgehen.²⁸ Es werden in der Literatur verschiedene Ablaufmodelle zur Entwicklung von Informationssystemen vorgeschlagen.²⁹ Der Aufbau dieser Arbeit orientiert sich an einem von Balzert³⁰ propagierten Phasenmodell.

²⁷ Vgl. Brunberg: Optimale Lagerhaltung, S. 4f.

²⁸ Vgl. Reusch: Informationssysteme, S. 1-27.

²⁹ Vgl. Vetter: Anwendungssoftware-Entwicklung, S.111ff; Zehnder: Informatik-Projektentwicklung, S. 10ff.

³⁰ Vgl. Balzert: CASE, S. 29ff.

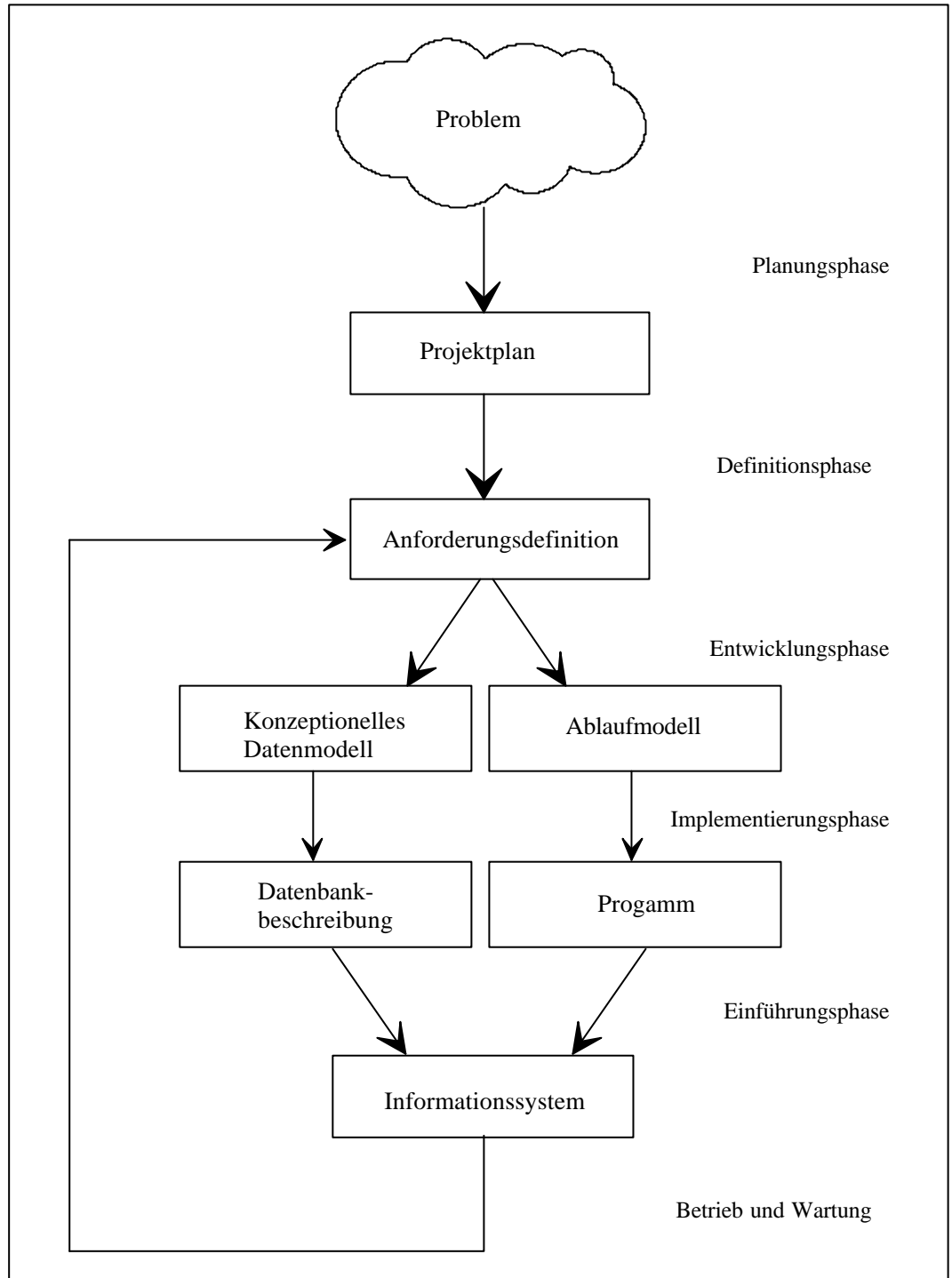


Abb. 2: Phasenmodell zur Entwicklung von Informationssystemen³¹

Es folgt ein kurzer Überblick über den Inhalt der einzelnen Phasen des in Abb. 2 dargestellten Modells.

³¹ Vgl. Hansen: Wirtschaftsinformatik, S. 559.

In der Planungsphase wird eine Ist-Analyse durchgeführt und entschieden, ob ein Informationssystem entwickelt werden soll. Anschließend wird in der Definitionsphase eine Anforderungsspezifikation erstellt, die bestimmt, welche Aufgaben durch das Informationssystem erfüllt werden sollen. Aufgrund dieser Anforderungsspezifikation werden in der Entwurfsphase ein konzeptionelles Datenmodell und ein Ablaufmodell erstellt. Im konzeptionellen Datenmodell werden mit Modellierungstechniken wie dem Entity-Relationship-Modell die zu speichernden Datenstrukturen dargestellt, während im Ablaufmodell die für das Informationssystem benötigten Prozesse und Funktionen beschrieben werden. In der Implementierungsphase werden aus dem konzeptionellen Datenmodell die Datenbankbeschreibung und aus dem Ablaufmodell die Programme gewonnen und implementiert. Nach Bestehen von Abnahmetests wird das Informationssystem in der Einführungsphase den Benutzern zur Verfügung gestellt. Während des Betriebs müssen Unzulänglichkeiten korrigiert und Anpassungen an veränderte Umstände durchgeführt werden.

"Da bekannt ist, daß die Beseitigung eines Fehlers umso aufwendiger ist, je später er entdeckt wird,"³² kommt den frühen Phasen im Entwurfsprozeß eine besondere Bedeutung zu. Daher liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf den Phasen der Planung, der Definition und des Entwurfs. Innerhalb der Planungs- und Definitionsphase erfolgen eine mehr verbal orientierte Problemdarstellung und Anforderungsspezifikation. Darauf aufbauend wird in der Entwurfsphase eine Methode zur Datenmodellierung eingesetzt, die als Verständigungsgrundlage für die mehr DV-technisch orientierte Datenverarbeitungsabteilung und die mehr betriebswirtschaftlich orientierte Fachabteilung dienen soll. Während der Datenmodellierung das Hauptaugenmerk gilt, darf nicht vergessen werden, daß zwischen den Daten und Funktionen wechselseitige Abhängigkeiten bestehen. So muß bei der Datenmodellierung berücksichtigt werden, welche Funktionen auf die Daten zugreifen. Gleichzeitig darf bei der Gestaltung der Funktionen nicht außer acht gelassen werden, welche Daten zur Verfügung stehen und wie diese strukturiert sind.

3.5. Konzepte der Datenmodellierung

Bei dem in Abschnitt 3.4. behandelten Phasenmodell zur Entwicklung von Informationssystemen wird innerhalb der Entwurfs- und Implementierungsphase ein paralleles Vorgehen zur Entwicklung der Datenstrukturen und Funktionen vorgeschlagen. An dieser

³² Scheer: Informationssysteme, S. 12.

Stelle soll der Bereich der Datenmodellierung näher betrachtet und dazu in mehrere Abschnitte unterteilt werden.

Ausgehend von einem Vorschlag des ANSI/SPARC-Komitees³³ aus dem Jahre 1975 wird in der Literatur häufig eine Drei-Ebenen-Architektur eines Datenbanksystems verwendet. Man unterscheidet zwischen einer externen (Benutzer-), einer konzeptionellen und einer internen Ebene.³⁴

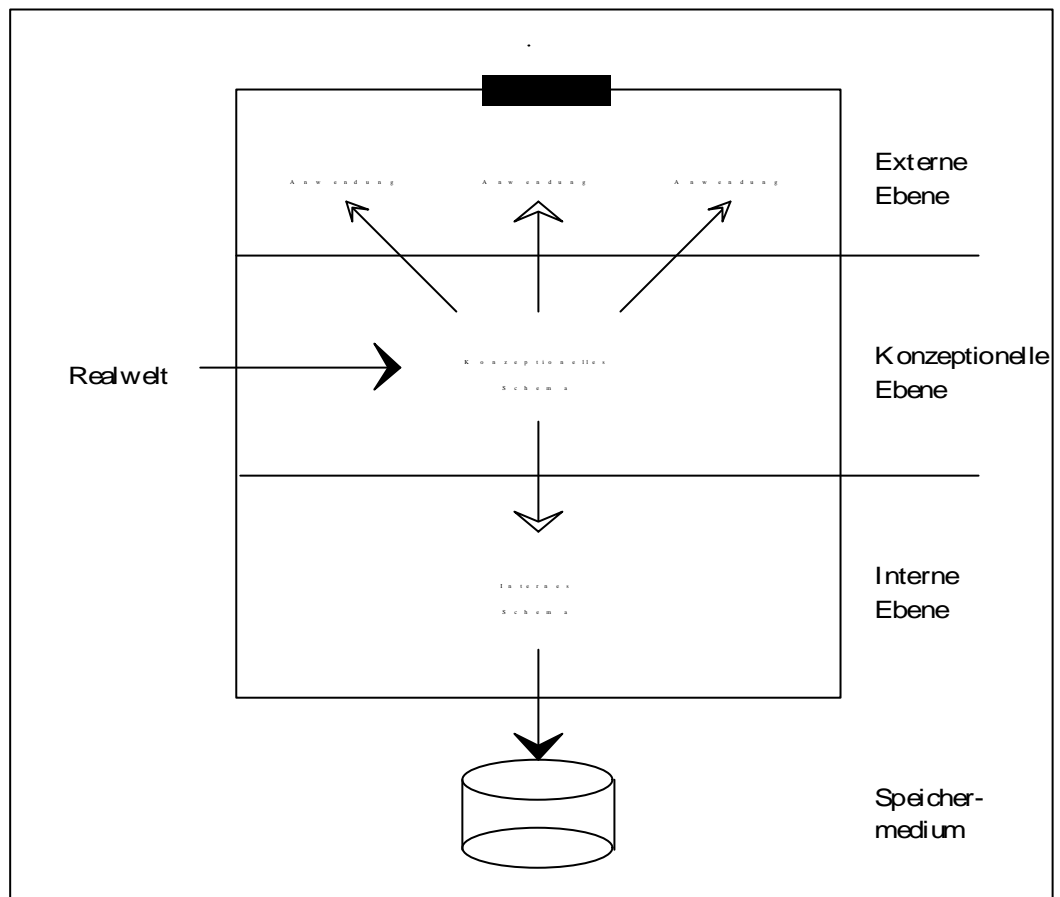


Abb. 3: Drei-Ebenen-Modell der Datenbankarchitektur³⁵

Die externe Ebene wird durch die von unterschiedlichen Benutzern oder Programmen benötigten Datensichten auf eine gemeinsame Datenbasis gebildet. Diese gemeinsame Datenbasis wird auf der darunterliegenden Ebene in Form des konzeptionellen Datenmodells dargestellt. Als unterste Ebene folgt das interne Schema, das die logischen Datenstrukturen abbildet, die auf einem Speichermedium in physischen Datenstrukturen

³³ Vgl. ANSI / X3 / Sparc: Interim Report.

³⁴ Vgl. Rauh: Informationsmanagement, S. 167ff; Ferstl, O.: Softwarekonzepte, S. 212ff.

³⁵ Vgl. Vetter: Aufbau betrieblicher Informationssysteme, S.178.

implementiert werden. Im internen Schema werden soft- und hardwarespezifische Gesichtspunkte der Datenhaltung entworfen.

Lockemann und Rademacher verstehen unter Datenmodellierung "die Bestimmung der Diskurswelt und ihrer Gesetzmäßigkeiten und deren Umsetzung in eine formale Beschreibung."³⁶ Sie teilen den Prozeß der Datenmodellierung in zwei aufeinanderfolgende Schritte ein. Zunächst wird unabhängig vom zu verwendenden Datenbanksystem ein konzeptionelles Schema erstellt und anschließend mittels formalisierter Transformationen in ein logisches Datenmodell umgesetzt.

3.5.1. Das konzeptionelle Datenmodell

Durch die Art der Informationsstrukturierung in den logischen Datenmodellen, auf die im nächsten Abschnitt näher eingegangen wird, entsteht zwischen der logischen Datenstruktur und der Umweltsemantik eine Lücke, die erst durch die Benutzer durch die richtige Wahl von DV-Operationen geschlossen werden muß.³⁷ Um diesen großen Abstand von der Umweltsemantik zu überbrücken, wird der Zwischenschritt eines semantischen oder konzeptionellen Datenmodells gewählt. Dadurch werden entscheidende Vorteile gewonnen. Durch mächtige Modellierungskonstrukte sind die konzeptionellen Datenmodelle in der Lage, die "semantische Lücke" zwischen der Realwelt und dem logischen Datenmodell zu überbrücken. Aufgrund der Hard- und Software-unabhängigkeit des konzeptionellen Modells lassen sich die dort abgebildeten Zusammenhänge bei technischen Weiterentwicklungen im Bereich von Soft- und Hardware übernehmen, während sich interne Schemata oft erst nach erheblichen Anpassungen weiterverwenden lassen oder völlig neu konzipiert werden müssen. Es sind für die konzeptionelle Modellierung Verfahren entwickelt worden, die:

- einen konsistenten Entwurf erleichtern, indem sie Integritätsbedingungen, die an die Datenbank gestellt werden, automatisch überprüfen, und
- mittels Diagramm-Techniken eine Darstellungsform liefern, die als Schnittstelle und Diskussionsgrundlage zwischen Anwendern und Entwicklern von Datenbanken dienen kann.

Auf diese Weise lassen sich schon in der Entwicklungsphase die Erfahrungen und Anregungen der späteren Nutzer in den Systemaufbau integrieren. Eine dieser

³⁶ vgl Lockemann / Rademacher: Datenmodellierung, S. 4.

³⁷ Vgl. Böhnlein / Nittel / Dittrich: Semantische Datenmodelle, S. 116.

Modellierungstechniken wird in dieser Arbeit in der Entwurfsphase eingesetzt und dort näher erläutert.

3.5.2. Das logische Datenmodell

Nachdem das konzeptionelle Datenmodell erstellt wurde, muß eine Entscheidung über die Verwendung eines bestimmten logischen Datenmodells erfolgen. Bei logischen Datenmodellen wird unterschieden zwischen dem hierarchischen Datenmodell, dem Netzwerkmodell und dem relationalen Datenmodell.³⁸

1. Das hierarchische Datenmodell basiert auf einer streng hierarchischen Struktur der Elemente. Bekanntester Vertreter dieser Gruppe ist das von IBM entwickelte Information Management System (IMS). Es soll an dieser Stelle nicht weiter auf dieses Datenmodell eingegangen werden, sondern es wird auf die Literatur verwiesen.³⁹
2. Das Netzwerkmodell ist auf netzwerkartigen Strukturen zwischen den Elementen abgestellt. Grundlage dieses Modells sind Vorschläge der CODASYL Data Base Task Group (DBTG). Auch hier sei für weitere Ausführungen auf die Literatur verwiesen.⁴⁰
3. Das relationale Datenmodell basiert auf Tabellen (sogenannten Relationen) zur Darstellung der Daten. Dieses Modell wurde von Codd⁴¹ im Jahre 1970 vorgestellt und ist "das wichtigste und am weitesten verbreitete Datenmodell."⁴² Ein relationales Datenmodell besteht aus einer Menge von Tabellen. Jede Tabelle besteht aus einem Kopf- und einem Datenteil. Der Kopfteil enthält eine feste Menge von Attributen, denen Wertebereiche zugeordnet sind. Der Datenteil wird durch eine Menge von veränderbaren Datensätzen (Tupeln) gebildet, die Ausprägungen für die Attribute des Kopfteils enthalten. Auf diese Tabelle werden gewisse Operationen durchgeführt, die auch als relationale Algebra bezeichnet werden, wie z. B. die Operationen *select*, *join* und *project*.⁴³ In relationalen Datenschemata sind eine Reihe von

³⁸ Zu detaillierten Vorstellungen siehe z.B. Schlageter / Stucky: Datenbanksysteme S. 92ff; Elmasri / Navathe: Fundamentals of Database Systems, S. 135ff.

³⁹ Vgl. IBM Corporation: General Information; sowie IBM Corporation: Utilities Reference.

⁴⁰ Vgl. CODASYL: Data Base Task Group; sowie CODASYL: DDL.

⁴¹ Vgl. Codd: A Relational Model.

⁴² Vgl. Hansen: Wirtschaftsinformatik, S. 567.

⁴³ Vgl. Elmasri / Navathe: Fundamentals of Database Systems, S.145ff.

Integritätsbedingungen zu beachten. So wird gefordert, daß für jedes Tupel einer Relation ein eindeutiger Schlüssel existiert, daß dieser Schlüssel keine Nullwerte annimmt und daß die sogenannte referentielle Integrität gewahrt wird. Wahrung referentieller Integrität bedeutet kurzgefaßt, daß bei Bezugnahme eines Tupels auf ein Tupel einer anderen Relation das Tupel, auf das Bezug genommen wird, tatsächlich existiert.⁴⁴ Eine Rechnung darf sich zum Beispiel nur auf Kunden beziehen, die tatsächlich existieren.

Zusätzlich zu diesen Integritätsbedingungen, die die Integrität der Datenbank wahren und automatisch erstellt werden können, gibt es Bedingungen die zur Wahrung der Datenintegrität notwendig sind. Diese ergeben sich nicht aus der Struktur der Datenzusammenhänge im Modell, sondern durch die inhaltliche Bedeutung. Da diese inhaltliche Bedeutung heutigen Datenbank-Tools nicht bekannt ist, müssen hier manuell Mechanismen ergänzt werden, die die Konsistenz der Daten wahren. Zum Beispiel darf bei einer Lieferung das Datum des Wareneingangs nicht vor dem des Wareneingangs liegen.

3.5.3. Übergang vom konzeptionellen zum logischen Datenmodell

Der Übergang vom konzeptionellen Datenmodell zu einem logischen Datenmodell läßt sich nach bestimmten Transformationsregeln⁴⁵ durchführen. Der Vorgang wird auch als "Mapping" bezeichnet. Aufgrund der eindeutig vorgegebenen Regeln eignet sich der Vorgang des Mapping gut für den Einsatz von CASE-Tools. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Diagramm-Editor ERDRAW⁴⁶ in der Version 3.1 sowie das Übersetzungswerkzeug SDT⁴⁷ Version 5.1 verwendet. Mittels des Editors wird das konzeptionelle Datenmodell grafisch dargestellt. Das Programm SDT erzeugt aus diesen Diagramm-Informationen ein relationales Datenmodell und die Umsetzung in die DDL eines konkreten relationalen DBMS. Dabei werden die oben angeführten Integritätsbedingungen zur Wahrung der Datenbankintegrität automatisch überwacht. Die verwendeten Tools werden im Rahmen der Entwurfs- bzw. Implementierungsphase näher erläutert.

⁴⁴ Vgl. ebenda, S. 143f.

⁴⁵ Eine Übersicht der Transformationsregeln findet sich in Anhang C: Transformationsregeln (Mapping); Vgl. auch Hansen: Wirtschaftsinformatik, S. 568f; sowie Elmasri / Navathe: Fundamentals of Database Systems, S. 327ff und 429ff.

⁴⁶ Szeto / Markowitz: ERDRAW 3.1

⁴⁷ Markowitz / Fang / Wang: SDT 5.1

4. Planungsphase

In diesem Kapitel wird zunächst die zu betrachtende Unternehmung kurz vorgestellt. Anschließend erfolgt die Problembeschreibung in Form einer Ist-Analyse, in der bereits gezielt auf die für die Logistikkoordination relevanten Gegebenheiten eingegangen wird.

4.1. Vorstellung der Unternehmung

Bei der betrachteten Firma handelt es sich um ein mittelständisches Unternehmen in der metallverarbeitenden Industrie. Sie beschäftigt ca. 150 Mitarbeiter und hat einen Jahresumsatz von ca. 70 Millionen DM. Die Angebotspalette der Firma besteht aus etwa 3000 Produkten, die sich zu gleichen Teilen auf Eigenfertigungen und Handelswaren verteilen. Die Firma verfügt über zwei Produktionsstandorte im Raum Siegen und über verschiedene Auslieferungslager in der Bundesrepublik. Der Absatzschwerpunkt liegt im Inland, es gehen allerdings vereinzelt Lieferungen in die EG-Staaten, in die Türkei und nach Japan.

4.2. Problembeschreibung

In dem betrachteten Unternehmen soll versucht werden, mit Hilfe eines Logistik-Informationssystems gezielt nach Kostenreduktions- und Servicesteigerungspotentialen zu suchen. Dazu wird an dieser Stelle der Ausschnitt der Realität, der modelliert werden soll, vorgestellt. Dieser Ausschnitt wird auch als Miniwelt oder Diskursbereich bezeichnet.⁴⁸

Die Darstellung erfolgt in zwei groben Abschnitten. Zunächst werden die materiellen Gesichtspunkte des bestehenden Logistiksystems beschrieben. Im Anschluß daran erfolgt eine Beschreibung der Informationsflüsse. Diese Informationsflüsse sind ein wichtiger Bestandteil des abzubildenden Systems, denn erst mit ihrer Hilfe läßt sich eine wirkungsvolle Planung, Steuerung und Kontrolle der Materialflüsse erreichen.

⁴⁸ Vgl. Lockemann / Rademacher: Datenmodellierung, S. 4.

4.2.1. Materielle Gesichtspunkte

4.2.1.1. Produktsortiment

In der Firma werden Eigenfertigungen und Handelswaren unterschieden. Bei den Eigenfertigungen handelt es sich um für den Verkauf bestimmte Artikel aus der eigenen Produktion, während Handelswaren von Fremdherstellern bezogen und unbearbeitet an Kunden weiterverkauft werden. Der Oberbegriff Artikel wird für alle Eigenfertigungen und Handelswaren verwendet, die durch die Firma vertrieben werden. Die Artikel werden durch eine Artikelnummer eindeutig gekennzeichnet und es existiert eine mehrstufige Hierarchie zur Gruppierung der Artikel. Zunächst werden die einzelnen Artikel zu Verkaufsgruppen zusammengefaßt, die dann ihrerseits zu Artikelgruppen und Artikelhauptgruppen aggregiert werden.

4.2.1.2. Lager

Die Firma unterhält zwei Lager in der Region Siegen, sowie ein Netz von sechs angemieteten Consignations-Lagern⁴⁹ in der Bundesrepublik. Die Kunden werden ausschließlich aus diesen acht Lagern beliefert. Bei Fertigstellungen aus der eigenen Produktion wird die Ware zunächst in das dem jeweiligen Werk zugeordneten Lager gebracht und von dort weitergeleitet.

Die C-Lager stehen in keiner Verbindung miteinander, das heißt, daß sich die C-Lager derzeit nicht durch Warenumverteilungen ergänzen können. Eine solche Warenumverteilung wird jedoch in Zukunft angestrebt und soll in dem hier zu erstellenden System abbildbar sein. Bei den im Lagerbereich anfallenden Kosten handelt es sich in den C-Lagern um Fixkosten für die bereitgestellte Fläche und um eine umsatzabhängige Provision für den Eigentümer des Lagers. In den firmeneigenen Lagern lassen sich die Kosten im Rahmen der Kostenrechnung ermitteln. Auch hier ist von einem Fixkostenanteil durch Abschreibungen und Kapitalbindung sowie von einem umschlagabhängigen, variablen Kostenanteil auszugehen. Die Kapitalbindungskosten für die gelagerten Waren fallen für beide Lagertypen gleichermaßen an.

4.2.1.3. Materialfluß

Es werden von einigen in- und ausländischen Firmen (z.B. aus Schweden, Ungarn und Italien) Teile zugekauft. Dabei handelt es sich sowohl um Bauteile für die eigene Pro-

⁴⁹ siehe Anhang A: Begriffsdefinitionen; diese werden im weiteren, wie in der Firma üblich, mit C-Lager bezeichnet.

duktion als auch um Handelswaren.⁵⁰ Die Anlieferung eingekaufter Waren erfolgt durch die Fremdhersteller, die Disposition dieser Transporte liegt also nur sehr begrenzt im Verfügungsbereich der Firma. Derzeit werden alle Handelswaren zunächst an die firmeneigenen Lager geliefert; von dort erfolgt eine Verteilung auf die C-Lager oder der Versand direkt an die Kunden. Exportaufträge werden immer direkt von den Firmenlagern an die jeweiligen Auftraggeber versandt. Die Firmenpolitik besagt, daß die Kunden mit Handelswaren ausschließlich von Firmen- oder C-Lagern beliefert werden sollen. Direktlieferungen durch Fremdhersteller sind nicht vorgesehen. Für den Bereich der Handelswaren steht die Firma derzeit mit den sie beliefernden Fremdherstellern in Verhandlungen über Verträge, die als Lieferbedingung die Klausel "frei Lager" enthalten. Falls dies gelingt, werden die Kosten der Belieferung der C-Lager zum Teil durch die Zulieferer übernommen und es ergibt sich eine veränderte Kostenstruktur, die es nötig machen wird, Lagerstandortentscheidungen zu überdenken. Dabei soll das Informationssystem unterstützend mitwirken.

4.2.1.4. Transport

Der Transport der Waren wird in der Regel durch Transportunternehmen durchgeführt, da kein eigener Fuhrpark zur Verfügung steht. Die Firma unterscheidet bei der Distribution der Waren an Kunden Klein- und Großaufträge. Bei einem Auftragsvolumen unter 2000,- DM (Kleinauftrag) werden die Transportkosten dem Käufer in Rechnung gestellt, während bei Großaufträgen über 2000,- DM die Lieferung "frei Haus" erfolgt.

Die Wahl der Transportunternehmen erfolgt gewichtsabhängig. Bei Aufträgen mit einem Gewicht bis zu 20 kg wird der Deutsche Paket Dienst (DPD) beauftragt, bei Gewichten von 20 bis 30 kg erfolgt die Versendung über den United Parcel Service (UPS). Aufträge mit höheren Gewichten werden an eine Spedition vergeben. Diese faßt die Warengänge eines Tages zusammen und übernimmt die Verteilung an die Kunden und auch an C-Lager. Dabei werden von der Firma zwei "Hausspeditionen" regelmäßig beauftragt.

4.2.1.5. Transportkostenstrukturen

Mit den Speditionen sind feste Kostenstrukturen vereinbart, die mittels Tabellen festgehalten werden. Diese Tabellen basieren auf dem Reichskraftwagentarif (RKT), beziehungsweise auf dem Güterfernverkehrstarif (GFT) und dem vom Bundesverband Spedition und Lagerei (BSL) herausgegebenen Spediteursammelguttarif (SGT). In

⁵⁰ Die weiteren Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die Anlieferung von Handelswaren.

diesen Tabellen werden, abhängig von Transportgewicht und -entfernung, unterschiedliche Tarife für Transporte angegeben. Die folgende Tabelle zeigt einen Ausschnitt aus der Kundensatztafel 1 des BSL (gültig ab 1. Juli 1993).

Entfernung [km] \ Gewicht [kg]	Gewicht [kg]			
	1 bis 30	31 bis 40	41 bis 50	51 bis 60
1 bis 40	17,3	19,7	21,6	23,8
41 bis 60	18,1	20,9	23,0	25,5
61 bis 80	18,8	21,8	24,3	27,0
81 bis 100	19,8	23,2	25,0	29,1

Werte in DM

Tabelle 1: Auszug aus Kundensatztafel 1 des BSL⁵¹

Diese Tabellen sind standardisiert, so daß sie für alle Speditionen gleichermaßen zum Einsatz kommen. Die hier dargestellten Tarife sind jedoch nicht die tatsächlich gezahlten. Letztere ergeben sich aus den tabellierten Werten nach Abzug eines speditionsspezifisch vereinbarten prozentualen Abschlags.

Zusätzlich zu den bisher dargestellten Kosten fallen bei Speditionstransporten im Fall von "frei Haus"- Lieferungen sogenannte "Hausfrachten" an. Diese ergeben sich aus dem Transportgewicht und der Ortsklasse des Empfangspunktes, also in der Regel des Standortes des Kunden. Auch hier soll ein Ausschnitt einer Tariftabelle die Struktur der Kosten verdeutlichen.

Ortsklasse \ Gewicht [kg]	Gewicht [kg]			
	0 bis 50	51 bis 100	101 bis 200	201 bis 300
A	8,9	11,1	19,5	28,0
B	9,5	11,9	20,9	30,0
C	10,3	12,9	22,7	32,5
D	11,1	13,9	24,5	35,0

Werte in DM

Tabelle 2: Auszug aus Hausfrachtentabelle des BSL⁵²

Weiterhin fallen Kosten an, die weder Gewichts- noch entfernungsabhängig sind. Hier sind zum Beispiel eine Gebühr für Versendernachnahmen, Avisgebühren und Gebühren für die Beschaffung eines Ablieferungsnachweises zu nennen.⁵³

⁵¹ Vgl. BSL: Kundensatztafel 1.

⁵² Vgl. BSL: Hausfrachten.

⁵³ Vgl. BSL: Nebengebührentarif.

Die Struktur der von Paketdiensten verwendeten Preistabellen unterscheidet sich von der bisher gezeigten. Für sie gilt, daß sich die Kosten für den inländischen Versand lediglich nach dem Versandgewicht richten und damit entfernungsunabhängig sind. Die Übereinstimmung der kostenbestimmenden Parameter bedeutet jedoch nicht, daß die unterschiedlichen Paketdienste die gleichen Preise verlangen.

4.2.1.6. Lieferzeit

Eine Lieferung vom Firmenlager in Siegen benötigt normalerweise mindestens zwei Tage vom Zeitpunkt der Kommissionierung bis zum Eintreffen beim Kunden. Die C-Lager hingegen können die Kunden in ihrem Einzugsbereich innerhalb eines Tages beliefern. Auch die persönliche Abholung der Waren durch den Kunden ist in den Auslieferungslagern möglich, d.h. sowohl in den Firmen- als auch in den C-Lagern. Dadurch wirkt sich die örtliche Präsenz mittels Auslieferungslager positiv auf die Lieferzeiten, damit auf den gebotenen Service und letztlich möglicherweise auf den Umsatz aus.

4.2.2. Informationsflüsse

4.2.2.1. Vorauseilende Informationen

Zunächst wird ein Blick auf Informationen geworfen, die dem Warenfluß zeitlich vorausgehen. Hierbei sind Aufträge und Anfragen der Kunden sowie Bestellungen an die Fremdhersteller und Produktionsaufträge an die eigene Produktion zu nennen. Kunden richten zum Teil schriftlich, zum Teil telefonisch Anfragen an die Firma. Der für ein Logistik-Informationssystem interessante Teil solcher Anfragen bezieht sich auf die Lieferbereitschaft oder -zeit einzelner Artikel des Sortiments. Falls die Anfrage mit einem für den Kunden zufriedenstellenden Ergebnis beantwortet wurde, erteilt der Kunde einen Auftrag, der in der Regel aus mehreren Auftragspositionen besteht, die sich ebenfalls auf Artikel des Sortiments beziehen. Dieser Auftrag wird unter Angabe der zu liefernden Ware, des Termins und der Konditionen bestätigt. Dies erfolgt schriftlich mit DV-generierten Auftragsbestätigungen. Die Auftragsbestätigung dient als Grundlage weiterer Planung. Entweder holt der Kunde die Ware direkt in einem Auslieferungslager ab oder ein Disponent der Firma plant die Lieferung aus einem Lager an den Kunden ein.

Auch im Bereich der Beschaffung werden Informationsflüsse in Gang gesetzt, bevor der eigentliche Warenstrom beginnt. Hier werden Bestellungen an die verschiedenen Fremdhersteller geschickt. Analog zu den Aufträgen der Kunden bestehen auch die Bestellungen an Fremdhersteller aus einzelnen Positionen, die sich auf Artikel aus dem Sortiment des Fremdherstellers beziehen. Dabei wird durch den Einkauf ein Rahmen-

vertrag geschlossen, der für die einzelnen Artikel Preise und Konditionen festlegt. Die eigentliche Bestellung erfolgt durch Disponenten, die lediglich aus einem festen Kreis möglicher Anbieter mit für sie vorgegebenen Konditionen einen Lieferanten auswählen und die Lieferung abrufen. In den Bestellungen werden für die Koordination der logistischen Tätigkeiten wichtige Informationen übermittelt, so etwa der Lieferort, das Lieferdatum, die zu liefernden Mengen und Gewichte sowie die Art des Transportes. Ähnlich sieht die Vorgehensweise im Bereich der eigenen Produktion aus. Hier nehmen die "Bestellungen" die Form von Produktionsaufträgen an. Auch in den Produktionsaufträgen wird Ort, Zeit und Menge der Fertigstellung spezifiziert.

4.2.2.2. Begleitende Informationen

Die nächste zu betrachtende Gruppe umfaßt Informationen, die den Warenstrom begleiten. Hierbei handelt es sich aus Sicht der Firma ausschließlich um Lieferscheine. Warenausgänge - aus Firmen- oder C-Lagern - werden im Rahmen eines Lieferscheines erfaßt. Dieser Schein gibt an, in welcher Menge, welcher Artikel zu welchem Zeitpunkt, mit welchem Ziel welches Lager verlassen hat. Derzeit bezieht sich ein Lieferschein auf genau einen Kundenauftrag, dessen Kennung im Kopf des Formulars eingetragen wird. Es lassen sich zur Zeit nicht mehrere Kundenaufträge zu einer Lieferung zusammenfassen.

Ein Lieferschein besteht in der Regel aus mehreren Positionen, die sich auf Bestände unterschiedlicher Artikel im selben Lager beziehen. Durch Buchung dieser Lieferungen als Lagerabgänge wird eine kontinuierliche Lagerabgangserfassung möglich.

Die Lieferscheine begleiten die Ware auf ihrem Weg zum Kunden. Der dortige Wareneingang wird mit ihrer Hilfe bestätigt und eventuelle Beanstandungen werden auf ihnen erfaßt. Gleichzeitig kann der Lieferschein als Transportauftrag verwendet werden, denn er enthält sowohl die Angabe des Lagers, also den Startpunkt der Lieferung, als auch die Versandanschrift des Kunden, mit anderen Worten den Zielpunkt der Lieferung. Nach Wareneingang beim Kunden wird ein Duplikat des Lieferscheines an die Firma zurückgesandt und dort verbucht. Bei Selbstabholung der Ware durch den Kunden wird der Erhalt der Waren vor Ort durch den Kunden auf einem Formular bestätigt. Dieses Formular ist analog zum Lieferschein aufgebaut, enthält jedoch keine Transportanweisungen.

Der Wareneingang im Lager wird dem Fremdhersteller auf dessen Lieferschein bestätigt und in der Lagerbestandsverwaltung erfaßt. Die einzelnen Lieferscheinpositionen werden dabei jeweils als Wareneingang, das heißt als Zugang zu den Beständen im annehmenden Lager gebucht.

Die Fertigstellung von Eigenfertigungen durch die eigene Produktion wird dem Lager in Form einer Fertigstellungsmeldung übermittelt und ebenfalls als Wareneingang gebucht. Die einzelnen Wareneingangsbuchungen lassen sich genau einer Bestellposition oder einem Produktionsauftrag zuordnen. Ebenso lassen sich Warenausgänge, sofern es sich nicht um Umlagerungen handelt, genau einer Auftragsposition zuordnen. Mit Hilfe der in den Auftragspositionen angegebenen Lieferzeiten und den tatsächlichen Lieferdaten des Lieferscheins lassen sich Abweichungen von den vereinbarten Vertragsbedingungen feststellen.

4.2.2.3. Zeitlich folgende Informationen

Als Informationen, die dem Warenstrom zeitlich folgen, sind hauptsächlich Rechnungen und Reklamationen zu nennen. Die Rechnungen sind jedoch für die Koordination der logistischen Aufgaben nicht von Bedeutung. Bei Reklamationen wird unterschieden, ob sie zu weiteren Warenflüssen in Form von Nachlieferungen oder Rücksendungen oder zu monetären Flüssen im Sinne von Gutschriften oder Erstattungen führen. Weiterhin wäre es interessant festzuhalten, ob ein negativer Eindruck bezüglich des Lieferservices entsteht, der sich auf das Nachfrageverhalten des Kunden auswirkt. Allerdings sind Informationen über zukünftiges Nachfrageverhalten schwer eindeutig einer Ursache zuzuordnen.

Es soll nun versucht werden, das dargestellte System zu optimieren. Die Optimierungspotentiale werden an verschiedenen Stellen gesehen. Zum einen wird über die Standorte und Größe der Lager nachgedacht. Zum anderen wird überlegt, durch eine verbesserte Steuerung der Warenströme Einsparungen zu erzielen. So könnten etwa Lieferungen von Fremdherstellern direkt an die C-Lager transportiert werden.

5. Definitionsphase

In dieser Phase wird eine Anforderungsspezifikation erstellt, die bestimmt, welche Aufgaben durch das Informationssystem erfüllt werden sollen.

Das betrachtete Informationssystem soll der Planungsabteilung des Unternehmens die nötigen Daten für die folgenden Planungsgegenstände mit unterschiedlichem zeitlichen Horizont zur Verfügung stellen.

Im Rahmen der strategischen Planung sollen u. a. Standorte und Kapazitäten für die Auslieferungslager ermittelt werden. Da die hier getroffenen Entscheidungen mit Investitionen und Desinvestitionen verbunden sein können, muß von einem Planungshorizont von *mehreren Jahren* ausgegangen werden.

Bei der taktischen Planung handelt es sich um eine *jährlich* durchzuführende Analyse, die eventuell in halbjährlichen oder quartalsweisen Abständen überprüft werden muß. In dieser Planungsstufe müssen für die bestehenden Lager Soll-Lagermengen für jedes Produkt festgelegt werden. Diese müssen aufgrund von Nachfrageschwankungen (saisonal / aperiodisch) angepaßt werden.

Als Planungsstufe mit dem kürzesten zeitlichen Horizont folgt schließlich die operative Planung. Hier werden die einzelnen Transporte gesteuert, die sowohl Anlieferung von einem Fremdhersteller als auch Auslieferung an einen Kunden sein können. Das heißt, es wird festgelegt, an welches beziehungsweise von welchem Lager geliefert wird. Dabei muß allerdings der Bedarf eines Planungszeitraums von *einigen Tagen* bis *wenigen Wochen* berücksichtigt werden, denn nur mit Kenntnis der Nachfragemengen lassen sich die Güterströme richtig steuern.

Bei dieser Einteilung ist zu beachten, daß die einzelnen Planungsstufen nicht unabhängig voneinander sind. Ein Ergebnis der strategischen Planung sind die Standorte und Kapazitäten der Auslieferungslager. Diese dienen in der taktischen Planung als Grundlage zur Bestimmung der Soll-Lagermengen. Erst aus der Summe der Soll-Lagermengen für die einzelnen Artikel lassen sich jedoch die benötigten Kapazitäten richtig ermitteln. Damit greift die strategische Planung auf Ergebnisse der taktischen Planung zurück und umgekehrt. Ähnliche Interdependenzen bestehen zwischen der

taktischen und der operativen Planung. Diese wechselseitigen Abhängigkeiten müssen bei der Planung logistischer Systeme berücksichtigt werden.⁵⁴

Zusätzlich zu den bisher angesprochenen Planungsaufgaben soll mit Hilfe der in dem System verarbeiteten Daten eine weitgehende Automatisierung von Abläufen und eine bessere Möglichkeit der Verfolgung einzelner Aufträge und Lieferungen ermöglicht werden. Dies ist der Bereich der Steuerungs- und Kontrollfunktionen, die durch ein Informationssystem aufbauend auf dem im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Datenmodell unterstützt werden sollten. Lösungsmöglichkeiten für die unterschiedlichen Aufgaben in den Gebieten Planung, Steuerung und Kontrolle sollen nun vorgestellt werden. Im Anschluß an die Darstellung erfolgt jeweils die Ermittlung des Datenbedarfs, der zur Erfüllung der Aufgaben notwendig ist. Die so ermittelten Datenbedarfe bilden die Grundlage für das in Kapitel 6 erstellte Datenmodell.

5.1. Strategische Planung

Die strategische Planung befaßt sich mit der Auswahl von Lagerstandorten, den zu betreuenden Einzugsgebieten und der Dimensionierung dieser Lager.

Nicht nur zwischen den strategischen, taktischen und operativen Planungsstufen, sondern auch innerhalb einer Stufe treten Probleme auf, die sich in ihren Lösungen gegenseitig beeinflussen und so zu sehr komplexen Modellierungsansätzen führen. "Die Problemkomplexität ist vor allem durch die Interdependenz der zu bestimmenden Größen Anzahl, Standorte und Einzugsbereiche der Auslieferungslager bedingt; denn die optimalen Standorte hängen davon ab, in welcher Weise die betrachtete Absatzregion in Einzugsbereiche aufgeteilt wird. Die Bildung der Einzugsbereiche wiederum wird durch die Wahl der Lagerstandorte bestimmt. Die einzelnen Standorte und Einzugsbereiche werden gemeinsam durch die Anzahl zu errichtender Auslieferungslager beeinflusst. Die gesuchte optimale Anzahl hängt aber auch davon ab, wo die Lager errichtet werden und welche Abnehmer ihnen zugeordnet werden."⁵⁵

Dieses Problem findet in der Forschung große Beachtung und es wurden eine Reihe unterschiedlicher Verfahren entwickelt, um zu zufriedenstellenden Lösungen zu kommen. Um die Verfahren zu klassifizieren werden verschiedene Unterteilungen vorgenommen, die im folgenden beschrieben werden sollen. Zunächst wird eine Unterscheidung

⁵⁴ Vgl. Tempelmeier: Standortoptimierung, S. 10.

⁵⁵ Tempelmeier: Standortoptimierung, S. 3.

bezüglich der Abbildung des Absatzgebietes gemacht. Man unterscheidet hier zwischen kontinuierlichen und diskreten Verfahren.

5.1.1. Kontinuierliche Modelle

Die kontinuierlichen Modelle werden unter dem Sammelbegriff "Standortbestimmung in der Ebene"⁵⁶ zusammengefaßt. Sie gehen von folgenden Grundannahmen aus:⁵⁷

1. Die Kunden- und Produktionsorte sind auf einer homogenen Ebene verteilt.
2. Jeder Punkt der Ebene stellt einen potentiellen Lagerstandort dar.
3. Die Entfernungen zwischen jeweils zwei Punkten der Ebene lassen sich aus ihren Koordinaten rechnerisch ermitteln.

Zur Ermittlung der Entfernung werden verschiedene Verfahren⁵⁸ angewandt, z.B. die euklidische Entfernungsmessung. Danach ergibt sich die Entfernung $d_{i,j}$ zweier Punkte i und j , die durch die Koordinaten (x_i, y_i) bzw. (x_j, y_j) beschrieben werden, nach der Formel:

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

In den Modellen wird in der Regel ein konstanter Transportkostensatz je Mengen- und Entfernungseinheit angenommen, aus dem sich mengen- und entfernungsproportionale Transportkosten ergeben. Weiterhin werden Nachfragemengen für die Nachfragezentren und Angebotsmengen für Fremdhersteller und Produktionsstätten vorgegeben.

Im Rahmen dieser Annahmen wurden verschiedene Verfahren zur Lösung von Problemstellungen unterschiedlicher Komplexität entwickelt. Sie lassen sich kategorisieren in Verfahren zur Planung der Errichtung eines oder mehrerer Lager, bei gegebener oder variabler Zuordnung von Kunden zu Auslieferungslagern. Hier soll nun näher auf die Problemstellung der Errichtung mehrerer neuer Auslieferungslagern bei variabler Zuordnung zwischen Kunde und Lager eingegangen werden. Diese

⁵⁶ Vgl. Domschke: Logistik - Bd. 3: Standorte, S. 115ff.

⁵⁷ Vgl. ebenda, S. 115.

⁵⁸ Vgl. ebenda, S. 115f.

Problemstellung wird als "Standort-Einzugsbereich-Problem" oder "Location-Allocation-Problem" bezeichnet.⁵⁹

Dabei sind zwei grundsätzliche Entscheidungen zu treffen:⁶⁰

1. Bildung optimaler Einzugsbereichszuordnungen bei (vorläufig) gegebenen Lagerstandorten.
2. Bestimmung optimaler Lagerstandorte bei (vorläufig) gegebenen Einzugsbereichszuordnungen.

Bei der Bildung von Einzugsbereichen wird die Ebene in überschneidungsfreie Bereiche unterteilt, die jeden Nachfrage- oder Produktionspunkt abdecken.

Es folgt ein iteratives Verfahren, bei dem die beiden Entscheidungsschritte abwechselnd, mit den Ergebnissen des jeweils abgeschlossenen Schrittes wiederholt werden, bis die Lösung nicht mehr verbessert wird oder ein vorgegebenes Gütekriterium erfüllt ist.

Die Kritik an diesen Verfahren liegt hauptsächlich darin, daß durch die Darstellung des realen Landschaftsbildes als homogene Ebene wichtige Tatbestände vernachlässigt werden. So sind zum Beispiel Lösungen der Problemstellung denkbar, bei denen Lagerstandorte in Seen, auf Berggipfeln oder in infrastrukturell unentwickelten Regionen liegen, die jedoch in der Realität als nicht praktikabel von vornherein ausgeschlossen werden. Ebenso entstehen durch die Verwendung der aus den Lagekoordinaten rechnerisch ermittelten Luftlinienentfernungen Verzerrungen gegenüber den tatsächlich verwendbaren Transportwegen. Hindernisse wie Gebirge oder Flüsse lassen sich dabei nicht berücksichtigen. Für weitere Kritikpunkte zu kontinuierlichen Verfahren zur Ermittlung von Lagerstandorten sei an dieser Stelle auf Delfmann⁶¹ verwiesen.

5.1.2. Diskrete Modelle

Den hier dargestellten Kritikpunkten versuchen die diskreten Ansätze - die auch als "Warehouse Location-Probleme (WLP)"⁶² bezeichnet werden - zu begegnen, indem bei

⁵⁹ Vgl. Domschke: Logistik - Bd. 3: Standorte, S. 130.

⁶⁰ Vgl. Tempelmeier: Standortoptimierung, S. 105.

⁶¹ Delfmann: Lieferzeitorientierte Distributionsplanung, S. 15ff.

⁶² Vgl. Domschke: Logistik - Bd. 3: Standorte, S. 24, 32ff.

ihnen bereits vor der eigentlichen Optimierung eine Auswahl potentieller Lagerstandorte erstellt wird. Diese Vorauswahl geschieht nach Gesichtspunkten, die sich zum Teil nicht in quantitativen Modellen darstellen lassen. So stellt Domschke⁶³ eine Liste von Standortfaktoren zur Verfügung, die bei dieser Vorauswahl berücksichtigt werden sollten. Auf diese Gesichtspunkte wird hier nicht weiter eingegangen.

Innerhalb der diskreten Ansätze wird unterschieden zwischen ein- und mehrstufigen WLP. Einstufige WLP betrachten nur eine Transportstufe, etwa den Transport von Auslieferungslagern zu Kunden. Erst durch die Erweiterung zu einem zweistufigen WLP lassen sich zusätzlich die Transporte abbilden, die bei der Belieferung der Auslieferungslager durch die Produktionsstätten oder Fremdhersteller notwendig werden. Das Entscheidungsproblem der Firma läßt sich als ein zweistufiges WLP darstellen, denn die Kosten der Lagerversorgung müssen bei der Entscheidung über die Lagerstandorte berücksichtigt werden.

Eine weitere Unterscheidung wird vorgenommen bezüglich des Bestrebens der Modellierungsansätze, eine optimale Lösung zu ermitteln. Dabei wird unterschieden zwischen Verfahren mit und ohne Optimumgarantie.⁶⁴

1. Verfahren mit Optimumgarantie. Es ist jedoch heute beinahe unmöglich, ein exaktes mathematisches Modell zu formulieren, das die Realität komplett widerspiegelt, indem es alle Zusammenhänge erfaßt, und das gleichzeitig in vertretbarer Rechenzeit zu lösen ist. Die Handhabbarkeit der Modelle wird dadurch erreicht, daß bei der Modellierung auf praktisch relevante Tatbestände verzichtet wird beziehungsweise Annahmen getroffen werden, die in der Realität nicht bestätigt werden können. Weiterhin spielen bei der Ermittlung der optimalen Lagerstandorte die zukünftig nachgefragten Mengen, zukünftige Kosten- und Erlösstrukturen und andere kaum vorhersehbare, geschweige denn abbildbare Tatbestände eine Rolle. Man wird sich in diesen Bereichen mit Prognosen und subjektiven Schätzungen zufrieden geben müssen.

Was aber hat ein mathematisch exakt ermitteltes Optimum für einen praktischen Wert, wenn es auf unsicheren, möglicherweise fehlerhaften Annahmen beruht und nur einen geringen Teil der realen Beziehungen abbildet? Der Mehraufwand für die Ermittlung einer mathematisch exakten Lösung steht in keinem Verhältnis zum

⁶³ Vgl. ebenda, S.9f mit weiteren Nachweisen.

⁶⁴ Vgl. Tempelmeier: Standortoptimierung, S. 59ff.

Mehrnutzen, der gegenüber einer annähernd optimalen Lösung erreicht wird, die sich mit weniger rechenintensiven Verfahren ermitteln läßt. Aufgrund dieser Unzulänglichkeiten soll hier nicht weiter auf exakte Verfahren eingegangen werden.

2. Verfahren ohne Optimumgarantie. Diese Verfahren versuchen, mit vertretbarem Aufwand eine möglicherweise suboptimale Lösung zu ermitteln, die bestimmten, im Einzelfall zu bestimmenden Gütekriterien entspricht. Man spricht in diesem Zusammenhang von Heuristiken.

Es sind verschiedene Heuristiken vorgeschlagen worden, um die Problematik der Standortplanung zu lösen.⁶⁵ An dieser Stelle soll das von Kuehn und Hamburger⁶⁶ vorgestellte Modell näher betrachtet werden. An diesem Heuristikansatz lassen sich exemplarisch wichtige Kritikpunkte deutlich machen, während er gleichzeitig in der Lage ist, vergleichsweise viele relevante Faktoren darzustellen.

5.1.2.1. Vorstellung der Heuristik von Kuehn und Hamburger

Zunächst werden die Zielfunktion und die Nebenbedingungen dargestellt, unter denen die Lösungssuche vonstatten geht. In dem zu betrachtenden Modell wird von einem Mehrproduktfall ausgegangen, und es sind Servicestrafkosten⁶⁷ mit in das Gleichungssystem integriert.

Hier eine Übersicht über die verwendete Symbolik:

Darstellung

$X_{h,i,j,k}$

Bedeutung

Menge des Artikels h ($h = 1, \dots, p$), die vom Zulieferer⁶⁸ i ($i = 1, \dots, q$) über das Auslieferungslager j ($j = 1, \dots, r$) an den Kunden k ($k = 1, \dots, s$) transportiert wird

⁶⁵ Vgl. Bilinski / Mills: A Warehouse Problem; Baumol / Wolfe: A Warehouse-Location Problem.

⁶⁶ Vgl. Kuehn / Hamburger: Locating Warehouses, S. 643-666.

⁶⁷ Unter Servicestrafkosten werden sowohl tatsächlich anfallende Kosten wie Konventionalstrafen, als auch kalkulatorische Kosten aufgrund von Nachfrageverlusten oder Imageschäden verstanden.

⁶⁸ Im folgenden sei mit Zulieferer sowohl ein Fremdhersteller als auch eine eigene Produktionsstätte gemeint

$A_{h,i,j}$	Kosten je Einheit beim Transport des Artikels h vom Zulieferer i an das Auslieferungslager j
$B_{h,j,k}$	Kosten je Einheit beim Transport des Artikels h vom Auslieferungslager j an den Kunden k
$C_{h,j} \sum_{i,k} X_{h,i,j,k}$	Gesamtkosten des Lagerhausbetriebes in Verbindung mit der Bearbeitung des Artikels h im Auslieferungslager j. Ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit läßt sich diese Funktion als Summe von den unten definierten $S_{h,j}$ und F_j darstellen.
$D_{h,k} T_{h,k} $	tatsächliche oder kalkulatorische Kosten aufgrund einer Verzögerung um T Zeiteinheiten beim Transport des Artikels h zum Kunden k. Falls der Kunde eine Maximallieferzeit angibt, wird D bei Überschreitung dieser Zeit unendlich groß
F_j	Fixkosten des Auslieferungslagers j in der Planungsperiode
$S_{h,j} \sum_{i,k} X_{h,i,j,k}$	halbvariable Kosten des Betriebes des Auslieferungslagers j je umgeschlagener Einheit des Artikels h. Darin sind enthalten die Kosten für Handling, Verwaltung, Lagerungskosten, Steuern, Versicherungen, Kapitalbindungskosten, Schwund etc. (Hierbei handelt es sich um den homogenen Teil der Funktion $C_{h,j}$)
$Q_{h,k}$	Nachfragemenge nach Artikel h durch den Kunden k
W_j	Kapazität des Auslieferungslagers j
Y_{hi}	Kapazität des Zulieferers i bezüglich des Artikels h
$I_j \sum_{h,i,j} X_{h,i,j,k}$	maximaler Lagerbestand, der mit dem Fluß aller Artikel von allen Zulieferern zu allen Kunden über das Auslieferungslager j verbunden ist.
Z_j	Binärvariable. Sie hat den Wert 1, falls $\sum_{h,i,k} X_{h,i,j,k} > 0$ ist, sonst nimmt sie den Wert Null an. Damit gibt $\sum Z_j$ die Anzahl der benutzten Auslieferungslager an.

Es ergibt sich eine zu minimierende Zielfunktion:

$$f = \sum_{h,i,j,k} C_{h,i,j,k} X_{h,i,j,k} + \sum_j F_j Z_j + \sum_{h,j} S_{h,j} \sum_{i,k} X_{h,i,j,k} + \sum_{h,k} D_{h,k} T_{h,k}$$

Unter den Nebenbedingungen:

$$\sum_{i,j} X_{h,i,j,k} = Q_{h,k}$$

Diese Nebenbedingung hat die Aufgabe sicherzustellen, daß die Nachfrage des Kunde k nach dem Artikel h gedeckt wird.

$$\sum_{j,k} X_{h,i,j,k} \leq Y_{h,i}$$

Mit dieser Ungleichung wird erreicht, daß die Kapazität des Zulieferers i bezüglich des Artikels h nicht überschritten wird.

$$I_j \sum_{h,i,k} X_{h,i,j,k} \leq W_j$$

Durch diese Nebenbedingung wird sichergestellt, daß die Kapazität des Auslieferungslagers j nicht überschritten wird.

$$X_{i,j,h,k} \geq 0, \forall i, j, h, k$$

Hiermit wird sichergestellt, daß keine negativen Transportmengen auftreten.

Als Grundüberlegung wird bei diesem Modell davon ausgegangen, daß nur solche Lagerstandorte in Frage kommen, bei denen es eine "lokale Nachfrage"⁶⁹ gibt. Es wird daher jedem potentiellen Lagerstandort ein Nachfragezentrum direkt zugeordnet.

Das Vorgehen bei dem hier dargestellten heuristischen Verfahren läßt sich grob in zwei Schritte unterteilen. Im ersten Schritt wird ein Pufferspeicher gebildet, der N potentielle Lagerstandorte aufnehmen kann. Zunächst werden aus der Liste der potentiellen Lagerstandorte die N Lagerstandorte in diesen Pufferspeicher geschrieben, die durch die Deckung ihres lokalen Bedarfes, ohne Berücksichtigung des Bedarfs benachbarter Nachfragezentren, die größten Kosteneinsparungen für das Gesamtsystem ergeben. Anschließend wird für die N potentiellen Lagerstandorte im Pufferspeicher eine detaillierte Analyse der Auswirkung einer Lagererrichtung auf die Gesamtsystemkosten durchgeführt. Lagerstandorte, die keine Gesamtsystemkostenreduktion bewirken, werden aus der Liste der potentiellen Standorte gestrichen. Das Lager, dessen Realisation die größte Gesamtsystemkostenreduktion bewirkt, wird als Lagerstandort

⁶⁹ Vgl. Kuehn / Hamburger: Locating Warehouses, S. 645.

ausgewählt. Man bezeichnet dieses Vorgehen als ADD-Verfahren⁷⁰, da in den einzelnen Durchläufen weitere Lagerstandorte zur Liste der ausgewählten Lagerstandorte hinzugefügt werden. Die Pufferfüllung und Abarbeitung wird wiederholt, bis alle potentiellen Lagerstandorte entweder verworfen oder als Lagerstandort ausgewählt wurden. Die Rechendauer und die Güte der Lösung dieses ersten Schrittes hängen als konfliktäre Ziele stark von der Zahl N - der Puffergröße - ab.

Im zweiten Schritt, der sogenannte "Bump and Shift"-Routine⁷¹, wird versucht, die Lager, die zum Zeitpunkt ihres Hinzufügens vorteilhaft waren, die aber durch die Aufnahme weiterer Lager unrentabel wurden, wieder aus der Liste zu streichen (bump). Zusätzlich wird getestet, ob sich durch eine Verschiebung der Lager auf benachbarte Standorte weitere Verbesserungen einstellen (shift).

5.1.2.2. Kritik am Verfahren von Kuehn und Hamburger

Es sollen nun einige Kritikpunkte gegenüber dem Modell von Kuehn und Hamburger vorgestellt werden. Diese Kritikpunkte lassen sich gegen die meisten diskreten Verfahren vorbringen. Gleichzeitig wird versucht, ihre Relevanz für die betrachtete Firma zu ermitteln und Lösungen aufzuzeigen, die hier angewendet werden können.

1. Es lassen sich in dem Modell nur lineare Transportkostenverläufe darstellen, während sich bei Zugrundelegung der Reichskraftwagentarife (RKT) eine Kostendegression bei Zunahme der transportierten Menge und der zurückgelegten Entfernung ergibt. Die Annahme linearer Kostensätze ist in den theoretischen Arbeiten zum Thema der Standortbestimmung durchaus üblich. Um einen ersten Einstieg in die Problematik nicht durch allzu komplexe Modelle zu behindern, wird daher an dieser Stelle ein mathematisches Modell vorgestellt, das auf die Problematik nichtlinearer Kostenverläufe nicht eingeht. In der betrachteten Beispielfirma liegen jedoch nicht mengen- und entfernungsproportionale, sondern sprungfixe Transportkostenstrukturen vor, die im Rahmen der Datenmodellierung näher betrachtet werden müssen, um eine bessere Darstellung der Realität zu ermöglichen. Die Erweiterung eines mathematischen Modells zur Standortbestimmung hinsichtlich der Berücksichtigung nichtlinearer Transportkostenfunktionen wird von Paraschis⁷² untersucht, soll aber im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verfolgt werden.

⁷⁰ von to add, engl. "Hinzufügen"; Vgl. Domschke: Logistik - Bd. 3: Standorte, S. 38.

⁷¹ von to bump, engl. "(hinaus-)stoßen"; und to shift, engl. "den Platz wechseln"; Langenscheidt: Wörterbuch.

⁷² Vgl. Paraschis: Mehrprodukt-Distributionssysteme, S. 102ff.

-
2. Es werden im Modell keine Direkttransporte von den Werken zu den Kunden zugelassen. Die Werke lassen sich im vorliegenden Fall unterteilen in Fremdhersteller und eigene Produktionsstätten. Da in der Firma zwischen den Fremdherstellern und den Kunden aufgrund der Firmenpolitik keine Transporte vorgesehen sind, bereitet diese Einschränkung keine Schwierigkeiten, soweit es sich um Handelswaren handelt. Die eigenen Werke lassen sich als potentielle Lagerstandorte mit einem Kostensatz von 0,- DM für die Belieferung mit dort produzierten Waren betrachten. Dies bewirkt, daß Fertigstellungen auch direkt ausgeliefert werden können.
 3. Es werden keine Umlagerungen zwischen den Lagern betrachtet, obwohl diese in der Praxis auftreten können. Hierzu ist zu bedenken, daß Umlagerung zwischen Lagestandorten in der Regel erst im operativen Geschäft notwendig werden, wenn sich kurzfristig Engpässe im Bestand einzelner Lager ergeben. Derartige Engpaßsituationen lassen sich nicht im Rahmen der strategischen Planung berücksichtigen, denn sie entstehen für gewöhnlich aufgrund falscher Prognosen über das Nachfrageaufkommen oder die Lieferzeiten der Zulieferer. Für die Standortplanung kann man zukünftig eintretende Prognosefehler kaum berücksichtigen. Daher werden bei dem Versuch, ein optimales Lagernetz aufzubauen, keine Umlagerungen eingeplant.
 4. Die Nachfrage der Kunden wird als für die Planung gegebenes Datum betrachtet. Kuehn und Hamburger versuchen, als wesentliche Erweiterung zu anderen WLP-Ansätzen, den Lieferservice durch die Einführung von Servicestrafkosten zu berücksichtigen. Die von den Kunden nachgefragten Mengen sind jedoch in der Realität zum Teil abhängig von dem gebotenen Lieferservice der Unternehmung. Wenn nun aufgrund sehr langer Lieferzeiten Nachfrage entfällt, verändern sich die Mengenströme und damit eine der Inputvariablen der Optimierungsrechnung.

Zur Integration der lieferzeitabhängigen Betrachtungsweise der Nachfrage schlägt Delfmann⁷³ ein komplexes Modell vor, dessen detaillierte Analyse jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Nur soviel sei an dieser Stelle dazu angemerkt: Das Modell stellt sehr hohe Anforderungen an die eingehenden Daten, die nur mit einem immensen Aufwand erfüllt werden können. Daher scheint es für praktische Aufgaben wie im vorliegenden Betrieb wenig geeignet.

⁷³ Delfmann: Lieferzeitorientierte Distributionsplanung, S. 36ff.

5. Eisele führt die Tatsache an, daß bei einer großen Anzahl kleiner Lager ein insgesamt höherer Sicherheitsbestand gehalten werden muß, als wenn die gleiche Nachfrage aus einem großen, zentralen Lager bedient wird. Die stochastischen Nachfragespitzen der einzelnen Kunden gleichen sich beim Zentrallagermodell zum Teil aus und lassen sich einfacher befriedigen.⁷⁴ Nach Paraschis⁷⁵ läßt sich jedoch - bei bekannter Lagerhaltungspolitik - der Lagerbestand als Funktion des Lagerdurchsatzes angeben. Der Lagerdurchsatz für die einzelnen Lager wird im Rahmen des von Kuehn und Hamburger entwickelten Modells durch die Größe $X_{h,i,j,k}$ dargestellt. Somit ließe sich auch diesem Umstand bei geeigneter Anpassung der Lagerkostenfunktion Rechnung tragen.

Trotz der hier angeführten Kritikpunkte ist im Fall der betrachteten Firma ein diskretes, heuristisches Verfahren - wie das hier vorgestellte Verfahren von Kuehn und Hamburger - geeigneter, das in der Firma anstehende Planungsproblem zu lösen, als einer der zuvor erwähnten kontinuierlichen oder exakten Lösungsansätze. Daher wird im folgenden der Datenbedarf für das vorgestellte Modell ermittelt.

5.1.2.3. Datenbedarfsermittlung

Wichtig ist zunächst eine Darstellung der zu erwartenden Kundennachfragen. Da eine Planung, die jeden Kunden einzeln erfaßt, zu aufwendig wäre, sollte hier eine Aggregation zu Nachfragezentren oder Regionen vorgenommen werden. Für die Regionen müssen Prognosen über den Absatz der einzelnen Artikel oder Artikelgruppen gemacht werden. Diese Prognosen, mit unterschiedlichen Zeithorizonten, lassen sich aus den Vergangenheitsdaten über Aufträge und Lieferungen mittels statistischer Verfahren ermitteln. Dazu ist es notwendig, daß tatsächlich transportierte Mengen erfaßt und im System gespeichert werden, denn sie bilden die Grundlage für die angesprochenen Prognosen.

Die Standorte und Kapazitäten der Produktionsstätten und Fremdhersteller sind weitere - für die Optimierung notwendige - Daten. Die Standorte der ausländischen Hersteller lassen sich auf die Stelle des Grenzübertritts abbilden, denn die Kosten, die beim Transport der Waren vom ausländischen Hersteller bis zur deutschen Grenze anfallen, ändern sich in der Regel bei unterschiedlichen Zielorten innerhalb der Bundesrepublik nicht. Durch diese Modifikation wird die Ermittlung der Entfernungen wesentlich vereinfacht.

⁷⁴ Vgl. Eisele: Distributionskostenminimierung, S. 14 mit weiteren Nachweisen.

⁷⁵ Vgl. Paraschis: Mehrprodukt-Distributionssysteme, S. 17 mit weiteren Nachweisen.

Zusätzlich zu den Standorten der "Quellen" (also Produktion und Fremdhersteller) und "Senken" (der Nachfragezentren), sind Daten bezüglich der potentiellen Lagerstandorte zu speichern. Hierzu zählen der genaue Standort, Kapazitätsbeschränkungen für die Lagerung und Bearbeitung der Artikel sowie fixe und variable Kosten der Lagerhaltung.

Die Entfernungen zwischen den Standorten von Quellen, Lagern und Senken sind weiterhin für die Modellierung relevant. Diese ließen sich zwar in Form einer Entfernungsmatrix speichern; es erscheint jedoch eleganter, kommerziell erhältliche Software einzusetzen, die in der Lage ist, die Entfernungen und Transportzeiten zwischen Orten in der Bundesrepublik Deutschland anhand ihrer Postleitzahlen zu bestimmen.⁷⁶

Weiterhin relevant sind die Transportkostensätze, die von den verschiedenen Transportunternehmen verlangt werden. Im Rahmen der Kritik des vorgestellten Modells wurde bereits auf die Probleme bei der Darstellung der Transportkosten hingewiesen. Eine detaillierte Vorstellung der Datenstrukturen zur Darstellung von Transportkostenfunktionen wird im Rahmen der Beschreibung des Datenmodells in Kapitel 6.3.4. erfolgen. Die mit den Fremdherstellern vereinbarten Verträge, die die Transportbedingung "frei Lager" enthalten, lassen sich abbilden, indem in den Lieferantenstammdaten ein Kennzeichen gesetzt wird. Es gibt an, daß keine Kosten für die Belieferung der Auslieferungslager durch diesen Lieferanten in die Rechnung einbezogen werden müssen.

Als letzter wichtiger Punkt müssen Fehlmengenkosten oder Servicestrafkosten ermittelt werden. Eine Möglichkeit läge darin, im laufenden Geschäft Kundenanfragen zu erfassen und zusätzlich zu speichern,

- ob sie mit dem gewünschten Liefertermin zugesagt werden konnten,
- trotz längerer Lieferzeit zustande gekommen sind oder
- für die Firma verlorengegangen sind, weil die Lieferservicevorstellungen des Kunden nicht erfüllt werden konnten.

Eine Auswertung dieser Daten in Verbindung mit den durchgeführten Aufträgen ließe Aussagen über die Höhe von Servicestrafkosten mit einem konkreteren Datenhintergrund zu, als Schätzungen der Kundenreaktionen auf verlängerte Lieferzeiten oder

⁷⁶ Ein Beispiel für ein solches Programm ist "Map&Guide" von der Firma CAS Software GmbH in Karlsruhe.

allgemeiner auf veränderten Lieferservice. Nach Aussagen der Firma ist eine solche Erfassung der Anfragen praktisch jedoch nicht durchzuführen, da der damit zusammenhängende Aufwand nicht in einem angemessenen Verhältnis zur Aussagekraft stünde. Daher wird hier auf Schätzungen der Verkäufer zurückgegriffen, die in Form eines Strafkostensatzes - in Prozent des Verkaufspreises je Überziehungstag - angegeben werden. Dieser Satz kann für jede Kombination von Artikel und Kunde individuell angegeben werden. Auch eine Maximalüberziehungszeit läßt sich für diese Kombination angeben, die allerdings auftragspositionsspezifisch überschrieben werden kann.

5.2. Taktische Planung

Im Rahmen der taktischen Planung sollen - wie oben bereits beschrieben - für die einzelnen Auslieferungslager artikelweise Soll-Lagerbestände festgelegt werden.

Bei der Festlegung eines Soll-Lagerbestandes müssen mehrere konfliktäre Ziele berücksichtigt werden. Schneeweiß gibt als Zielkomponenten, die dabei zu berücksichtigen sind, unter anderem an:

1. Erreichung eines hohen Servicegrades, das bedeutet, daß die Nachfrage, die in einem Lager anfällt, weitgehend befriedigt wird.
2. Erreichung eines möglichst niedrigen Lagerbestandes, weil dadurch nur geringe Lagerungskosten verursacht werden.⁷⁷

Es ist Aufgabe der Lagerdisposition, einen Kompromiß zwischen diesen Zielen zu finden.⁷⁸ Bei dieser Aufgabe muß der Disponent durch das hier zu entwickelnde Informationssystem unterstützt werden. Zunächst ist es notwendig, die einzelnen Zielkomponenten zu quantifizieren, um sie vergleichbar zu machen. Die Probleme liegen weniger in der Ermittlung von Lagerungskosten als in der Messung und Bewertung des Servicegrades. In der Literatur werden mehrere Verfahren zur Ermittlung von Servicegraden angeboten,⁷⁹ von denen im Anschluß zwei eingehender betrachtet werden sollen.

⁷⁷ Vgl. Schneeweiß: Lagerhaltungssysteme, S. 6.

⁷⁸ Vgl. ebenda, S. 6.

⁷⁹ Zur Übersicht über Servicegrade und für die im folgenden angegebenen Definitionen Vgl. Schneider: Servicegrade in Lagerhaltungsmodellen, S. 81ff.

5.2.1. Servicegrade in Lagerhaltungsmodellen

Der α - Servicegrad wird definiert als "die Wahrscheinlichkeit α , daß der Bedarf einer beliebigen Periode innerhalb dieser Periode gedeckt wird". Dies ist gleichbedeutend mit "der Wahrscheinlichkeit, daß der Lagerbestand am Ende einer Periode nicht negativ" ist. Bei dieser Definition eines Servicegrades wird ausschließlich darauf geachtet, ob der Bedarf gedeckt werden konnte oder nicht. Es lassen sich jedoch keine Aussagen über die Höhe eventueller Unterdeckungen machen. Für Aussagen über die Teilmenge des Bedarfs, die befriedigt werden konnte, wird der β - Servicegrad verwendet. Er ist definiert als Quotient aus befriedigter Nachfrage und gesamter Nachfrage innerhalb einer Periode. Für zukünftige, unsichere Aussagen wird dabei auf die Erwartungswerte der Nachfragen abgestellt und es ergibt sich:

$$b_{\leq} = \frac{E[\text{befriedigte Nachfrage einer Periode}]}{E[\text{Gesamtnachfrage einer Periode}]}$$

Falls der angegebene Quotient Werte größer als ein vorgegebenes β annimmt, wird der β -Servicegrad als erfüllt betrachtet. Laut Aussage von Schneider⁸⁰ findet der β -Servicegrad große Anwendung in der Praxis, da sich aus ihm mengenproportionale Fehlmengenkosten ableiten lassen.

5.2.2. Lagerhaltungs- oder Bestellpolitik

Zur Umsetzung der Anforderungen, die an ein Lager gestellt werden, sind verschiedene Lagerhaltungspolitiken⁸¹ entwickelt worden. Sie werden unterschieden in Bestellrhythmus- und Bestellpunktverfahren.⁸² Bei den Bestellrhythmusverfahren wird zu bestimmten Bestellterminen eine Bestellung durchgeführt. Die Bestellmenge ergibt sich dabei aus der Differenz zwischen dem Bestand zum Bestellzeitpunkt und einer vorgegebenen Wiederauffüllmenge. Im Gegensatz dazu wird bei den Bestellpunktverfahren mit variablen Bestellterminen gearbeitet. Es wird ein Meldebestand vorgegeben, bei dessen Erreichen oder Unterschreiten eine Bestellung ausgelöst wird. Die Bestellmenge ist auch hier die Differenz zwischen der Wiederauffüllmenge und dem Bestand zum Zeitpunkt der Bestellung.

⁸⁰ Vgl. ebenda, S. 82.

⁸¹ Vgl. Haseborg: Optimale Lagerhaltungspolitiken, S. 3ff.

⁸² Vgl. Wöhe: Betriebswirtschaftslehre, S.520.

Die Bestellregeln dieser Bestellpolitiken lassen sich durch Parameter darstellen. So werden für das beschriebene Bestellpunktverfahren der Meldebestand (s) und der Wiederauffüllbestand (S) als Parameter angegeben. Aufgrund der benötigten Parameter wird dieses Verfahren auch als (s,S) -Verfahren bezeichnet. Die Aufgabe der taktischen Planung ist es daher, konkrete Werte für die Parameter zu ermitteln. Diese Parameterwerte können sich für einzelne Artikel und Lager unterscheiden.

Schneeweiß führt aus, daß für den Bereich der Lagerhaltung eine große Zahl unterschiedlicher Methoden vorgeschlagen wird, um zu einer optimalen Lagerhaltungspolitik zu kommen. Sie unterscheiden sich stark durch die in ihnen getroffenen Annahmen bezüglich der Nachfrage- und Lieferstruktur. Grob lassen sich die Ansätze in deterministische und stochastische Modelle unterteilen. Theoretische Anstrengungen konzentrieren sich auf den Bereich der stochastischen Modelle, die jedoch in der Praxis bisher keine große Bedeutung gefunden haben. Die stochastischen Nachfrageprozesse werden oftmals mittels Prognosen auf deterministische Nachfragefolgen reduziert. Mittels eines deterministischen Standardmodells zur Lagerhaltungsoptimierung werden Parameter für die Bestellpolitik festgelegt, die im Rahmen einer rollenden Planung, aufgrund neuer Prognosen, in gewissen Zeitabständen überprüft und gegebenenfalls angepaßt werden. Es existieren deterministische Modelle, die über die Angabe von Fehlmengenkosten den Servicegedanken mit in die Ermittlung der Parameterwerte einbeziehen.⁸³

5.2.2.1. Mehrproduktmodelle

In den Standardmodellen werden ausschließlich Einproduktfälle betrachtet. Dies trifft aber auf die in der Praxis anzutreffenden Gegebenheiten in der Regel nicht zu. Oftmals wird das Problem des Mehrproduktproblems umgangen, indem statt dessen mehrere Einproduktprobleme gelöst werden. Dies führt jedoch in vielen Fällen zu nicht befriedigenden Lösungen. Aus diesem Grund werden von Assfalg⁸⁴ verschiedene Erweiterungen zu Mehrproduktlagerhaltungsmodellen vorgestellt und eines näher besprochen. Dieses Modell soll hier kurz in seinen Grundgedanken skizziert werden.⁸⁵

Aufbauend auf einem (s,S) -Verfahren wird in diesem Mehrproduktlagermodell für jeden Artikel ein weiterer Parameter (c) eingeführt, der einen sogenannten "can order point"

⁸³ Vgl. Schneeweiß: Lagerhaltungssysteme, S. 41ff.

⁸⁴ Vgl. Assfalg: Lagerhaltungsmodelle, S. 59ff.

⁸⁵ zur Modellbeschreibung Vgl. ebenda, S. 83ff.

oder "Sammelbestellpunkt"⁸⁶ darstellt. Dabei wird davon ausgegangen, daß zu einem Zeitpunkt, an dem ein Artikel eines Zulieferers den Meldebestand (s) erreicht, andere Artikel desselben Zulieferers möglicherweise Bestände aufweisen, die kleiner sind als der für sie vorgesehene Sammelbestellpunkt (c). Der Artikel, dessen Meldebestand unterschritten wurde, wird nun im Rahmen einer Sammelbestellung zusammen mit allen Artikeln (desgleichen Zulieferers) bestellt, deren Sammelbestellpunkte unterschritten sind. Für den Zweiproduktfall läßt sich diese Überlegung grafisch folgendermaßen veranschaulichen:

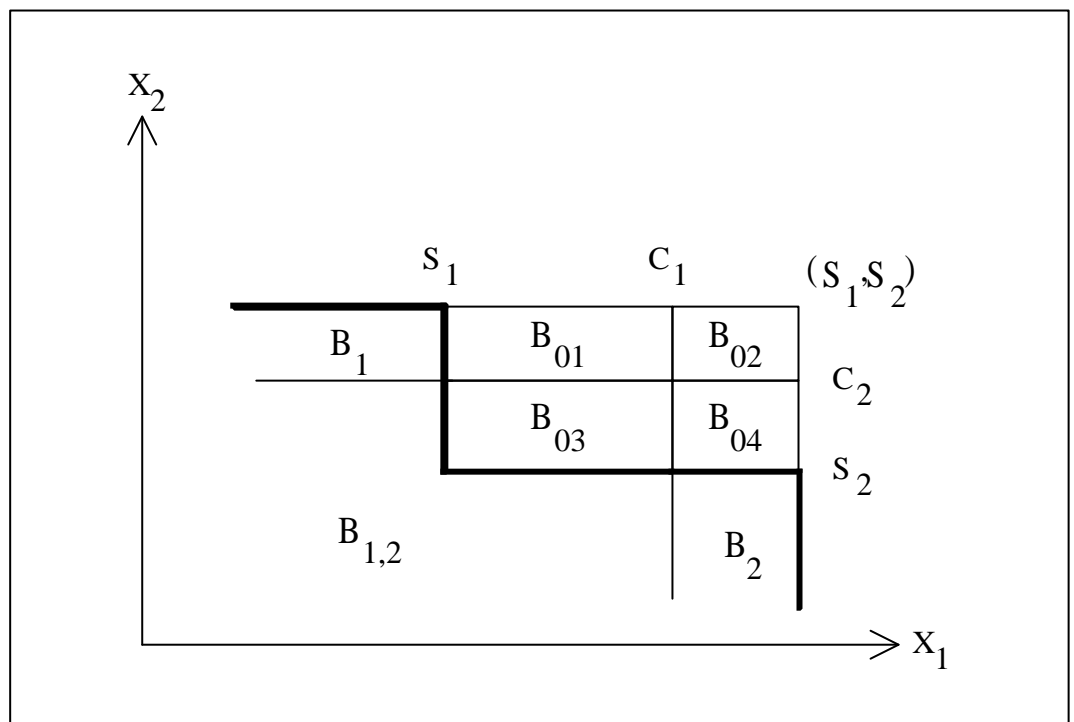


Abb. 4: Sammelbestellungen⁸⁷

An den Achsen werden mit X_1 und X_2 die jeweiligen Bestände der Artikel 1 und 2 abgetragen. In den Bereichen B_1 , B_2 und $B_{1,2}$ werden Bestellungen durchgeführt. Dabei handelt es sich bei B_1 und B_2 um reguläre Einzelbestellungen für Artikel 1 bzw. 2, denn bei diesen Situationen sind die Sammelbestellpunkte (c_1, c_2) des jeweils anderen Artikels noch nicht unterschritten. Im Bereich $B_{1,2}$ wird hingegen eine Sammelbestellung der beiden Artikel 1 und 2 durchgeführt. In den Bereichen B_{01} bis B_{04} werden keinerlei Bestellungen durchgeführt. Das Verfahren zur Ermittlung der Parameterwerte wird von Assfalg⁸⁸ eingehend beschrieben, eine Wiedergabe würde jedoch den Rahmen dieser

⁸⁶ ebenda, S. 68.

⁸⁷ Vgl. Assfalg: Lagerhaltungsmodelle, S. 84.

⁸⁸ Vgl. ebenda, S. 83ff.

Arbeit sprengen. Daher wird im nächsten Schritt lediglich auf den Datenbedarf des Verfahrens und die sich ergebenden Implikationen für die Datenmodellierung eingegangen.

5.2.2.2. Datenbedarfsermittlung

Wichtige Einflußfaktoren für die Höhe eines optimalen Lagerbestandes sind die erwarteten Nachfragen und die Lieferzeiten für die einzelnen Produkte. Das zu entwickelnde System sollte in der Lage sein, Vergangenheitsdaten zu speichern, aus denen sich Prognosen über die Nachfrage nach Produkten in den verschiedenen Regionen und damit in den unterschiedlichen Lagern erstellen lassen. Die von den Lieferanten für die einzelnen Produkte zugesagten Lieferzeiten müssen festgehalten werden. Durch einen Vergleich von Bestelldatum und Wareneingangsdatum lassen sich mittlere Lieferzeiten, Standardabweichungen und die maximal aufgetretene Abweichung ermitteln und speichern. Bei Abweichungen, die über eine vorgegebenen Toleranzgrenze hinausgehen, kann so direkt reagiert werden.

Wie bereits im Rahmen der Standortoptimierung dargestellt, benötigt der Lagerdisponent, um die Fehlmengenkosten ermitteln zu können, theoretisch Angaben über die Anfragen an das Lager mit dem Hinweis, ob der Bedarf gedeckt werden konnte oder nicht. Dazu müßten die im Lager eingehenden Anfragen gespeichert werden, und es wäre festzuhalten, ob die angeforderten Mengen durch das Lager befriedigt werden konnten oder nicht. Im Falle einer Unterdeckung wäre es wichtig zu unterscheiden und zu speichern, ob es zu Nachlieferungen⁸⁹- man spricht hier vom Vormerkfall⁹⁰ - oder zu einem kompletten Ausfall der Lieferung kam. Nach Auskunft der Firma läßt sich eine solche Erfassung sämtlicher eingehender Anfragen jedoch nicht durchführen.

Die Darstellung im Modell erfolgt, wie bereits beschrieben, über die Angabe eines Fehlmengenkostensatzes, der für die Kombination aus Artikel und Kunde spezifisch ist. Weiterhin werden für die Lagerbestände Soll- β -Servicegrade vorgegeben, die einzuhalten sind, und bei deren Unterschreitung entsprechende Aktionen - z.B. Mahnung säumiger Lieferanten oder Veränderung der Parameterwerte - durchzuführen sind.

Als Ergebnis der taktischen Planung sind für jeden Artikel eines jeden Lagers ein Meldebestand, ein Sammelbestellpunkt und eine Wiederauffüllmenge, also die Parameterwerte (s,c,S), zu speichern.

⁸⁹ Eventuell als Eillieferung mit erhöhten Kosten.

⁹⁰ Vgl. Schneeweiß: Lagerhaltungssysteme, S.44.

5.3. Operative Planung

Im Rahmen der operativen Planung sind Entscheidungen zu treffen, die in einem Zeitraum von wenigen Tagen umgesetzt werden. Bei der operativen Planung kann davon ausgegangen werden, daß zum Zeitpunkt der Planung die entscheidungsrelevanten Faktoren feststehen. Die zu erfüllenden Kundenaufträge sind ebenso bekannt wie die Lagerbestände für die einzelnen Artikel in den verschiedenen Lagern. Aufgrund der bekannten Angebots- und Nachfragestruktur sollen Transportpläne entwickelt werden, die dafür sorgen, daß die Nachfrage termingerecht und auf kostenminimale Weise befriedigt wird.

Während für den Bereich der strategischen Planung ein geschlossenes Entscheidungsmodell vorgeschlagen wurde, das nach Eingabe der relevanten Daten eine komplette Lösung erstellt, soll im Rahmen der operativen Planung ein offenes Modell eingesetzt werden, das der empirisch-kognitiven oder deskriptiven Entscheidungstheorie⁹¹ zuzurechnen ist. Hierbei wird dem Anwender ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, das ihn interaktiv bei der Suche und Analyse von Entscheidungsalternativen unterstützt.⁹² Diese Vorgehensweise bietet sich an, weil die Entwicklung eines mathematischen Modells, das alle Zusammenhänge und Restriktionen der abzubildenden Realität erfaßt, kaum mit sinnvollem Aufwand möglich ist. Zudem unterliegen diese Zusammenhänge bisweilen einem kurzfristigen Wandel, der in der Regel dem Disponenten bekannt ist, ehe er im Modell berücksichtigt werden kann. Falls es gelingen sollte, ein solches System zu entwickeln, würde die Rechenzeit nicht für den Aufgabenbereich der operativen Planung angemessen sein. In diesem Bereich werden täglich oder mindestens wöchentlich Planungsergebnisse benötigt, was hohe Ansprüche an das Laufzeitverhalten - besonders die Antwortzeiten im Dialogbetrieb - eines solchen Systems stellt. Im Gegensatz dazu sind die Planungen im strategischen Bereich in einem mehrjährigen Zyklus durchzuführen. Dort spielt die Rechenzeit, die für einen Durchlauf benötigt wird, eine weniger dominante Rolle als im operativen Bereich, wo es besonders auf Flexibilität und Reagibilität ankommt.

5.3.1. Abgrenzung des Problemfeldes

Als erstes soll ein Blick auf die Fragestellungen geworfen werden, die im Bereich der operativen Planung beantwortet werden müssen.

⁹¹ Vgl. Grauer: Algorithmen für entscheidungsunterstützende Systeme, S. 29.

⁹² Vgl. ebenda, S. 29.

1. Welche Kundenaufträge sollen von welchem Lager geliefert werden?
2. Sind Umlagerungen zwischen den Lagern notwendig? Wenn ja, welche Mengen und zwischen welchen Lagern?
3. Zu welchen Lagern sollen die Anlieferungen aus der eigenen Produktion oder von den Fremdherstellern geliefert werden?

5.3.2. Das klassische Transportproblem

Analog zur Standortoptimierung wird auch hier zunächst ein Modell vorgestellt, das auf die Darstellung nichtlinearer Transportkostenfunktionen nicht eingeht. Die erste Fragestellung, die Zuordnung von Kundennachfragen zu Lagerorten, ließe sich - im Fall linearer Transportkostenverläufe - als eine Reihe klassischer Transportprobleme (TPP)⁹³ darstellen. Der generelle Aufbau eines klassischen TPP wird im folgenden beschrieben:⁹⁴

Ein homogenes Gut soll von m Lagerorten A_i zu n Kunden B_j transportiert werden. Dabei besteht im Lagerort A_i ein Bestand von a_i Einheiten, und beim Kunden B_j liegt eine Nachfrage in Höhe von b_j Einheiten vor. Die beim Transport von A_i nach B_j anfallenden Kosten c_{ij} sind proportional zur transportierten Menge.

Anhand dieser Struktur soll ein Transportplan für die von A_i nach B_j zu transportierenden Mengen x_{ij} erstellt werden, der die Transportkosten minimiert.⁹⁵ Es ergibt sich folgende mathematische Formulierung des Modells:⁹⁶

Minimiere die Zielfunktion: $Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$

⁹³ Transportproblem wird im folgenden mit TPP abgekürzt

⁹⁴ Vgl. Domschke: Logistik - Bd. 1: Transport, S. 76.

⁹⁵ Vgl. Grauer: Algorithmen für entscheidungsunterstützende Systeme, S. 83.

⁹⁶ Vgl. Domschke: Logistik - Bd. 1: Transport, S. 76.

Unter den Nebenbedingungen:

$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad i = 1, \dots, m$ Die Nebenbedingung stellt sicher, daß die transportierte Menge in den Lagern vorrätig ist.

$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = 1, \dots, n$ Diese Gleichung sorgt dafür, daß die Nachfrage aller Kunden gedeckt wird.

$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j$ Hier wird sichergestellt, daß keine negativen Transportmengen auftreten.

Zulässige Lösungen für dieses System lassen sich ermitteln, wenn gilt:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j ,$$

wenn also Angebot und Nachfrage mengenmäßig übereinstimmen. Obwohl dies in der Realität nur in Ausnahmefällen vorkommt, stellt es bei der Modellierung nur ein geringes Problem dar. Es wird bei Überangebot ein fiktiver Kunde und bei Überschußnachfrage ein fiktives Lager eingeführt. Dadurch lassen sich die Mengendifferenzen ausgleichen. Bei Einführung von Kostensätzen (c_{ij}) in Höhe von 0,- DM für die Belieferung fiktiver Kunden, beziehungsweise die Belieferung durch ein fiktives Lager, ergeben sich keine Veränderungen in der Kostenstruktur des betrachteten Modells.

5.3.3. Probleme beim Einsatz von Algorithmen zur Lösung klassischer TPP im Beispielunternehmen

Ein erster Kritikpunkt bietet sich bei der Modellierung der Transportkosten im klassischen TPP. Die Darstellung der Transportkosten in dem soeben beschriebenen Modell geht von mengenproportionalen Kostensätzen aus. Diese Mengenproportionalität läßt sich aber in der betrieblichen Praxis nicht immer wiederfinden. Die in der Beispielunternehmung vorliegenden, nichtlinearen Kostenstrukturen wurden im Rahmen der Problembeschreibung bereits dargestellt, und es wird im Rahmen der Datenmodellierung in Abschnitt 6.3.4. noch genauer auf ihre Umsetzung in ein Datenmodell eingegangen.

Weiterhin beachtet werden muß die Tatsache, daß der beschriebene Ansatz nur ein homogenes Produkt in die Betrachtung einbezieht. In der Firma muß also getrennt für jeden Artikel, der im Planungszeitraum nachgefragt wird, eine Transportplanoptimierung durchgeführt werden. Das Ergebnis ist eine Reihe von Transportplänen, die für sich

betrachtet optimale Lösungen darstellen. Als Gesamtheit betrachtet wird jedoch ein Transportplan ermittelt, der nicht den Anforderungen des Unternehmens entspricht.

So existieren in einer derartigen Lösung in der Regel Fälle, bei denen ein Kunde innerhalb einer Planungsperiode zwei oder mehr Lieferungen von verschiedenen Lagerorten erhält. Solche Stückelungen von Lieferungen beeinträchtigen das Image der Firma und bedeuten für den Kunden einen erheblichen Mehraufwand bei der Warenannahme, der ihm aus Servicegründen nur in besonderen Situationen zugemutet werden soll.

Auch existieren Aufträge, bei denen Beziehungen zwischen einzelnen Positionen bestehen, in der Form, daß die zusammenhängenden Artikel gleichzeitig geliefert werden müssen. Dies ist zum Beispiel bei der Lieferung eines großen Kessels und seiner Verankerung der Fall, denn ohne Verankerung läßt sich der Kessel kaum ohne Beschädigung abladen.

Ein weiterer Fall, der in dem durch das Modell entwickelten Transportplan vorkommt, ist die Belieferung aus einem fiktiven Lager. Das bedeutet, daß bei einer Überschußnachfrage nach einem bestimmten Artikel diejenigen Kunden, deren Belieferung die höchsten Transportkosten ergeben würde, nicht beliefert werden. Die Entscheidung über die Nichtbelieferung eines Kunden läßt sich jedoch nicht in allen Fällen nur aufgrund des Kostenkriteriums fällen, sondern es sind bei der Auswahl des zu benachteiligenden Kunden weitere Gesichtspunkte zu berücksichtigen, auf die im folgenden noch eingegangen wird.

5.3.4. Lösungsvorschlag

Aufgrund der dargestellten Probleme erscheint es sinnvoll, für das Beispielunternehmen ein Simulationsverfahren einzusetzen, bei dem sowohl nichtlineare Transportkostenfunktionen als auch Beschränkungen hinsichtlich Mehrfachlieferungen oder Trennung von Auftragspositionen bei der Erstellung eines "vorläufigen" Transportplans berücksichtigt werden können. Dazu werden Strafkostensätze eingeführt, die bei Mißachtung einer Mehrfachlieferungsbeschränkung anfallen. Jedoch auch in einem derartigen Transportplan müssen Entscheidungen darüber getroffen werden, welche Kundennachfrage im Fall eines Nachfrageüberschusses nicht vollständig befriedigt werden soll. Dazu lassen sich in einem Simulationsmodell zwar Bewertungen und Gewichtungen für die Bedeutung des Kunden für die Beispielfirma festlegen und Entscheidungsregeln formulieren, die für eine "vorläufige" Lösung des Problems möglicherweise ausreichen. Aber dem Disponenten sollte im Einzelfall die letzte Entscheidung über derartige Situationen überlassen werden.

Für den "vorläufigen" Transportplan wird zusammengestellt,

- welche Kunden mehrere Lieferungen erhalten,
- welche zusammengehörigen Auftragspositionen aus verschiedenen Lagern und damit mit verschiedenen Transporten angeliefert werden und
- welche Kundenaufträge nicht befriedigt werden können.

Der "vorläufige" Transportplan wird - zusammen mit den Auswertungen über die "Problemfälle" - dem Disponenten zur weiteren Bearbeitung vorgelegt. Dieser kann nun im Dialog versuchen, den Transportplan so zu verändern, daß er den Anforderungen der Unternehmung besser genügt. Auch bei dieser Aufgabe soll ihn das zu entwickelnde Informationssystem unterstützen. Dazu wird dem Disponenten eine Aufstellung der Kunden zur Verfügung gestellt, die mehr als eine Lieferung erhalten. Für jeden dieser Kunden läßt sich anzeigen, welche Lieferungen geplant sind. Zu den einzelnen Positionen der Lieferungen sollte der Disponent in der Lage sein, sich die derzeit vorhandenen Bestände ausgeben zu lassen. Auf Basis dieser Informationen lassen sich Umlagerungen disponieren, die die Artikel zunächst in einem Lager sammeln, dort kommissionieren und gebündelt zum Kunden weiterleiten. Die im Rahmen solcher Umlagerungen entstehenden Mehrkosten können direkt ermittelt und angezeigt werden, so daß der Disponent im Einzelfall entscheiden kann, ob Umlagerungen durchgeführt werden sollen - wenn ja in welchen Mengen und zwischen welchen Lagern - oder ob es dem Kunden zugemutet werden kann mehrere Lieferungen anzunehmen, eventuell verbunden mit einem entsprechenden Begleitschreiben.

Im Fall von mangelnder Lieferbereitschaft, wenn also ein Kunde nicht mit der bestellten Ware beliefert werden kann, muß der Disponent entscheiden, welcher Kunde auf die Lieferung verzichten muß. Dabei spielen neben den anfallenden Transportkosten eine Reihe von anderen Faktoren eine ausschlaggebende Rolle, so etwa die Bedeutung und das Auftragsvolumen des Kunden oder die vertraglich festgelegten Bedingungen.

Bei dieser Entscheidung sollte das System den Disponenten unterstützen, indem es anzeigt, welche anderen Lieferungen bei dem Kunden eingehen und welche Auftragspositionen mit dem nicht lieferbaren Artikel in Verbindung stehen. Zusätzlich sollte eine Darstellung der den nicht lieferbaren Artikel betreffenden Bestellungen bei Fremderstellern und der eigenen Produktion und deren erwartete Lieferzeiten und -orte möglich sein. Auch in diesem Fall sollte einem Disponenten die letzte Entscheidung über die Wahl des nicht zu beliefernden Kunden überlassen werden, denn alle Faktoren, die

bei dieser Entscheidung eine Rolle spielen, lassen sich nur bedingt in einem simulativen Modell abbilden.

5.3.5. Datenbedarfsermittlung

Ein simulativer Ansatz wie der soeben dargestellte benötigt genaue Informationen über die Kosten, die bei den verschiedenen durchgespielten Alternativen entstehen. Es ist daher wichtig, alle Informationen, die zur Ermittlung der Kosten notwendig sind, in der zu entwickelnden Datenbank zur Verfügung zu stellen. Um die anfallenden Transportkosten ermitteln zu können, müssen Daten über die Entfernung zwischen den Lagern und den Kunden, die zu transportierenden Mengen und die Struktur der Kostenverläufe abgebildet werden. Wie bereits in Abschnitt 5.1.2.3. dargelegt, erscheint eine Entfernungsermittlung über Postleitzahlen mit kommerzieller Software als die eleganteste Lösung. Die zu transportierenden Mengen werden über die Zuordnung von Warenausgängen zu Transporten ermittelt.

Zusätzlich zu den Transportkosten müssen wie weiter oben ausgeführt Modellierungen für die Abweichung von den Komplettliefervorgaben gefunden werden. Dies läßt sich über einen Strafkostenfaktor erreichen, der besagt, daß bei Teillieferungen ein bestimmter Prozentsatz des Verkaufspreises als Strafkosten berechnet werden. Solche Strafkosten lassen sich kunden- und auftragsspezifisch festhalten. Ebenso lassen sich vertraglich festgelegte Konventionalstrafen behandeln. Zusätzlich läßt sich die Bedeutung eines Kunden - über eine Kennzahl in den Kundenstammdaten - darstellen und bei Simulationen in den Entscheidungsprozeß mit einbeziehen.

Ergebnis der operativen Planung sind Transportpläne, die durch das Informationssystem dargestellt werden müssen. Dazu ist es notwendig, Warenausgänge für die einzelnen Lager zu modellieren, die sich zu Transporten zusammenfassen lassen. Für diese Transporte müssen neben dem Bestimmungsort die aus ihnen resultierenden tatsächlichen und entscheidungsrelevanten fiktiven Kosten sowie das zu beauftragende Transportunternehmen festgehalten werden.

5.4. Weitere Aufgabenfelder eines Logistikinformationssystems

Neben den bisher vorgestellten Planungsaufgaben sollen durch das auf dem hier zu entwickelnden Datenmodell aufbauende Logistik-Informationssystem Steuerungs- und Kontrollaufgaben übernommen werden.

5.4.1. Steuerungsaufgaben

Bei den zu unterstützenden Steuerungsaufgaben sind vor allem die Aufgaben der Transportvergabe und des Bestellwesens zu nennen. Die Durchführung der im Rahmen der operativen Planung erstellten Transportpläne kann durch das System automatisiert werden. Dazu werden Anweisungen an die unterschiedlichen Lager zur Kommissionierung der Artikel gegeben und gleichzeitig die Transportaufträge an Transportunternehmen übermittelt. Für diese Transporte werden Lieferscheine erstellt, die den genauen Inhalt und das Ziel der Lieferung spezifizieren.

Im Bereich der Beschaffung der Handelswaren werden in den Lagern - mit Hilfe der in der taktischen Planung festgestellten Melde- und Sammelbestellpunkte - Bestellungen an die Hersteller erstellt und versandt. Dabei werden durch das Informationssystem automatisch Analysen durchgeführt, welche Kombination von bestellten Waren bei welchen Lieferanten zu den niedrigsten Gesamtkosten führt. Auch im Bereich der eigenen Produktion können durch das System Steuerfunktionen übernommen werden. So lassen sich, analog zur automatisierten Bestellschreibung, mit Hilfe des Systems Produktionsaufträge ausstellen.

Es handelt sich hier nicht um eine erschöpfende Darstellung der Steuerungsfunktionen, sondern es soll lediglich aufgezeigt werden, daß ein Logistik-Informationssystem vielfältige Einsatzmöglichkeiten und Arbeitserleichterungen für die täglichen betrieblichen Abläufe bietet.

5.4.2. Kontrollfunktionen

Ein weiterer Aufgabenkomplex, der durch das Informationssystem abgedeckt werden soll, ist die Kontrolle der Abläufe der logistischen Tätigkeiten im Betrieb. Auch hier soll nur ein kurzer Überblick über die Möglichkeiten des Einsatzes eines Informationssystems gegeben werden.

Hierzu gehört zum Beispiel die Überwachung der Lagerbestände in den einzelnen Lagern. Durch kontinuierliche Erfassung der Warenein- und ausgänge lassen sich stets aktuelle Daten zu den Lagerbeständen abrufen. Neben einer Lagerbestandskontrolle sollte das Informationssystem auch in der Lage sein, ein Mahnwesen für säumige Hersteller aufzubauen. Dazu wird ein Vergleich zwischen den zugesagten Lieferterminen, die in den Bestellungen angegeben werden, und den tatsächlichen Wareneingängen durchgeführt. Alle Bestellpositionen, deren Liefertermine überschritten sind, die aber

noch nicht komplett geliefert wurden, können so ermittelt und gemahnt werden. Gleiches ist natürlich auch für die eigene Fertigung möglich.

Im Bereich der Distribution sollten sich mit dem System Auswertungen über Lieferverzögerungen und Reklamationen machen lassen. Dazu müssen die Wareneingänge der Lieferungen durch den Kunden bestätigt werden und es muß neben dem Wareneingangsdatum festgehalten werden, ob die Lieferung korrekt, vollständig und unbeschädigt war. Aus diesen Informationen lassen sich Kennzahlen über die Güte des Lieferservice⁹⁷ ermitteln. Durch Vorgabe von bestimmten Kennzahlen als Sollgrößen, wie zum Beispiel durchschnittliche Lieferzeit oder Lagerkostenanteil am Umsatz, lassen sich mit Hilfe von automatisierten Soll-Ist-Vergleichen frühzeitig Abweichungen vom geplanten Zustand erkennen und Maßnahmen zur Korrektur einleiten.

Die ermittelten Kontrollwerte bilden die Grundlage für weitere Planungs- und Steuerungsaufgaben, deren Umsetzung ihrerseits kontrolliert werden muß. Damit schließt sich der Kreis der Aufgaben, die durch das Logistik-Informationssystem unterstützt werden sollen.

5.4.3. Datenbedarfsermittlung

Die Steuerungs- und Kontrollfunktionen greifen im wesentlichen auf die bereits im Rahmen der unterschiedlichen Planungsphasen dargestellten Datenstrukturen zurück. Daher wird hier keine detaillierte Wiederholung der Modellierung aller Bereiche vorgenommen, sondern es werden exemplarisch einige betriebswirtschaftliche Kennzahlen, die im Rahmen der Kontrollfunktionen überprüft werden sollen, angeführt. So werden Soll-Lieferzeiten für die Beschaffung jeder Handelsware und Soll-Produktionszeiten für die Herstellung eigener Artikel in den Artikelstammdaten festgehalten. Zusätzlich werden für Kombinationen aus Kunde und Artikel die durchschnittlichen Lieferzeiten und die zugehörige Standardabweichung sowie eine β -Servicegradvorgabe gespeichert, um daraus bessere Aussagen über den erreichten Lieferservice ableiten zu können.

⁹⁷ Siehe Abschnitt 2.3. Kosten und Leistungen in Logistiksystemen

6. Entwurfsphase

An dieser Stelle wird aufgrund der in der Definitionsphase erstellten Anforderungsspezifikation ein konzeptionelles Datenmodell erstellt.

Es sind verschiedene Verfahren zur konzeptionellen Datenmodellierung vorgeschlagen worden.⁹⁸ Eines dieser Verfahren soll als Grundlage dieser Arbeit dienen und wird im folgenden beschrieben.

6.1. Vorstellung des Entity-Relationship-Modells

Das grundlegende Entity-Relationship-Modell (ER-Modell) wurde 1976 von P. Chen vorgestellt.⁹⁹ Es findet weite Verbreitung, da es "aufgrund seiner grafischen Darstellungsweise (ERM- oder Chen-Diagramme) und seiner klaren Definition besonders benutzerfreundlich ist"¹⁰⁰. An dieser Stelle sollen zunächst die wichtigsten Elemente des Modells vorgestellt werden.¹⁰¹

Grundlage des Modells sind Entities, Attribute und Beziehungen (relationships). Entities sind reale oder abstrakte "Dinge", zu denen Informationen in einer Datenbank gespeichert werden sollen, etwa ein Kunde oder ein Auftrag. Entities haben bestimmte Eigenschaften, die durch Attribute beschrieben werden. Beispiele für Attribute sind der Firmenname eines Kunden, eine Auftragsnummer oder ein Auftragsdatum. Die Ausprägungen der Attribute entstammen bestimmten Wertebereichen, sogenannten Domänen. Das bedeutet zum Beispiel, daß als Werte für das Attribut Firmennamen nur Zeichenketten von maximal 40 alphanumerischen Zeichen oder für das Attribut Auftragsnummern Integerzahlen vorgesehen sind. Die Wahl des Wertebereiches muß den abzubildenden Informationen angepaßt sein.

Unter Entitytypen versteht man die Zusammenfassung von Entities, die durch die gleichen Attribute beschrieben werden, etwa die Entitytypen KUNDEN oder AUFTRÄGE.

⁹⁸ Vgl. Rauh: Informationsmanagement, S. 66 mit weiteren nachweisen; Vetter: Anwendungssoftware-Entwicklung, S. 283ff; Scheer: Informationssysteme, S.26 mit weiteren Nachweisen.

⁹⁹ Vgl. Chen: The Entity-Relationship Model, S. 9-36.

¹⁰⁰ Vgl. Scheer: Informationssysteme, S. 29f.

¹⁰¹ Ausführliche Beschreibung bei Elmasri / Navathe: Fundamentals of Database Systems, S. 37ff; sowie Scheer: Informationssysteme, S. 29ff.

Jedes Entity hat ein Attribut oder eine Kombination von Attributen, durch die es von allen anderen Entities des gleichen Typs eindeutig unterschieden werden kann. Diese Attributkombinationen werden als Primärschlüssel bezeichnet. Bei der Wahl eines Primärschlüssels muß sichergestellt sein, daß keine zwei Entities mit dem gleichen Schlüssel existieren. Es ist in der Regel nicht möglich, einen Kunden über seinen Nachnamen eindeutig zu identifizieren, denn der Nachname gewährleistet keine Eindeutigkeit. Eine Möglichkeit zur Bildung eines eindeutigen Schlüssels besteht darin, mehrere Attribute zu kombinieren, so etwa den Vornamen, Nachnamen und das Geburtsdatum. Dies wird jedoch schnell unhandlich und es ist nicht sichergestellt, daß nicht dennoch zwei identische Schlüssel zustande kommen. Daher werden häufig Kunstschlüssel, wie eine eindeutige Kundennummer, definiert.

Zwischen Entities bestehen Beziehungen. So kann ein Kunde mit einem Auftrag z.B. die Beziehung "KUNDE_GIBT_AUFTRAG" eingehen. Analog zu den Entities werden die Beziehungen zu Beziehungstypen zusammengefaßt.

Aufbauend auf diesen grundlegenden Konstruktionselementen sind Erweiterungen vorgeschlagen worden.¹⁰² Einige dieser Erweiterungen werden aufgrund ihrer Verwendung im Rahmen der Modellierung näher erläutert. Die verschiedenen Erweiterungsvorschläge unterscheiden sich stark in der Darstellungsweise. Um Verwirrungen zu vermeiden, wird im folgenden ausschließlich die im Programm ERDRAW¹⁰³ verwendete Symbolik betrachtet.

6.2. Vorstellung des grafischen Editors ERDRAW 3.1

Bei dem Programm ERDRAW handelt es sich um einen grafischen Editor zum Entwurf und zur Darstellung von ER-Diagrammen. Er wurde durch die Data Management Research and Development Group der Lawrence Berkeley Laboratories in Kalifornien entwickelt. Der Editor wurde in der Programmiersprache C für eine auf dem X11-Standard basierende Unix Workstation-Umgebung implementiert.

Basis der Darstellung mittels ERDRAW ist das Extended Entity-Relationship (EER)-Modell.¹⁰⁴ In den erstellten Diagrammen werden Entitytypen durch Rechtecke dargestellt, während Beziehungstypen durch Rauten visualisiert werden. Zur besseren

¹⁰² Vgl. Sinz: ERM, S. 22ff mit weiteren Nachweisen; c

¹⁰³ Szeto / Markowitz: ERDRAW 3.1

¹⁰⁴ Vgl. Szeto / Markowitz: ERDRAW 3.1, Appendix B, S. 48ff.

Übersichtlichkeit werden die Attribute nicht direkt im Diagramm dargestellt. Sie lassen sich in Form von Listen ausgeben, in denen zu jedem Entity- und Beziehungstyp die zugehörigen Attribute angeführt werden.¹⁰⁵ Im Diagramm wird die Verbindung zwischen Entity- und Beziehungstypen über Pfeile dargestellt, die vom Beziehungstypen ausgehen. Mittels dieser Pfeile lassen sich Kardinalitäten darstellen. Sie geben an, wie oft ein Entity eines Entitytyps an einer Beziehung teilnehmen kann.



Abb. 5: Darstellungsbeispiel ER-Diagramm

Für das bisher betrachtete Beispiel würde gelten: Entities vom Typ KUNDE können beliebig viele Aufträge vergeben, während ein Entity des Typs AUFTRAG von genau einem Kunden gegeben wird. Abb. 5 zeigt, wie sich dieser Sachverhalt im Diagramm darstellen lässt.¹⁰⁶

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die im Rahmen von ERDRAW modellierbaren Komplexitätsgrade und ihre Darstellungsweise im Diagramm. Es wird jeweils die Unter- und Obergrenze für die Anzahl der Teilnahmen mit angegeben.

¹⁰⁵ Die Attributlisten für das im Rahmen der Arbeit entwickelte Datenmodell finden sich in Anhang E: Attributlisten.

¹⁰⁶ Im Editor werden Pfeile mit der Kennung "mand-1" und "mand-M" als Doppelpfeile dargestellt. Auf diese zusätzliche Verdeutlichung wird im Hauptteil dieser Arbeit aus darstellungs-technischen Gründen verzichtet.

Anzahl der Teilnahmen	Darstellung im Diagramm	Untergrenze	Obergrenze
höchstens einmal	— 1 —>	0	1
beliebig oft	— M —>	0	beliebig
genau einmal	— mand-1 —>	1	1
mindestens einmal	— mand-M —>	1	beliebig

Tabelle 3: Komplexitätsgrade von Beziehungen¹⁰⁷

Im folgenden sollen drei Erweiterungen näher betrachtet werden:

1. Uminterpretation von Beziehungstypen zu Entitytypen
2. Generalisierung und Spezialisierung
3. Modellierung existentieller Abhängigkeiten

6.2.1. Uminterpretation von Beziehungstypen zu Entitytypen

Bei der Modellierung von Zusammenhängen der Realität ist es bisweilen sinnvoll, daß Beziehungstypen die Rolle von Entitytypen einnehmen. Dieser Vorgang wird als Uminterpretation bezeichnet. Die uminterpretierten Beziehungstypen werden im Diagramm dadurch gekennzeichnet, daß Pfeile von anderen Beziehungstypen in sie eingehen. Ein Beispiel für eine solche Uminterpretation ist der in Abb. 6 dargestellt Zusammenhang.

¹⁰⁷ Dabei "mand" von mandatory, engl. "zwangsweise" und "M" von many, engl. "viele"; Vgl. Langenscheid: Wörterbuch.

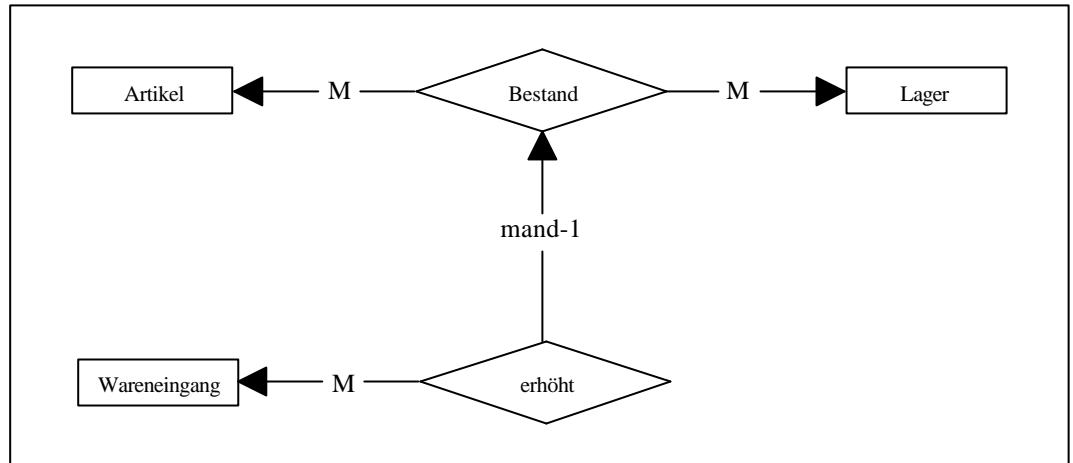


Abb. 6: Uminterpretation von Beziehungstypen

Der hier dargestellte Sachverhalt zeichnet sich dadurch aus, daß sich ein Wareneingang nicht allein auf einen Artikel und nicht allein auf ein Lager bezieht, sondern auf den Bestand eines Artikels in einem bestimmten Lager. Daher wird der Beziehungstyp BESTAND uminterpretiert und kann im weiteren wie ein Entitytyp behandelt werden.

6.2.2. Generalisierung und Spezialisierung

Bei Generalisierung und Spezialisierung handelt es sich im wesentlichen um die gleiche Konstruktion, die lediglich aus verschiedenen Perspektiven betrachtet wird. Ein Beispiel für die Generalisierung ist die Zusammenfassung der Entitytypen C-LAGER und FIRMENLAGER zum Entitytyp LAGER. Dies wird in Abb. 7 dargestellt.

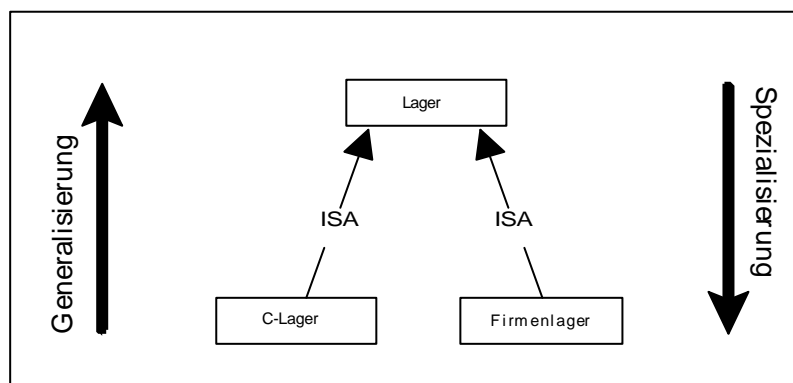


Abb. 7: Generalisierung und Spezialisierung

Wie bereits ausgeführt, handelt es sich bei der Spezialisierung lediglich um eine andere Sichtweise der Generalisierung. So läßt sich der Entitytyp LAGER in die Entitytypen C-LAGER und FIRMENLAGER spezialisieren. Die Darstellung der Generalisierung oder

Spezialisierung im Diagramm erfolgt über Pfeile mit der Beschriftung ISA ("is a" = "ist ein"), die von den generalisierten Entitytypen ausgehen.

Grundgedanke dabei ist, daß eine Reihe der Attribute der beiden generalisierten Entitytypen übereinstimmen. Es lassen sich für C-Lager und Firmenlager in gleicher Weise Angaben zu den Kapazitäten oder den Lieferanschriften speichern. In bestimmten Bereichen unterscheiden sich jedoch die zu speichernden Informationen und damit die benötigten Attribute. In den C-Lagern fallen Mieten und Provisionen an, während für die Firmenlager Fixkosten und variable Kosten ermittelt werden. Wichtig bei der Generalisierung ist die Vergabe von einheitlichen Nummern für alle teilnehmenden Entities. Bei dieser Art der Modellierung muß für jedes Firmen- und C-Lager eine eindeutige Lagernummer vergeben werden.

6.2.3. Modellierung existentieller Abhängigkeiten

Eine weitere Konstruktionsmöglichkeit, die im Rahmen des EER geboten wird, ist der existentiell abhängige (schwache) Entitytyp. So kann ein Entity vom Typ AUFTRAGSPOSITION nur existieren, wenn es zu einem Entity vom Typ AUFTRAG gehört. Wie in Abb. 8 zu sehen, wird dies im Diagramm durch einen Pfeil mit der Kennung ID dargestellt.

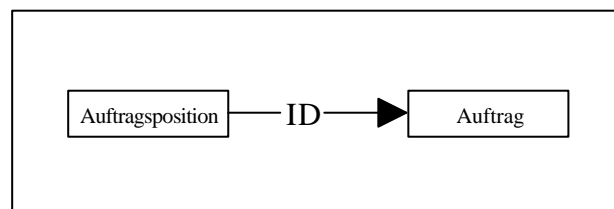


Abb. 8: existentielle Abhängigkeit

Der Primärschlüssel des Entitytyps AUFTRAGSPOSITION ist eine Kombination aus einer Positionsnummer - durch die sich die einzelnen Positionen innerhalb eines Auftrags unterscheiden - und der Auftragsnummer, also dem Primärschlüssel des Entitytyps AUFTRAG. Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom Auftrag als identifizierendem Entitytyp, denn erst durch die Hinzunahme der Auftragsnummer wird die Auftragsposition eindeutig identifiziert.

6.3. Modellbeschreibung

Bei der Modellbeschreibung wird zu den einzelnen Entitytypen jeweils nur eine relevante Auswahl der Attribute beschrieben. Dadurch wird versucht, die Beschreibung des

Modells gut lesbar zu gestalten, ohne dabei jedoch auf wichtige Zusammenhänge zu verzichten. Für eine komplette Übersicht über die im Modell verwendeten Attribute sei auf Anhang D verwiesen. Auch bei der Modellierung der Attribute im ER-Modell ist jedoch zur Wahrung der Übersicht eine Beschränkung auf Attribute, die für logistische Tatbestände relevant sind, vorgenommen worden.

Zur Beschreibung des Modells werden jeweils zusammengehörige Ausschnitte des Gesamtmodells grafisch dargestellt und beschrieben. Für eine Übersicht über die komplexeren Zusammenhänge wird auf Anhang F verwiesen, dort findet sich ein vierseitiges Komplettschema des entwickelten Datenmodells.

6.3.1. Artikelsortiment

Zentrales Element im entwickelten Modell sind die durch die Firma erstellten und vertriebenen Artikel. Für sie wird ein durchgängiger, eindeutiger Schlüssel vergeben, die Artikelnummer. Zu den ARTIKELN werden Stammdaten wie Gewicht je Einheit, Volumen, Kurzbezeichnung, Verkaufspreis, Verpackungsart und die Mengeneinheit, die für den Artikel verwendet wird (z.B. Stück, kg oder Palette), abgelegt

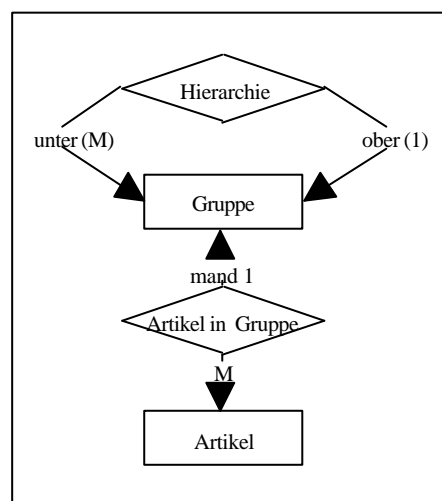


Abb. 9: Artikelsortiment

Für die Artikel lassen sich hierarchische Beziehungen darstellen. Jeder Artikel gehört einer Verkaufsgruppe, etwa der Verkaufsgruppe Brenner oder Ventile, an. Die Verkaufsgruppen werden ihrerseits zu Artikelgruppen und Artikelhauptgruppen zusammengefaßt, wobei jeweils mehrere Untergruppen einer Obergruppe untergeordnet sind. Um diesen Sachverhalt zu modellieren, wird der Entitytyp GRUPPE eingeführt. Die zugehörigen Entities nutzen die Attribute Gruppennummer, Gruppenbezeichnung und Hierarchiestufe zur Beschreibung der einzelnen Gruppen. An Beziehungen vom Typ

HIERARCHIE nehmen jeweils zwei Entities des Typs GRUPPE teil, es handelt sich hier um eine "rekursive Beziehung"¹⁰⁸, bei der die Rolle, die die Entities einnehmen, mittels "Rollennamen" angegeben werden muß. In diesem Fall sind die Rollennamen UNTER und OBER. Das M hinter dem Rollennamen UNTER und die 1 hinter OBER bedeuten, daß M Untergruppen zu einer Obergruppe zusammengefaßt werden.

6.3.2. Lager

Der Entitytyp LAGER enthält die Stammdaten zu den durch die Firma unterhaltenen Lagern. Dazu gehören die Lageranschrift, besonders die Postleitzahl zur Entfernungsmodellierung, die Lagerkapazität, die im Lager vorhandenen technischen Einrichtungen und eine Lagernummer als Primärschlüssel zur eindeutigen Identifizierung. Zu den Stammdaten der Lager gehören auch Informationen über Kostensätze für die Bearbeitung von Lieferungen, Warenausgängen, Wareneingängen, Umlagerungen, Fertigstellungen und Zulieferungen.¹⁰⁹ Bei dem Entitytyp LAGER handelt es sich wie beim Entitytyp ARTIKEL um eine Generalisierung, denn der Typ LAGER bildet einen Oberbegriff der Entitytypen C-LAGER und FIRMENLAGER. Für die angemieteten C-Lager werden Kostensätze für Miete und ein Prozentsatz für eine umsatzbasierte Provision abgelegt, während für die Firmenlager die in der Kostenrechnung ermittelten Werte für Fixkosten und Sätze für variable Kosten angegeben werden. Für die C-Lager ist weiterhin relevant zu speichern, ob Kapazitätsüberschreitungen erlaubt sind, zu welchen zusätzlichen Kosten sie führen und wer der Eigentümer des C-Lagers ist.

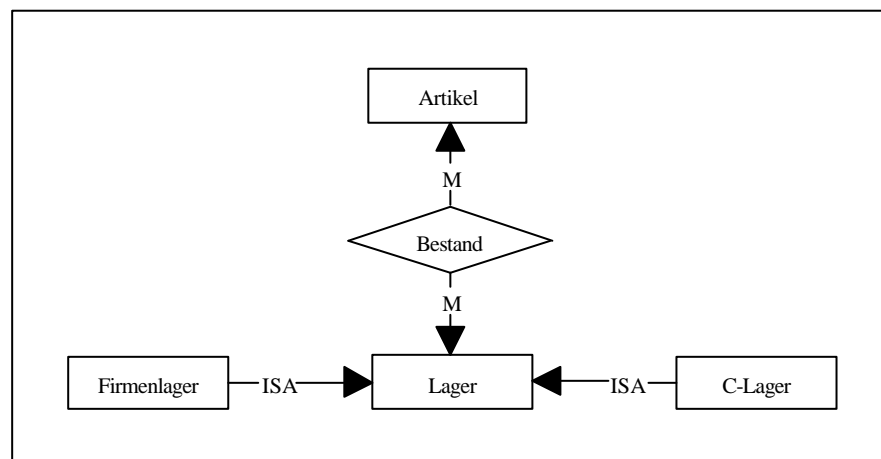


Abb. 10: Lager und Bestand

¹⁰⁸ Sinz, E.: ERM, S. 19.

¹⁰⁹ Genauere Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen folgen im Rahmen der Modellbeschreibung

Zwischen den Entitytypen LAGER und ARTIKEL besteht der Beziehungstyp BESTAND, der angibt, welche Artikel in welchen Mengen in welchem Lager vorrätig sind. Wichtige Attribute dieses Beziehungstyps sind die Anzahl der gelagerten Einheiten und der Wert je Einheit. Dieser kann mit dem Verkaufspreis übereinstimmen, kann jedoch auch ein Preis zur internen Bestandswertermittlung sein. Zur Vereinfachung der Auswertungen läßt sich als abgeleitetes Attribut zusätzlich der Gesamtwert des Bestandes speichern, der sich aus Anzahl * Wert ergibt, also eigentlich eine redundante Information darstellt. Bei der Implementierung des konzeptionellen Modells sollten Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, die die Konsistenz der Daten überprüfen. So ist es zum Beispiel in der Regel nicht sinnvoll, negative Bestände zu speichern. Derartige Konsistenzprüfungen lassen sich jedoch im konzeptionellen Datenmodell nicht darstellen.¹¹⁰ Die taktische Planung liefert für jeden Bestand die drei Parameter Meldebestand, Sammelbestellpunkt und Wiederauffüllmenge. Diese müssen im System abgebildet werden, denn mit ihrer Hilfe lassen sich im Tagesgeschäft Bestellvorgänge automatisieren und somit wesentliche Arbeitserleichterungen erzielen.

6.3.3. Distribution

Die weitere Betrachtung bezieht sich zunächst auf die Distribution der Artikel. Der Verkauf der Ware wird dem Kunden in einer Auftragsbestätigung zugesagt. Diese Auftragsbestätigung besteht aus mehreren Positionen, die sich auf verschiedene Artikel beziehen. Dieser Zusammenhang wird mit Hilfe der Entitytypen KUNDE, AUFTRAG und AUFTRAGSPOSITION modelliert.

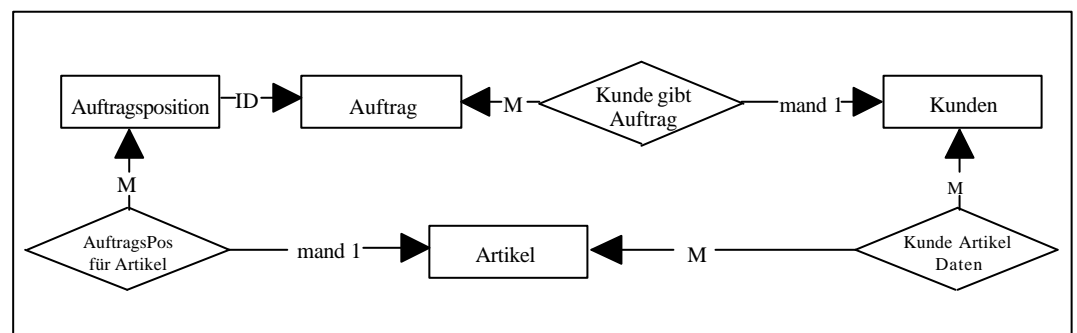


Abb. 11: Distribution

¹¹⁰ Siehe Abschnitt 3.5.2 Das logische Datenmodell.

6.3.3.1. Kunden

Die Attribute des Entitytyps KUNDE bilden die Stammdaten, die zu den einzelnen Kunden abgelegt werden. Zunächst wird zur eindeutigen Kennung des Kunden eine Kundennummer vergeben. Weiterhin sind für das Logistik-Informationssystem besonders die Lieferanschrift, die sich aus Straße, Ort und PLZ zusammensetzt, von Interesse. Aus der PLZ lassen sich die Transportentfernungen bei Lieferung aus den verschiedenen Lagern ermitteln.¹¹¹ Es ist vorgesehen, für Kunden bestimmte Lieferbedingungen als Standard zu speichern. Dabei wird einmal auf Basis der Incoterms¹¹² eine Information über die Art der Kosten- und Gefahrenübernahme bestimmt, zum anderen läßt sich eine Grundeinstellung über Forderung von Komplettlieferungen erfassen. So wird für bestimmte Kunden die Vorgabe gemacht, daß sie in der Regel nur mit kompletten Aufträgen zu beliefern sind, sie also keine Teillieferung zulassen. Zusätzlich läßt sich für den Kunden ein Status speichern, der zum Beispiel eine Liefersperre bei Kunden bewirkt, die mit der Zahlung in Rückstand geraten sind.

Über den Beziehungstyp KUNDE ARTIKEL DATEN wird eine Verbindung zu den Artikeln des Sortiments der Beispielfirma geschaffen. Für diese Beziehung lassen sich z.B. β -Servicegrade, Fehlmengenkosten je Tag bei verspäteten Lieferungen und eine Kundenbezeichnung des Artikels speichern. Auf diese Weise sind die Kunden in der Lage, mit den bei ihnen üblichen Artikelbezeichnungen Aufträge zu vergeben.

6.3.3.2. Auftrag

Jedes Entity vom Typ AUFTRAG läßt sich eindeutig einem Kunden zuordnen, während jeder Kunde beliebig viele Aufträge vergeben kann. Dieser Zusammenhang wird über den Beziehungstyp KUNDE GIBT AUFTRAG dargestellt. Die eingehenden Aufträge werden in der Firma zunächst mit einer Auftragsnummer versehen, die das Schlüsselattribut für den Entitytyp AUFTRAG darstellt. Weiterhin werden Lieferbedingungen und eine Lieferadresse gespeichert, die analog zu der des Kunde aufgebaut ist. Das Informationssystem schlägt bei der Erfassung der Aufträge die Lieferadresse und -bedingungen aus den Stammdaten der Kunden vor, gibt jedoch dem Disponenten die Möglichkeit, diese Attributswerte für einzelne Aufträge zu ändern. Dies führt zwar in einigen Fällen zu einer gewissen Datenredundanz, erhöht aber stark die Flexibilität und die Benutzerfreundlichkeit des Systems. Zu jedem Auftrag wird ein Lieferdatum und ein Erfassungsdatum gespeichert. Zusätzlich wird mittels einer

¹¹¹ Siehe Abschnitt 5.1.2 Strategische Planung - Diskrete Modelle.

¹¹² international commercial terms, siehe Gabler: Wirtschafts-Lexikon, Bd.3, S. 2480ff.

Sachbearbeiterkennung festgehalten, wer den Auftrag bearbeitet hat. Als weiteres Attribut des Entitytyps AUFTRAG wird ein Bearbeitungsstatus eingeführt. Dadurch kann erfaßt werden, ob ein Auftrag komplett, teilweise oder noch gar nicht ausgeführt wurde. Mittels dieses Statusattributs lassen sich Aufträge, deren Bearbeitung abgeschlossen ist, von den in der Disposition einzuplanenden trennen. Auch werden auf diese Weise Aufstellungen über den derzeitigen Auftragsbestand erleichtert.

6.3.3.3. Auftragsposition

In existentieller Abhängigkeit zum Typen AUFTRAG steht der Entitytyp AUFTRAGSPOSITION. Durch Aufteilung der Aufträge in mehrere Positionen ist es möglich, Daten, die für alle Positionen identisch sind, nur einmal je Auftrag zu erfassen. Beispiele hierfür sind die Lieferanschrift und die Zahlungsbedingungen. Der Primärschlüssel der Auftragsposition setzt sich aus der Positionsnummer und der Auftragsnummer zusammen. Die Positionsnummer ist innerhalb eines Auftrags eindeutig und muß als Attribut im ER-Modell explizit modelliert werden. Die Auftragsnummer ist die Nummer des identifizierenden Auftrags, die bei der Transformation in ein relationales Datenschema automatisch eingefügt wird.¹¹³

Die einzelnen Positionen beziehen sich auf Artikel des Firmensortiments. Dieser Bezug wird durch den Beziehungstyp AUFTRAGSPOSITION FÜR ARTIKEL hergestellt. Es wird jeweils die Anzahl der in Auftrag gegebenen Einheiten und deren Preis gespeichert. Das System schlägt dabei den für den Artikel gespeicherten Listenpreis vor, der allerdings positionsweise überschrieben werden kann. Analog zum Auftrag wird für jede einzelne Position ein Statusattribut gesetzt, das festhält, wie weit die Bearbeitung der Position fortgeschritten ist. Erst wenn alle Positionen eines Auftrags vollständig bearbeitet sind, kann auch der Auftrag als vollständig erledigt markiert werden. Dieser Zusammenhang muß im Rahmen der Datenkonsistenzwahrung durch Integritätsbedingungen überprüft werden.¹¹⁴

Bei der Erfassung der Auftragspositionen oder ihrer späteren Bearbeitung ist es möglich, bestimmte Bestandsmengen in den Lagern für eine Auftragsposition zu reservieren. Dabei kann es vorkommen, daß für eine Auftragsposition Bestände in mehreren Lagern reserviert werden, aber auch, daß sich mehrere Auftragspositionen einen Bestand teilen. Daher ist der M:N Beziehungstyp AUFTRAGSPOSITION RESERVIERT BESTAND modelliert worden, der als Attribute die Menge, die jeweils reserviert wird, das Datum

¹¹³ Siehe Abschnitt 6.2.3. Modellierung existenzieller Abhängigkeiten.

¹¹⁴ Siehe Abschnitt 3.5.2. Das logische Datenmodell.

des Lagerausgangs und eine Kennziffer enthält, die angibt, mit welcher Priorität diese Reservierung zu beachten ist.

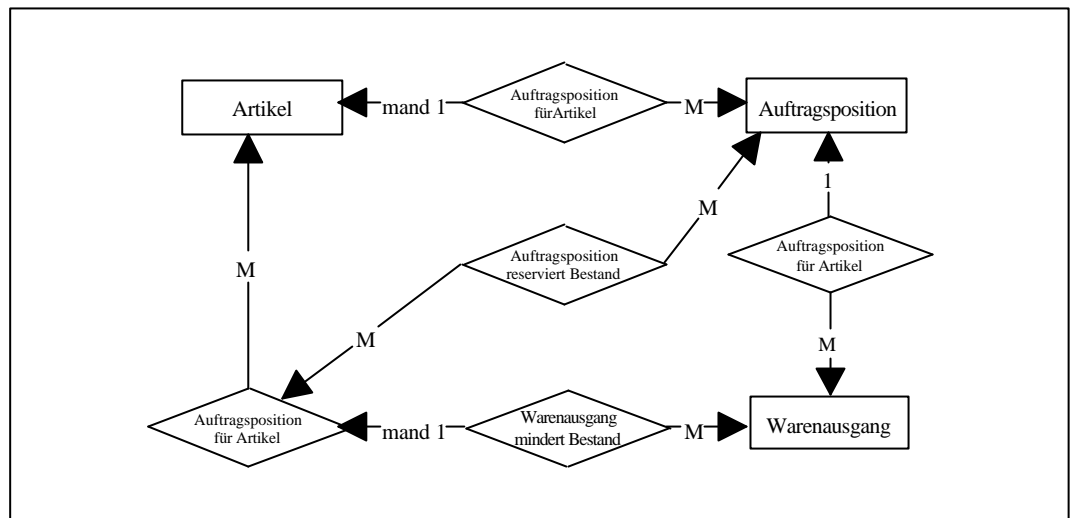


Abb. 12: Auftragsposition und Warenausgang

6.3.3.4. Warenausgang

Im Auftrag wird mittels der Incoterms gespeichert, ob der Kunde die Ware im Lager abholen will oder ob eine Lieferung disponiert werden muß. In beiden Fällen wird jedoch ein Warenausgang aus einem der Lager erfolgen. Dies wird durch den Entitytyp WARENAUSGANG modelliert. Zur Identifizierung erhält jeder Warenausgang eine eindeutige Nummer. Der Artikel und die Lagernummer, auf die sich der Warenausgang bezieht, wird bei der Umsetzung des konzeptionellen Modells in eine relationale Datenbank automatisch mit in die zu bildende Relation aufgenommen. Dies geschieht über den 1:M Beziehungstyp WA MINDERT BESTAND, der die Verbindung zwischen Bestand und Warenausgang herstellt. Sie müssen daher hier nicht explizit als Attribute eingeführt werden.

Als Attribute werden beim Warenausgang die Anzahl ausgehender Einheiten, das Ausgangsdatum und eine Kennung, ob es sich um eine SELBSTABHOLUNG, eine KUNDENLIEFERUNG oder eine UMLAGERUNG handelt, verwendet. In den ersten beiden Fällen muß gespeichert werden, auf welche Auftragsposition sich der Warenausgang bezieht und ob dabei gegebenenfalls eine Bestandsreservierung aufgelöst wird. Die Verbindung zur Auftragsposition wird durch den Beziehungstypen WARENAUSGANG FÜR AUFTRAGSPOSITION abgebildet. Der Auftragsbezug ist bei Umlagerungen nicht zu speichern, denn sie werden direkt, das heißt ohne Ausfertigung eines Auftrags, disponiert.

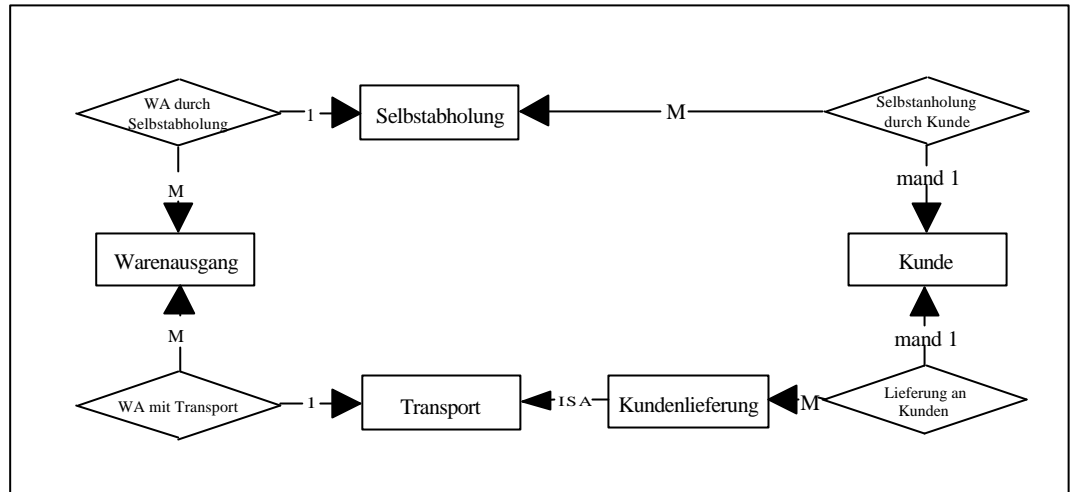


Abb. 13: Selbstabholung und Kundenlieferung

Die Selbstabholungen werden mit einer über alle Lager eindeutigen Abholnummer identifiziert, die den Primärschlüssel des Entitytyps SELBSTABHOLUNG bildet. Die wichtigsten Attribute dieses Entitytyps sind das Abholdatum, das mit dem Datum aller zugeordneten Warenausgänge übereinstimmen muß, ein Bearbeitungskennzeichen, das den ordnungsgemäßen Warenausgang bestätigt, und eine Information, wer die Ware angenommen hat. Dabei kann es sich um den Kunden selbst oder um ein von ihm beauftragtes Speditionsunternehmen handeln. Die Beziehung zum annehmenden Kunden wird durch den 1:M Beziehungstyp SELBSTABHOLUNG DURCH KUNDE hergestellt.

Analog dazu wird durch den Beziehungstyp LIEFERUNG AN KUNDE die Verbindung zwischen den Entitytypen KUNDENLIEFERUNG und KUNDE hergestellt. Allerdings muß hier sichergestellt sein, daß nur solche Warenausgänge zu einer Lieferung zusammengefaßt werden, deren zugehörige Auftragspositionen aus Aufträgen stammen, die bezüglich Lieferbedingungen und Lieferanschrift übereinstimmen. Die Lieferanschrift aus einem der betreffenden Aufträge wird als Anschrift in die Lieferung übernommen. Die Attribute des Entitytyps KUNDENLIEFERUNG sind die Angaben zur Lieferadresse, also Straße, PLZ, Ort, das Datum der Anlieferung beim Kunden und ein Statusattribut, das angibt, ob die Lieferung abgeschlossen oder noch im Gange ist.

6.3.4. Transport

Die Verbindung zwischen den Entitytypen KUNDENLIEFERUNG und WARENAUSGANG ist nicht direkt, sondern über den Entitytyp TRANSPORT, der eine Generalisierung von KUNDENLIEFERUNG und UMLAGERUNG darstellt.

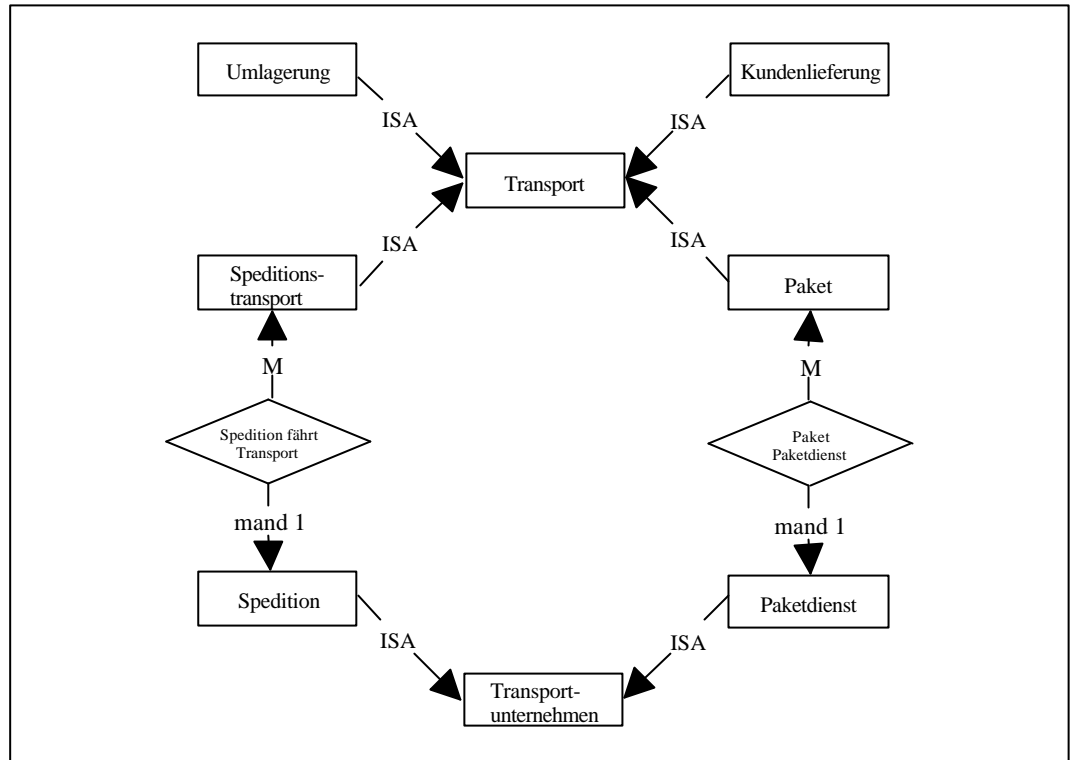


Abb. 14: Übersicht Transportbereich

Für Entities des Typs TRANSPORT wird eine eindeutige Transportnummer vergeben. Sie wird durch den 1:M Beziehungstyp WARENAUSGANG MIT TRANSPORT an den Warenausgang übergeben. Die zu speichernden Attribute sind ein Abtransportdatum, das wie bei der Selbstabholung mit dem Datum sämtlicher verbundener Warenausgänge übereinstimmen muß, das Transportgewicht und die beim Transport anfallende Strecke sowie die daraus resultierenden Kosten.

Um die Kosten von Transporten zu ermitteln, sind im Modell verschiedene Entity- und Beziehungstypen eingeführt worden. Der Entitytyp TRANSPORT wird ein zweites mal spezialisiert, diesmal in die Typen SPEDITIONSTRANSPORT und PAKET. Jeder Speditionstransport wird über den Beziehungstyp SPEDITION FÄHRT TRANSPORT einem Entity vom Typ SPEDITION zugeordnet, analog dazu wird jedes Paket einem Paketdienst zugeordnet. Die Entitytypen SPEDITION und PAKETDIENST werden generalisiert zum Typ TRANSPORTUNTERNEHMEN, zu dem eine Transportunternehmensnummer und eine Anschrift samt Telefon-Nr., Fax-Nr. und Ansprechpartner gespeichert werden. Weitere relevante Daten zu den Transportunternehmen sind Mindest- und Höchstkapazitäten für Lieferungen, die durch sie durchgeführt werden sollen. Diese Kapazitätsbeschränkungen werden in den Mengeneinheiten kg und cbm angegeben. Diese Beschränkungen können zum Teil auf der Beschaffenheit der Transportmittel, zum Teil jedoch auch auf Kostengesichtspunkten beruhen. So wird für das Transportunternehmen UPS festgelegt, daß nur Lieferungen mit einem

Transportgewicht von weniger als 30 kg transportiert werden sollen, um zu hohe Transportkosten zu vermeiden.

Die Ermittlung der Kosten erfolgt beim Einsatz von Speditionen und Paketdiensten nach unterschiedlichen Verfahren. Zunächst wird hier auf die Modellierung der Kosten im Fall von Speditionstransporten, anschließend im Fall von Paketen eingegangen.

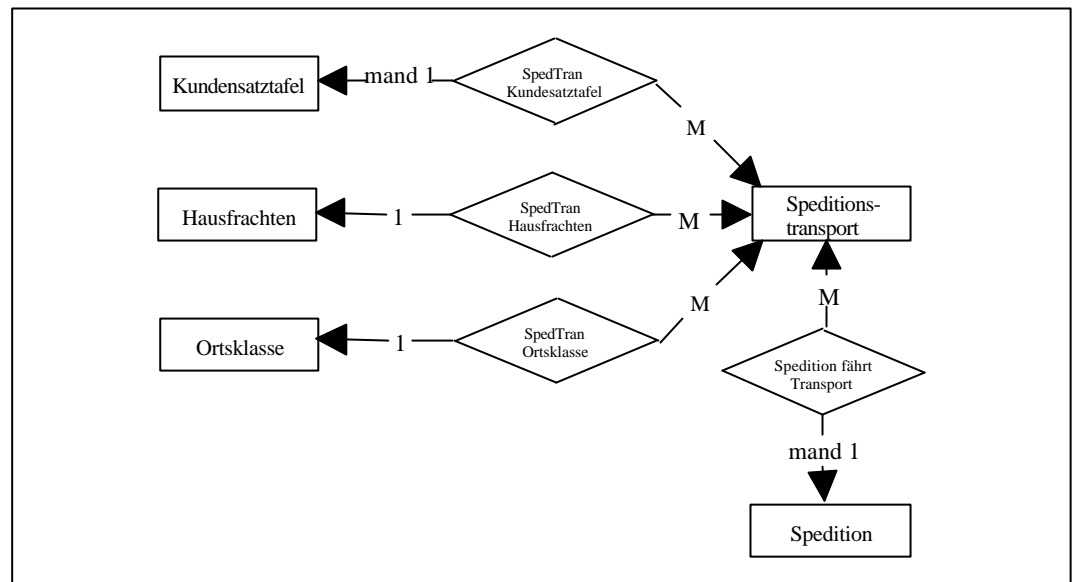


Abb. 15: Kosten beim Speditionstransport

Die Kosten eines Speditionstransportes werden über die Gewichts- und Streckenangaben aus der Kundensatztafel und der Hausfrachtentabelle ermittelt. Die in Abschnitt 4.2.1.5 beschriebene Kundensatztafel wird durch den Entitytyp KUNDENSATZTAFEL abgebildet, der die Attribute 'ab kg' und 'ab km' als Primärschlüssel und ein Attribut 'Kosten in DM' zur Speicherung des Kostenwertes enthält. Die Gewichtskategorien "1 bis 30 kg" und "31 bis 40 kg" werden durch Datensätze mit den Ausprägungen "ab_kg = 1" und "ab_kg = 31" dargestellt. Dabei wird jeweils die Kategorie gewählt, bei der das Transportgewicht unterhalb der nächsthöheren Kategorieuntergrenze liegt. Für einen Transport von 25 kg wäre die nächsthöhere Untergrenze "ab_kg = 31"; daher werden die 'Kosten in DM' des Entities mit "ab_kg = 1" verwendet. Gleichmaßen wird bei der Darstellung der Entfernungskategorien verfahren. Bei "frei Haus" - Lieferungen wird zusätzlich eine Hausfracht durch das Transportunternehmen in Rechnung gestellt.¹¹⁵ Die Kostensätze hierzu werden mit dem Entitytyp HAUSFRACHTEN modelliert. Hier setzt sich der Primärschlüssel aus den Attributen 'Ortsklasse' und 'ab_kg' zusammen. Für die automatische Ermittlung der Ortsklasse eines Transportes wird der Entitytyp

¹¹⁵ Siehe Abschnitt 4.1.2.5. Transportkostenstrukturen.

ORTSKLASSE eingeführt, der für Speditionstransporte eine Zuordnung von PLZ und Ortsklasse erlaubt. Die Gewichtskategoriebildung erfolgt auch hier analog zum oben gegebenen Beispiel.

Die bisher ermittelten Werte sind noch unabhängig von der beauftragten Spedition. Mit den einzelnen Speditionen sind jedoch unterschiedliche Prozentsätze vereinbart, um die die tabellierten Kostenwerte verringert werden, um die tatsächlich anfallenden Kosten zu ermitteln. Dieser Prozentsatz wird als Attribut am Entitytyp SPEDITION modelliert. Zusätzlich werden hier weitere speditionsspezifische Kostensätze festgehalten, zum Beispiel Aviskosten, Selbstabholgebühren u.ä.

Die Darstellung der Kostenstrukturen im Bereich des Paketversandes verläuft etwas anders.

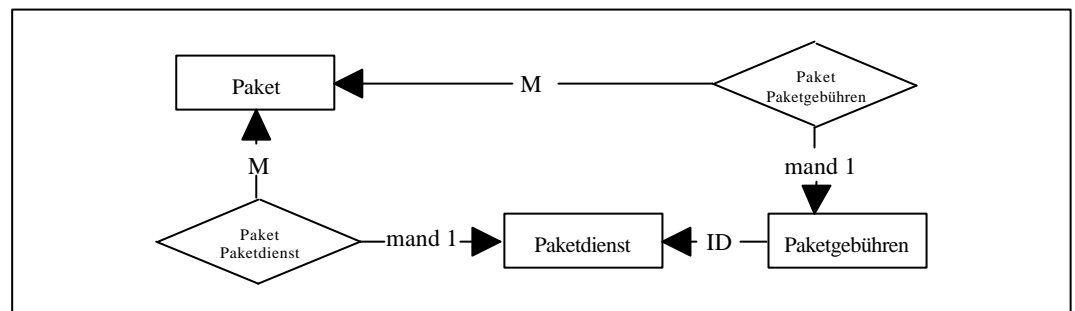


Abb. 16: Kosten beim Paketversand

Hier gibt es keine standardisierten Kostentabellen, sondern es wird für jeden Paketdienst eine individuelle Versandkostentabelle erstellt. Die Versandkosten für Pakete ergeben sich dabei nur nach Gewicht, sind also entfernungsunabhängig. Zur Darstellung dieser Kostentabellen wird der Entitytyp PAKETGEBÜHREN eingeführt, der die Attribute 'ab_kg' und 'Kosten_in_DM' erhält¹¹⁶ und in existentieller Abhängigkeit zum Typen PAKETDIENST steht. Anhand des Transportgewichts können so über den eingesetzten Paketdienst die anfallenden Kosten ermittelt werden.

6.3.5. Umlagerung

Neben der oben beschriebenen Spezialisierung KUNDENLIEFERUNG existiert zum Entitytypen TRANSPORT eine weitere Spezialisierung, der Typ UMLAGERUNG. Hier werden Daten erfaßt, die bei der Umlagerung von Waren zwischen Lagern der Firma anfallen. Das bedeutet, daß sowohl Start- als auch Zielort eines solchen Transportes ein

¹¹⁶ Zum Vorgehen bei der Gewichtskategoriebildung siehe oben.

Entity vom Typ LAGER ist. Die Nummer des zu beliefernden Lagers wird mittels des Beziehungstyp UMLAGERUNG AN LAGER automatisch übernommen. Über diese Nummer lassen sich die für die Transportkostenermittlung wichtigen Entfernungsdaten über die Postleitzahlen und die Lageranschrift aus den Lagerstammdaten ermitteln. Die Attribute, die für den Entitytypen explizit modelliert werden, sind ein Statusattribut, das angibt, ob die Umlagerung komplett abgeschlossen wurde, und ein Eingangsdatum für den Wareneingang im annehmenden Lager.

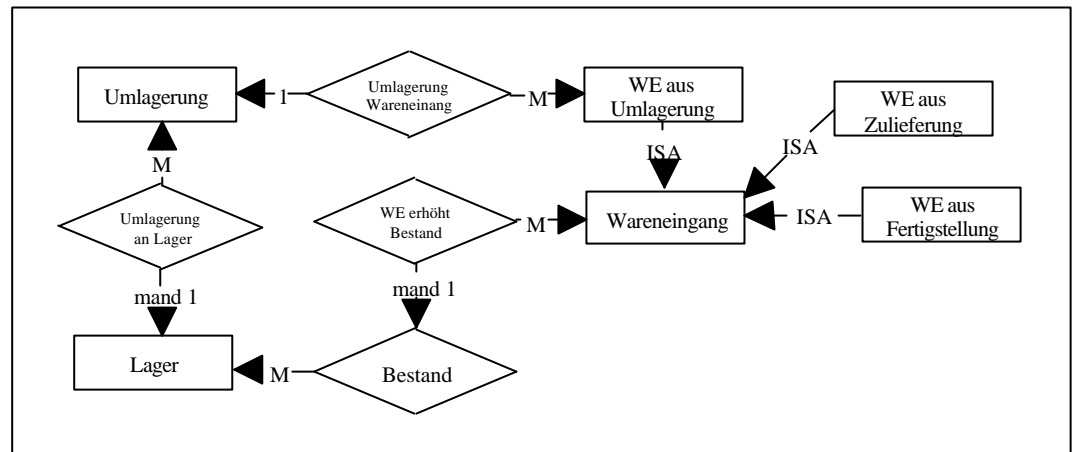


Abb. 17: Umlagerung und Wareneingang

6.3.6. Wareneingang

Der Entitytyp WARENEINGANG AUS UMLAGERUNG stellt eine Spezialisierung des Typs WARENEINGANG dar. Für Wareneingänge aus Umlagerungen wird beim Mapping automatisch die Transportnummer erfaßt, über die ein Bezug zum Warenausgang im versendenden Lager hergestellt werden kann. Damit lassen sich die Warenbewegungen, die durch Umlagerungen hervorgerufen werden, genau verfolgen. Der hier beschriebene Bezug wird jedoch erst nach erfolgtem Wareneingang mit Werten gefüllt und kann somit die durch den Beziehungstypen UMLAGERUNG AN LAGER modellierte Verbindung zum empfangenden Lager, die für die Ermittlung des Transportzieles benötigt wird, nicht ersetzen.

Der Entitytyp WARENEINGANG ist von der Struktur dem Entitytyp WARENAUSGANG sehr ähnlich. Auf der Wareneingangsseite wird über den Beziehungstyp WE ERHÖHT BESTAND die Beziehung zu Artikel und Lager hergestellt. Auch für den Wareneingang werden als Attribute eine identifizierende Wareneingangsnummer, die Anzahl der Einheiten und das Eingangsdatum gespeichert. Neben dem WARENEINGANG AUS UMLAGERUNG werden die Spezialisierungen WARENEINGANG AUS ZULIEFERUNG und WARENEINGANG AUS FERTIGSTELLUNG gebildet.

Ausgehend von diesen Spezialisierungen wird zunächst der Zulieferungsbereich und anschließend der Bereich der eigenen Produktion beschrieben.

6.3.7. Beschaffung von Handelswaren

6.3.7.1. Zulieferung

Der WARENEINGANG AUS ZULIEFERUNG steht in Beziehung mit dem Entitytyp ZULIEFERUNG, der durch die Attribute Lieferdatum und Lieferstatus beschrieben wird. Der Lieferstatus gibt an, ob die Ware komplett und unbeschädigt angeliefert wurde. Jede Zulieferung kommt von einem Hersteller, für den ähnlich wie für den Kunden Stammdaten abgelegt sind.

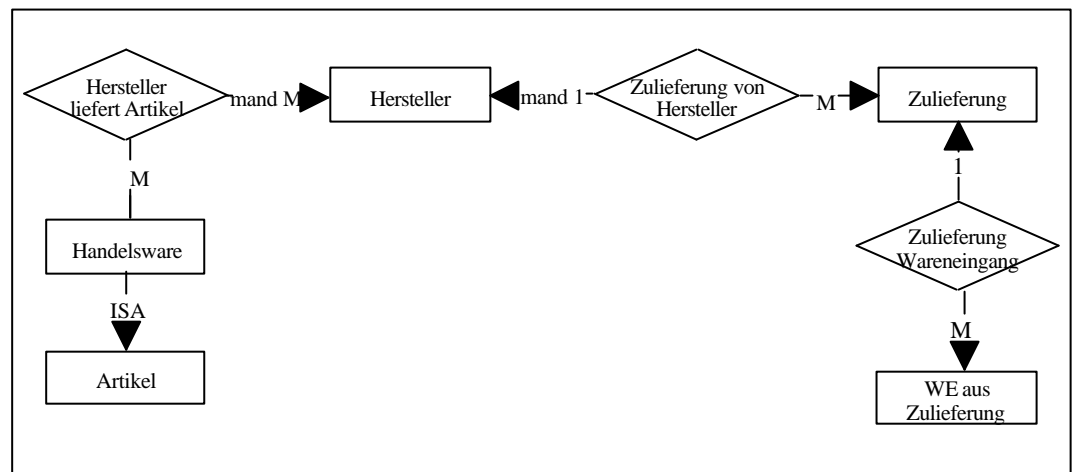


Abb. 18: Zulieferungen durch Hersteller

6.3.7.2. Hersteller

Die Attribute des Entitytyps HERSTELLER setzen sich aus einer eindeutigen Hersteller-nummer, einer Adresse, bestehend aus den üblichen Bestandteilen sowie Angaben über Ansprechpartner und Branchenzugehörigkeit zusammen. Auch für die Hersteller werden Lieferbedingungen in Form von Incoterms als Standard erfasst, der bei Bedarf im Einzelfall überschrieben werden darf. Falls der Hersteller nicht innerhalb der Bundesrepublik ansässig ist, wird ihm zusätzlich eine Postleitzahl für den Punkt des Grenzübertritts zugeordnet. Diese Zuordnung ist für die Entfernungsermittlung im Rahmen der Standortplanung von Bedeutung. Um Liefersortimente abzubilden, wird ein Beziehungstyp HERSTELLER LIEFERT ARTIKEL eingeführt, der die Verbindung zwischen Hersteller und Artikel darstellt. Für diesen Beziehungstyp werden Preise, Lieferzeiten und Mindest- und Höchstmengen festgelegt. Über diese Angaben wird dem Disponenten die Übersicht über die Möglichkeiten der Beschaffung von Artikeln erleichtert.

6.3.7.3. Bestellung.

Spiegelbildlich zu der distributorischen Kette "KUNDE ==> AUFTRAG ==> AUFTRAGSPOSITION ==> ARTIKEL", wird eine beschaffungsseitige Kette der Art "HERSTELLER ==> BESTELLUNG ==> BESTELLPOSITION ==> ARTIKEL" gebildet. Dabei werden die Beziehungstypen BESTELLUNG AN HERSTELLER und BESTELLPOSITION ZU HANDELSWARE eingeführt.

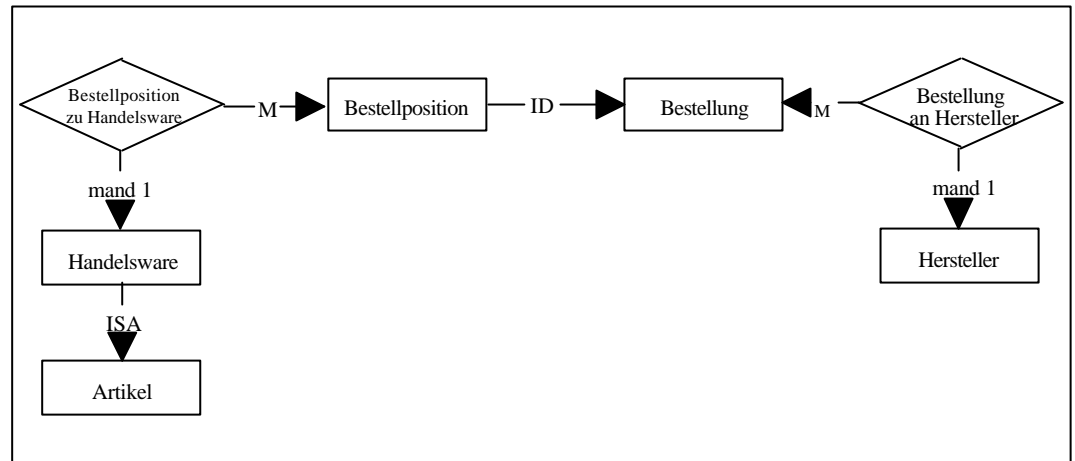


Abb. 19: Hersteller, Bestellung, Bestellposition und Artikel

Der Aufbau des Entitytyps BESTELLUNG ist dem des Typs AUFTRAG sehr ähnlich. Zunächst existiert auch hier eine eindeutig identifizierende Nummer, die Bestellnummer. Weitere Attribute sind das Bestelldatum, der zuständige Sachbearbeiter, der Lieferort und die Incoterms. Für die Incoterms sollte der für den Hersteller gespeicherte Standardwert durch das System vorgeschlagen werden, der aber aus Gründen der Flexibilität bestellspezifisch geändert werden kann.

6.3.7.4. Bestellposition

Der Entitytyp BESTELLPOSITION ist als existentiell abhängig vom Typ BESTELLUNG modelliert worden. Für die einzelnen Bestellpositionen lassen sich Preis, Anzahl der Einheiten und ein Lieferstatusattribut speichern, das angibt, ob die Bestellung komplett, teilweise oder gar nicht geliefert wurde. Weiterhin lassen sich, abweichend von der Modellierung der Auftragspositionen, für jede Bestellposition spezifische Werte für den Lieferort und das Lieferdatum angeben. Dabei handelt es sich beim Lieferort nur um die Angabe der Lagernummer des betreffenden Lagers. Weitere Informationen lassen sich damit aus den Stammdaten des Lagers entnehmen. Die Werte für Lieferdatum und Lagernummer werden standardmäßig für die gesamte Bestellung vorgegeben, lassen sich aber bei Bedarf positionsweise verändern. Hierdurch wird eine Flexibilitätssteigerung gegenüber der Modellierung der Auftragsposition erreicht. Auf

der Auftragsseite werden alle Positionen eines Auftrags mit einem Lieferdatum und -ort versehen, der nicht positionsspezifisch verändert werden kann.

Es werden im Modell bewußt zwei unterschiedliche Formen der Modellierung für Auftrags- und Bestellpositionen vorgeschlagen, um dem Leser zu verdeutlichen, daß es für einen bestimmten Sachverhalt keine eindeutige Modellierungsvorschrift gibt, sondern daß je nach Informationsbedarf unterschiedliche Verfahren der Abbildung gewählt werden können. Dabei wird nicht behauptet, daß einer der hier vorgestellten Modellierungsansätze der einzig wahre ist, sondern es sollen zusätzlich zu einem realisierbaren Modell Anregungen für sich anschließende Arbeiten in diesem Aufgabenfeld gegeben werden. Welche der Modellierungsvarianten zum Einsatz kommt, bleibt letztlich den Entwicklern der Ablaufmodule überlassen, die in Gesprächen mit den Systemnutzern die unterschiedlichen Flexibilitäts- und Speicherbedarfsgesichtspunkte gegeneinander abwägen müssen.

Über den Beziehungstyp WARENEINGANG ZU BESTELLPOSITION wird eine Verbindung zwischen einzelnen Bestellpositionen und Wareneingängen aus Bestellung ermöglicht.

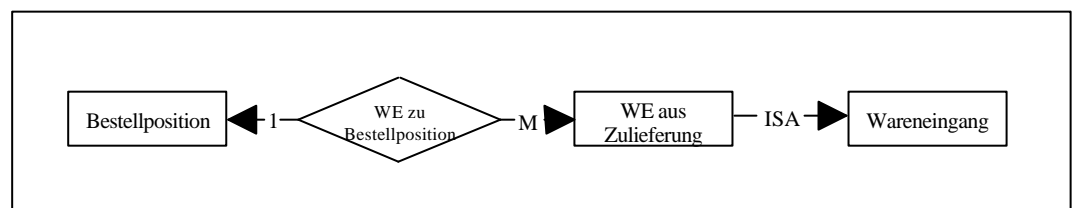


Abb. 20: Bestellposition zu Wareneingang

Dabei sind zu einer Bestellung mehrere Wareneingänge möglich, - auf diese Weise lassen sich Teillieferungen darstellen - aber es wird jedem Wareneingang nur eine Bestellposition zugeordnet. Durch Summation der einer Bestellposition zugeordneten Wareneingänge kann festgestellt werden, ob die in der Bestellposition festgelegte Menge komplett eingegangen ist. Falls dieser Zustand erreicht ist, wird das Lieferstatusattribut der Bestellposition auf "komplett" gesetzt und es werden keine weiteren Wareneingänge zu dieser Position angenommen. Auf diese Weise lassen sich für jeden Zeitpunkt alle Bestellpositionen ermitteln, deren vereinbarte Lieferzeit überschritten wurde. Solche Aufstellungen finden zum Beispiel im Rahmen eines Mahnwesens für säumige Lieferanten Anwendung.

6.3.8. Eigenproduktion

Durch den Beziehungstyp BESTELLPOSITION ZU HANDELSWARE wird die Verbindung zwischen der Bestellposition und dem Artikel hergestellt. Dabei ist zu beachten, daß der

Entitytyp **HANDELSWARE** eine Spezialisierung des Typ **ARTIKEL** ist. Die zweite Spezialisierung von **ARTIKEL** ist der Entitytyp **EIGENFERTIGUNG**. Dieser wird benötigt, um den Bezug zwischen den Entitytypen **ARTIKEL** und **PRODUKTIONSAUFTRAG** - mittels des Beziehungstyps **PRODUKTIONSAUFTRAG ZU EIGENFERTIGUNG** - herzustellen. Die Kette von Strukturelementen "**HERSTELLER ==> BESTELLUNG ==> BESTELLPOSITION ==> HANDELSWARE**", die zur Beschreibung der Beschaffungsabläufe verwendet wird, wird im Bereich der Eigenfertigung durch die Kette "**WERK ==> PRODUKTIONSAUFTRAG ==> EIGENFERTIGUNG**" ersetzt.

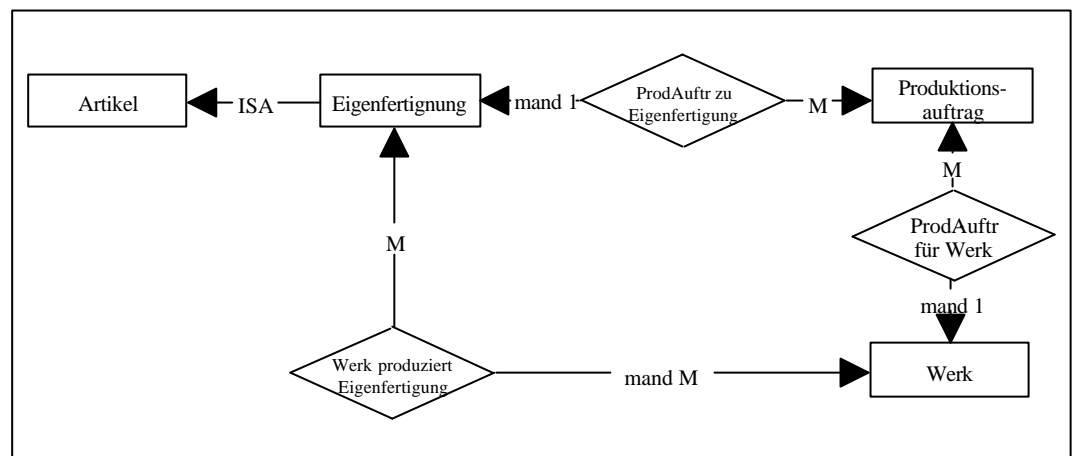


Abb. 21: Eigenfertigung

6.3.8.1. Produktionsauftrag

In der internen Auftragsvergabe ist es nicht üblich, Produktionsaufträge mit mehreren Positionen zu erstellen, sondern jeder Produktionsauftrag bezieht sich genau auf einen Artikel. Zu den Produktionsaufträgen wird eine Produktionsauftragsnummer als Primärschlüssel geführt. Weiterhin werden ein Fertigstellungstermin, ein Kostensatz je Einheit und ein Statusattribut verwendet, das angibt, wie weit der Auftrag bearbeitet wurde. Über den Beziehungstyp **PRODUKTIONSAUFTRAG FÜR WERK** wird festgehalten, in welchem Werk die Durchführung der Produktion stattfindet. Dabei wird jeder Produktionsauftrag genau einem Werk zugeordnet.

6.3.8.2. Werk

Zu den einzelnen Werken wird zunächst eine Werksnummer als Schlüssel gehalten. Über die Beziehung **WERK PRODUZIERT EIGENFERTIGUNG** wird das Produktionsprogramm der einzelnen Werke dargestellt. Hier werden die Attribute Kapazität, Preis und Produktionszeit nach Auftragseingang verwendet. Ein weiterer Beziehungstyp, der vom Entitytyp **Werk** ausgeht, ist der Typ **WERK FÜR FIRMENLAGER**. Hiermit wird

jedem Werk genau ein Firmenlager zugeordnet, in das die Fertigstellungen des Werkes zunächst eingebracht werden, bevor sie an die Kunden ausgeliefert werden.

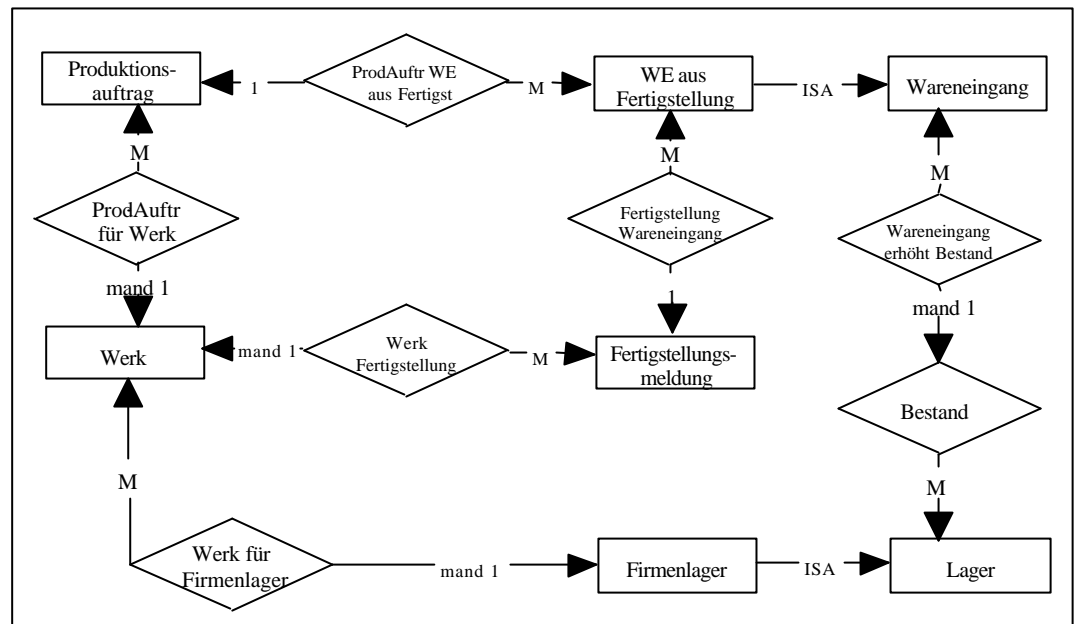


Abb. 22: Fertigstellungsmeldung und Umfeld

6.3.8.3. Fertigstellungsmeldung

Die Fertigstellung eines Produktionsauftrags - oder eines Teiles davon - wird durch eine FERTIGSTELLUNGSMELDUNG festgehalten und in dem dem Werk zugeordneten Lager als WARENEINGANG AUS FERTIGSTELLUNG verbucht. Entities vom Typ FERTIGSTELLUNGSMELDUNG erhalten eine Nummer zur Identifizierung sowie ein Datum und ein Bearbeitungskennzeichen. Analog zur Beschaffungsseite lässt sich auch im Bereich der Eigenfertigung über die Beziehung PRODAUFTR WE AUS FERTIGST festhalten, welcher Teil eines Produktionsauftrags fertiggestellt wurde und es lassen sich Überproduktionen (anhand einer Buchung von zu vielen Fertigstellungsmeldungen zu einem Produktionsauftrag) feststellen.

6.3.9. Prognosen

Mit der Betrachtung der Fertigstellungen wird der Bereich der Modellierung abgeschlossen, der im operativen Geschäft der Firma zur Steuerung und Kontrolle der Informations- und Materialströme eingesetzt werden kann. Im weiteren werden die Möglichkeiten der Speicherung von Prognosen für die unterschiedlichen Planungsaufgaben betrachtet. Dazu werden im System Prognosewerte über zukünftige Absätze gehalten. Diese Prognose wird jedoch nicht direkt auf Artikel und Kunden bezogen, sondern es wird auf aggregierte Größen zurückgegriffen. Im Bereich der Artikel sind

dies die zu Beginn der Modellbeschreibung eingeführten Gruppen. Für die Kunden lassen sich die Aggregationen durch Bildung von Regionen oder Nachfragezentren erzielen.

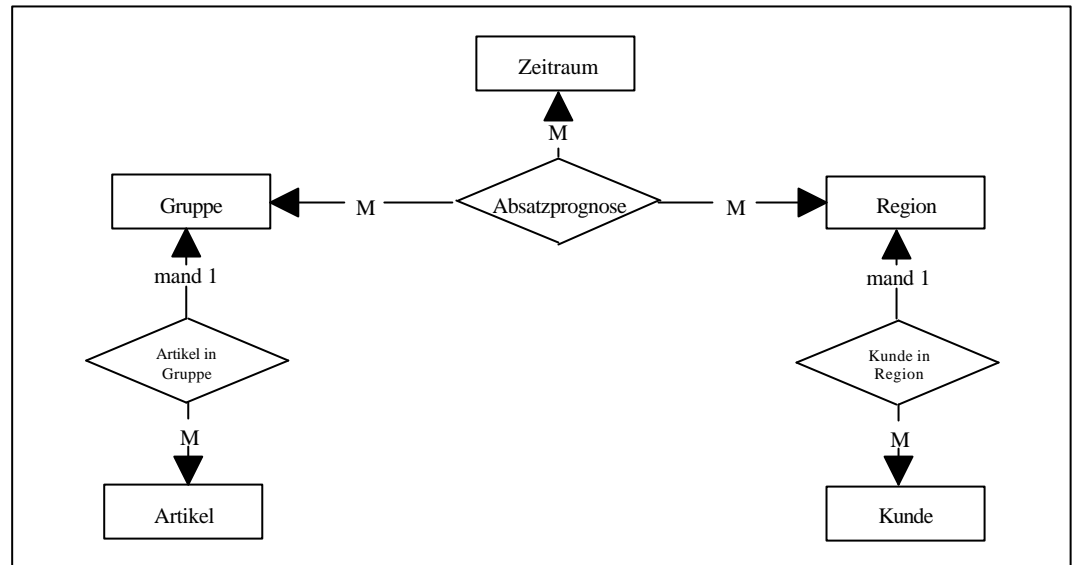


Abb. 23: Absatzprognosen

Zu diesem Zweck wird ein Entitytyp REGION gebildet, der die Attribute Regionsnummer, Regionsbezeichnung, Bevölkerungszahl, Fläche und Kaufkraft erhält. Über den Beziehungstyp KUNDE IN REGION wird jeder Kunde genau einer Region zugeordnet. Um die Planungsperioden besser beschreiben zu können, wird ein Entitytyp ZEITRAUM eingeführt, der als Attribute die Zeitraumbezeichnung, ein Anfangsdatum und ein Enddatum trägt. Es läßt sich nun ein tertiärer Beziehungstyp ABSATZPROGNOSE zwischen den drei Entitytypen GRUPPE, ZEITRAUM und REGION modellieren, anhand dessen sich Daten zur Anzahl der Einheiten und zum Wert des prognostizierten Absatzes (für eine Gruppe von Artikeln, in einer Region, in einem bestimmten Zeitraum) festhalten lassen.

In dem hier dargestellten Datenmodell wurde versucht, die für die unterschiedlichen Planungsstufen und Kontrollaufgaben, die durch das Logistik-Informationssystem unterstützt werden sollen, benötigten Datenstrukturen darzustellen. Dabei wurden die Modellierungen so vorgenommen, daß sie den in der Definitionsphase festgelegten Anforderungsspezifikationen gerecht werden.

7. Implementierungsphase

In der Implementierungsphase werden aus dem konzeptionellen Datenmodell die Datenbankbeschreibung und aus dem Ablaufmodell die Programme gewonnen und implementiert. Dabei soll in dieser Arbeit nur die Implementierung des konzeptionellen Datenmodells betrachtet werden.

7.1. Vorgehen bei der Implementierung

Aus dem im Abschnitt 6.3 dieser Arbeit entwickelten und in ERDRAW grafisch dargestellten konzeptionellen Datenmodell wird nun mittels des Übersetzungswerkzeugs SDT 5.1¹¹⁷ der Programmcode zur Generierung einer relationalen Datenbank erzeugt. Die dabei zu beachtenden Regeln sind in Anhang C wiedergegeben. Der besondere Vorteil bei der automatisierten Vorgehensweise liegt darin, daß nicht nur die einzelnen Tabellen angelegt, sondern auch Konstruktionen zur Überwachung der referentiellen Integrität automatisch erzeugt werden.

7.2. Vorstellung SDT 5.1

Das Programm SDT ist in der Lage, aus dem in ERDRAW erstellten konzeptionellen Datenmodell relationale Datenbankschemata zu generieren. Dabei läßt sich das Vorgehen in drei Schritte unterteilen, die jedoch vom Anwender nicht beobachtet werden.

1. Das EER wird in ein abstraktes, relationales Datenbankschema überführt.
2. Das abstrakte, relationale Datenbankschema wird in Programmcode zur Datenbankdefinition eines konkreten DBMS's¹¹⁸ übersetzt.
3. Metadaten bezüglich des EER-Modells, des relationalen Datenbankschemas und der Übersetzung werden erzeugt und gespeichert.

Nach Durchführung dieser Schritte stehen eine Reihe von Dateien mit Programmcode zur Verfügung, die lediglich mittels eines DBMS aufgerufen und abgearbeitet werden

¹¹⁷ Vgl. Markowitz/ Fang/ Wang: SDT 5.1

¹¹⁸ Zur Zeit werden von SDT die DBMS: SYBASE 4.0, INGRES 6.3, INFORMIX 4.0 und ORACLE 6.0 unterstützt.

müssen, um eine relationale Datenbank zu generieren. In dieser Arbeit wurde beispielhaft das DBMS SYBASE ausgewählt, und der Code zur Generierung der Datenbank ist für dieses System erstellt worden. Aufgrund der Arbeitsweise des Programms SDT läßt sich jedoch ohne Umstände der Programmcode für die Implementierung in ein anderes unterstütztes DBMS erstellen. Die Liste der explizit modellierten Attribute wird in Anhang D und die Beschreibung der angelegten Tabellen wird in Anhang E dieser Arbeit dargestellt. Die kompletten Ergebnisse der Umsetzung durch SDT befinden sich zusätzlich auf einer der Arbeit beigelegten Diskette. Darunter befinden sich unter anderem umfangreiche Triggerdateien. Unter einem Trigger versteht man in SYBASE einen Mechanismus zur Wahrung der referentiellen Integrität der Datenbank.

8. Zusammenfassung der Ergebnisse

Nach Abschluß der Arbeit liegt der Firma ein Modell vor, das als Grundlage zur Entwicklung eines Logistik-Informationssystems dienen kann. Dabei wird nicht der Anspruch erhoben, alle Bereiche, die ein solches System umfassen soll, vollständig beschrieben zu haben, da ein solches Unterfangen im Rahmen einer derartigen Arbeit nicht zu bewältigen ist. Es wurde jedoch versucht, Ansätze für weitere Untersuchungen in diesem Problemfeld zu bieten.

Zunächst sind die Grundbegriffe der Logistik kurz vorgestellt worden. Anschließend wurde ein Überblick über Informationssysteme, Datenmodellierung und Datenschemata gegeben. Beginnend mit einer Problembeschreibung ist im folgenden versucht worden, anhand eines Beispiels aus der metallverarbeitenden Industrie den abzubildenden Ausschnitt der Realität zu beschreiben. In der Definitionsphase wurde ein Blick auf die verschiedenen Aufgabenstellungen geworfen, die durch das Informationssystem unterstützt werden sollen. Für diese Aufgabenstellungen wurden Lösungsansätze vorgestellt und deren Datenbedarf ermittelt. Gemäß dieser Datenbedarfsanalyse ist im Rahmen der Entwurfsphase mit Hilfe des grafischen Diagramm-Editors ERDRAW ein konzeptionelles Datenmodell dargestellt worden. Als letzter Schritt, der im Rahmen dieser Arbeit vorgenommen wurde, ist mittels des Übersetzungswerkzeuges SDT der Programmcode zur Implementierung der Datenbank in ein relationales Datenbankmanagementsystem - hier beispielhaft SYBASE - erstellt worden.

Es wurden verstärkt die frühen Phasen des Informationssystementwurfsprozesses betrachtet. Großer Wert wurde dabei auf die Darstellung der unterschiedlichen Einsatzgebiete des noch zu entwickelnden Informationssystems gelegt, um zu verdeutlichen, daß die Datenbank zweckorientiert entwickelt wurde, um allen beschriebenen Funktionen die notwendigen Informationen zur Verfügung stellen zu können. Hierzu liegt nun eine konsistente Datenbasis vor, auf die durch die noch zu entwickelnden Funktionen und Programme gemeinsam zugegriffen werden kann.

Für eine derartige Datenmodellierung war es notwendig, einen Ausblick auf die Funktionen zu geben, die das Informationssystem unterstützen soll. Bei den Funktionsbeschreibungen, die im Rahmen der Definitionsphase dargestellt wurden, steht nicht die programmtechnische Umsetzung, sondern vielmehr das theoretische Umfeld der zu treffenden Entscheidungen im Vordergrund. Daher ist zur besseren Verständlichkeit in

den dargestellten mathematischen Modellen vereinfachend die - bei der Bildung theoretischer Modelle durchaus übliche - Annahme linearer Transportkostenverläufe¹¹⁹ getroffen worden, die bei der detaillierten Planung und Gestaltung der Funktionen und deren Umsetzung auf ein Rechnersystem aufgehoben werden muß. Für die eigentliche Datenmodellierung ist die Erweiterung bereits durchgeführt worden, so daß sich die realistischen, nichtlinearen Transportkostenverläufe in der Datenbank erfassen lassen.

Im Anschluß an diese Arbeit muß entschieden werden, ob eine neue Datenbank eingeführt wird oder ob bestehende Systeme derart erweitert werden sollen, daß sie den Anforderungen an eine Datenbasis für ein Informationssystem genügen. Der erste Schritt hierzu ist ein Abgleich der an dieser Stelle entwickelten Datenbank mit den bereits eingesetzten Systemen. Anschließend sind gemäß des in der Definitionsphase entwickelten Anforderungsprofils Anwendungen zu entwickeln und zu implementieren, die auf die in der Datenbank zur Verfügung gestellten Daten zugreifen.

¹¹⁹ Vgl. Mengeproportionale Transportkosten in Domschke: Logistik - Bd. 1: Transport, S.88; Tempelmeier, Horst: Standortoptimierung, S. 100 mit weiteren Nachweisen; Kuehn / Hamburger: Locating Warehouses, S. 657.

Literaturverzeichnis

Abkürzungen im Rahmen des Literaturverzeichnisses:

Abs.	Absatz
Aufl.	Auflage
Bd.	Band
bearb.	bearbeitete
erg.	ergänzte
erw.	erweiterte
Hrsg.	Herausgeber
korr.	korrigierte
Nr.	Nummer
S.	Seite
u.a.	und andere
überarb.	überarbeitete
Vgl.	vergleiche
vollst.	vollständig

- ANSI/X3/SPARC **Interim Report:** Study Group on data base management systems. FDT ... Bulletin of ACM-"Sigmod", the Special Interest Group on Management of Data. Vol 7, N0.2, 1975.
- Assfalg, Helmut **Lagerhaltungsmodelle** für mehrere Produkte. In Beiträge zur Datenverarbeitung und Unternehmensforschung Bd. 14. Hrsg.: A. Angermann, Meisenheim am Glan: Hain, 1976.
- Balinski, M.L./ Mills, H. **A Warehouse Problem**, prepared for: Veterans Administration; Mathematica, Princeton New Jersey, 1960, zitiert nach: Kuehn, A.A / Hamburger, M.J. A Heuristic Program for Locating Warehouses. In Management Science, Volume 9 (1963), S. 644 - 666.
- Balzert, Helmut **CASE-** Systeme und Werkzeuge. 4., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Mannheim, u.a.: BI-Wiss.-Verlag, 1992.

-
- Baumol, W.J. / Wolfe, P. **A Warehouse-Location Problem.** In: Operations Research 6, 1958, S. 181-211.
- Bienert, Kurt **Modell- und computergestützte Planung logistischer Systeme.** Langfristige Optimierung von Standorten und Lagerkapazitäten. In: Grundlagen und Praxis der Betriebswirtschaft, Bd. 47, Berlin: Erich Schmidt Verlag, 1983.
- Böhnlein, P.G. / Nittel, S. / Dittrich, K.R. **Semantische Datenmodelle.** In: HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, 27 (1990), Heft 152, S. 116-127.
- Bowersox, Donald J. **Logistical Management - A Systems Integration of Physical Distribution Management and Materials Management.** Second Edition, New York: Macmillan Publishing Co., 1978
- Brunnberg, Josef **Optimale Lagerhaltung** bei ungenauen Daten. In: Schriften zur theoretischen und angewandten Betriebswirtschaftslehre, Band 8. Hrsg. Pack, Ludwig, Wiesbaden: Gabler, 1970.
- BSL **Hausfrachten,** Ausgerechnete Netto-Hausfrachten in DM ohne Umsatzsteuer, gültig ab 1.7.1993; Hrsg. BSL e.V. auf Grundlage der §§ 38 Abs. 2 Nr. 3 und 99 Abs. 2 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (Fassung 22.12.1989)
- BSL **Kundensatztafel 1,** Zielplätze, gültig ab 1.7.1993; Hrsg. BSL e.V.
- BSL **Nebengebühren,** Entgelte für Zusätzliche Leistungen für den innerdeutschen SGT mit Kraftwagen und Eisenbahn, gültig ab 1.7.1993; Hrsg. BSL e.V. auf Grundlage der §§ 38 Abs. 2 Nr. 3 und 99 Abs. 2 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (Fassung 22.12.1989)
- Chen, Peter Pin-Shan **The Entity-Relationship Model - Towards a Unified View of Data.** In: ACM Transactions on Database Systems, 1 (1976), Nr. 1, S. 9 - 36.
- CODASYL **Data Base Task Group.** April 71 Report.
- CODASYL **DDL** Journal of Development. June 73 Report.

-
- Codd, E. **A Relational Model** for Large Shared Data Banks, Communications of the ACM, Vol 13, No. 6, 1970
- Delfmann, Werner **Lieferzeitorientierte Distributionsplanung.** Integrative Depot- und Transportoptimierung im Rahmen der Marketing-Logistik. In: Betriebswirtschaftliche Schriften, Heft 93. Berlin: Duncker & Humboldt, 1978.
- Domschke, Wolfgang **Logistik - Bd. 1: Transport:** Grundlagen, lineare Transport- u. Umladeprobleme. 2., erg. Aufl., München, Wien: Oldenbourg, 1985
- Domschke, Wolfgang **Logistik - Bd. 3: Standorte.** 3., erg. Aufl., München, Wien: Oldenbourg, 1990.
- Duden **Duden -Das Fremdwörterbuch, Bd. 5.** 5. Neubearb. u. erw. Aufl., Mannheim, u.a.: Dudenverlag, 1990.
- Eisele, Peter Simulationsmodelle zur **Distributionskostenminimierung** bei zentraler beziehungsweise dezentraler Warenauslieferung. Frankfurt/Main, Zürich: Harri Deutsch Verlag, 1976.
- Elmasri, Ramez / Navathe, Shamkant B. **Fundamentals of Database Systems.** Redwood City, CA u.a.: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1989.
- Ferstl, Otto K. / Sinz Elmar J. **Software-Konzepte** der Wirtschaftsinformatik. Berlin, New York: de Gruyter, 1984
- Gabler **Gablers Wirtschafts-Lexikon.** Taschenbuch-Kassette mit 6 Bd. 12. vollst. neu bearb. u. erw. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 1988.
- Grauer, Manfred **Algorithmen für entscheidungsunterstützende Systeme (EUS),** basierend auf Kurseinheit 16 "EDV-Einsatz für OR-Probleme" der Fernuniversität Hagen, Version Juli 1993.
- Hansen, Hans Robert **Wirtschaftsinformatik.** 1. Einführung in die betriebliche Datenverarbeitung. 6., neu bearb. und stark erw. Aufl. In: UTB für Wissenschaft / Uni-Taschenbücher, Stuttgart, Jena: G. Fischer, 1992.

-
- Haseborg, Fokko ter **Optimale Lagerhaltungspolitiken** für Ein- und Mehrproduktlager. Strukturen, Algorithmen und Planungshorizonte bei verschiedenen Mengenrabatten und deterministisch schwankendem Bedarf. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1979.
- IBM Corporation Information Management System - Virtual Storage **General Information** Manual. IBM Form No. GH20-1260.
- IBM Corporation Information Management System - Virtual Storage **Utilities Reference** Manual. IBM Form No. SH20-9029.
- Kirsch, W. / Bamberger, I. / Gabele, E. / Klein, K. H. Betriebswirtschaftliche **Logistik**-Systeme, Entscheidungen, Methoden. Wiesbaden: Gabler, 1973.
- Kuehn, Alfred A. / Hamburger, Michael J. / A Heuristic Program For **Locating Warehouses**. In Management Science, Volume 9 (1963), S. 644 - 666.
- Langenscheidt Langenscheidts - Großes Schulwörterbuch, 17. Aufl., Berlin, München: Langenscheidt, 1987.
- Lochthowe, Rainer **Logistik-Controlling:** Entwicklung flexibilitätsorientierter Strukturen und Methoden zur ganzheitlichen Planung, Steuerung und Kontrolle der Unternehmenslogistik. In: Schriften zum Controlling; Bd. 10, Frankfurt am Main u.a.: Lang, 1990.
- Lockemann, Peter C. / Rademacher, Klaus / Konzepte, Methoden und Modelle zur **Datenmodellierung**-eine einführende Übersicht. In: HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, 27 (1990), Heft 152, S. 3 - 16.
- Maier, Matthias Theoretische Bezugsrahmen und Methoden zur Gestaltung computergestützter Informationssysteme. In: Unternehmensentwicklung; Bd. 9. München: VVF, 1990.
- Markowitz, Vitor M. / Fang, Weiping / Wang, Jun **SDT 5.1** A Schema Definition and Translation Tool for Extended Entity-Relationship Schemas; Reference Manual. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley Laboratory, 1993.

-
- Paraschis, Ioannis N. Optimale Gestaltung von **Mehrprodukt-Distributions-systemen**; Modelle- Methoden- Anwendungen. In: Physica-Schriften zur Betriebswirtschaft Bd. 26. Heidelberg: Physica Verlag, 1989.
- Pfohl, Hans-Christian **Logistiksysteme**: betriebswirtschaftliche Grundlagen. 4., erw. u. korr. Aufl., Berlin u.a.: Springer, 1990.
- Rauh, Otto **Informationsmanagement** im Industriebetrieb: Lehrbuch der Wirtschaftsinformatik auf der Grundlage der integrierten Datenverarbeitung. Herne, Berlin: Verl. Neue Wirtschafts-Briefe, 1990
- Reusch, Peter J. A. Aufbau und Einsatz betrieblicher **Informationssysteme**. In: K. H. Böhling, U. Kulisch, H. Maurer (Hrsg.), Reihe Informatik /42, Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut, 1984.
- Scheer, August-Wilhelm Wirtschaftsinformatik. **Informationssysteme** im Industriebetrieb. 3., neu bearb. Aufl., Berlin u.a.: Springer, 1990.
- Schlageter, Gunter / Stucky, Wolfgang **Datenbanksysteme**: Konzepte und Modelle. 2., Neubearb. und erw. Aufl., Stuttgart: Teubner, 1983.
- Schneeweiß, Christoph Modellierung industrieller **Lagerhaltungssysteme**: Einf. u. Fallstudien. Berlin u.a.: Springer, 1981.
- Schneider, Helmut **Servicegrade in Lagerhaltungsmodellen** Berlin: Marchal und Matzenbacher, 1979.
- Sinz, Elmar Das Entity-Relationship-Modell (**ERM**) und seine Erweiterungen. In: HMD Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, 27 (1990), Heft 152, S. 17 - 29.
- Szeto, Ernest / Markowitz, Victor M. **ERDRAW 3.1** A Graphical Editor for Extended Entity-Relationship Schemas; Reference Manual. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley Laboratory, 1993.
- Tempelmeier, Horst **Standortoptimierung** in der Marketing-Logistik. In: Beiträge zur Datenverarbeitung und Unternehmensforschung; Bd. 23, Königstein/Taunus.: Hain, 1980.

-
- Vetter, Max **Aufbau betrieblicher Informationssysteme** mittels objekt-orientierter, konzeptioneller Datenmodellierung. 7., neubearb. und erw. Aufl., Stuttgart: Teubner, 1991.
- Vetter, Max Strategie der **Anwendungssoftware-Entwicklung**: Methoden; Techniken und Tools einer ganzheitlichen, objektorientierten Vorgehensweise. 3., neubearb. und erw. Aufl., Stuttgart: Teubner, 1993.
- Weis, Erich **Pons-Globalwörterbuch**; Teil 1: Französisch-deutsch, bearb. von Erich Mattutat. Neubearb. unter Mitwirkung von Christian Nugue. Stuttgart: Ernst Klett, 1978.
- Wilke, Hans D. **ORACLE** - Datenbankmanagement Professionell. Design, Realisierung und Optimierung. Bonn, New York u.a.: Addison-Wesley, 1989.
- Wöhe, Günter Einführung in die allgemeine **Betriebswirtschaftslehre**. 17., überarb. Aufl., München: Vahlen, 1990.
- Zehnder, Carl August **Informatik-Projektentwicklung**. Reihe: Leitfäden der angewandten Informatik. Stuttgart: Teubner, 1986.

ANHANG A: Begriffsdefinitionen

An dieser Stelle soll die spezielle Bedeutung von allgemein gebräuchlichen Begriffen im Rahmen dieser Arbeit festgelegt werden.

Auftrag	Mit Auftrag wird im Rahmen der Arbeit ein Kundenauftrag und die zugehörige Auftragsbestätigung bezeichnet.
Bestellung	In dieser Arbeit wird unter einer Bestellung ausschließlich eine Bestellung von der Beispielfirma an einen Fremdhersteller verstanden.
Auslieferungslager	Unter dem Begriff Auslieferungslager werden die sechs C-Lager und die beiden Firmenlager zusammengefaßt.
Firmenlager	Mit Firmenlager werden die beiden Lager der Beispielfirma in der Region Siegen bezeichnet.
C-Lager	In der Beispielfirma gebräuchlicher Begriff, der - durch die Firma angemietete - Auslieferungslager bezeichnet. Abgeleitet wurde der Ausdruck aus dem Wort Consignations- oder Konsignationslager, was laut Gabler einen "vom Lieferanten auf seine Kosten beim Besteller bereitgestellten Lagerbestand" ¹²⁰ beschreibt. Obwohl diese Definition den in der Firma vorliegenden Sachverhalt nicht trifft, wird der Begriff übernommen.
Eigenfertigungen	Mit Eigenfertigungen werden durch den Firma für den Absatz erstellte Artikel bezeichnet. Damit werden Zwischenprodukte und Baugruppe, die nicht für den Verkauf bestimmt sind aus der Betrachtung ausgeschlossen.
Handelswaren	Unter Handelswaren werden "Sachgüter" verstanden, "die in absatzfähigem Zustand bezogen und ohne Be- oder Verarbeitung - ... - wieder verkauft werden" ¹²¹

¹²⁰ Vgl. Gabler: Wirtschafts-Lexikon, Bd.3, S. 2933.

¹²¹ Vgl. Gabler: Wirtschafts-Lexikon, Bd.3, S. 2335.

Zulieferer	Unter Zulieferer wird in dieser Arbeit die Zusammenfassung von Fremdherstellern und eigenen Produktionsstätten verstanden.
Fremdhersteller	Fremdhersteller sind alle Firmen, bei denen die Beispielfirma Handelswaren einkauft.
Produktionsstätten	Mit Produktionsstätte werden alle firmeneigenen Produktionsstätten bezeichnet, die Artikel für den Verkauf herstellen.
Produktionsauftrag	Ein Produktionsauftrag ist die firmeninterne Anweisung an die eigene Produktion etwas zu produzieren.
Umlagerung	Unter Umlagerung wird der Transport von Waren zwischen zwei Lagern der Firma verstanden. Hierbei kann es sich durchaus um C-Lager handeln.

ANHANG B: Kostenaufstellung der Logistikkosten

1. **Transportkosten** Spedition, Fuhrpark, Zölle, Zollgebühren, Mautgebühren, ...
2. **Lagerungskosten** Kapitalbindungskosten für eingelagerte Bestände
 - 2.1. C-Lager: Miete, Provision, Handling
 - 2.2. Firmenlager: kalkulatorische Kosten (Abschreibung, Kapitalbindung), Personalkosten, Strom, Heizung, Verwaltung, Ausstattung (GWG), Betriebsmittel, Hilfs- und Betriebsstoffe, EDV, Instandhaltung, ...
3. **Verwaltungskosten**: Dabei jeweils Personal-, Material-, und sonstige Kosten
 - 3.1. Einkauf: Bestellungsverfolgung, Bestellungserfassung, Bedarfssteuerung
 - 3.2. Verkauf: Auftragsverfolgung, Auftragserfassung
 - 3.3. Wareneingang: Erfassung, Verbuchung, Verfolgung
 - 3.4. Warenauslieferung: Erfassung, Verbuchung, Verfolgung
4. **Qualitätskontrolle** :Personal, Kosten für Bearbeitung von Reklamationen, Rücksendungen, Nachbesserungen, ..
5. **Verpackung**: Material, Personal, Rücktransport, Entsorgung
6. **Versicherungen** für Waren bei Transport und Lagerung, Fuhrpark, Gebäude, Maschinen & Vorrichtungen, die im Rahmen von Lagerung, Kommissionierung und Transportes eingesetzt werden

ANHANG C: Transformationsregeln (Mapping)

Transformationsregeln für das Mapping von ER-Modellen in relationale Datenbank- schemata¹²²

1. Für jeden Entitytyp E (Ausnahme: schwache Entitytypen \implies siehe 2.) wird eine Relation S geschaffen, die alle einfachen Attribute von E beinhaltet. Bei zusammengesetzten Attributen werden die Blätter des Attributbaumes aufgenommen. Als Primärschlüssel fungiert eines der Schlüsselattribute des Entitytyp E.
2. Umsetzung schwacher Entitytypen in eine Relation R, die alle Attribute / Blätter des Attributbaumes enthält, um den Primärschlüssel des identifizierenden Entitytyps erweitert wird und deren Primärschlüssel sich aus dem partiellen Schlüssel und dem übernommenen Primärschlüssel ergibt.
3. Bei der Transformation der Spezialisierungen S_x des Entitytyps E wird für jede Spezialisierung S_x eine Relation T gebildet, deren Primärschlüssel das Schlüsselattribut von E ist. Als Attribute werden die Attribute der Spezialisierung S_x übernommen.
4. Bei der Modellierung von 1:1 Beziehungstypen zwischen den Entitytypen S und T wird S um den Primärschlüssel von T ergänzt, der in S die Rolle eines Fremdschlüssels einnimmt, und T wird um die Attribute des Beziehungstyps erweitert.
5. Bei 1:N Beziehungen mit S(1) und T(N) wird T um das Fremdschlüsselattribut, das durch den Primärschlüssel von S gebildet wird, und die Attribute des Beziehungstyps ergänzt.
6. Bei M:N zwischen R und S wird eine neue Relation gebildet, deren Primärschlüssel sich aus den Primärschlüsseln von R und S zusammensetzt. Diese Relation enthält alle Attribute des Beziehungstyps.
7. Bei Beziehungstypen vom Grad $n > 2$ wird vorgegangen wie im Fall der M:N Beziehung. Es wird eine neue Relation geschaffen deren Primärschlüssel sich aus den Schlüsseln der beteiligten Entitytypen ergibt. Auch hier werden die Attribute der Beziehung in die Relation aufgenommen.
8. Im Fall von mehrwertigen Attributen wird eine neue Relation geschaffen, deren Primärschlüssel sich aus dem Attribut und dem Primärschlüssel des zugehörigen Entitytyps ergibt.

¹²² Vgl Elmasri / Navathe: Fundamentals of Database Systems, S. 327ff und 429ff.

ANHANG D : Attributlisten

 ERDRAW PAGE 1

ProdAuftr_WE_aus_Fertigst (R)

Werk (E)

WerkNR	char(10)	NO NULLS	ID
--------	----------	----------	----

Produktionsauftrag (E)

ProdAuftragsNR	char(10)	NO NULLS	ID
Fertigstelltermin	datetime	NO NULLS	
Kostensatz_Einheit	money	NO NULLS	
Bearbeitungsstatus	char(3)	NO NULLS	

Werk_produziert_Eigenfertigung (R)

Kapazitaet	float	NULLS ALLOWED	
Preis	money	NULLS ALLOWED	
Produktionszeit	datetime	NULLS ALLOWED	

BestellPos_zu_Handelsware (R)

Wareneingang_zu_BestellPos (R)

Bestellung_an_Hersteller (R)

Zulieferung_von_Hersteller (R)

Bestellung (E)

BestellNR	char(10)	NO NULLS	ID
Bestelldatum	datetime	NO NULLS	
Sachbearbkennung	char(5)	NO NULLS	
Lieferort	char(10)	NO NULLS	
Incoterms	char(4)	NO NULLS	

Bestellposition (E)

PositionsNR	char(10)	NO NULLS	ID
Lieferort	datetime	NULLS ALLOWED	
Lieferdatum	datetime	NULLS ALLOWED	
Preis_Einheit	float	NULLS ALLOWED	
Anzahl_Einheiten	float	NULLS ALLOWED	
Lieferstatus	datetime	NULLS ALLOWED	

Hersteller (E)

HerstellerNR	char(10)	NO NULLS	ID
Firmenname	varchar(40)	NO NULLS	
Strasse	varchar(40)	NO NULLS	
PLZ	char(5)	NO NULLS	
Ort	varchar(40)	NO NULLS	
Telefon	varchar(20)	NO NULLS	
Fax	varchar(20)	NO NULLS	
Ansprechpartner	varchar(30)	NO NULLS	
Branchenkennung	char(5)	NO NULLS	
Incoterms	char(4)	NO NULLS	

PLZ_fuer_Entfernung	char(5)	NO NULLS	
WE_aus_Zulieferung (E)			
WE_aus_Umlagerung (E)			
Fertigstellungs_meldung (E)			
FertigstellungsNR	char(10)	NO NULLS	ID
Fertigstellungsdatum	datetime	NO NULLS	
Bearb_Kennzeichen	char(5)	NO NULLS	
Zulieferung (E)			
ZulieferungsNR	char(10)	NO NULLS	ID
Zulieferdatum	datetime	NO NULLS	
Zulieferstatus	char(3)	NO NULLS	
WE_aus_Fertigstellung (E)			
Hersteller_liefert_Artikel (R)			
Lieferzeit	int	NULLS ALLOWED	
Preis	money	NULLS ALLOWED	
Mindestabnahme	float	NULLS ALLOWED	
Hoechstkapazitaet	float	NULLS ALLOWED	
Fertigstellung_Wareneingang (R)			
Werk_Fertigstellung (R)			
ProdAuftr_zu_Eigenfertigung (R)			
ProdAuftr_fuer_Werk (R)			
Zulieferung_Wareneingang (R)			
Umlagerung_Wareneingang (R)			
Eigenfertigung (E)			
Handelsware (E)			

ERDRAW PAGE 2

Artikel (E)			
ArtikelNR	varchar(10)	NO NULLS	ID
Kurzbezeichnung	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
Bezeichnung	varchar(40)	NO NULLS	
Gewicht_je_Einheit	float	NO NULLS	
Tiefe	float	NULLS ALLOWED	
Breite	float	NULLS ALLOWED	
Hoehe	float	NULLS ALLOWED	
Volumen	float	NULLS ALLOWED	
Verpackungsart	char(10)	NULLS ALLOWED	
Verkaufspreis	money	NULLS ALLOWED	

Bestand (R)			
Anzahl_Einheiten	float	NO NULLS	
Wert_je_Einheit	money	NULLS ALLOWED	
Gesamtwert	money	NO NULLS	
Meldebestand	float	NO NULLS	
Sammelbestellpunkt	float	NO NULLS	
Wiederauffuellmenge	float	NO NULLS	
Lager (E)			
LagerNR	char(10)	NO NULLS	ID
Lagername	char(10)	NO NULLS	
LagerAnschrift	varchar(40)	NO NULLS	
LagerPLZ	char(5)	NO NULLS	
LagerOrt	varchar(40)	NO NULLS	
Lager_Kapaz_cbm	float	NULLS ALLOWED	
Lager_Kapaz_kg	float	NULLS ALLOWED	
Lager_Einrichtung	char(10)	NULLS ALLOWED	
Verlade_Einrichtung	char(10)	NULLS ALLOWED	
Verlade_Kapazitaet	float	NULLS ALLOWED	
Kosten_WE	money	NULLS ALLOWED	
Kosten_Zulieferung	money	NULLS ALLOWED	
Kosten_Umlagerung	money	NULLS ALLOWED	
Kosten_Fertigstell	money	NULLS ALLOWED	
Kosten_Transport	money	NULLS ALLOWED	
Kosten_WA	money	NULLS ALLOWED	
Kosten_Selbstabh	money	NULLS ALLOWED	
Auftragsposition_fuer_Artikel (R)			
Auftragsposition (E)			
PositionsNR	int	NO NULLS	ID
Anzahl_Einheiten	float	NO NULLS	ID
Preis_je_Einheit	float	NO NULLS	ID
Lieferdatum	float	NO NULLS	ID
Bearbeitungsstatus	char(3)	NO NULLS	
Auftrag (E)			
AuftragsNR	varchar(64)	NO NULLS	ID
Lieferstrasse	varchar(64)	NULLS ALLOWED	
Lieferort	varchar(64)	NULLS ALLOWED	
LieferPLZ	char(5)	NULLS ALLOWED	
Erfassungsdatum	datetime	NULLS ALLOWED	
Lieferdatum	datetime	NULLS ALLOWED	
Incoterms	char(4)	NO NULLS	
Komplettlieferung	bit	NO NULLS	
Sachbearb_Kennung	char(5)	NO NULLS	
Bearbeitungsstatus	char(3)	NO NULLS	
Warenausgang (E)			
WANR	char(10)	NO NULLS	ID
WADatum	datetime	NO NULLS	
WAKennung	char(3)	NO NULLS	
Anzahl_Einheiten	float	NO NULLS	
Gruppe (E)			
GruppenNR	char(10)	NO NULLS	ID
Hierarchiestufe	char(3)	NO NULLS	

Gruppenbezeichnung	char(25)	NULLS ALLOWED	
Hierarchie (R)			
Artikel_in_Gruppe (R)			
Warenausgang_fuer_Auftragspos (R)			
Wareneingang (E)			
WENR	char(10)	NO NULLS	ID
Anzahl_Einheiten	float	NO NULLS	
Eingangsdatum	datetime	NO NULLS	
Wareneingang_erhoeht_Bestand (R)			
Warenausgang_mindert_Bestand (R)			
Absatzprognose (R)			
Anzahl_Einheiten	char(10)	NO NULLS	ID
Gesamtwert	money	NULLS ALLOWED	
Zeitraum (E)			
Zeitraumbezeichnung	varchar(20)	NO NULLS	ID
Enddatum	datetime	NO NULLS	
Anfangsdatum	datetime	NO NULLS	
C_Lager (E)			
Betreiber_Firma	float	NULLS ALLOWED	
Provisionssatz	float	NULLS ALLOWED	
Miete	money	NULLS ALLOWED	
Kapa_Ueber_moegl	bit	NO NULLS	
Strafkost_uberschr	float	NO NULLS	
Firmenlager (E)			
Variable_Lagerkosten	float	NULLS ALLOWED	
Fixe_Lagerkosten	float	NULLS ALLOWED	
AuftragsPos_reserviert_Bestand (R)			
Menge	int	NULLS ALLOWED	
voraussichtl_WAdat	datetime	NULLS ALLOWED	
Prioritaetskennziff	int	NULLS ALLOWED	
Umlagerung_an_Lager (R)			
Werk_fuer_Firmenlager (R)			

ERDRAW PAGE 3

Kunde (E)			
KundenNR	char(10)	NO NULLS	ID
LieferStrasse	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
LieferPLZ	char(5)	NULLS ALLOWED	
LieferOrt	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
Firmenname	varchar(40)	NO NULLS	

Incoterms	char(3)	NO NULLS	
Komplettlieferung	bit	NO NULLS	
Belieferungsstatus	char(3)	NULLS ALLOWED	
Maximal_Ueberziehung	int	NULLS ALLOWED	
Kunde_gibt_Auftrag (R)			
Region (E)			
Anzahl_Einwohner	float	NULLS ALLOWED	
Flaeche	float	NULLS ALLOWED	
RegionsBezeichnung	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
RegionsNR	char(10)	NO NULLS	ID
Kaufkraft	money	NULLS ALLOWED	
Kunde_in_Region (R)			
Selbstabholung (E)			
AbholNR	char(10)	NO NULLS	ID
Abholdatum	datetime	NO NULLS	ID
Bearbkennzeichen	char(10)	NO NULLS	ID
Annahme_durch	varchar(60)	NO NULLS	ID
Transport (E)			
TransportNR	char(10)	NO NULLS	ID
Abtransportdatum	datetime	NO NULLS	
Transportgewicht	float	NULLS ALLOWED	
Transportstrecke	float	NULLS ALLOWED	
Transportkosten	money	NULLS ALLOWED	
Kundenlieferung (E)			
Lieferstrasse	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
LieferPLZ	char(5)	NULLS ALLOWED	
LieferOrt	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
Datum_WA_Kunde	datetime	NULLS ALLOWED	
Bearbeitungsstatus	char(3)	NO NULLS	
Umlagerung (E)			
Bearbeitungsstatus	char(3)	NO NULLS	
WA_im_Lager	datetime	NULLS ALLOWED	
WA_durch_Selbstabholung (R)			
Selbstabholung_durch_Kunde (R)			
WA_mit_Transport (R)			
Lieferung_an_Kunden (R)			
Kunde_Artikel_Daten (R)			
Kundenbez_Artikel	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
Fehlkosten_Tag	money	NULLS ALLOWED	
Beta_Servicegrad	float	NULLS ALLOWED	
Max_Ueberziehung	int	NULLS ALLOWED	

Transportunternehmen (E)

TranspUnternehmerNR	char(10)	NO NULLS	ID
Fax	char(20)	NULLS ALLOWED	
Telefon	char(20)	NULLS ALLOWED	
Ort	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
Strasse	varchar(40)	NULLS ALLOWED	
Firmenname	varchar(40)	NO NULLS	
Ansprechpartner	varchar(30)	NULLS ALLOWED	
Mindest_kg	float	NULLS ALLOWED	
Hoechst_kg	float	NULLS ALLOWED	
Mindest_cbm	float	NULLS ALLOWED	
Hoechst_cbm	float	NULLS ALLOWED	

Spedition_faehrt_Transport (R)

Kundensatztafel (E)

ab_km	int	NO NULLS	ID
ab_kg	int	NO NULLS	ID
Kosten_in_DM	money	NO NULLS	

Speditionstransport (E)

Paket (E)

Paketgebuehren (E)

ab_KG	int	NO NULLS	ID
Kosten_in_DM	money	NO NULLS	

Spedition (E)

Abschlag_Prozent	float	NULLS ALLOWED	
Versandnachn_proz	int	NULLS ALLOWED	
Versandnachn_Min	money	NULLS ALLOWED	
Avisgebuehren	money	NULLS ALLOWED	
Selbstabholgebuehr	money	NULLS ALLOWED	
Verwiegen	money	NULLS ALLOWED	
Lagergeld	money	NULLS ALLOWED	
Rechnungserstellung	money	NULLS ALLOWED	
Nachtr_Verfuegungen	money	NULLS ALLOWED	
Ablieferungsnachweis	money	NULLS ALLOWED	
Standzeiten	money	NULLS ALLOWED	

Paketdienste (E)

Paket_Paketdienst (R)

SpedTran_Kundensatztafel (R)

Paket_Paketgebuehren (R)

SpedTran_Hausfrachten (R)

Hausfrachten (E)

Ortsklasse	char(1)	NO NULLS	ID
ab_KG	int	NO NULLS	ID
Kosten_in_DM	money	NO NULLS	

Ortsklasse (E)			
PLZ	char(5)	NO NULLS	ID
Ortsklasse	char(10)	NO NULLS	
Lieferort_in_Ortsklasse (R)			

ANHANG E : Create Table Statements

```
create database ERModell
go
use ERModell
go
```

```
create table Artikel (
  GruppenNR char(10) null,
  ArtikelNR varchar(10) not null,
  Kurzbezeichnung varchar(40) null,
  Bezeichnung varchar(40) not null,
  Gewicht_je_Einheit float not null,
  Tiefe float null,
  Breite float null,
  Hoehe float null,
  Volumen float null,
  Verpackungsart char(10) null,
  Verkaufspreis money null
)
```

```
create table Bestand (
  ArtikelNR varchar(10) not null,
  LagerNR char(10) not null,
  Anzahl_Einheiten float not null,
  Wert_je_Einheit money null,
  Gesamtwert money not null,
  Meldebestand float not null,
  Sammelbestellpunkt float not null,
  Wiederauffuellmenge float not null
)
```

```
create table Lager (
  LagerNR char(10) not null,
  Lagername char(10) not null,
  Lageranschrift varchar(40) not null,
  LagerPLZ char(5) not null,
  LagerOrt varchar(40) not null,
  Lager_Kapaz_cbm float null,
  Lager_Kapaz_kg float null,
  Lager_Einrichtung char(10) null,
  Verlade_Einrichtung char(10) null,
  Verlade_Kapazitaet float null,
  Kosten_WE money null,
  Kosten_Zulieferung money null,
  Kosten_Umlagerung money null,
  Kosten_Fertigstell money null,
  Kosten_Transport money null,
  Kosten_WA money null,
  Kosten_Selbstabh money null
)
```

```
create table Auftragsposition (
  ArtikelNR varchar(10) null,
  AuftragsNR varchar(64) not null,
  PositionsNR int not null,
  Anzahl_Einheiten float not null,
  Preis_je_Einheit float not null,
  Lieferdatum float not null,
  Bearbeitungsstatus char(3) not null
)
```

```
create table Auftrag (
  KundenNR char(10) null,
  AuftragsNR varchar(64) not null,
  Lieferstrasse varchar(64) null,
  Lieferort varchar(64) null,
  LieferPLZ char(5) null,
  Erfassungsdatum datetime null,
  Lieferdatum datetime null,
  Incoterms char(4) not null,
  Komplettlieferung bit not null,
  Sachbearb_Kennung char(5) not null,
  Bearbeitungsstatus char(3) not null
)
```

```
create table Kunde (
  RegionsNR char(10) null,
  KundenNR char(10) not null,
  LieferStrasse varchar(40) null,
  LieferPLZ char(5) null,
  LieferOrt varchar(40) null,
  Firmenname varchar(40) not null,
  Incoterms char(3) not null,
  Komplettlieferung bit not null,
  Belieferungsstatus char(3) null,
  Maximal_Ueberziehung int null
)
```

```
create table Region (
  Anzahl_Einwohner float null,
  Flaeche float null,
  RegionsBezeichnung varchar(40) null,
  RegionsNR char(10) not null,
  Kaufkraft money null
)
```

```
create table Warenausgang (
  TransportNR char(10) null,
  LagerNR char(10) null,
  ArtikelNR varchar(10) null,
  Lieferdatum float null,
  Preis_je_Einheit float null,
  Warenausgang_fuer_Auftragspos_Anzahl_Einheiten
float null,
```

```
PositionsNR int null,  
AuftragsNR varchar(64) null,  
WANR char(10) not null,  
WADatum datetime not null,  
WAKennung char(3) not null,  
Anzahl_Einheiten float not null  
)
```

```
create table Werk (  
LagerNR char(10) null,  
WerkNR char(10) not null  
)
```

```
create table Produktionsauftrag (  
WerkNR char(10) null,  
ArtikelNR varchar(10) null,  
ProdAuftragsNR char(10) not null,  
Fertigstelltermin datetime not null,  
Kostensatz_Einheit money not null,  
Bearbeitungsstatus char(3) not null  
)
```

```
create table Werk_produziert_Eigenfertigung (  
WerkNR char(10) not null,  
ArtikelNR varchar(10) not null,  
Kapazitaet float null,  
Preis money null,  
Produktionszeit datetime null  
)
```

```
create table Gruppe (  
Hierarchie_GroupenNR char(10) null,  
GruppenNR char(10) not null,  
Hierarchiestufe char(3) not null,  
Gruppenbezeichnung char(25) null  
)
```

```
create table Bestellung (  
HerstellerNR char(10) null,  
BestellNR char(10) not null,  
Bestelldatum datetime not null,  
Sachbearbkennung char(5) not null,  
Lieferort char(10) not null,  
Incoterms char(4) not null  
)
```

```
create table Bestellposition (  
ArtikelNR varchar(10) null,  
BestellNR char(10) not null,  
PositionsNR char(10) not null,  
Lieferort datetime null,  
Lieferdatum datetime null,  
Preis_Einheit float null,  
Anzahl_Einheiten float null,  
Lieferstatus datetime null  
)
```

```
create table Wareneingang (  
LagerNR char(10) null,  
ArtikelNR varchar(10) null,  
WENR char(10) not null,  
Anzahl_Einheiten float not null,  
Eingangsdatum datetime not null  
)
```

```
create table Hersteller (  
HerstellerNR char(10) not null,  
Firmenname varchar(40) not null,  
Strasse varchar(40) not null,  
PLZ char(5) not null,  
Ort varchar(40) not null,  
Telefon varchar(20) not null,  
Fax varchar(20) not null,  
Ansprechpartner varchar(30) not null,  
Branchenkennung char(5) not null,  
Incoterms char(4) not null,  
PLZ_fuer_Entfernung char(5) not null  
)
```

```
create table WE_aus_Zulieferung (  
ZulieferungsNR char(10) null,  
PositionsNR char(10) null,  
BestellNR char(10) null,  
WENR char(10) not null  
)
```

```
create table Absatzprognose (  
GruppenNR char(10) not null,  
RegionsNR char(10) not null,  
Zeitraumbezeichnung varchar(20) not null,  
Anzahl_Einheiten char(10) not null,  
Gesamtwert money null  
)
```

```
create table Zeitraum (  
Zeitraumbezeichnung varchar(20) not null,  
Enddatum datetime not null,  
Anfangsdatum datetime not null  
)
```

```
create table WE_aus_Umlagerung (  
TransportNR char(10) null,  
WENR char(10) not null  
)
```

```
create table Fertigstellungs_meldung (  
WerkNR char(10) null,  
FertigstellungsNR char(10) not null,  
Fertigstellungsdatum datetime not null,  
Bearb_Kennzeichen char(5) not null  
)
```

```
create table C_Lager (  
LagerNR char(10) not null,
```

```

Betreiber_Firma float null,
Provisionsatz float null,
Miete money null,
Kapa_Ueber_moegl bit not null,
Strafkost_uberschr float not null
)

```

```

create table Firmenlager (
LagerNR char(10) not null,
Variable_Lagerkosten float null,
Fixe_Lagerkosten float null
)

```

```

create table Transportunternehmen (
TranspUnternehmerNR char(10) not null,
Fax char(20) null,
Telefon char(20) null,
Ort varchar(40) null,
Strasse varchar(40) null,
Firmenname varchar(40) not null,
Ansprechpartner varchar(30) null,
Mindest_kg float null,
Hoechst_kg float null,
Mindest_cbm float null,
Hoechst_cbm float null
)

```

```

create table Zulieferung (
HerstellerNR char(10) null,
ZulieferungsNR char(10) not null,
Zulieferdatum datetime not null,
Zulieferstatus char(3) not null
)

```

```

create table WE_aus_Fertigstellung (
FertigstellungsNR char(10) null,
ProdAuftragsNR char(10) null,
WENR char(10) not null
)

```

```

create table Hersteller_liefert_Artikel (
HerstellerNR char(10) not null,
ArtikelNR varchar(10) not null,
Lieferzeit int null,
Preis money null,
Mindestabnahme float null,
Hoechstkapazitaet float null
)

```

```

create table AuftragsPos_reserviert_Bestand (
ArtikelNR varchar(10) not null,
LagerNR char(10) not null,
AuftragsNR varchar(64) not null,
PositionsNR int not null,
Anzahl_Einheiten float not null,
Preis_je_Einheit float not null,
Lieferdatum float not null,

```

```

Menge int null,
voraussichtl_WAdat datetime null,
Prioritaetskennziff int null
)

```

```

create table Selbstabholung (
KundenNR char(10) null,
WANR char(10) null,
AbholNR char(10) not null,
Abholdatum datetime not null,
Bearbeitungskennzeichen char(10) not null,
Annahme_durch varchar(60) not null
)

```

```

create table Transport (
TransportNR char(10) not null,
Abtransportdatum datetime not null,
Transportgewicht float null,
Transportstrecke float null,
Transportkosten money null
)

```

```

create table Kundenlieferung (
KundenNR char(10) null,
TransportNR char(10) not null,
Lieferstrasse varchar(40) null,
LieferPLZ char(5) null,
LieferOrt varchar(40) null,
Datum_Wareingang_Kunde datetime null,
Bearbeitungsstatus char(3) not null
)

```

```

create table Umlagerung (
LagerNR char(10) null,
TransportNR char(10) not null,
Bearbeitungsstatus char(3) not null,
Eingangsdatum_im_Lager datetime null
)

```

```

create table Eigenfertigung (
ArtikelNR varchar(10) not null
)

```

```

create table Handelsware (
ArtikelNR varchar(10) not null
)

```

```

create table Kunde_Artikel_Daten (
KundenNR char(10) not null,
ArtikelNR varchar(10) not null,
Kundenbez_Artikel varchar(40) null,
Fehlkosten_Tag money null,
Beta_Servicegrad float null,
Max_Ueberziehung int null
)

```

```

create table Kundensatztafel (

```

```
ab_km int not null,  
ab_kg int not null,  
Kosten_in_DM money not null  
)
```

```
create table Speditionstransport (  
  PLZ char(5) null,  
  ab_KG int null,  
  Ortsklasse char(1) null,  
  ab_kg int null,  
  ab_km int null,  
  TranspUnternehmerNR char(10) null,  
  TransportNR char(10) not null  
)
```

```
create table Paket (  
  Paket_Paketdienst_TranspUnternehmerNR char(10)  
  null,  
  ab_KG int null,  
  TranspUnternehmerNR char(10) null,  
  TransportNR char(10) not null  
)
```

```
create table Paketgebuehren (  
  TranspUnternehmerNR char(10) not null,  
  ab_KG int not null,  
  Kosten_in_DM money not null  
)
```

```
create table Spedition (  
  TranspUnternehmerNR char(10) not null,  
  Abschlag_Prozent float null,
```

```
Versandnachn_proz int null,  
Versandnachn_Min money null,  
Avisgebuehren money null,  
Selbstabholgebuehr money null,  
Verwiegen money null,  
Lagergeld money null,  
Rechnungserstellung money null,  
Nachtr_Verfuegungen money null,  
Ablieferungsnachweis money null,  
Standzeiten money null  
)
```

```
create table Paketdienste (  
  TranspUnternehmerNR char(10) not null  
)
```

```
create table Hausfrachten (  
  Ortsklasse char(1) not null,  
  ab_KG int not null,  
  Kosten_in_DM money not null  
)
```

```
create table Ortsklasse (  
  PLZ char(5) not null,  
  Ortsklasse char(10) not null  
)
```

```
go  
quit
```

ANHANG F : Übersichtsgrafiken ER-Modell

Auf den folgenden vier Seiten wird das mittels ERDRAW generierte konzeptionelle Datenmodell dargestellt.

Die erste Grafik umfaßt den Bereich der Beschaffung von Handelswaren, sowie die Abläufe im Rahmen der eigenen Fertigung der Beispielfirma.

Die zweite Seite stellt das Artikelsortiment, den Lagerbereich, das Auftragswesen und die zu speichernden Prognosen dar.

Auf der dritten Seite sind die Warenausgänge und ihre Verbindung zum Kunden sowie die Bildung von Regionen dargestellt.

Als letztes werden auf Seite vier die Strukturen zur Darstellung von Transportkostenstrukturen abgebildet.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht. Ich bin mir bewußt, daß eine unwahre Erklärung rechtliche Folgen haben kann.

Siegen, 15.12.1993

(Redmer Luxem)