



Universität Karlsruhe (TH)

DIPLOMARBEIT

Voraussetzungen für eine Aktivitäten-basierte Güterverkehrsmodellierung

**Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung
(IWW)**

Eingereicht von: Hanno Friedrich
Matrikelnummer 987319

Betreuer: Prof. Dr. Werner Rothengatter
Dipl.-Physiker Gernot Liedtke, Ing. ECP

Karlsruhe, den 21.12.2003

Ich versichere hiermit wahrheitsgemäß, die Arbeit bis auf die dem Aufgabensteller bereits bekannte Hilfe selbständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderung entnommen wurde.



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	11
1. Einführung	13
1.1. Problemstellung	13
1.2. Aufbau der Arbeit	15
2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild	17
2.1. Mikroskopisches Individualverhaltensmodell	17
2.1.1. Personenkategorien und grundlegende Konzepte	18
2.1.2. Die Monte Carlo Methode	21
2.1.3. Modul Verkehrsentstehung	22
2.1.4. Modul Zielwahl	24
2.1.5. Modul Verkehrsmittelwahl	27
2.2. Die Darstellung von Aktivitäten im Modell AVENA	31
2.3. ALBATROSS - ein mit Regeln und Constraints arbeitendes Modell	33
2.4. Zusammenfassung der übertragbaren Konzepte und Vorgehensweisen	35
3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr	37
3.1. Methodik der Verkehrsprognose 2015 des BVWP, ein Makromodell	38
3.1.1. Klassifizierungen und Einteilungen	38
3.1.2. Trendprognose für die makroskopischen Eckwerte	39
3.1.3. Detaillierte Prognosen für Verflechtungen	41
3.2. Das Modell WIVER	45
3.2.1. Zielsetzung des Modells	46
3.2.2. Klassifizierungen und Bestimmungsgrößen	47
3.2.3. Aufbau und Funktionsweise des Modells	49
3.3. Problemstellungen der Logistik im Operations Research	53
3.3.1. Formulierung des GPDP	53
3.3.2. Die Spezialfälle und Erweiterungen des GPDP	56

3.3.3.	Beispiel einer einfachen Lösungsheuristik	57
3.4.	Diskussion der bisherigen Modelle	58
3.4.1.	Schwachstellen bestehender Modelle	58
3.4.2.	Nützliche Komponenten bestehender Modelle	61
4.	Empirische Arbeiten	65
4.1.	Erarbeitung von Erzeugungsraten aus Statistiken	65
4.1.1.	Vorgehen und Problematiken	66
4.1.2.	Tool zur Arbeitsunterstützung	67
4.1.3.	Durchgeführte Berechnungen und offene Arbeiten	69
4.2.	Telefonbefragungen von Verladern	70
4.2.1.	Ziele der Befragung	70
4.2.2.	Vorgehen bei der Befragung	71
4.2.3.	Resultate und Empfehlungen	73
4.2.4.	Aufwandsabschätzung für Großbefragung	75
4.3.	Experteninterviews zur Ermittlung der Marktstruktur	76
4.3.1.	Segmentierung des Marktes	77
4.3.2.	Marktstruktur	80
4.3.3.	Einzelne Akteure des Marktes	82
4.4.	Disposition - Speditionsbesuche	85
4.4.1.	Speditionsbesuche	86
4.4.2.	Fahrtenmuster	91
4.4.3.	Preisbildung	93
5.	Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung	95
5.1.	Klassifizierungen	97
5.1.1.	WZ-Klassifizierung	97
5.1.2.	Die Teilmärkte des Straßengüterverkehrs	98
5.1.3.	Einteilung der Regionen (NUTS) und Straßennetz	100
5.2.	Bestimmungsgrößen	103
5.2.1.	Strukturdaten	103
5.2.2.	Verhaltensdaten	111
5.3.	Modul Akteurserzeugung	115
5.3.1.	Teilmodul Betriebserzeugung	116
5.3.2.	Teilmodul Erzeugung der Akteure der Transportseite	117
5.3.3.	Schnittpunkte zu anderen Verkehrsmitteln	119
5.4.	Modul Frachtauftragserzeugung	122
5.4.1.	Das Modul	122
5.4.2.	Lager und Großhandel	122
5.5.	Modul Zielwahl	124
5.5.1.	Attraktivitätsfunktion	124
5.5.2.	Das Modul	125

5.6. Modul Markt	127
5.6.1. Handlungen der Betriebe im Markt	128
5.6.2. Handlungen der Speditionen im Markt	129
5.6.3. Handlungen der Frachtführer im Markt	130
5.6.4. Frachtenbörsen	130
5.6.5. Vergabeentscheidung durch Preisbildung	131
5.7. Modul Tourenplanung	131
5.7.1. Das Constraint Logic Programming - CLP	131
5.7.2. Grobe Beschreibung des Moduls	133
5.7.3. Tourenplanung mit Tourengerüsten	134
5.7.4. Einige Beispiele für Tourenplanungsheuristiken	135
5.8. Einschränkungen des Modells und Aggregation	138
5.8.1. Einschränkungen des Modells	138
5.8.2. Zielgrößen	139
5.8.3. Aggregation über Dimensionen	140
6. Zusammenfassung und Ausblick	141
A. Glossar	145
B. Speditionssteckbriefe	151
B.1. Spedition Kunze - Stückgutverbund CargoLine	153
B.2. Spedition Bäumle - Disposition Siloverkehr	156
B.3. Spedition Grieshaber - Disposition allgemeiner Teil/Ganzladungsverkehr	159
B.4. Spedition ITC-Stuttgart - Disposition Englandverkehre	161
C. Klassifizierungen und Einteilungen	163
C.1. WZ93-Klassifizierung nach Wirtschaftsgruppen	163
D. Kostenkomponenten und Kosten-Einflussgrößen	169
Literaturverzeichnis	171

Abbildungsverzeichnis

2.1.	Verhaltenshomogene Personen-Kategorien der KONTIV'89 (aus Zumkeller (2000))	18
2.2.	Verteilung und kumulierte Häufigkeitsverteilung der Betriebsgrößen in der Tabakverarbeitung	21
2.3.	Input und Output des Moduls „Verkehrsentstehung“ (aus Zumkeller (2000)) .	22
2.4.	Ablaufdiagramm des Moduls „Verkehrsentstehung“ (aus Zumkeller (2000)) .	23
2.5.	Input und Output des Moduls „Zielwahl“ (aus Zumkeller (2000))	24
2.6.	Ablaufdiagramm des Moduls „Zielwahl“ (aus Zumkeller (2000))	26
2.7.	Input und Output des Moduls „Verkehrsmittelwahl“ (aus Zumkeller (2000)) .	27
2.8.	Hierarchische Gliederung des Entscheidungsprozesses bei einem Logit-Modell (aus Zumkeller (2000))	28
2.9.	Logistische Funktion im Logit-Modell	29
2.10.	Markstruktur mit Verladern und Speditionen	31
2.11.	Akteursmodell im AVENA (aus Brüggemann u. a. (2000))	32
2.12.	Simulationskonzept des Modells AVENA (aus Brüggemann u. a. (2000)) . . .	32
3.1.	Vergleich linearer zu exponentieller Wachstumsfunktion	41
3.2.	Kategorien des Wirtschaftsverkehrs. Quelle: Sonntag (1996)	46
3.3.	Funktionsweise des WIVER-Modells (aus Sonntag (1996))	49
3.4.	Verkehrsmatrix für eine Kalibrierungsgruppe p	51
3.5.	Veranschaulichung Savings (aus Sonntag (1996))	52
4.1.	Screenshot des Tools zur Ermittlung der Erzeugungsraten	68
4.2.	Screenshot des Tools zur Darstellung der KBA-Stichprobe	69
4.3.	Traditionelle Struktur des Straßengüterverkehrsmarktes (Quelle: Cargoclix) .	80
4.4.	Komplexere Struktur des Marktes	81
4.5.	Verteilung der Unternehmensgrößen im Verkehrssektor (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2003))	84
5.1.	Schematischer Ablauf des Modells	96
5.2.	NUTS-Regionen Deutschlands und verwendetes Straßennetz	102
5.3.	Betriebsgrößenverteilung Tabakverarbeitung (Wirtschaftsabteilung 16 - Tabakverarbeitung) (Quelle: Statistisches Bundesamt)	105

5.4. Betriebsgrößenverteilung nach Anzahl LKW (Quelle: BAG (2000))	106
5.5. Ausschnitt eines Verflechtungsgraphen	108
5.6. Verflechtungsgraph der Input-Output-Tabelle	108
5.7. Verflechtungsgraph der Telefonbefragung	110
5.8. Entfernungsverteilung bei Frachtaufträge zwischen landwirtschaftlicher Tierhaltung und Milchverarbeitung	113
5.9. Gewichtsverteilung der Frachtaufträge zwischen landwirtschaftlicher Tierhaltung und Milchverarbeitung	114
5.10. Ablaufdiagramm des Moduls Betriebserzeugung für Region i	116
5.11. Übersicht Modul Frachtführererzeugung	118
5.12. Ablaufdiagramm des Moduls Frachtführererzeugung - Teil Frachtführer	120
5.13. Ablaufdiagramm des Moduls Frachtführererzeugung - Teil Speditionen	121
5.14. Ablaufdiagramm Frachtauftragserzeugung	123
5.15. Ablaufdiagramm Modul Zielwahl	126
5.16. Input/Output des Moduls Tourenplanung	133
5.17. Tourengerüst (links) und fertiger Tourenplan (rechts)	135
5.18. Dimensionen der Aggregation	139

Tabellenverzeichnis

2.1.	Aktivitätenketten von Erwerbstätigen mit PKW (aus Zumkeller (2000))	19
2.2.	Gegenüberstellung einzelner Begriffe des Personen- und Güterverkehrs	20
2.3.	Alternativen und Eigenschaften in einem Logit-Modell (angelehnt an Zumkeller (2000))	28
2.4.	Übertragbare Konzepte der Personenverkehrsmodellierung	36
3.1.	Definition der DIW-Güterbereiche (aus BVU u. a. (2001))	40
3.2.	Verkehrserzeugende und -anziehende Strukturmerkmale (BVU u. a. (2001)) .	43
3.3.	Wirkungsmechanismen von Maßnahmen (aus Sonntag (1996))	47
3.4.	Direkt in das GDP überführbare Probleme	56
3.5.	Kritikpunkte an bestehenden Modellen	59
3.6.	Verwertbare Ideen und Ansätze aus bisherigen Modellierungen	61
4.1.	Antworten der Verlader zu eingehenden Lieferungen	74
4.2.	Antworten der Verlader zu ausgehenden Lieferungen	74
4.3.	Kalkulation einer kompletten Befragung	75
4.4.	Angebote der Speditionen und ihre Kundenstruktur	86
4.5.	Verwendete Techniken und Kommunikation	87
4.6.	Nutzung von Frachtenbörsen	88
4.7.	Zeitfensterarten von Lieferzeiten und Vorlaufzeiten der Verlader	88
4.8.	Zeitpunkte der Planung	89
4.9.	Kriterien und Reihenfolgen bei der Tourenplanung	90
4.10.	Kurzfristige Vergabe und Akquise von Frachtaufträgen (Spotmarkt)	91
5.1.	Logistikmärkte der Top100 Studie Klaus (2003) und Transportmärkte des Modells	101
5.2.	Standard-Lkw einiger Teilmärkte	106
5.3.	Constraint-Kategorien bei objektorientiertem Programmieren (angelehnt an ILOG (1999))	132
6.1.	Wichtigste geleistete und ausstehende Arbeiten bei der Datenerhebung	142

C.1. Wirtschaftsgruppen der WZ93 und Darstellung im Modell (Statistisches Bundesamt)	167
D.1. Kostenkomponenten für Frachtkostenrechnung aus BGL (2002)	169
D.2. Kosteneinflussgrößen für Frachtkostenrechnung aus BGL (2002)	169

1. Einführung

1.1. Problemstellung

Verkehr, sowohl Personenverkehr als auch Güterverkehr, wird in der Verkehrsplanung durch Modelle abgebildet. Diese dienen dazu, die Auswirkungen von Investitionen und Gesetzen auf den Verkehr zu simulieren oder Prognosen der zukünftigen Entwicklung des Verkehrs zu erstellen, um Entscheidungen beispielsweise bezüglich neuer Infrastruktur zu rechtfertigen. Damit sind sie eine wichtige Hilfe für politische Entscheidungen auf Bundes-, Landes- und regionaler Ebene. Eingriffe, die das Verkehrssystem oder das Verhalten der Verkehrsteilnehmer verändern oder beeinflussen, werden als Maßnahmen bezeichnet. Verkehrsmodelle dienen dazu, die Wirkung von Maßnahmen zu ermitteln oder umgekehrt Notwendigkeiten für Maßnahmen aufzuzeigen.

Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung stagnieren in den letzten Jahren im Personenverkehr. Auch im Güterverkehr wurde nach Jahren des Wachstums ein leichter Rückgang festgestellt (siehe [BAG \(2002\)](#)). Es wurde in den letzten beiden Jahren außerdem beobachtet, dass das Transportaufkommen (in t) stärker zurückging als die Transportleistung (in tkm). Die durchschnittlichen Weiten des Transportes sind somit gestiegen. Der Aufwand der Unternehmen für Logistikleistungen steigt (siehe [Klaus \(2003\)](#)) und auch die Koordination der Transporte nimmt zu. Ein Beleg dafür ist die zunehmende Nutzung von Frachtenbörsen. Es zeichnet sich also eine Entwicklung ab, in der das Aufkommen nicht mehr die entscheidende Größe für Veränderungen im Verkehr ist. An seine Stelle treten Veränderungen in der Logistik oder Veränderungen durch neue Techniken in der Kommunikation und Information, die das Verhalten der Verkehrsteilnehmer verändern. Beispiele dafür sind neue Navigationssysteme mit umfangreichen Daten zu aktuellen Verkehrszuständen oder speziell im Güterverkehr eine Koordination von Transportangebot und Nachfrage über Frachtenbörsen im Internet. Es ist anzunehmen, dass sich auch Maßnahmen der Politik in der Zukunft mehr auf diese Techniken konzentrieren, anstatt ein bereits gut ausgebautes Verkehrssystem zu erweitern. Ein Beispiel einer solchen Maßnahme ist die Maut, die zukünftig in Deutschland streckenabhängig erhoben wird. Eine solche Mauterhebung ist nur durch den Einsatz neuer Techniken und Infrastruktur der Informationsübertragung möglich.

Um solche Maßnahmen und Veränderungen darzustellen, sind Modelle notwendig, die das Verhalten der Verkehrsteilnehmer, ihre Information und ihre Koordination untereinander abbilden. Im Personenverkehr haben sich Mikromodelle etabliert, die die einzelnen Akteu-

re darstellen. Der Akteur im Personenverkehr ist die Person, die, um ihre Aktivitäten, wie Arbeiten, Wohnen oder Freizeitgestaltung durchführen zu können, Wege zurücklegt und somit Verkehr erzeugt. Die Modellierung, die auf diesen Aktivitäten aufbaut, wird Aktivitätenbasierte Modellierung genannt. Sie kann durch die Darstellung der einzelnen Akteure, deren Aktivitätsbedürfnisse, Verhaltensweisen und Informationen die oben angesprochenen neuen Veränderungen im Verkehrssystem abbilden.

Im Güterverkehr hingegen basieren die bestehenden Modelle meist auf funktionalen Ansätzen, bei denen für Verkehrszellen (bestehend aus Regionen) der Verkehr auf Basis der vorhandenen Strukturgrößen (beispielsweise der Bevölkerungszahl oder Wertschöpfung) geschätzt wird. Die funktionalen Zusammenhänge werden dazu mit Hilfe von Regressionsanalysen auf Datenreihen der Strukturgrößen aus der Vergangenheit ermittelt. Solche Modelle werden als makroskopische Modelle bezeichnet. Grenzen dieser Modelle sind Strukturveränderungen, die sich nicht aus den historischen Daten ableiten lassen, und vor allem Veränderungen im Verhalten der Akteure und in der Koordination zwischen den Akteuren.

Es ist demnach notwendig, auch für den Güterverkehr neue Modelle zu konzipieren, die, wie die Modelle im Personenverkehr, die Möglichkeit bieten, neue Arten von Veränderungen, die sich auf das Verkehrssystem auswirken, darzustellen. Für den gesamten Wirtschaftsverkehr, von dem der Güterverkehr nur einen kleinen Teil ausmacht, ist dies in Ansätzen schon geschehen. In dieser Arbeit wird versucht, ein Aktivitätenbasiertes Modell, wie es im Personenverkehr existiert, auch für den Güterverkehr vorzubereiten. Das bedeutet die Personenverkehrsmodelle und Modellierungen des Wirtschafts- und Güterverkehrs auf verwertbare Elemente zu analysieren, Akteure und deren Aktivitäten sowie Verhaltensweisen zu identifizieren und empirische Grundlagen für eine neue Form der Modellierung zu finden oder zu schaffen. Für diese Form der Modellierung, die den einzelnen Akteur darstellt, ist es eine Voraussetzung, ein neues Vorgehen bei der Aufkommensberechnung mit Hilfe von Produktionsraten zu konzipieren, das es ermöglicht, das Aufkommen einzelner Akteure im Modell zu bestimmen. Diese neue Form der Aufkommensberechnung kann auch für makroskopische Modelle, das heißt nicht Aktivitätenbasierte Modelle, einen Fortschritt bedeuten.

Da der gesamte Güterverkehr in einem Aktivitätenbasierten Modell nicht dargestellt werden kann, da sowohl die Datenerhebungen zu umfangreich, als auch die Komplexität des Modells nicht mehr handhabbar wäre, beschränkt sich das Modell auf den reinen Straßengüterverkehr. Und innerhalb dieses konzentriert sich die Arbeit und das Modell auf den Ganz- und Teilladungsverkehr. Dieser stellt mit 80% der Verkehrsleistung den größten Teil des Verkehrs. Vor allem der allgemeine Ladungsverkehr (zum Großteil Transporte mit Paletten oder anderen standardisierten Ladungsträgern) ist, wie später in der Arbeit gezeigt wird, der Teil des Güterverkehrsmarktes, in dem das Verhalten der Akteure und die Kommunikation zwischen ihnen eine wichtige Rolle spielt und in dem neue Dienstleistungen, wie Frachtenbörsen entstehen. Er steht auch deshalb im Zentrum der Modellierung.

1.2. Aufbau der Arbeit

Die Arbeit lässt sich in drei Teile aufteilen, in einen Literaturteil, in dem bestehende Ansätze analysiert werden, einen empirischen Teil, in dem die empirischen Arbeiten zur Vorbereitung eines Modells beschrieben werden und einen konzeptionellen Teil, in dem ein Vorschlag für ein neues Modell vorgestellt wird.

Im ersten Teil, dem Literaturteil, wird zunächst der Ansatz der Aktivitäten-basierten Modellierung im Personenverkehr beschrieben und die Möglichkeit einer Übertragung der Methoden und Begriffe auf den Güterverkehr untersucht (Kapitel 2). Danach werden bestehende Ansätze zur Modellierung des Güterverkehrs oder zur Modellierung von Teilen des Güterverkehrs dargestellt und auf ihre Verwendbarkeit für die Zielsetzung dieser Arbeit überprüft. Es werden dazu ein makroskopisches Modell des Güterverkehrs (Verkehrsprognose 2015 des BVWP), ein Modell des Wirtschaftsverkehrs (WIVER) und eine Problemformulierung aus dem OR betrachtet (Kapitel 3).

Im zweiten Teil werden die empirischen Arbeiten, die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführt wurden, dargestellt (Kapitel 4). Für den Bereich der Modellierung des Aufkommens wird die Herleitung der Produktionsraten für Betriebe dargestellt und eine exemplarische Telefonbefragung der Verloader und deren Ergebnisse beschrieben. Die Telefonbefragung dient dazu, das Wissen über Wirtschaftsverflechtungen aus der Input-Output Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu verfeinern und zusätzlich Daten zur Frachtauftragsbildung und -vergabe von verladenden Betrieben zu ermitteln. Für den Bereich der Transportdurchführung musste zunächst ein Bild des Marktes und von dessen Akteuren entworfen werden. Dazu wurden Experteninterviews durchgeführt, deren Ergebnisse dargestellt werden. Außerdem wurden Dispositionen von vier Speditionen jeweils einen Tag lang besucht, um Erfahrungen für eine wirklichkeitsnahe Modellierung von Speditionen und deren Verhalten zu sammeln. Die Auswertungen daraus werden präsentiert.

Im dritten Teil der Arbeit wird ein Vorschlag für die Struktur eines Modells ausgearbeitet sowie ein Vorschlag der Aufkommensmodellierung bis zum fertigen Frachtauftrag dargestellt. Für die Modellierung der Durchführung des Transportes mit der Darstellung des Marktes sowie der Tourenplanung werden Konzepte und Vorgehensweisen vorgestellt (Kapitel 5). Es handelt sich bei dem Vorschlag um ein Aktivitäten-basiertes Modell, das im Gegensatz zu isolierten Einzelbetrachtungen von Betrieben (case studies) die Gesamtheit der Akteure betrachtet. Dafür ist es besonders wichtig die benötigten Daten und den Aufwand zu deren Ermittlung zu beachten. Deswegen werden in diesem Teil zunächst die verwendeten Klassifizierungen und Bestimmungsgrößen (Strukturdaten und Verhaltensdaten) vorgestellt und Quellen für diese Daten identifiziert. Danach wird auf die einzelnen Module einer Modellierung eingegangen. Dabei wird die Erzeugung der Akteure, die Erzeugung der Frachtaufträge sowie die Zielwahl, also die Aufkommensmodellierung, mit Hilfe von Ablaufdiagrammen detailliert dargestellt. Für die Module Markt und Tourenplanung sowie Aggregation werden schematische Beschreibungen gegeben und einige wichtige Konzepte und Methoden vorgestellt.

Am Ende der Arbeit wird eine Zusammenfassung der geleisteten Arbeiten und ein kurzer Ausblick auf die nun anstehenden Arbeiten auf dem Weg zu einem neuen Aktivitäten-basierten

1. Einführung

Modell für den Straßengüterverkehr gegeben.

Im Anhang wird dem Leser ein Glossar mit den Definitionen vieler verwendeter Begriffe zur Verfügung gestellt. Sie werden nur selten explizit im Text definiert, um den Text flüssig und verständlich zu halten. Außerdem stehen dort eine Dokumentation der Speditionsbesuche, Materialien zur Preisbildung von Speditionen und die Klassifizierung der Wirtschaftszweige zur Verfügung.

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

In diesem Kapitel wird als Vorbild für ein Güterverkehrsmodell die Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr betrachtet. Der Begriff "Aktivitäten-basiert" wird zunächst, wie in der Definition in Anhang A verstanden, nämlich so, dass die Aktivität zwar als Ausgangspunkt des Modells dient, deren Entstehung aber nicht modelliert wird. Modelle wie AVENA (siehe [Brüggemann u. a. \(2000\)](#)) oder ALBATROSS (siehe [Arentze u. a. \(1998\)](#)), auf die am Ende des Kapitels eingegangen wird, gehen eine Stufe weiter und beschäftigen sich auch mit der Entstehung der Aktivität. Als erstes werden aber die Modelle Solo1 bzw. Solo2 besprochen (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)), die am Institut für Verkehrswesen (IfV) in Karlsruhe entwickelt wurden. Sie gehen von typischen Verhaltensmuster in Form von Aktivitäten aus, die für verschiedene Personengruppen erhoben werden, deren Entstehung aber nicht modelliert wird. Aus diesen Aktivitätenmustern ergeben sich typische Wegekettens von Personen, mit denen im Modell die Verkehrserzeugung einzelner Personen nachvollzogen wird. Diese Modelle werden als mikroskopische Individualverhaltensmodelle bezeichnet. Da im Modell die Entscheidungen einzelner Personen nachvollzogen werden, entspricht dies einerseits der Definition des Mikromodells in dieser Arbeit, andererseits geht man von Verhaltensdaten für ganze Personengruppen aus, was eher dem Begriff des Mesomodells entspricht.

Für jeden Abschnitt wird, wenn möglich, ein Vergleich zum Güterverkehr gezogen, Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufgezeigt, die entsprechenden Objekte und Einheiten im Güterverkehr, soweit möglich, benannt und übertragbare Konzepte und Methoden für eine Modellierung im Güterverkehr bestimmt. Diese werden im letzten Abschnitt dieses Kapitels noch einmal zusammenfassend aufgelistet.

2.1. Mikroskopisches Individualverhaltensmodell

In diesem Abschnitt werden die Modelle Solo1 und Solo2 (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)) im Hinblick auf eine Verwendung der Vorgehensweise in einem Güterverkehrsmodell betrachtet. Diese sind in Module eingeteilt, die zum Teil vorgestellt werden. Vorher werden „das Konzept der verhaltenshomogenen Personenkategorien“ erläutert und die Monte Carlo Methode zur Erzeu-

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

gung von Objekten mit einer bestimmten Verteilung von Merkmalen vorgestellt. Anschließend werden die Module Verkehrsentstehung, Zielwahl und Verkehrsmittelwahl aus Solo2 näher erläutert.

2.1.1. Personenkategorien und grundlegende Konzepte

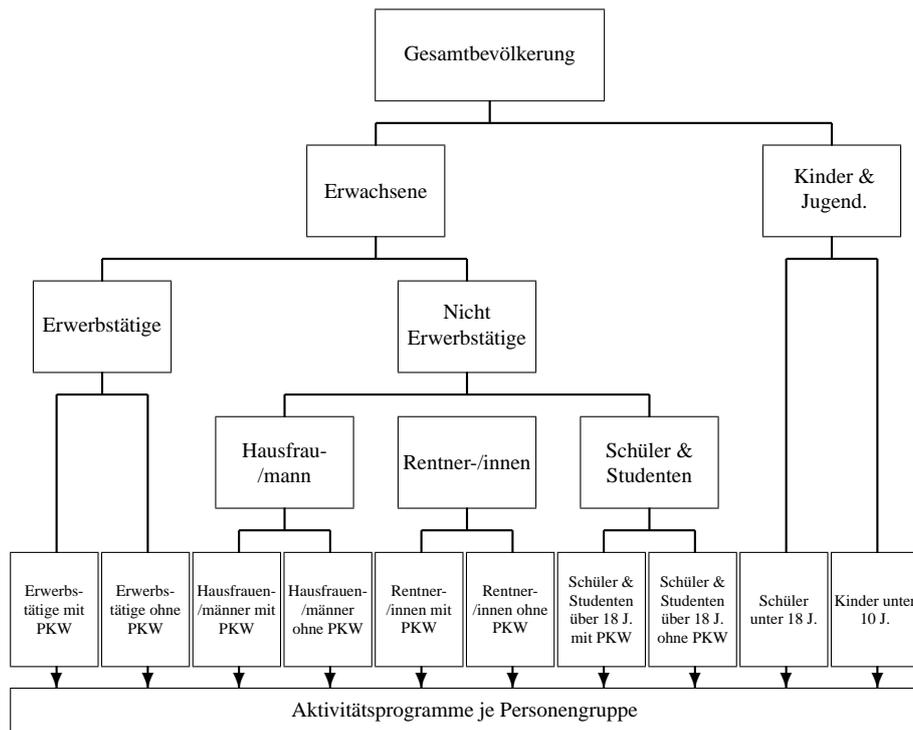


Abbildung 2.1.: Verhaltenshomogene Personen-Kategorien der KONTIV'89 (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

In der Personenverkehrsmodellierung ist das zentrale Objekt die Person (oder ein Haushalt mit Personen). Sie ist der Punkt, an dem die Aktivität entsteht und somit der Ausgangspunkt für die Verkehrsentstehung. Es gibt allerdings große Unterschiede zwischen verschiedenen Personengruppen; beispielsweise führt ein Student während eines Tages andere Aktivitäten durch als ein Fabrikarbeiter.

Als Beispiel kann hier die Einteilung der Personengruppen aus der KONTIV'89¹ angeführt werden, dargestellt in Abbildung 2.1. Die Aufteilung erfolgt nach Eigenschaften, die die Art und Anzahl von Aktivitäten der Personen beeinflussen. Neben Alter und Berufstätigkeit ist der PKW-Besitz eine wichtige Einflussgröße. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl anderer Eigenschaften, die an dieser Stelle genannt werden könnten. Bei der Erhebung des deutschen

¹Kontinuierliche Verkehrsbefragung, siehe Abschnitt A

Mobilitätspanels (siehe [Chlond u. a. \(1998\)](#)) werden zum Beispiel auch die Anbindung an den öffentlichen Personenverkehr (ÖV), Geschlecht oder Größe des Wohnortes berücksichtigt. Einen weiteren wichtigen Einfluss spielen auch Größe und Art des Haushaltes, in dem die Person lebt. Bei einem 2-Personen Haushalt ist es beispielsweise wahrscheinlich, dass nur eine Person die Aktivität Einkaufen ausübt, leben beide Personen in einem eigenen Haushalt gehen auch beide einkaufen. Aus diesem Grund fokussieren sich Aktivitäten-basierte Modelle im Personenverkehr eher auf Haushalte als auf Einzelpersonen.

Zu diesen Personengruppen können aus empirischen Erhebungen die Verteilung von Aktivitätenmustern eines Tages zugeordnet werden, wie es in der Tabelle² 2.1 für Erwerbstätige mit PKW nach Ortsgrößenklassen geschehen ist.

Aktivitätenmuster	Ortsgrößenklassen			Gesamt
	bis 20.000	20.000-100.000	über 100.000	
W-AR-W	39	37	37	38
W-AR-W-FZ-W	12	11	11	12
W-AR-W-EK-W	6	7	6	6
W-AR-W-AR-W	5	5	3	4
W-EK-W	4	3	3	3
W-AR-EK-W	2	3	4	3
W-FZ-W	3	2	3	3
W-EK-W-FZ-W	2	2	2	2
W-AR-W-EK-W-FZ-W	1	1	1	1
W-AR-AR-AR-W	1	1	2	1
REST	26	28	30	28
(W - Wohnen, AR - Arbeiten FZ - Freizeit, EK - Einkaufen)	(Angaben in Prozent)			

Tabelle 2.1.: Aktivitätenketten von Erwerbstätigen mit PKW (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

Eine Aktivität im Personenverkehr ist eine „Tätigkeit/Erledigung an einem aushäusigen Ziel oder in der Wohnung“ (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)); die Orte, an denen sie ausgeführt werden, bezeichnet man als Gelegenheiten. Sie sind in der Modellierung zu diesem Zeitpunkt noch nicht den Aktivitäten zugeordnet. Dieser Schritt findet später bei der Zielwahl statt. Typische Aktivitäten sind Arbeiten, Wohnen, Freizeit, Einkaufen usw.

Als das Äquivalent zur Aktivität könnte man im Güterverkehr den Frachtauftrag sehen. Dieser ist die kleinste verkehrsauslösende Einheit und hat, wie die Aktivität im Personenverkehr, einen Ort, der aufgesucht werden muss, um ihn zu erfüllen. Die Entsprechung zur Person, bei der die Aktivität entsteht, ist folglich im Güterverkehr der Betrieb, der die Fracht

²W - Wohnen, AR - Arbeiten, FZ - Freizeit, EK - Einkaufen

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

versendet, die Gelegenheit ist der Betrieb an den die Fracht adressiert ist, also der Zielort des Frachtauftrages.

Betriebe lassen sich wie Personen nach bestimmten Merkmalen kategorisieren. Werden Gruppen von Betrieben nach Merkmalen wie Wirtschaftszweig, Größe etc. gebildet, so sind bei diesen ähnliche Aktivitäten, d.h. Frachtaufträge zu erwarten.

Frachtaufträge haben als Merkmale beispielsweise die zu transportierende Menge oder Lieferfristen, Start- und Zielorte werden ähnlich wie bei der Modellierung im Personenverkehr, durch die Wahl des Standortes des modellierten Betriebes und die Zielwahl bestimmt.

Konzept im Personenverkehr	Konzept im Güterverkehr
Person als Quelle der Aktivität	Betrieb
Person als Verkehrsteilnehmer	Spedition
Aktivität	Frachtauftrag
Aktivitätenkette	Logistikkette oder Tourenplan einer Spedition
Haushalte	Unternehmen oder Verbünde von Betrieben

Tabelle 2.2.: Gegenüberstellung einzelner Begriffe des Personen- und Güterverkehrs

Im Unterschied zu den Aktivitätsketten der Person kann der Betrieb keine Ketten von Frachtaufträgen bilden. Ist bei einer Person eine Aktivitätskette garantiert, die geschlossen ist (zum Beispiel W-AR-EK-W), führen Frachtaufträge immer weg vom Betrieb. Der Betrieb kann jedoch Frachtaufträge gebündelt vergeben.

Als weiterer Spieler tritt im Güterverkehr die Spedition auf. Sie wird in einer späteren Stufe der Modellierung von dem Betrieb gewählt, der den Frachtauftrag vergibt. Im Unterschied zum Personenverkehr, in dem die Person geschlossene Wegeketten bildet, ist es im Güterverkehr der Transporteur, der Frachtaufträge zu Touren (Ketten von Frachtaufträgen) zusammenzustellen, mit dem Ziel die Kosten niedrig zu halten.

Wird der gesamte Wertschöpfungsprozess eines Produktes betrachtet, können auch dabei Ketten von Frachtaufträgen identifiziert werden. Der Wertschöpfungsprozess kann als eine Art Baum gesehen werden, an dessen Blätter die Gewinnung der Grundstoffe stattfindet und die Wurzel den letzten Wertschöpfungsschritt darstellt. Einzelne Zweige dieses Baumes stellen logistische Ketten dar, entlang denen immer wieder Transporte in Form von Frachtaufträgen auftreten. Diese Ketten von Frachtaufträgen unterscheiden sich von den oben beschriebenen dadurch, dass die einzelnen Frachtaufträge nicht durch denselben Spediteur ausgeführt werden können, da Produkte unterschiedlicher Form zu transportieren sind und die Aufträge zu weit auseinanderliegenden Zeitpunkten ausgeführt werden müssen.

Der Hauptunterschied zum Personenverkehr besteht demzufolge darin, dass beim Güterverkehr die Aktivität beim „Akteur Betrieb“ entsteht, jedoch vom „Akteur Spedition“ ausgeführt wird, wohingegen beim Personenverkehr beides von der Person durchgeführt wird.

Da die Betriebe keine geschlossenen Ketten von Transporten zu Routen zusammenstellen können, kommt es zu Leerfahrten und nur durch Kombination von Frachtaufträgen durch den

Spieler Spedition kann eine gute Auslastung erreicht werden. Auch das Pendant zum Haushalt ist im Güterverkehr nicht eindeutig identifizierbar. Darunter könnte ein Unternehmen mit mehreren Betrieben oder ein Verbund von Betrieben verstanden werden, die ihr Frachtaufkommen kombinieren.

2.1.2. Die Monte Carlo Methode

Da in den nächsten Abschnitten „Mikro-“ Objekte teilweise künstlich erzeugt werden, wird an dieser Stelle die Monte Carlo Methode beschrieben. Sie stellt eine Methode der „stochastischen Simulation zur zufälligen Erzeugung von Merkmalsausprägungen“ (Zumkeller (2000)) dar. Das Ziel dieser Methode ist es, bei künstlicher Erzeugung von „Mikro-“Objekten, den Anspruch der Repräsentativität einzuhalten und so bei einer Summierung über alle erzeugten Objekte, der Verteilung der Merkmale in statistischen Quellen zu entsprechen. Man nutzt dabei gewonnenes Wissen aus empirischen Erhebungen, um bei Objekten im Modell fehlende Merkmalswerte zu ergänzen. Als Input benötigt man „ein- oder mehrdimensionale Verteilungen der interessierenden Merkmale in der Grundgesamtheit“ (Zumkeller (2000)). Daraus wird die Verteilungsfunktionen $F(x)$ ermittelt und anschließend kann mit der Ziehung einer gleichverteilten Zufallszahl $z \in [0, 1]$ dem Objekt die entsprechende Merkmalsausprägung y zugewiesen werden $y = F^{-1}(z)$.

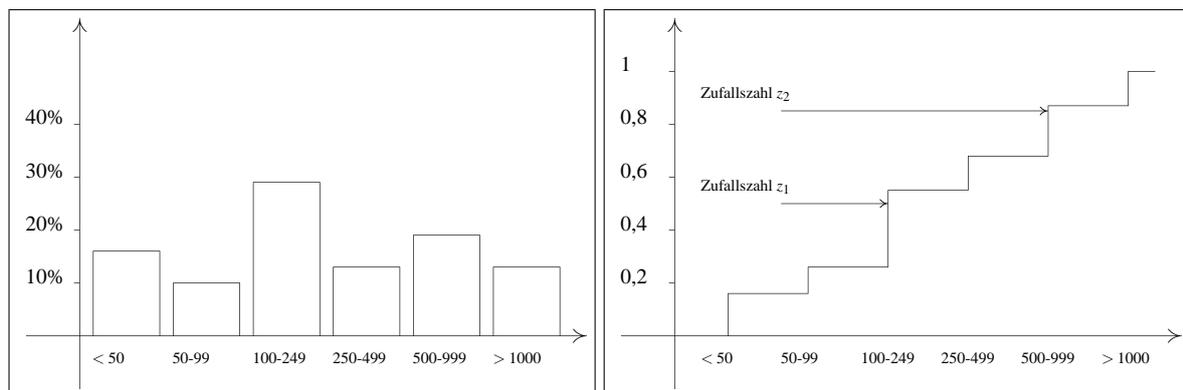


Abbildung 2.2.: Verteilung und kumulierte Häufigkeitsverteilung der Betriebsgrößen in der Tabakverarbeitung

Diese Methode kann auch in der Güterverkehrsmodellierung genutzt werden. Als Beispiel kann die Festlegung der Größe eines Betriebes genannt werden. Aus Statistiken ist sowohl die Anzahl der Beschäftigten für alle Wirtschaftszweige in einem Landkreis sowie die übliche Verteilung der Betriebsgrößen in den Wirtschaftszweigen bekannt. Sollen nun künstlich Betriebe erzeugt werden, können die Beschäftigten in einem Landkreis mit Hilfe der Monte Carlo Methode entsprechend der Betriebsgrößenverteilung auf die Betriebe verteilt werden. Im Ergebnis werden auf diese Weise Betriebe in einem Landkreis erzeugt, deren Größenverteilung der üblichen Verteilung in Statistiken entspricht.

2.1.3. Modul Verkehrsentstehung

Ein Ziel von Verkehrsmodellen ist es, Änderungen im Verkehrsverhalten, die durch eine Maßnahmendurchführung entstehen, transparent zu machen. Dazu wird versucht, Haushalte und Personen von Verkehrszellen abzubilden. Bei dem Modell SOLO1 (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)) werden für die Erzeugung dieser Akteure Sekundärstatistiken verwendet, die Akteure werden dabei künstlich erzeugt. Bei dem Modell SOLO2 (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)) werden zusätzlich Daten existierender Haushalte und Personen, die empirisch in Haushaltsbefragungen erhoben wurden, mit in die Modellierung eingebunden.

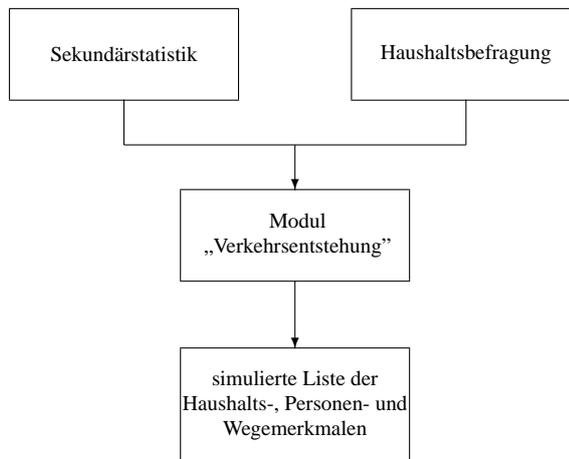


Abbildung 2.3.: Input und Output des Moduls „Verkehrsentstehung“ (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

Als Inputdaten gehen in das Modul reale Daten von Haushaltsbefragungen und Daten aus der Sekundärstatistik, wie zum Beispiel Volkszählungen, ein. Aus den Daten der Haushaltsbefragung (siehe beispielsweise das deutsche Mobilitätspanel ([Chlond u. a. \(1998\)](#))) werden die Haushalte in soziodemographische Segmente eingeteilt. Die Kriterien der Einteilung entsprechen weitgehend denen der Segmentierung von Personenkategorien. Die Haushalte wiederum bestehen aus Personen bestimmter Kategorien, denen bestimmte Aktivitäten oder Aktivitätenketten zugeordnet werden können. Der Output des Moduls besteht aus einer Liste von Daten erzeugter Haushalte, mit Merkmalen zu den Haushalten selber, den Personen darin und deren Wegen, die sie zwischen ihren Aktivitäten zurücklegen müssen. An dieser Stelle sind die Aktivitäten aber noch nicht mit Gelegenheiten verknüpft. Dies geschieht abhängig vom Umgebungskontext in der Zielwahl (siehe Abschnitt 2.1.4).

Im Ablaufdiagramm in Abbildung 2.4 kann die Funktionsweise des Moduls nachvollzogen werden. Es werden aus den Statistiken für jede Verkehrszelle und jedes soziodemographische Segment die Anzahl der zu erzeugenden Haushalte ermittelt. Dabei kann die vorher dargestellte Monte Carlo Methode verwendet werden. Anschließend werden in SOLO2 Daten beobachteter Haushalte mit den entsprechenden Merkmalen zufällig ausgewählt. In SOLO1 sind dies synthetisch erzeugte Haushalte. Am Ende werden schließlich spezielle Daten der

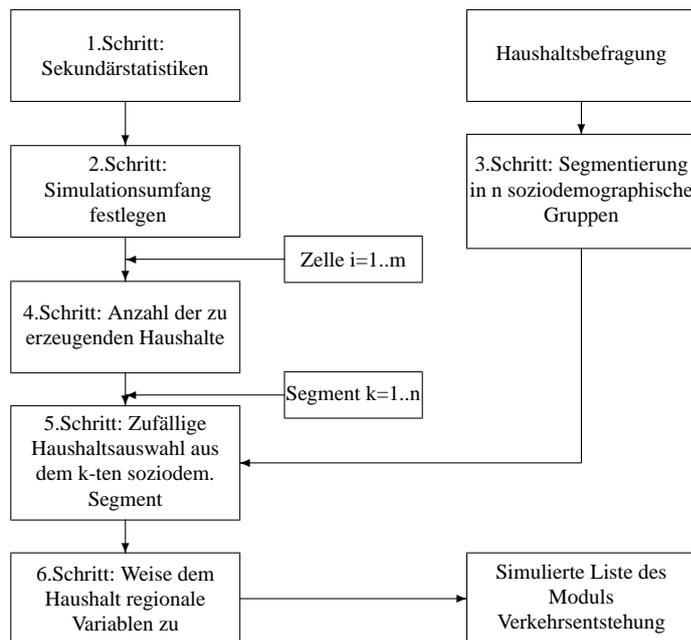


Abbildung 2.4.: Ablaufdiagramm des Moduls „Verkehrsentstehung“ (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

Verkehrszellen, wie zum Beispiel die Verkehrsmittelausstattung der Zelle, zugespielt, da in den seltensten Fällen die Erhebung der Haushalte in der Verkehrszelle selber stattgefunden hat.

Auch im Güterverkehr existieren Statistiken für Verkehrszellen, aus denen die Art und Anzahl der in dieser Zelle vorhandenen Verkehrsverursacher, also Betriebe, bestimmt werden kann. Auch Speditionen und Umschlagspunkte (wie Lager oder Großhandel) können so für einzelne Zellen erzeugt werden. Es existieren dafür Beschäftigtenstatistiken auf Kreisebene und Größenverteilungen der Betriebe für die einzelnen Wirtschaftszweige. Typen von Betrieben können, zum Beispiel angelehnt an die Klassifizierungen des statistische Bundesamtes, festgelegt werden und typische Verhaltensmuster dieser Betriebstypen erhoben oder aus statistischen Quellen ermittelt werden. Im Modell können dann Betriebe dieser Typen simuliert werden. Unter regionalen Variablen können die Anbindung an Fernstraßen, Bahnanbindung oder spezielle Bestimmungen verstanden werden.

Im Unterschied zum Personenverkehr ist die Erzeugung von Aggregaten von Betrieben (beispielsweise in Form von Unternehmen) im Sinne von Haushalten nicht sinnvoll, da diese Aggregate im Güterverkehr lokal verteilt wären. Eine andere Art der Zusammenfassung zu Aggregaten von Betrieben kann eventuell zu einem späteren Zeitpunkt, zum Beispiel bei einer gemeinsamen Frachtauftragsvergabe von Betrieben, geschehen. Ein weiterer wichtiger Unterschied ist die Menge an Einheiten. Sind in einer Stadt große Zahlen der jeweiligen Haushaltstypen vorhanden, so kommt es im Güterverkehr vor, dass an manchen Orten nur einzelne oder gar keine Betriebe eines bestimmten Typs auftreten oder einzelne Betriebe von unge-

wöhnlicher Größe an manchen Orten vorhanden sind, die nicht durch den Algorithmus erzeugt würden. Dazu ist es sinnvoll eine Möglichkeit im Modell vorzusehen, regionale Daten zu besonders großen oder speziellen Betrieben bei der Erzeugung der Betriebe einfließen zu lassen. Beispielsweise kann so bei entsprechenden vorliegenden regionalen Daten ein großes Automobilwerk in einer kleinen Stadt im Modell erzeugt werden, anstatt die Zahl der Beschäftigten aus der Statistik auf mehrere Betriebe entsprechend der statistischen Größenverteilung aufzuteilen. Es verbessert sich dadurch die regionale Aussagefähigkeit des Modells.

2.1.4. Modul Zielwahl

Aus dem vorhergehenden Modul sind nun die Aktivitätenketten von Personen bekannt. Zwischen den Aktivitäten müssen Wege zurückgelegt werden. „Den Wegen sind in Abhängigkeit vom Wohnort des Haushaltes Quell- und Zielzellen zuzuweisen. Im Modul „Zielwahl“ wird nun für jeden Weg ein Quell- und Zielpunkt, d.h. seine räumliche Lage bestimmt.“(siehe [Zumkeller \(2000\)](#)) Das „Ziel“ ist in diesem Modell die Gelegenheit, also der Ort, an dem eine Aktivität ausgeführt werden soll.

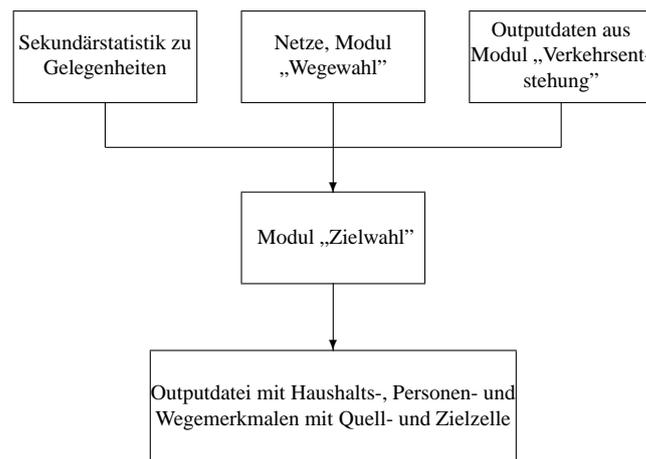


Abbildung 2.5.: Input und Output des Moduls „Zielwahl“ (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

Als Eingangsgrößen werden dazu neben den Daten aus dem Modul Verkehrsentstehung, Statistiken der Gelegenheiten und Daten zu Verkehrsnetzen benötigt, um Distanzen zwischen Quell- und Zielzellen zu bestimmen. Hauptsächlich mittels den Distanzen und den dazugehörigen Fahrzeiten werden die Widerstandswerte zwischen den Zellen gebildet.

Daten zu Gelegenheiten dienen dazu, die Attraktivitäten für die Zielzellen festzulegen. Gibt es beispielsweise eine große Anzahl von Arbeitsstellen in einem Viertel, so ist die Anzahl der Gelegenheiten für die Aktivität Arbeiten in diesem groß. Zusätzlich werden Widerstandswerte aus den Daten des Verkehrsnetzes gebildet. Aus Widerstandswerten und Gelegenheitsdaten werden wie in Formel 2.1 die Attraktivitäten berechnet (siehe auch Abbildung 2.6).

$$Att_{j/i}^k = \frac{G_j^k}{(w_{i,j})^{a_k}} \quad (2.1)$$

mit $Att_{j/i}^k$ = Attraktivität der Zielzelle j für Quellzelle i für Fahrtzweck k,
 G_j^k = Gelegenheiten der Zielzelle j für Fahrtzweck k,
 $w_{i,j}$ = Widerstand zwischen Quellzelle i und Zielzelle j,
 a_k = Eichungsfaktor für Fahrtzweck k.

$$P_{j/i}^k = \frac{Att_{j/i}^k}{\sum_j Att_{j/i}^k} \quad (2.2)$$

$$KH_{j,i}^k = \sum_j P_{j,i}^k \quad (2.3)$$

mit $\sum_j Att_{j/i}^k$ = Summe der Attraktivitäten der Quellzelle i für Fahrtzweck k
 $KH_{j,i}^k$ = Kumulierte Häufigkeit der Zielzelle j für Quellzelle i und Fahrtzweck k

Dieses Vorgehen kann als eine Art Gravitationsmodell bezeichnet werden, wobei Gelegenheiten die Masse darstellen und die Abstände durch die Widerstände gegeben werden. Sind die Attraktivitäten für alle potentiellen Zielzellen berechnet, können Wahrscheinlichkeiten (Formel 2.2) und schließlich eine kumulierte Häufigkeiten (Formel 2.3) gebildet werden, mit der bei der Auswahl der Zielzelle die vorher vorgestellte Monte Carlo Methode verwendet werden kann.

Insgesamt (siehe Abbildung 2.6) liest das Modul "Zielwahl" die Daten aus dem Modul „Verkehrsentstehung“ ein, die im Schritt zuvor erzeugt wurden. Stellen die Daten Wegeketten dar, so werden Quell- und Zielzellen zugewiesen. Als Quellzelle eines Weges wird die letzte Zielzelle in der Wegekette gewählt (bei dem ersten Glied der Kette ist dies die Wohnzelle). Als Zielzelle wird bei Heimfahrten wiederum die Wohnzelle zugewiesen, bei anderen Fahrten werden mit dem oben beschriebenen Vorgehen erst die Attraktivitäten der Zellen bezüglich der entsprechenden Aktivität bestimmt und anschließend mittels der Monte Carlo Methode und der sich aus den Attraktivitäten ergebenden kumulierten Häufigkeitsfunktionen eine Zielzelle zugewiesen.

Ein Betrieb versendet seine Güter an andere Betriebe bestimmter Wirtschaftszweige, Zwischenlager, den Handel oder Endverbraucher. In einem regional begrenzten Modell wären Gelegenheiten also

- Betriebe bestimmter Wirtschaftszweige,
- Lager oder Handel,
- Private Großabnehmer (z.B. Restaurants) und eventuell

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

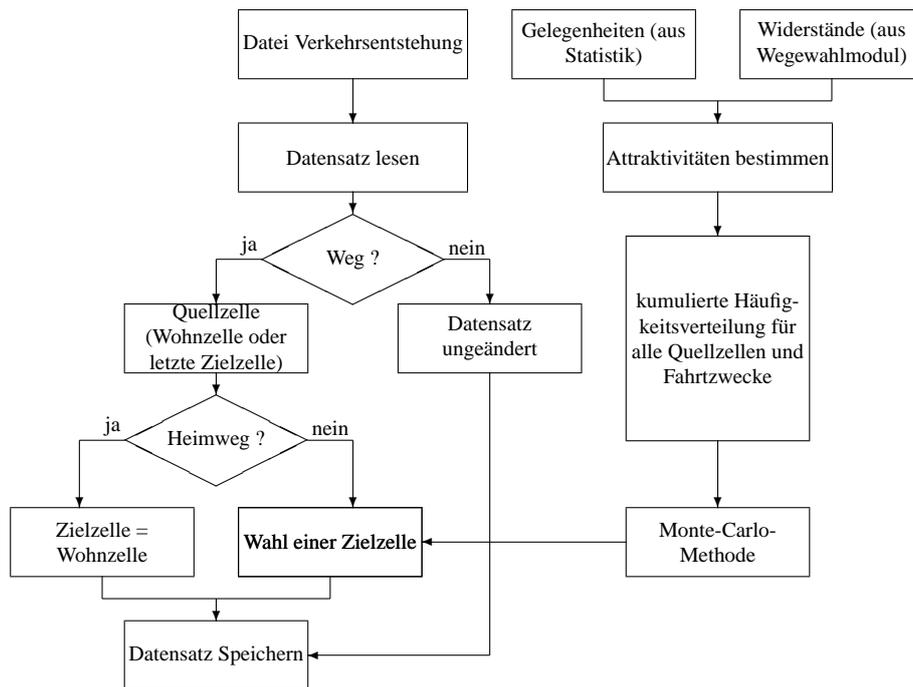


Abbildung 2.6.: Ablaufdiagramm des Moduls „Zielwahl“ (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

- Übergangspunkte zu Orten außerhalb des Untersuchungsbereiches (z.B. Grenzen des Untersuchungsbereiches).

Die Attraktivität einer solchen Gelegenheit hängt von deren Bezugsmenge an Gütern ab. Für jede Art von Gut gibt es unterschiedliche Wirtschaftszweige, Zwischenlager, Ausfuhrorte und Handelsplätze, die Gelegenheiten darstellen. Dies entspricht dem Fahrtzweck k im obigen Modell des Personenverkehrs. Die Zuordnung der Gelegenheiten zu den herstellenden Betrieben muss durch eine Verflechtungsmatrix im Stil einer Input-Output Matrix geschehen, die die Lieferbeziehungen der Betriebe widerspiegelt.

Der Widerstand würde beim Güterverkehr andere Einflussfaktoren haben. Die Abklingraten der Entfernungen im Personenverkehr haben ihre Ursache in den begrenzten Zeitbudgets der Personen, die im Güterverkehr nicht existiert. Dort sind die Kosten der Transporte die beschränkende Größe, die aber weniger entscheidend ist. So ist die Entfernung nur in einigen wenigen Wirtschaftszweigen wichtig (Beispielsweise dem Baustellenverkehr oder teilweise beim Lebensmittelgewerbe). Durch den Widerstand ließen sich eventuell auch Verflechtungen zwischen Regionen darstellen, die kulturell oder historisch besonders viel Handel miteinander treiben.

Im Gegensatz zum Personenverkehr existieren an dieser Stelle im Güterverkehr immer noch keine Aktivitätenketten. Quellzelle ist immer die Heimatzone eines Betriebes. Die Gelegenheit muss über ein Modell, eventuell ähnlich dem eben beschriebenen Gravitationsmodell,

bestimmt werden. Die Kettenbildung findet im nächsten Schritt durch die Speditionen statt. Werden unter Ketten im Güterverkehr Wertschöpfungsketten verstanden, so verändern sich sowohl das Gut als auch die Menge und die Transportart bei jedem Kettenglied. Dieser Kettenbegriff ist nicht mehr mit den Ketten im Personenverkehr vergleichbar.

Nach der Zielwahl wären im Güterverkehr die Frachtaufträge komplett und müssten nun einzeln oder gebündelt an die Speditionen im Modell übergeben werden. Dieser Schritt soll im nächsten Abschnitt mit der Verkehrsmittelwahl verglichen werden.

2.1.5. Modul Verkehrsmittelwahl

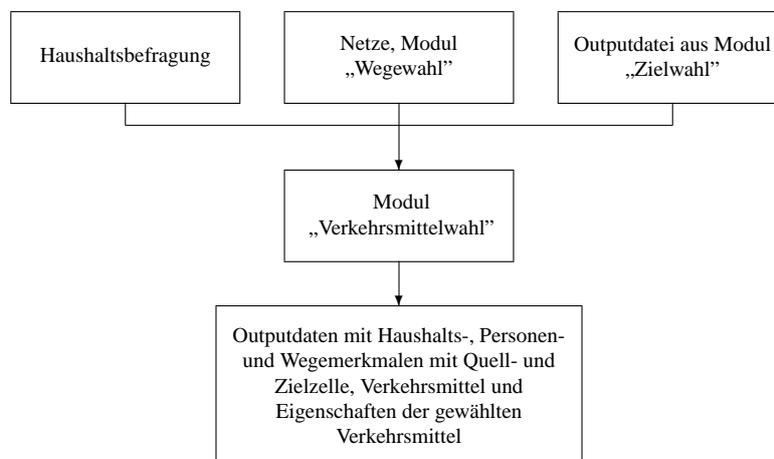


Abbildung 2.7.: Input und Output des Moduls „Verkehrsmittelwahl“ (aus [Zumkeller \(2000\)](#))

Das Modul Verkehrsmittelwahl simuliert die Wahl des Verkehrsmittel für die im vorigen Modul erzeugten Wege zwischen den Aktivitäten. Diese Wahl wird in der Realität von der Person getroffen und wird sowohl von lokalen Faktoren beeinflusst als auch von den Eigenschaften der Person. Für die lokalen Faktoren benötigt das Modul Inputwerte aus dem Modul Wegewahl (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)), wie Verkehrsnetze oder Angebote des ÖV. Um die Koeffizienten des Moduls zu eichen, werden zusätzlich die Präferenzen und Eigenschaften der verschiedenen Personengruppen mit einbezogen, die unterschiedliches Wahlverhalten bedingen. Dies geschieht über Daten von Haushaltsbefragungen, die Auskünfte über das tatsächliche Verhalten von Personen bei der Verkehrsmittelwahl geben. Der Output des Moduls „Verkehrsmittelwahl“ besteht aus den aus der Zielwahl eingegangenen Daten, ergänzt um die gewählten Verkehrsmittel und deren Eigenschaften.

Für die Modellierung dieser Wahl wird ein Logit-Modell angewandt. Dieses basiert auf Nutzenfunktionen für die jeweiligen Alternativen:

$$N_i = v(x_i) + \varepsilon$$

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

wobei

$$v(x_i) = \sum_j \beta_j \cdot x_{ij}$$

Es handelt sich hier um eine Nutzenfunktion N mit den Nutzenkoeffizienten β_i , den Variablen x_i und der stochastisch verteilten Störvariablen ε . Für diese wird eine Gumble-Verteilung angenommen. „Die Gründe für die Verwendung einer Störvariablen sind

- Zufällige Abweichungen der Entscheider und
- Unvollständige Information des Prognostikers.“ (siehe Rothengatter (2000))

Alternativen	Eigenschaftsvariablen			
	E1	E2	E3	E4
A_1 (zu Fuß)	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
A_2 (per Rad)	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
A_3 (Motorisierter Individualverkehr - MIV)	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}
A_4 (Öffentliche Verkehr - ÖV)	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}

Tabelle 2.3.: Alternativen und Eigenschaften in einem Logit-Modell (angelehnt an Zumkeller (2000))

Für jede Alternative müssen die Werte der Eigenschaftsvariablen ermittelt werden, wie sie schematisch in Abbildung 2.3 abgebildet sind. Diese Variablen stellen beispielsweise den Preis oder die Zeit als entscheidungsrelevante Faktoren bei der Wahl dar. Um das Modell zu vereinfachen, wird die Entscheidung so hierarchisiert, dass auf jeder Stufe nur zwischen zwei Alternativen gewählt werden muss (siehe Abbildung 2.8).

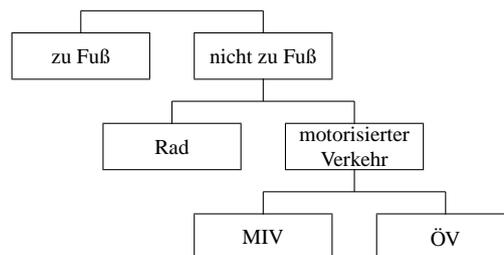


Abbildung 2.8.: Hierarchische Gliederung des Entscheidungsprozesses bei einem Logit-Modell (aus Zumkeller (2000))

Mit der Gumble-Verteilung als Störvariable ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit für die Wahl einer Alternative von

$$P(i) = \frac{e^{N_i}}{\sum_{j=1}^n e^{N_j}}$$

Bei zwei Alternativen reduziert sich dies zu

$$P(1) = \frac{e^{N_1}}{e^{N_1} + e^{N_2}} = \frac{1}{1 + e^{N_2 - N_1}},$$

was genau einer einfachen logistischen Funktion wie in Abbildung 2.9 entspricht. Verfeinerungen des Logit-Modells, wie die Box-Cox Transformation werden nicht vorgestellt, um die Beschreibung an dieser Stelle einfach und nachvollziehbar zu halten.

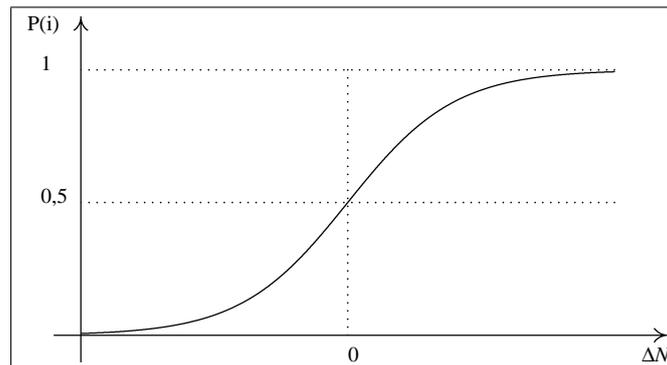


Abbildung 2.9.: Logistische Funktion im Logit-Modell

Um die Koeffizienten für die Nutzenfunktionen zu bestimmen, werden die real auftretenden Wahrscheinlichkeitswerte für die Wahl von Verkehrsmitteln bei verschiedenen Relationen aus empirischen Erhebungen ermittelt und mit denen im Modell berechneten verglichen. Es wird versucht, die Koeffizienten so zu wählen, dass die Abweichungen zwischen den berechneten und tatsächlichen Wahrscheinlichkeitswerten minimal werden. Eine analytische Lösung der „kleinsten Quadrat Methode“ ist bei den gegebenen Funktionen nicht mehr möglich, so dass numerische Lösungsmethoden, wie sie in Softwarepaketen wie SAS zur Verfügung stehen, verwendet werden.

Es können zusätzlich verschiedene Koeffizientenbelegungen in der Nutzenfunktion für unterschiedliche Personengruppen gewählt werden, um so das Wahlverhalten mit einer Segmentierung der Personengruppen zu differenzieren.

Das Modul "Verkehrsmittelwahl" setzt sich demnach insgesamt aus folgende Schritten zusammen:

1. Schätzung der Koeffizienten des Logit Modells

- Ermittlung der Verkehrsmittelanteile aus Haushaltsbefragung,
- Bestimmung der Eigenschaften der Verkehrsmittel bezüglich der einzelnen Relationen,
- Ergänzung der Daten jedes Weges um die Eigenschaften der alternativen Verkehrsmittel,

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

- Durchführung der Schätzung der Koeffizienten für jede einzelne Hierarchiestufe des Modells mit der „kleinsten Quadrat“ Methode.
2. Einlesen der Wegedaten aus Zielwahlmodul und Einlesen der Eigenschaften der Verkehrsmittel auf entsprechender Quell-Ziel-Relation,
 3. Berechnung der Anteilssätze mit Hilfe der vorher berechneten Koeffizienten im hierarchisierten Logit-Modell,
 4. Bestimmung der Verkehrsmittel für jeden Weg unter Verwendung der Monte Carlo Methode und schließlich
 5. Konsistenzprüfung der Verkehrsmittel bei Wegeketten und Wegen derselben Person.

Im Güterverkehr existiert sowohl der Verloader, bei dem die Aktivität entsteht, als auch die Spedition, die diese ausführt. Bei der Wahl des Verkehrsmittels ist außerdem die Logistikstruktur des Empfängers mit entscheidend. Die Entscheidung des Verladers, welches Verkehrsmittel er wählt, ist in der Wahl des Anbieters, also der Spedition oder des Transporteurs, enthalten.

Wird das oben geschilderte Wahlmodul direkt übertragen, so sollte zusätzlich eine Segmentierung nach Branchen vorgenommen werden, da die Koeffizienten sich je nach Branche unterscheiden. Bei hochwertigen Produkten spielen beispielsweise Eigenschaften wie die Qualität und Sicherheit des Transportes eine sehr wichtige Rolle. Die Nutzenfunktionen müssen dann für die einzelnen Alternativen i , in diesem Fall Speditionen, differenziert nach Branchen k gebildet werden. Diese hätten die Form

$$N_i^k = \sum_j \beta_j^k \cdot x_{ij} + \varepsilon$$

wobei die x_{ij} sowohl lokale Variablen des Betriebes, wie zum Beispiel das Vorhandensein eines Bahnanschlusses (für alle i gleich) als auch Eigenschaften wie Preis oder Qualität der einzelnen Anbieter darstellen. Allerdings ist die Erhebung der Daten bei Variablen wie Qualität schwierig. Die Störfunktion müsste diese Schwierigkeiten mit ausgleichen, andererseits würde ihr Gewicht dadurch geringer, dass Unternehmen in der Regel rationaler mit klaren Anforderungsmustern, zum Beispiel bezüglich Verpackung und betrieblicher Taktung, handeln und zufällige, irrationale oder durch das Modell nicht erklärbare Entscheidungen seltener wären.

Diese Art der Darstellung der Wahl ginge von einem Entscheider, dem Verloader, aus. In der Realität handelt aber auch der Anbieter, also der Spediteur dynamisch. Auch er wählt seine Reaktionsalternativen, zum Beispiel ob er den Preis senkt und ein sehr billiges Angebot macht, da der Frachtauftrag genau in seine Tourenplanung passt, oder ob er bei seinem Standardpreis bleibt. Dies entspricht einem Markt (siehe Abbildung 2.10). Im Modell muss diese Struktur, in der viele Akteure handeln und entscheiden mit abgebildet werden, um Entwicklungen wie

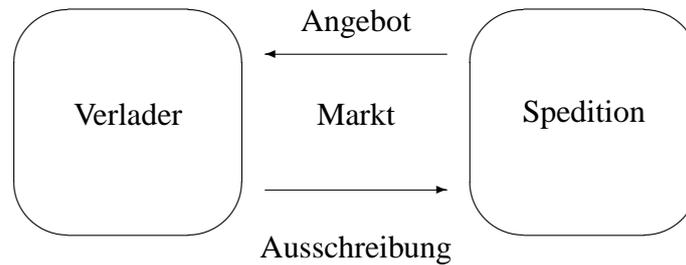


Abbildung 2.10.: Markstruktur mit Verladern und Speditionen

elektronische Marktplätze und Änderungen des Verhaltens der Verloader bei der Vergabe von Aufträgen im Modell nachvollziehen zu können.

An anderer Stelle wäre allerdings ein Vorgehen mittels eines Logit-Modells im Güterverkehr vorstellbar. Denn der Akteur Verloader muss vor einer Vergabe eines Auftrages entscheiden, welchen Modus der Ausschreibung und welchen Markt er wählt: Vergibt er den Auftrag nur an die ihm schon bekannten Speditionen, schreibt er Kontrakte aus oder versucht er durch Ausschreibung einzelner Frachten auf dem Spotmarkt (Markt für die kurzfristige Vergabe einzelner Frachtaufträge) kurzfristig gute Preise zu erzielen. Eigenschaften für die Alternativen wären beispielsweise Qualität, Entfernungen, spezielle Anforderungen etc. Diese Idee wird in Abschnitt 5.6 noch einmal aufgegriffen.

2.2. Die Darstellung von Aktivitäten im Modell AVENA

Das Ziel des Modells AVENA (siehe [Brüggemann u. a. \(2000\)](#)) und damit auch der vorangegangenen Systemanalyse, die für dieses Modell durchgeführt wurde, ist die „Analyse und die Modellierung der städtischen Mobilität, d.h. die Abbildung der relevanten Elemente und ihrer komplexen Abhängigkeiten und funktionalen Bezüge“ ([Brüggemann u. a. \(2000\)](#)). Daraus wurde ein aktorsorientiertes Modell der Verkehrsentstehung entwickelt. Darin sollte der Verkehr nicht nur isoliert betrachtet werden, sondern „das komplexe sozial-dynamische Wirkungsgefüge, in das der Verkehr eingebettet ist, mitberücksichtigt werden.“ ([Brüggemann u. a. \(2000\)](#)). Es sollte deshalb „stark erklärend und nicht nur deskriptiv sein“ und „den Menschen möglichst in seinen Handlungskompetenzen und seinem kreativen Umgang mit veränderten Gegebenheiten abbilden.“ ([Brüggemann u. a. \(2000\)](#)). In AVENA ist das Ziel nicht nur Verkehr aus Aktivitäten abzuleiten, sondern das Phänomen der „Aktivität“ selbst zu modellieren.

Im Modell wird versucht, die Handlungsumgebung und die Handlungsorganisation des Menschen abzubilden. Der Akteur, also die Person, befindet sich in einer Umgebung, deren wesentliche Elemente der Haushalt und die Sicht auf die Umwelt („Environmental View“ genannt) ist, wie dies in Abbildung 2.11 dargestellt ist. Verkehrsmittel, Verkehrsnetz und Gelegenheiten werden separat wahrgenommen. Diese Wahrnehmung der Person ist subjektiv und durch eigene Erfahrungen geprägt. Eine Person bildet für eine Woche eine Liste von ge-

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

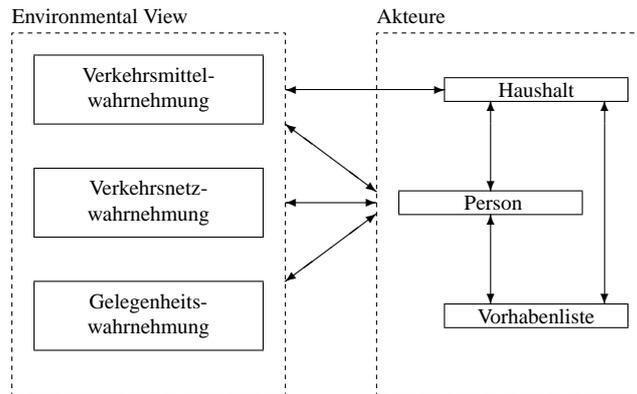


Abbildung 2.11.: Akteursmodell im AVENA (aus Brüggemann u. a. (2000))

wünschten Aktivitäten. Diese werden mit dem Haushalt abgestimmt. Aus dieser Liste werden Handlungsalternativen für einen Wochenablauf gebildet, die in einem Entscheidungsmodell ausgewählt werden. Dieses Handlungsorganisations- und Entscheidungsmodell konstruiert den Wochenablauf sukzessive und wendet die Kriterien und Erfahrungen der Personen für die Entscheidung an. Der Plan wird dabei nicht optimiert, seine Entstehung wird durch das sukzessive Vorgehen, das an das Verhalten von Haushalten in der realen Welt angelehnt ist, nachvollzogen.

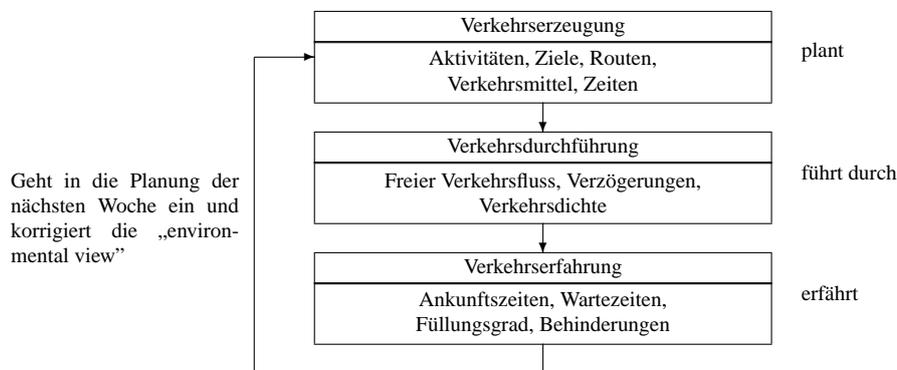


Abbildung 2.12.: Simulationskonzept des Modells AVENA (aus Brüggemann u. a. (2000))

Um den Prozess des Lernens abzubilden, wird in der Simulation, wie in Abbildung 2.12 gezeigt, in einer Schleife Planung, Durchführung und Lernen der Person nachgebildet. Erfahrungen, die aus Kriterien wie Ankunftszeiten oder Wartezeiten gewonnen werden, wirken sich auf die Sicht der Umwelt der simulierten Person aus und beeinflussen die Wahl von Aktivitäten und deren Durchführung.

Eine Modellierung der Entstehung der Aktivitäten im Güterverkehr wäre eine Aufgabe für ein Modell, das die Wirtschaft und deren Entwicklung darstellt. Ein Güterverkehrsmo-

dell nimmt die Ergebnisse daraus als Eingangsgrößen. Allerdings sind in der oben dargestellten Modellierung auch Ideen enthalten, die sehr wohl auch im Güterverkehrsmodell Anwendung finden können. So ist auch im Güterverkehr eine Sicht auf den Markt vorhanden. Der Verlader ist ein unvollständig informierter Akteur und sieht nur einen Teil des Marktes, vergibt zum Beispiel Frachtaufträge an Speditionen, die er kennt. Er beauftragt Speditionen aus seinem „Sichtfenster“, die er nach seinen Kriterien und Erfahrungen bewertet. Auch der Prozess des Lernens ist ähnlich. Der Verlader sowie der Spediteur planen, führen aus und lassen die Erfahrungen in ihre Sicht auf die Umwelt einfließen. Ein Verlader, der das erste Mal mit einem Spediteur zusammenarbeitet und dabei gute Erfahrungen macht, wird diesen Spediteur in seine Liste potentieller Spediteure aufnehmen und eventuell für den nächsten Frachtauftrag kontaktieren.

Auch ist für die Handlungsorganisation und Entscheidungsfindung bei Speditionen zu berücksichtigen, dass sie wie Personen ihr Handeln sukzessive planen. Die zu verschiedenen Zeiten sukzessiv akquirierten Aufträge, bewirken eventuell einen suboptimalen Aufbau des Einsatzplanes der Fahrzeuge (zum Beispiel bezüglich deren Anzahl), dadurch dass die Reihenfolge der Einplanung von Frachtaufträgen der Reihenfolge der Auftragsakquise entspricht.

2.3. ALBATROSS - ein mit Regeln und Constraints arbeitendes Modell

ALBATROSS (siehe [Arentze u. a. \(1998\)](#)) ist, wie AVENA auch, ein auf der Vorstellung von Aktivitäten basierendes Modell. Es werden bei der Bildung von Aktivitätenketten der Personen Regel und Constraint basierte Systeme eingesetzt, so dass es auch als "rule-based system for predicting transport demand" ([Arentze u. a. \(1998\)](#)) bezeichnet werden kann. Unter Regeln werden dabei Vorschriften für Vorgehensweisen bei Entscheidungen verstanden und unter Constraints Nebenbedingungen und Einschränkungen, die von der Umwelt beziehungsweise vorhergehenden Entscheidungen vorgegeben werden. Grundsätzlich wurden folgende Anforderungen für dieses Modell definiert :

- Fähigkeit zur Erzeugung machbarer Aktivitäten Schedules (die entsprechende Constraints z.B. lokal oder zeitlich beachten),
- Fähigkeit, befriedigende Aktivitäten Schedules zu erzeugen (d.h. Schedules, die Präferenzen der Personen berücksichtigen),
- Reaktivität und Robustheit (zum Beispiel bei Ereignissen während der Ausführung von Schedules),
- Flexibilität (bei Veränderungen der Umwelt) und
- Logisch erklärbare Constraints.

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

(Aufzählung in Anlehnung an [Arentze u. a. \(1998\)](#))

Um diesen Anforderungen zu genügen, wird in ALBATROSS eine constraint basierte Suche verwendet, die versucht, Präferenzen zu befriedigen.

Eine Menge von auszuführenden Aktivitäten wird auf Haushaltsebene erzeugt. Hier werden langfristige definitive Entscheidungen, wie die Wahl des Ausbildungsniveaus oder die Anzahl der Kinder, aber auch mittelfristig änderbare, wie Wohnortwahl oder Arbeitsplatzwahl modelliert. Aus dieser Menge werden dann den einzelnen Personen jeweils Aktivitäten zugewiesen. Dabei spielen Faktoren wie Dringlichkeit der Aktivität oder Aufgaben der Personen im Haushalt eine Rolle. Dies ist der erste von vier Simulationsschritten der "inference engine", die den Scheduling Prozess der Aktivitäten kontrolliert. Sie geht folgendermaßen vor :

1. Auswahl Aktivität,
2. Zuordnung der Aktivitäten zu Personen des Haushaltes,
3. Bildung von Reihenfolgen der Aktivitäten und
4. Spezifizieren der Aktivitäten, zum Beispiel nach Lokalität, Startpunkt, Verkehrsmittel und Zeit.

Dazu wird sie unterstützt von drei "Wissensquellen" :

1. Die „inferential-rule base“ enthält Wissen über die Umwelt, aus ihr können Regeln zur Entscheidung hergeleitet werden.
2. Das „conflict control system“, das Verletzungen oder Probleme mit Constraints erkennt und die alternativen Möglichkeiten herleitet.
3. Die „decision-rule base“, die Präferenzen enthält, auf Basis derer entschieden wird.

Die „inference engine“ durchläuft fortwährend Zyklen, in denen sie Optionen annimmt oder ablehnt („decision-rule base“) und die neuen Optionen ermittelt („inferential-rule base“). Dabei werden laufend die erstellten Schedules durch das „conflict control system“ auf Verstöße gegen Constraints überprüft. Diese Verstöße treten laufend auf, da das Vorgehen auf erzeugten Regeln basiert, die Heuristiken darstellen, die Constraints nicht beachten. Ein Konflikt kann entweder durch die Ablehnung der Option oder durch Bereinigung der Konsequenzen auf die bisher eingeplanten Aktivitäten gelöst werden.

Auch hier muss bemerkt werden, dass die Modellierung der Entstehung der Aktivitäten im Güterverkehr nicht Gegenstand eines Güterverkehrsmodells ist, sondern durch Modelle, die die Wirtschaft abbilden, vorgenommen werden muss.

Was allerdings den Scheduling-Prozess angeht, der in dem Modell implementiert ist, so ist das Problem in ähnlicher Form auch für die Tourenplanung der Speditionen oder Carrier interessant. Auch hier ist, wie schon im vorigen Absatz erwähnt, das Vorgehen durch Heuristiken gekennzeichnet, die keine optimalen Lösungen (zum Beispiel bezüglich der Anzahl eingesetzter Fahrzeuge) erzeugen. Die Lösungssuche anhand von Constraints ist auch hier

naheliegender. Für die Implementierung einer solchen Simulation könnte das CLP (Constraint Logic Programming) mit eingesetzt werden. So bietet der Dispatcher von Ilog die Möglichkeit, Vorgehensheuristiken bei der Einplanung neuer Aktivitäten selber vorzugeben und eigene Constraints für den Suchraum zu definieren. Die Simulation der Sequenzierung kann also durch solch ein Tool durchgeführt werden.

Bei der Darstellung der Zuweisung der Aktivitäten, also der Vergabe von Frachtaufträgen im Güterverkehr ist allerdings eine andere Situation als bei der Aktivitätenzuweisung in ALBATROSS gegeben. Wie im vorigen Abschnitt dargestellt muss diese durch Märkte dargestellt werden. Aber auch an dieser Stelle wird es, wie bei der Aktivitätenzuweisung im Modell, langfristige und mittelfristige Faktoren geben, die diese Vergabe beeinflussen, wie Verlader, die sich durch einen Kontrakt an einen Spediteur binden (langfristig nicht änderbar) oder Ver-lader, die ohne vertragliche Bindung einen festen Spediteur haben (jederzeit veränderbar) .

2.4. Zusammenfassung der übertragbaren Konzepte und Vorgehensweisen

Zusammenfassend werden in diesem Abschnitt noch einmal alle Konzepte und Vorgehensweisen aus diesem Kapitel, die in eine Güterverkehrsmodellierung übertragen oder verwendet werden können, dargestellt. In Tabelle 2.4 sind die Konzepte aus den Modellierungen dieses Kapitels denen gegenübergestellt, die bei einer Aktivitäten-basierten Modellierung im Güterverkehr verwendet werden können.

Auch einige Vorgehensweisen und Methoden können auf den Güterverkehr übertragen werden. Im folgender werden diese zusammen mit den Anwendungen in einem Güterverkehrsmodell aufgelistet:

- Monte Carlo Methode zur künstlichen Erzeugung von Objekten eines Mikromodells unter Einhaltung makroskopischer Eckwerte,
- Vorgehen in Modulen mit klar definiertem Input und Output mit dem Vorteil der Austauschbarkeit der Module,
- Trennung zwischen Verkehrsentstehung, Zielwahl, Wahl des Spediteurs und der Tourenplanung,
- Modul zur Erzeugung von Akteuren und mit der Möglichkeit der Einbindung realer Daten aus Stichproben,
- Modul zur Erzeugung von Aktivitäten (also Frachtaufträgen) durch die Betriebe,
- Gravitationsmodell zur Bestimmung der Zielorte von Frachtaufträgen mit angepassten Widerstandsfunktionen und Attraktivitäten,
- Logit-Modell für eine Wahl des Vergabeverfahrens von Frachtaufträgen

2. Aktivitäten-basierte Modellierung im Personenverkehr als konzeptionelles Vorbild

Konzept aus den Personenverkehrsmodellierungen	Übertragung im Güterverkehr
Person als Quelle der Aktivität	Betrieb
Person als Verkehrsteilnehmer	Spedition
Aktivität	Frachtauftrag
Aktivitätenkette	Kette von Frachtaufträgen bei der Tourenplanung einer Spedition
Personenkategorien	Klassifizierungen von Betrieben (Beispiel: Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamtes)
Haushalte	Unternehmen oder Verbände von Betrieben
Gelegenheiten	Belieferte Betriebe, Lager, Handel, private Großabnehmer oder Grenzpunkte des Untersuchungsgebietes
Modul Verkehrsentstehung	Erzeugung von Betrieben und Frachtaufträgen
Modul Zielwahl	Zuordnung von Zielen zu Frachtaufträgen
Verkehrsmittelwahl	Darstellung der Vergabe der Frachtaufträge als Markt mit mehreren Akteuren
„Environmental View“(AVENA)	Sicht des Marktes, „Sichtfenster“ der Verlader

Tabelle 2.4.: Übertragbare Konzepte der Personenverkehrsmodellierung

- Heuristiken mit sukzessiven Vorgehen zur Planung der Touren, ähnlich des Scheduling der Aktivitäten in ALBATROSS (Arentze u. a. (1998)).

In dem in Kapitel 5 vorgestellten Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodell werden die meisten dieser Ideen aufgegriffen.

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

In diesem Kapitel wird auf bestehende Modellierungen im Güterverkehr eingegangen. Diese werden kritisch betrachtet und daraufhin geprüft, welche Konzepte und Vorgehensweisen für eine Aktivitäten-basierte Modellierung nützlich sein können.

Modelle werden für gewisse Zielsetzungen aufgestellt. Sie geben daher die in ihrer Zielsetzung genannten Größen aus und stellen nur bestimmte Zusammenhänge der Realität dar. Die Kritik, die in dieser Arbeit an den Modellen geäußert wird, kann deswegen in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Zum einen werden Aspekte kritisiert, bei denen die Modellierungen entsprechend ihrer Zielsetzung nicht geschickt vorgehen, dies wird direkt in den jeweiligen Abschnitten erläutert. Zum anderen werden Aspekte kritisiert, die der Zielsetzung dieser Arbeit nicht entsprechen. Dies geschieht im letzten Abschnitt des Kapitels.

Je nach Ziel werden in den Modellen unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt. Es werden im Folgenden beispielhaft drei Modellierungen behandelt, die unterschiedliche Zielsetzungen haben.

Zuerst wird, als Repräsentant für die gängigen makroskopischen Güterverkehrsmodellierungen, die Methodik der Verkehrsprognose 2015 (Teil Güterverkehr), die im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) (siehe [BVU u. a. \(2001\)](#)) erstellt wurde, und die dahinter stehenden Modellierungstechniken betrachtet. Anschließend wird ein Ansatz aus einer Modellierung des Wirtschaftsverkehrs der Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung (IVU), die im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen erstellt wurde, vorgestellt. Mit der Darstellung von Touren und Zielpunktverteilungen arbeitet dieser sehr viel detaillierter als die vorherige Modellierung. Am Schluss soll dann auf Formulierungen von Transport- und Tourenproblemen im Operations Research (OR) eingegangen werden. Hier werden Touren für einzelne Unternehmen optimiert, es handelt sich also um eine mikroskopische Sichtweise.

Alle drei Modellierungsansätze beinhalten auf der einen Seite Vorgehensweisen, die bei einem neuen Modell nützlich sein können, auf der anderen Seite können die Modelle nicht für die Zielsetzung unserer Arbeit verwendet werden. Diese Punkte werden im letzten Abschnitt herausgearbeitet.

3.1. Methodik der Verkehrsprognose 2015 des BVWP, ein Makromodell

Die Verkehrsprognose 2015 (siehe [BVU u. a. \(2001\)](#)) wurde als Grundlage für den Bundesverkehrswegeplan 2003 erstellt. Die Prognose für den Güterverkehr hat als Zielsetzung, Aussagen über Transportaufkommen und Transportleistung im Jahr 2015 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland zu treffen. Es werden sowohl die Summe der Güterströme prognostiziert als auch deren regionale, sektorale und modale Aufteilung. Die Prognose wird ausgehend vom Basisjahr 1997 für das Prognosejahr 2015 erstellt. Es werden dabei zwei Ansätze verfolgt, die in der Studie als Makro- und Mikroebene bezeichnet werden. Die Makroebene bestimmt dabei die Prognosewerte der gesamten Güterströme, die dabei nicht regional differenziert werden. Auf der Mikroebene werden auch regionale Verflechtungen abgebildet.

Die Verwendung des Begriffes „Mikro“ ist irreführend, da die Verwendung an dieser Stelle nicht der Definition dieser Arbeit entspricht (siehe Anhang A). In der Verkehrsprognose 2015 wird der Begriff im Sinne von „regional und sektoral differenziert“ gebraucht. Bei der Beschreibung des Modells wird an einigen Stellen auf diese Begriffskritik genauer eingegangen.

Im Folgenden werden zuerst die gewählten Klassifizierungen und vorgenommenen Aufteilungen des Güterverkehrs besprochen. Anschließend wird kurz auf die Makroebene und die Methode der Trendprognose, die dort zum Einsatz kommt, eingegangen. Danach wird die Modellierung der sogenannten „Mikroebene“ nachvollzogen. Die Darstellung ist bewusst kritisch gehalten, um die Motivation der vorliegenden Arbeit zu erklären. Prinzipielle Kritik, die aufgrund unserer Zielsetzung an diesem Modell besteht, wird, für alle in diesem Kapitel vorliegenden Modellierungen des Güterverkehrs gemeinsam, am Ende des Kapitels besprochen. Dort werden auch die Teile der vorgestellten Modellierungen, die in einem neuen Modell verwendet werden können, benannt.

Die Kritik soll sich nicht gegen die Modellierung oder Studie richten, sondern grundsätzliche Defizite der makroskopischen Modellierung für Zielsetzungen wie in dieser Arbeit aufzeigen.

3.1.1. Klassifizierungen und Einteilungen

Der Güterverkehr lässt sich nach verschiedenen Merkmalen aufteilen, was auch in der Verkehrsprognose 2015 geschieht. Eine erste Aufteilung findet durch die Differenzierung nach Verkehrsträgern statt. Hier unterscheidet das Modell zwischen

- Straßenverkehr,
- Eisenbahnverkehr,
- Binnenschifffahrt,
- Luftfrachtverkehr und

- Rohrfernleitung

Innerhalb mancher Verkehrsträger findet eine weitere Aufteilung statt. Hier soll aber nur der Straßenverkehr genauer betrachtet werden. Bei diesem wird weiter zwischen Nah- und Fernverkehr unterschieden und der Fernverkehr noch einmal in gewerblichen und Werksfernverkehr aufgeteilt.

Die räumliche Differenzierung auf der „Mikroebene“ erfolgt in Form von Quelle-Ziel-Verflechtungsmatrizen zwischen den Verkehrszellen. Diese Verkehrszellen setzen sich aus 377 Kreisregionen im Inland und 47 Regionen im Ausland zusammen. Auf der „Makroebene“ wird lediglich zwischen den vier Hauptverkehrsbeziehungen Binnenverkehr, grenzüberschreitender Versand-, Empfangs- und Transitverkehr unterschieden.

Eine weitere Klassifizierung erfolgt anhand der Güter. Hierzu wurde sowohl auf der „Makroebene“ als auch auf der „Mikroebene“ die Definition der zwölf DIW-Güterbereiche (siehe Tabelle 3.1) genutzt, die auf den 52 NST/R-Zweistellern aufbauen. Die Zweisteller werden nur modellintern zur Berechnung auf der „Mikroebene“ verwendet. Es wird zudem bei den Mengen zwischen Partiegrößen

- bis 15 Tonnen,
- über 15 bis 25 Tonnen und
- über 25 Tonnen

unterschieden.

Die wenig genaue Darstellung der Transportart, wie auch die Aufteilung des Straßengüterverkehrs in nur Nah-, Fern-, Werk- und gewerblichen Verkehr orientieren sich offensichtlich an vorhandenen Datenquellen. Das Modell bezieht hingegen nicht die Struktur des Speditionsmarktes mit ein. Hier wäre zum Beispiel eine Aufteilung zwischen KEP, Stückgut und Teil- und Ganzladungen angebracht, die durch diese Partiegrößenklassen nicht gegeben ist (siehe Abschnitt 4.3.1).

3.1.2. Trendprognose für die makroskopischen Eckwerte

Für die Prognose des Transportaufkommens und der Transportleistung in Deutschland wird der Güterverkehr in die zwölf DIW Güterbereiche und vier Hauptverkehrsbeziehungen aufgeteilt. Für diese 48 relativ homogenen Segmente wird das Transportaufkommen mittels Trendprognose ermittelt und es wird anschließend mit Hilfe von durchschnittlichen Transportweiten die Transportleistung berechnet. Diese durchschnittlichen Weiten werden auf Basis von Vergangenheitswerten aber auch durch Plausibilitätsüberlegungen der zukünftigen Entwicklungen geschätzt. Am Ende wird eine modale Teilung auf Basis der von Vergangenheitsdaten und der Entwicklung der Einflussfaktoren, wie Zeit und Preis, abgeschätzt.

Die Trendprognose zur Schätzung des Transportaufkommens in den einzelnen Segmenten „stützt sich auf die jeweils geeigneten sektoralen und branchenspezifischen Leitvariablen, d.h.

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

DIW-Güterbereich	Zugehörige NST/R-Zweisteller
01 Landwirtschaftliche Erzeugnisse	00 Lebende Tiere 01 Getreide 02 Kartoffeln 03 Früchte, Gemüse 06 Zuckerrüben
02 Nahrungs- und Futtermittel	11 Zucker 12 Getränke 13 Andere Genussmittel 14 Fleisch, Eier, Milch 16 Getreide u.ä. Erzeugnisse 17 Futtermittel 18 Ölsaaten, Fette a.n.g.
03 Kohle	21 Steinkohle 22 Braunkohle 23 Koks
04 Rohöl	31 Rohes Erdöl
05 Mineralölprodukte	32 Kraftstoff, Heizöl 33 Natur-, Raffineriegas 34 Mineralölerzeugnisse a.n.g.
06 Eisenerze	41 Eisenerze
07 NE-Metallerze, Schrott	45 NE-Metallerze 46 Eisen-, Stahlabfälle
08 Eisen, Stahl und NE-Metalle	51 Roheisen und -stahl 52 Stahlhalbzeug 53 Stab-, Formstahl u.ä. 54 Stahlblech, Bandstahl 55 Rohre, Gießerzeugnisse 56 NE-Metalle, -halbzeug
09 Steine und Erden	61 Sand, Kies, Bims, Ton 63 Andere Steine und Erden 64 Zement, Kalk 65 Gips 69 Andere mineralische Baustoffe u.ä. 95 Glas, u.a. mineralische Waren
10 Chemische Erzeugnisse, Düngemittel	62 Salz, Schwefel, -kies 71 Natürliche Düngemittel 72 Chemische Düngemittel 81 Chemische Grundstoffe u.a. 82 Aluminiumoxyd, Benzol, Teer u.ä. 89 Andere chemische Erzeugnisse
11 Investitionsgüter	91 Fahrzeuge 92 Landmaschinen 93 Elektronische Erzeugnisse, Maschinen 94 EBM-Waren u.a.
12 Verbrauchsgüter	04 Textile Rohstoffe 05 Holz und Kork 09 Pflanzliche und tierische Rohstoffe a.n.g. 84 Zellstoff und Altpapier 96 Leder- und Textilwaren 97 sonstige Waren a.n.g. 99 Besondere Transportgüter

Tabelle 3.1.: Definition der DIW-Güterbereiche (aus [BVU u. a. \(2001\)](#))

für alle Güterbereiche auf die Bruttowertschöpfung bzw. die Produktionsindizes der jeweils relevanten Wirtschaftszweige und auf die Ein- und Ausfuhr der jeweiligen Güter (...) sowie für einige Güterbereiche darüber hinaus auf spezifische, prognostisch hochrelevante Größen, wie die Fördermenge von (deutscher) Stein- und Braunkohle, die Importkohlemengen, den Mineralölabsatz, die Rohstahlproduktion u.a.m.”(BVU u. a. (2001)). Ausgehend von dem Trendszenario werden zwei weitere Szenarien das „Laissez-faire-Szenario” und das „Integrationszenario” durch Differenzbildung zum Trendszenario gerechnet. Diese unterscheiden sich durch die Annahme anderer politischer Maßnahmen, die sich auf die modale Aufteilung auswirken.

Die Trendprognosen basieren auf den Werten der Leitvariablen seit 1990 und auf die oben genannten „hochrelevanten Größen”. „Bei Trendextrapolationsverfahren wird unterstellt, daß eine in der Vergangenheit festgestellte systematische Trendkomponente auch in der Zukunft wirksam bleibt.”(Rothengatter (2000)). Trendprognosen sind demnach vor allem für den Fall wenig aussagekräftig, in dem neue Trendkomponenten die Entwicklung beeinflussen. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn neue Techniken das Transportaufkommen von Branchen verändern.

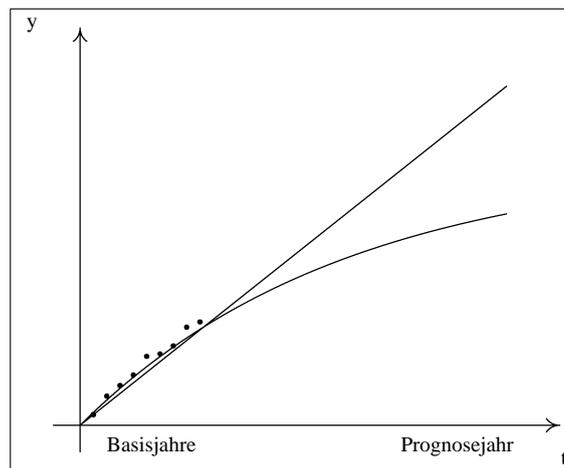


Abbildung 3.1.: Vergleich linearer zu exponentieller Wachstumsfunktion

Entwicklungen werden bei der Trendprognose durch Vergangenheitswerte und Annahmen über zugrundeliegende Funktionen determiniert. Zum Beispiel kann es durch die Wahl einer exponentiellen Wachstumsfunktion wie $f(x) = 1 - e^{-x}$ anstatt einer linearen Funktion bei gleichen Ausgangswerten zu grundlegend anderen Ergebnissen kommen (siehe Abbildung 3.1).

3.1.3. Detaillierte Prognosen für Verflechtungen

Ziel der sogenannten „Mikroebene” ist die Prognose von Verkehrsströmen in Form von Verflechtungsmatrizen. Dazu wird mit einer Aufteilung, zum Beispiel des Straßenverkehrs in

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

Werk- und gewerblichen Verkehr, der detaillierteren modellinternen Betrachtung der Gütergruppen (52 NST/R Zweisteller), drei verschiedenen Partiegrößen und vor allem einer Differenzierung nach Quelle-Ziel-Relationen auf Kreisebene eine sehr viel größere Detaillierung vorgenommen. Gegenstand dieser „Mikroprognose“ ist das Transportaufkommen von Gütern auf den verschiedenen Relationen. „Transportleistungen und Fahrzeuge sowie Fahrzeugkilometer sind hiervon abgeleitete Größen und werden im Anschluss an die Prognose des Verkehrsaufkommens zugespielt“ (BVU u. a. (2001)).

Das Modell setzt sich aus folgenden Bausteinen zusammen:

- Gesamtaufkommen,
- Anteile Einfuhr/Ausfuhr,
- Ausland (Transitverkehre),
- Regionale Verteilung,
- Transportmittelwahl,
- Umrechnung auf Fahrzeuge und
- Umlegung und Identifikation von Engpässen.

Das Modul Einfuhr/Ausfuhr, zur Bestimmung des Anteils des grenzüberschreitenden Verkehrs, und das Modul Ausland, zur Bestimmung des Aufkommens an Transitverkehr, sollen hier nicht betrachtet werden, da sie keine wesentlich neuen Erkenntnisse zur Modellierung liefern und zum großen Teil auf Daten beruhen, die zugespielt werden, deren Entstehung aber nicht modelliert wird.

Aufkommensberechnung

Die Prognosemethodik für das Gesamtaufkommen besteht aus einer Kombination von Querschnitts- und Zeitreihenanalyse. Die Wirkungszusammenhänge werden durch Regressionsansätze mit den regionalen Strukturdaten ermittelt. Im Modell wird das Gesamtaufkommen durch folgenden funktionalen Zusammenhang beschrieben:

$$T_{Vig}^a = \alpha \cdot \bar{\alpha} \cdot \prod_k (x_{igk}^a)^{\beta_k} \quad (3.1)$$

i =Region
 g =Güterbereich
mit T_{Vig}^a =Versandaufkommen von Region i im Güterbereich g im Jahr a
 x_{ik}^a = k -tes Strukturmerkmal von Region i im Jahr a
 $\alpha, \bar{\alpha}, \beta_k$ =Schätzparameter

Auf gleiche Weise wird auch das Empfangsaufkommen T_{Eig}^a von Region i im Güterbereich g im Jahr a berechnet.

Die Schätzparameter werden durch Regression auf den Daten der Jahre 1990 bis 1997 ermittelt. Der Parameter $\bar{\alpha}$ wird für die Darstellung der Niveauverschiebung in Hafenregionen genutzt, bei denen das Aufkommen nicht durch die Wirtschaftsaktivität der Region beschrieben werden kann.

Güterbereich	Maßgebliche Strukturmerkmale	
	Verkehrserzeugend	Verkehrsanziehend
Landwirtschaftliche Erzeugnisse	BWS (Bruttowertschöpfung) Land- und Forstwirtschaft BWS Handel und Verkehr	Bevölkerung Umsätze Ernährung und Tabak
Nahrungs- und Futtermittel	Umsätze Ernährung und Tabak BWS Handel und Verkehr	BWS Handel und Verkehr Umsätze Ernährung und Tabak
Kohle	Umsätze Bergbau und Gewinnung von Steine und Erden	Bevölkerung Umsätze
Mineralölprodukte	Umsätze Kokerei und Mineralölverarbeitung	Umsätze
Eisenerze	Umsätze Metallerzeugung und -bearbeitung	Umsätze Metallerzeugung und -bearbeitung
NE-Metallerze, Schrott	BWS Energie, Bergbau, Baugewerbe Umsätze Metallerzeugung und -bearbeitung	Umsätze Metallerzeugung und -bearbeitung BWS Energie, Bergbau, Baugewerbe
Eisen, Stahl, NE-Metalle	Umsätze Metallerzeugung und -bearbeitung	Umsätze Metallerzeugung und -bearbeitung Umsätze Maschinenbau, Büromaschinen, EDV, Fahrzeugbau
Steine und Erden	Umsätze Glas, Keramik Umsätze Bergbau und Gewinnung von Steine und Erden	BWS Energie, Bergbau, Baugewerbe Umsätze Glas, Keramik
Chem. Erzeugnisse, Düngemittel	Umsätze Gummi, Kunststoff Umsätze Chemische Industrie	Bevölkerung Umsätze Gummi, Kunststoff Umsätze Chemische Industrie
Investitionsgüter	Umsätze Maschinenbau Umsätze Büromaschinen, EDV Umsätze Fahrzeugbau	BWS Umsätze Fahrzeugbau
Verbrauchsgüter	BWS Summe Umsätze im Verarbeitenden Gewerbe	BWS Handel und Verkehr Umsätze

Tabelle 3.2.: Verkehrserzeugende und -anziehende Strukturmerkmale (BVU u. a. (2001))

Zentral für das Zustandekommen des Verkehrsaufkommens im Modell sind die Strukturmerkmale x_{ikg}^a der Regionen i, in den Jahren a für die verschiedenen Güterbereiche g. Diese sind in Tabelle 3.2 für die verschiedenen Güterbereiche aufgelistet.

Werden diese kritisch mit der Erwartung einer die Zusammenhänge erklärenden Mikromodellierung betrachtet, so sind diese Merkmale an manchen Stellen fraglich. Das Empfangsaufkommen von Futtermitteln beispielsweise hängt wohl höchstens indirekt vom Umsatz mit Nahrungsmitteln und Tabak ab.

Es handelt sich um einen funktionalen Ansatz, der anhand makroskopischer Strukturvariablen regional detailliert arbeitet. Die erklärenden Elemente der Prognose sind die historischen Werte der Regression und die Strukturvariablen, die, wie gesehen, oft sehr allgemeiner Natur sind und nur indirekt mit der zu prognostizierenden Größe zusammenhängen.

Durch den Regressionsansatz mit historischen Werten sollen auch zeitliche Entwicklungen der Wertedichten, also der Zusammenhang zwischen Wirtschaftsaktivität und Aufkommenswerten, in der Prognose beachtet werden. Dabei wird dieser Effekte nicht detailliert im Modell

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

abgebildet, sondern es werden aus historischen Daten Trends abgeleitet, die in die Zukunft fortgeschrieben werden.

Zielwahl

Die regionale Verteilung der Güter erfolgt mittels eines Gravitationsmodells:

$$T_{ijg}^p = \alpha_{ig} \cdot \beta_{jg} \cdot \gamma_{ijg} \cdot \frac{T_{Vig}^p \cdot T_{Ejg}^p}{\sum_u T_{Eug}^p} e^{N_{ijg}^p} \quad (3.2)$$

- i* = Quellregion
j = Zielregion
g = Güterbereich
p = Prognosejahr
 $T_{Vig}^p T_{Ejg}^p$ = vorher ermittelte Aufkommens von Region *i* bzw. nach Region *j* im Güterbereich *g*
mit T_{ijg}^p = Aufkommen von Region *i* nach Region *j* im Güterbereich *g* im Prognosejahr 2015
 N_{ijg}^p = verallgemeinerte Nutzen aus der Transportmittelwahl
 α_{ig}, β_{jg} = Parameter zur Anpassung der Randsumme der Prognosewerte an $T_i^p g$ und $T_j^p g$
 γ_{ijg} = Parameter zur Anpassung des Modells an die Werte des Basisjahres 1997

Es werden dabei getrennt für jeden Güterbereich, jede Relation entsprechend der Aufkommenswerte die Güterströme berechnet. Dabei werden durch Parameter α_{ig}, β_{jg} die gegebenen Randsummen eingehalten. Zusätzlich wird ein Faktor für den „verallgemeinerten Nutzen“ einbezogen. Dieser soll Veränderungen bei den Güterströmen durch neue Infrastruktur und spezielle Verkehrsangebote darstellen. In diesem Faktor würde in einem solchen Modell auch die Nutzung von I&K Techniken (Informations- und Kommunikationstechniken siehe Anhang A) in den einzelnen Regionen verpackt. Erklärt wird dadurch allerdings wenig.

Transportmittelwahl

Für die Transportmittelwahl wurde ein hierarchisiertes Logit-Modell gewählt. Dieses wurde schon in dem Kapitel zum Personenverkehr dargestellt (siehe Abschnitt 2.1.5). Es wird eine Segmentierung nach den zwölf DIW-Güterbereichen durchgeführt. Die Nutzenfunktionen werden in dem oben beschriebenen Gravitationsmodell genutzt, um Aussagen zu besonders guten oder schlechten Verkehrssituationen zwischen Zellen zu treffen.

Die Diskussion um den Begriff der „Mikroebene“ drängt sich hier wieder auf. Zwar scheint es so, dass in einem Logit-Modell Entscheidungen einzelner Einheiten abgebildet werden, doch werden die Parameter der Funktionen wieder durch Akkumulation der Daten vieler Akteure gebildet. Das Logit-Modell kann deswegen auch nur als ein mesoskopisches Modell bezeichnet werden, das heißt es ist ein Modell zwischen der Mikro- und der Makrowelt.

Umrechnung auf Fahrzeuge

Die Ermittlung der wirklichen Verkehrsströme, also der Anzahl von Fahrzeugen, findet im nächsten Modellschritt statt. Es werden „in einem ersten Arbeitsschritt (...) Verkehrsmengen in beladene Einheiten über durchschnittlichen Lademengen, differenziert nach Güterbereichen, Verkehrsarten, Entfernungsklassen etc. umgerechnet“ (BVU u. a. (2001)). Danach werden Leerfahrten über Raten ermittelt, die stark von der „Unpaarigkeit der Transportströme und dem Effizienzgrad des Fahrzeugeinsatzes bestimmt“ (BVU u. a. (2001)) sind. Eine genauere Darstellung der Vorgehensweise ist aus den vorliegenden Veröffentlichungen nicht zu entnehmen. Es findet an dieser Stelle eine Schätzung der Fahrzeuganzahl auf Basis des Transportaufkommens und von Erfahrungswerten statt. Auch an dieser Stelle müssten sich in einem solchen Modell neue I&K-Techniken (Informations- und Kommunikationstechniken siehe Anhang A) auswirken.

Umlegung und Engpässe

Im letzten Teil der Modellierung wird der erzeugte Verkehr auf die Verkehrswege umgelegt. Es wird danach versucht, durch Rückkopplungsschleifen (Wiederholung der Transportmittelwahl und der Umlegung unter Beachtung der Ergebnisse vorhergehender Umlegungen) die Auswirkung auf die Verkehrsmittelwahl abzubilden.

Es sollen für den Bundesverkehrswegeplan so vor allem Engpässe in der Infrastruktur ermittelt werden. Voraussetzung für die Ermittlung von Engpässen ist es, Belastungen des Personenverkehrs im Netz abgebildet zu haben.

3.2. Das Modell WIVER

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde von der Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung mbH (IVU) ein maßnahmeorientiertes Berechnungsmodell für den Wirtschaftsverkehr in Städten entwickelt. Dieses wurde als verhaltensorientiertes Simulationsmodell in dem Programmsystem WIVER umgesetzt.

Im Folgenden wird zuerst die Zielsetzung des Modells beschrieben. Dazu wird der Begriff des Wirtschaftsverkehrs und die Maßnahmen, deren Wirkungen durch das Modell beschrieben werden sollen, sowie deren Darstellung im Modell näher erläutert. Anschließend wird kurz auf die Klassifizierungen und Bestimmungsgrößen in Form von Struktur- und Verhaltensdaten eingegangen und dann die wichtigsten Aspekte des Modellaufbaus beschrieben. Das Modell wird kritisch dargestellt, Kritik an dem Modell bezüglich der Zielsetzung dieser Arbeit, sowie Verwendungsmöglichkeiten von Teilen in einem neuen Modell werden aber wie bei dem vorhergehenden Modell auch erst in einem Abschnitt am Ende dieses Kapitels dargestellt.

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

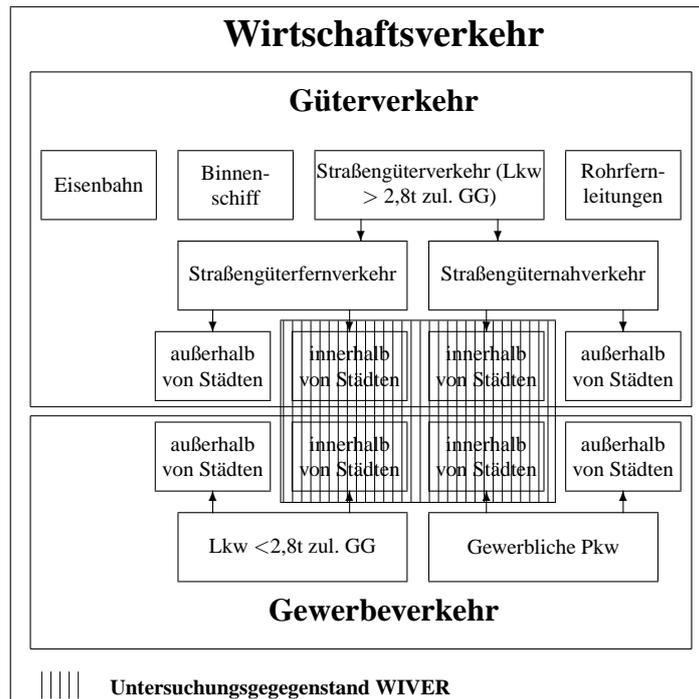


Abbildung 3.2.: Kategorien des Wirtschaftsverkehrs. Quelle: Sonntag (1996)

3.2.1. Zielsetzung des Modells

Das Modell beschreibt den Wirtschaftsverkehr. Dieser setzt sich, wie in Abbildung 5.2.2 zu sehen ist, sowohl aus dem Straßengüterverkehr als auch aus dem gewerblichen Verkehr zusammen. „Der Gewerbeverkehr schließt neben dem reinen Personenverkehr in Ausübung des Berufes z.B. auch den Serviceverkehr im Klein-Lkw-Bereich mit ein“ (Sonntag (1996)). Nicht eingeschlossen in die Modellbildung wird der sogenannte disperse Verkehr wie Taxi, Post etc., der nur einen schwer zu ermittelbaren Quelle-Ziel Bezug hat. Quellen bzw. Ziele für den Wirtschaftsverkehr sind Wirtschaftseinheiten, die nach Branchen gruppiert werden können. Darauf soll etwas später bei den Klassifizierungen genauer eingegangen werden. In diesen Quellen entstehen Aktivitäten in Form von Mengen von Zielpunkten, die angefahren werden müssen. Die Zielpunkte können sowohl Ziele der beruflichen Fahrten von Personen als auch Transporte von Gütern darstellen. Die „Aktivität Zielpunkt“ ist also ein Begriff, der entsprechend den Anforderungen eines Wirtschaftsverkehrsmodells definiert wurde und der beides, also Gewerbeverkehr und Straßengüterverkehr vereint. Der Güterverkehr, mit dem wir uns beschäftigen wollen, macht also nur einen Teil dieses Modells aus. Der Aktivitätenbegriff wird in einem Modell für den Güterverkehr sehr viel genauer gefasst werden können.

Das Modell soll Auswirkungen von verschiedenen Maßnahmen auf den Wirtschaftsverkehr beschreiben. Dafür wurden Maßnahmebereiche, wie sie in Tabelle 3.3 gezeigt sind, gebildet. Die Auswirkungen dieser werden im Modell dadurch dargestellt, dass Bestimmungs-

Maßnahmebereiche	Relevante Bestimmungsgrößen
Flächenmanagement	Fahrtaktive Beschäftigte nach Kfz-Typ und Wirtschaftsgruppe Beschäftigte nach Wirtschaftsgruppe und Umschlagstellen Anzahl Betriebe aus Wirtschaftsgruppen
Standortplanung und Güterverkehrszentren	Umschlagpunkte Güterströme Anzahl Betriebe aus Wirtschaftsgruppen Güterströme nach Wirtschaftsgruppe Besondere Ziele Touren-Zielpunktzahl
Straßenraum und Routenvorgabe	Distanz nach Tagesperiode Verkehrstromrechnung
Fahrverbote zeitlich	Tourenniveau Touren-Zielpunktzahl Verkehrstromrechnung
Preispolitik	Auslastung folglich Tourenzahl
Flottenmanagement	Touren-Zielpunktzahl Tourenniveau
Kooperation	Tourenniveau Touren-Zielpunktzahl
Integration ÖV-Netze, Schiene	Umschlagpunkte Güterströme Güterströme nach Wirtschaftsgruppen Besondere Ziele
Integration ÖV	Fahrtaktive Beschäftigte nach Wirtschaftsgruppen, Kfz und ÖV

Tabelle 3.3.: Wirkungsmechanismen von Maßnahmen (aus Sonntag (1996))

größen des Modells verändert werden und sich dadurch der Output des Modells, also die Verkehrsströme in Form von Verkehrstrommatrizen, ändern. Sollen beispielsweise Maßnahmen im Flächenmanagement simuliert werden, so ändert dies im Modell die Anzahl der Betriebe bestimmter Wirtschaftsgruppen und damit den dadurch erzeugten Verkehr.

3.2.2. Klassifizierungen und Bestimmungsgrößen

Es existieren im Modell 10 Quellbranchen und 7 Zielbranchen, die aus der Klassifizierung der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamtes (WZ) hergeleitet wurden. Die Quellbranchen sind

1. Industrie,
2. Bauhauptgewerbe,
3. Ausbaugewerbe,
4. Großhandel,
5. Einzelhandel,
6. Verkehr,
7. Banken,
8. Reinigung,

3. *Bestehende Modellierungen im Güterverkehr*

9. Beratende Dienstleistungen und

10. Sonstige Dienstleistungen.

Bei dieser Aufteilung ist zu erkennen, dass Wirtschaftsverkehr simuliert werden soll. Die für den Güterverkehr wichtige Branche Industrie wird nicht detailliert betrachtet, dafür werden Branchen wie Banken, die für den Güterverkehr keine Rolle spielen aber viel Wirtschaftsverkehr erzeugen, in die Modellierung aufgenommen.

Des weiteren wird im Modell zwischen 4 Fahrzeugtypen (Pkw, Klein-Lkw, Mittel-Lkw und Groß-Lkw) unterschieden. Diese werden mit den Quellbranchen zu 23 (nicht 4x10) Kalibrierungsgruppen für den Quellverkehr zusammengefasst, da nicht in jeder Branche alle Fahrzeugtypen Sinn machen. Die Verhaltensdaten, im Gegensatz zu Strukturdaten sind dies Daten, die sich aus den Handlungen der Akteure ergeben, werden für jede dieser Gruppen erhoben. Ausnahme sind die Anteile der fahrenden Beschäftigten (siehe unten), hier wurden für alle 40 Kombinationen Werte ermittelt.

Die Verkehrszelleneinteilung wurde je nach Anwendungsfall vorgenommen. Da das Modell für den Stadtverkehr konzipiert wurde, ist diese meist sehr feinstrukturiert.

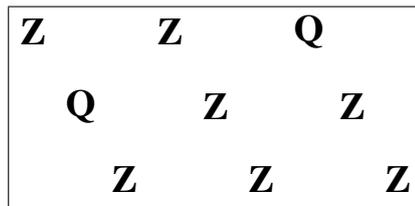
Die Bestimmungsgrößen teilen sich in Strukturdaten und Verhaltensdaten auf. Die wichtigsten Strukturdaten sind die Beschäftigtenzahlen nach Wirtschaftsgruppen, die Arbeitsstätten und die Distanzmatrizen. Im Gegensatz zu diesen Strukturdaten, die aus offiziellen Statistiken zu erfahren sind, können Verhaltensdaten nicht so einfach ermittelt werden. Diese wurden für das Modell teilweise explizit erhoben. Die wichtigsten Verhaltensdaten in dem Modell sind, entsprechend den Kalibrierungsgruppen :

- Anteil fahrender Beschäftigter,
- Touren- und Zielpunktzahlen,
- Entfernungsverteilungen,
- Zielbranchenverteilung,
- Tagesgangverteilung und
- Savingsniveau (Tourenqualität).

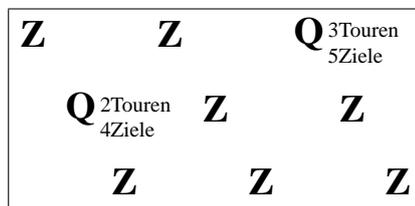
Die Touren- und Zielpunktzahl können als Erzeugungsraten von Aktivitäten gedeutet werden. Sie geben an, wie viele Touren und Zielpunkte pro Beschäftigten in einer Branche im Schnitt üblich sind. Die Zielbranchenverteilung besagt wie sich diese Zielpunkte und Touren auf die anderen Branchen verteilen. Die Tagesgangverteilung ist die ermittelte Verteilung der Verkehrsbelastung auf Verkehrswegen. Das Savingsniveau schließlich ist ein Mittel, um die Qualität der Tourenbildung festzulegen. Das Savingsniveau stellt einen sehr abstrakten Begriff dar, den dieses Modell als Hilfsvariable benötigt. Hierauf wird bei der Besprechung des Modellaufbaus noch einmal eingegangen.

3.2.3. Aufbau und Funktionsweise des Modells

Für die Beschreibung des Modellaufbaus wird zur präziseren Darstellung auf mathematische Formulierungen einzelner Schritte dieses Modells zurückgegriffen, die an [Lohse \(2000\)](#) angelehnt sind. Diese Veröffentlichung beschäftigt sich mit der Verkehrsnachfragemodellierung mit n-linearen Gleichungssystemen und formuliert auf diese Weise beispielsweise Teile des Modells WIVER. In Abbildung 3.3 ist der Ablauf des Modells noch einmal schematisch dar-



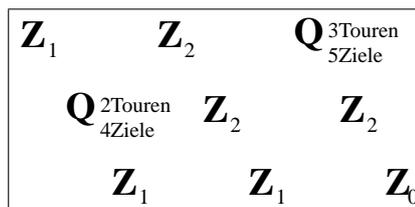
Im Folgenden ist die Funktionsweise des WIVER-Modells schematisch dargestellt. In Wirklichkeit befinden sich in jeder Zone natürlich viele Quellen und Ziele.



1. Quellverkehrsaufkommen

berechnet sich aus

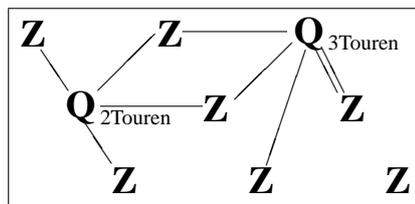
- Quellstruktur (z.B. Beschäftigte)
- Fahreranteil an der Quellstruktur
- Touren und Ziele pro Fahrer



2. Zielverkehrsaufkommen

berechnet sich aus

- Zielbranchenverteilung
- Empfängerstruktur in den Zielbranchen
- Gesamtsumme gleich Quellverkehrsaufkommen

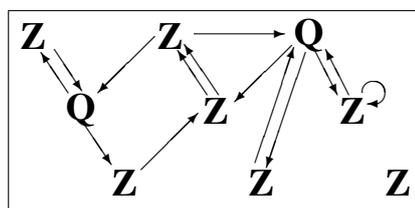


3. Verbindungen Quelle-Ziel

berechnet sich aus

- Entfernungsmatrix
- Kalibrierung der Entfernungsempfindlichkeit

Bei dieser Darstellung ist die Entfernungsempfindlichkeit sehr hoch- die nahen Ziele werden stark bevorzugt



4. Tourenbildung

berechnet sich aus

- Kalibrierung der Savingsqualität

Bei dieser Darstellung ist die Savingsqualität der Verbindungsfahrten (d.h. die Einsparung gegenüber der Wiederanfahrt des Ausgangspunktes) sehr hoch, die Touren werden bezüglich den zurückgelegten Entfernungen nahezu optimal gebildet.

Abbildung 3.3.: Funktionsweise des WIVER-Modells (aus [Sonntag \(1996\)](#))

gestellt. Es existieren darin folgende Schritte:

1. Berechnung des Quellverkehrsaufkommen,

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

2. Berechnung des Zielverkehrsaufkommen,
3. Verbindung Quelle-Ziel,
4. Tourenbildung und
5. Zuordnung der Fahrten zu Tageszeiten.

Quellverkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen wird auf Zellenebene auf Basis von Struktur- und Verhaltensdaten ermittelt.

$$QV_i = \sum_p (RK_p - 1) \cdot RA_p \cdot (BG_{pi} \cdot f_p) \quad (3.3)$$

	i	=Quellzelle
	p	=Kalibrierungsgruppen
	QV_i	=Quellverkehrsaufkommen der Quellzelle i
mit	RA_p	=Mittlere Tourenzahl pro fahrtaktiven Beschäftigten
	$(RK_p - 1) * RA_p$	=Mittlere Fahrtenzahl pro fahrtaktiven Beschäftigten
	BG_{pi}	=Beschäftigte der Kalibrierungsgruppe p in Zelle i
	f_p	=Anteil der fahrtaktiven Beschäftigten in der Kalibrierungsgruppe p

Als Strukturdaten werden die Anzahl der Beschäftigten BG_{pi} und die Anteile der fahrtaktiven Beschäftigten f_p in den verschiedenen Branchen beziehungsweise Kalibrierungsgruppen verwendet. Die Verhaltensdaten bestehen aus der mittleren Rundfahrtenzahl RA_p und der mittleren Fahrtenzahl pro fahrtaktiven Beschäftigten $(RK_p - 1) * RA_p$ in den jeweiligen Kalibrierungsgruppen. Das Quellverkehrsaufkommen QV_i drückt die Anzahl der Ziele aus, die von dieser Zelle angefahren werden. Es ist an dieser Stelle aber noch nicht bestimmt, ob die Ziele direkt oder innerhalb einer Tour angefahren werden. Wird der Term $(RK_p - 1)$ aus der Formel entfernt, so ergibt sich die Tourenzahl pro Quellzelle. Auch das Quellverkehrsaufkommen (Anzahl Ziele) einer Kalibrierungsgruppe lässt sich berechnen, indem man über die einzelnen Quellzellen anstatt über die Kalibrierungsgruppen summiert. Das Verkehrsaufkommen einer Kalibrierungsgruppe sei mit QV_p bezeichnet.

Addiert man das Verkehrsaufkommen aller Zellen (oder aller Kalibrierungsgruppen), so erhält man das Gesamtverkehrsaufkommen $GV = \sum_i QV_i$.

Zielverkehrsaufkommen

Das Quellverkehrsaufkommen der Kalirierungsgruppen QV_p wird bei der Berechnung des Zielverkehrsaufkommens nun anhand der Zielbranchenverteilungen r_{bp} der Kalibrierungsgruppen p auf die sieben bestehenden Zielbranchen b verteilt. Es ergeben sich dadurch die Empfangsaufkommen der Zielbranchen EV_b (siehe Gleichung 3.4).

$$EV_b = \sum_p QV_p \cdot r_{bp} \quad (3.4)$$

- mit
- b =Zielbranche
 - p =Kalibrierungsgruppen
 - QV_p =Verkehrsaufkommen einer Kalibrierungsgruppe
 - r_{bp} =Anteil der Zielbranche b am Verkehrsaufkommen der Kalibrierungsgruppe p (Zielbranchenverteilung)
 - EV_b =Empfangsaufkommen der Zielbranche b

Entsprechend der Empfängerstruktur der Zielzellen, also der Anzahl der Beschäftigten der Zielbranchen in den Zielzellen BG_{bj} , wird dieses Aufkommen anschließend auf die Zielzellen verteilt und so das Empfangsaufkommen EV_k der Zielzellen berechnet (siehe Gleichung 3.5).

$$EV_k = \sum_b \frac{BG_{bk}}{\sum_j BG_{bj}} \cdot EV_b \quad (3.5)$$

- mit
- j, k =Zielzellen
 - b =Zielbranchen
 - BG_{bj} =Beschäftigte der Branche der Zielbranche b in Zelle j
 - EV_k =Empfangsaufkommen der Zielzelle k
 - EV_b =Empfangsaufkommen der Zielbranche b

Dieses Vorgehen garantiert, dass das Gesamtverkehrsaufkommen gleich dem Gesamtempfangsaufkommen ist $\sum_i QV_i = \sum_j EV_j$.

Verbindungen Quelle-Ziel

	j	Σ
i	v_{ijp} entsprechend der Entfernungsverteilung	$QV_{i(p)}$
Σ	$EV_{j(p)}$	GV_p

Abbildung 3.4.: Verkehrsmatrix für eine Kalibrierungsgruppe p

Die bisherigen Schritte haben die Randsummen $EV_{j(p)}$ und $QV_{i(p)}$ der Verkehrsmatrix ermittelt. Die Matrixeinträge werden nun so gewählt, dass die empirisch erhobenen Entfernungsverteilungen der Kalibrierungsgruppen eingehalten werden (siehe Abbildung 3.4). Dazu

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

werden zunächst für jede Quelle und Kalibrierungsgruppe unabhängig die Ziele mit einer aus den Entfernungsverteilungen ermittelten Entfernungsempfindlichkeit zugeordnet. Es wird in einem mehrstufigen Verfahren immer wieder überprüft, ob die Randsummen mit den vorher ermittelten übereinstimmen. Differenzen beeinflussen die Zielauswahl des nächsten Iterationsschrittes.

Tourenbildung

Bei der Tourenbildung werden die Zielpunkte je Quellzelle und Kalibrierungsgruppe entsprechend der im Schritt eins ermittelten Tourenzahl zu Touren zusammengestellt. Es geht das oben erwähnte Savingsniveau ein. Die Bezeichnung „Savingsniveau“ kommt von dem gleichnamigen Savingsverfahren im Operations Research (siehe [Neumann und Morlock \(1993\)](#), S.471). Dabei handelt es sich um einen Lösungsalgorithmus für Tourenplanungsprobleme, bei dem schrittweise einzelne Anfahrten von Zielen durch direkte Verbindungsfahrten zwischen Zielen ersetzt werden und so Touren gebildet werden. Das „Saving“ bezeichnet dabei die Einsparungen, also den Weg der nicht zurückgelegt werden musste. Bei der Tourenbildung wird durch das Savingsniveau die Höhe der Einsparung und damit die Qualität der Tourenbildung vorgegeben (siehe Abbildung 3.5). Das Savingsniveau oder Tourenniveau wird als

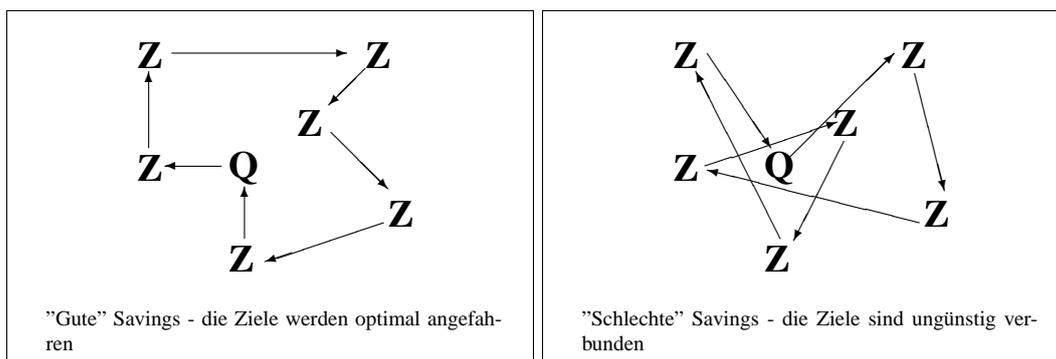


Abbildung 3.5.: Veranschaulichung Savings (aus [Sonntag \(1996\)](#))

Bestimmungsgröße des Modells genutzt. Es wird zum Beispiel erhöht, wenn eine Maßnahme dargestellt wird, in der die Koordination bei den Verkehrserzeugern erhöht wird. Wichtig hierbei ist, dass nicht erklärt wird, wie diese bessere Tourenbildung zustandekommt, sondern es wird eine Kausalität angenommen, die dann mit Hilfe der Bestimmungsgröße Savingsniveau im Modell dargestellt wird.

Tageszeitgang

Im letzten Schritt werden den Fahrten mit Hilfe der Einteilung in Start-, Ziel- und Verbindungsfahrten Zeiten entsprechend der empirischen Erhebungen zugeordnet.

3.3. Problemstellungen der Logistik im Operations Research

Nachdem in diesem Kapitel bisher der Güterverkehr aus Sicht der Verkehrsplaner betrachtet wurde, soll in diesem Abschnitt die Perspektive der Logistik eingenommen werden. Im Gegensatz zur Verkehrsplanung, die optimale Zustände des Gesamtsystems sucht, hat die Logistik die Zielsetzung, die Güterflüsse einzelner Unternehmen zu optimieren.

Das Operations Research versucht, Tourenplanungs- und Schedulingprobleme, mit denen die Logistik konfrontiert ist, in einer mathematischen Form zu fassen und darauf aufbauend Optimierungsmethoden zur Erstellung guter Lösungen zu finden. Tourenplanungssoftware, die von Speditionen verwendet wird, ist die praktische Umsetzung der im OR entwickelten Lösungsverfahren.

Im Folgenden soll ein Problemtyp bzw. eine Problemmodellierung aus dem Bereich der Tourenplanung im OR dargestellt werden. Diese stellt durch ihre wirklich mikroskopische Sichtweise den Gegenpart zu den makroskopischen Modellen wie dem Modell des Bundesverkehrswegeplans dar, die den Güterverkehr als Ganzes abbilden und sich nicht um die einzelnen Optimierungen der teilnehmenden Akteure kümmern.

Die Ausführungen in diesem Abschnitt orientieren sich stark an [Savelsbergh \(1995\)](#). In diesem Paper wird das GPDP (General Pickup and Delivery Problem) beschrieben, das viele Probleme der Tourenplanung wie zum Beispiel das VRP (Vehicle Routing Problem) umfasst.

Zuerst wird nun das GPDP Problem dargestellt, danach wird auf die Teilprobleme eingegangen, die mit diesem umfasst werden und am Schluss soll eine Heuristik vorgestellt werden, die das Problem in einer Form löst, die dem Verhalten der Spediteure in der realen Welt ähnlich sein könnte. Wie diese Problemmodellierung und die Heuristik in der Aktivitäten-basierten Modellierung verwendet werden könnte, wird im letzten Abschnitt dieses Kapitels besprochen.

3.3.1. Formulierung des GPDP

Bei dem GPDP gibt es eine Menge N von Transportaufträgen. Jeder dieser Aufträge $i \in N$ besitzt als Attribute die gesamte Ladungsmenge \bar{q}_i , die aus den zu ladenden Mengen q_{ij} besteht, die Menge der Quellorte N_i^+ und der Zielorte N_i^- . $V = N^+ \cup N^-$ sei die Menge der anzufahrenden Orte. Für jeden Auftrag $i \in N$ gilt, dass die Ladungsmenge gleich der Summe der geladenen und ausgelieferten Mengen ist ($\sum_{j \in N_i^+} q_{ij} = \sum_{j \in N_i^-} q_{ij} = \bar{q}_i$). Wird der Auftrag i um die Zeitfenster $[e_j, l_j]$ (siehe nächster Abschnitt) für die anzufahrenden Orte $j \in V$ ergänzt, so lassen sich die Frachtaufträge einzelner Teilmärkte mit dieser Modellierung gut abbilden.

M ist die Menge der Fahrzeuge und jedes Fahrzeug $k \in M$ hat eine Kapazität Q_k , einen Startort k^+ und einen Endort k^- . $M^+ := \{k_+ \mid k \in M\}$ ist als die Menge der Startorte und $M^- := \{k_- \mid k \in M\}$ als die Menge der Zielorte definiert. Ist nun $W = M^+ \cup M^-$ die Menge der Start- und Zielorte, so sind mit V und W alle Orte der Modellierung gegeben.

In einem Güterverkehrsmodell können auf diese Weise Speditionen mit einer beschränk-

ten Anzahl an Fahrzeugen M und einer beschränkten Auswahl an Frachtaufträgen dargestellt werden. Es ist an dieser Stelle schon erkennbar, warum das Gesamtsystem keinen Zustand erreichen kann, in dem die Auslastung des gesamten Systems optimiert wird. Denn jedes Unternehmen optimiert (zum Beispiel bzgl. der Auslastung) unter Randbedingungen, also in einem eingeschränkten Handlungsspielraum, ohne die Zielsetzung des Gesamtsystems zu verfolgen.

Es sei nun für alle $i, j \in V \cup W$ mit d_{ij} die Distanz, mit t_{ij} die Fahrzeit und mit c_{ij} die Fahrtkosten zwischen den Orten definiert.

Nun lassen sich die Route und der Routenplan folgendermaßen definieren:

Definition: Eine Route R_k für das Fahrzeug k ist ein gerichteter Weg durch die Menge an Orten $V_k \subset V$, so dass:

1. R_k beginnt in k^+ .
2. $(N_i^+ \cup N_i^-) \cap V_k = \emptyset$ oder $(N_i^+ \cup N_i^-) \cap V_k = (N_i^+ \cup N_i^-)$ für alle $i \in N$.
3. Wenn $(N_i^+ \cup N_i^-) \subseteq V_k$, dann werden alle Orte in N_i^+ vor den Orten in N_i^- besucht.
4. Fahrzeug k besucht jeden Ort in V_k genau einmal.
5. Die Lademenge überschreitet nie die Kapazität Q_k .
6. R_k endet in k^- .

Definition: Ein Routenplan ist eine Menge von Routen $\mathcal{R} := \{R_k \mid k \in M\}$, so dass:

1. R_k ist eine Route für Fahrzeug k , für alle $k \in M$.
2. $\{V_k \mid k \in M\}$ ist eine Partition von V .

Allgemein kann nun die Zielfunktion mit $\min\{f(\mathcal{R}) \mid \mathcal{R} \text{ ist ein Routenplan}\}$ formuliert werden. Es kann nach verschiedensten Zielsetzungen optimiert werden. Beispiele sind Minimierung der Ausführungsdauer, des letzten Lieferzeitpunktes, der Fahrzeit oder der Weglänge. Das häufigste verfolgte Ziel ist aber wohl die Minimierung der Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge.

Für eine Einbindung der Tourenbildung in ein Güterverkehrsmodell ist eine einfache Zielfunktion zur Minimierung der Anzahl an Fahrzeuge wohl am naheliegensten.

Um das GPDP als gemischt ganzzahliges Programm zu formulieren, müssen noch einige Hilfsvariablen definiert werden. Sei z_i^k ($i \in N, k \in M$) gleich 1, wenn Auftrag i von Fahrzeug k ausgeführt wird, x_{ij}^k ($(i, j) \in (V \times V) \cup \{(k^+, j) \mid j \in V\} \cup \{(j, k^-) \mid j \in V\}, k \in M$) sei gleich 1, wenn Fahrzeug k von i nach j fährt und 0 sonst, D_i ($i \in V \cup W$) stelle die Abfahrtszeit vom Ort i und y_i ($i \in V \cup W$) das Ladegewicht zum Zeitpunkt der Ankunft in i dar. Außerdem sei $q_{k^+} = 0$ für alle $k \in M$.

Als ganzzahlig lineares Problem ausformuliert, ergibt sich dann:

$$\text{Min } f(x)$$

unter der Nebenbedingung

$\forall i \in N :$

$$\sum_{k \in M} z_i^k = 1 \quad (3.6)$$

$\forall i \in N, l \in N_i^+ \cup N_i^-, k \in M :$

$$\sum_{j \in VUW} x_{lj}^k = \sum_{j \in VUW} x_{jl}^k = z_i^k \quad (3.7)$$

$\forall k \in M :$

$$\sum_{j \in VU\{k^-\}} x_{k+j}^k = 1 \quad (3.8)$$

$\forall k \in M :$

$$\sum_{i \in VU\{k^+\}} x_{ik}^k = 1 \quad (3.9)$$

$\forall k \in M :$

$$D_{k^+} = 0 \quad (3.10)$$

$\forall i \in N, p \in N_i^+, q \in N_i^- :$

$$D_p \leq D_q \quad (3.11)$$

$\forall i, j \in VUW, k \in M :$

$$x_{ij}^k = 1 \Rightarrow D_i + t_{ij} \leq D_j \quad (3.12)$$

$\forall k \in M :$

$$y_{k^+} = 0 \quad (3.13)$$

$\forall i \in N, l \in N_i^+ \cup N_i^- :$

$$y_l \leq \sum_{k \in M} Q_k \cdot z_i^k \quad (3.14)$$

$\forall i, j \in VUW, k \in M :$

$$x_{ij}^k = 1 \Rightarrow y_i + q_i = y_j \quad (3.15)$$

$\forall i, j \in VUW, k \in M :$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad (3.16)$$

$\forall i \in N, k \in M :$

$$z_i^k \in \{0, 1\} \quad (3.17)$$

$\forall i \in VUW :$

$$D_i \geq 0 \quad (3.18)$$

$\forall i \in VUW :$

$$y_i \geq 0 \quad (3.19)$$

Die Nebenbedingung 3.6 stellt sicher, daß jeder Auftrag von genau einem Fahrzeug ausgeführt wird.

Die Nebenbedingung 3.7 sagt aus, dass ein Fahrzeug k nur zu einem Ort l fährt oder von ihm wegfährt, wenn der Auftrag für diesen Ort dem Fahrzeug zugewiesen worden ist.

Die Nebenbedingungen 3.8 und 3.9 stellen sicher, dass k^+ und k^- Start- beziehungsweise Zielort für Fahrzeug k sind.

Die Nebenbedingungen 3.10 bis 3.12 und 3.18 garantieren, dass die Zeitbedingungen eingehalten werden. 3.10 stellt sicher, dass zum Zeitpunkt 0 gestartet wird, 3.11 bedingt, dass erst die Ladeorte und dann die Lieferorte eines Auftrags angefahren werden und 3.12 garantiert, dass zwischen den hintereinander liegenden Abfahrtszeiten mindestens die Zeit liegt, die für den Weg benötigt wird.

Die Nebenbedingungen 3.13 bis 3.15 schließlich dringen auf die Einhaltung der Kapazitätsbeschränkungen. 3.13 setzt die Ladung am Anfangspunkt gleich 0, Nebenbedingung 3.14 garantiert, dass die Kapazität der Fahrzeuge zu keinem Zeitpunkt überschritten wird und 3.15 stellt sicher, dass die Ladung um die zuzuladenden Gewichte erhöht wird.

3.3.2. Die Spezialfälle und Erweiterungen des GPDP

In diesem Abschnitt werden die Probleme im einzelnen angesprochen, die die Formulierung des GPDP umfasst. Ausserdem werden einige Erweiterungen besprochen, die bei einer Anwendung des GPDP wichtig sind.

Das sehr bekannte VRP, also das "vehicle routing problem" oder auf deutsch Tourenplanungsproblem, ist ein Spezialfall des GPDP. Wird die Anzahl der Lade- beziehungsweise Zielorte auf jeweils einen pro Auftrag beschränkt und befinden sich entweder alle Ladungs-orte oder alle Zielorte in dem Depot der Lkw, so wird ein VRP beschrieben. Ähnlich wird vorgegangen, um das einfache PDP (Pickup and Delivery Problem) oder das dial-a-ride Problem abzuleiten. Beim PDP wird ein Auftrag nur an einem Ort geladen und an einem anderen entladen und bei dem dial-a-ride Problem besteht die Ladung aus nur einer Einheit. Die Herleitungen sind in Tabelle 3.4 für die drei Probleme dargestellt.

Problembezeichnung	Überführung in das GPDP
Pickup and delivery problem (PDP)	$ W = 1, N_i^+ = N_i^- = 1 \forall i \in N,$ $N_i^+ = \{i^+\}$ und $N_i^- = \{i^-\}$
Dial-a-ride problem	$ W = 1, N_i^+ = N_i^- = 1 \forall i \in N,$ $\bar{q}_i = 1$ für alle $i \in N$
Vehicle routing problem (VRP)	$ W = 1, N_i^+ = N_i^- = 1 \forall i \in N,$ $N^+ = W$ oder $N^- = W$

Tabelle 3.4.: Direkt in das GPDP überführbare Probleme

Eine Erweiterung des Problems stellen Zeitfenster dar, die als Lieferfenster im Güterverkehr interpretiert werden können. Sie können durch die Intervalle $[e_i, l_i]$, mit $i \in V \cup W$ beschrieben werden. Es kann auf diese Weise für jeden Lade- bzw. Entladeort i ein Zeitfenster definiert werden. Beim Routenplan ergeben sich dann für jeden Ort eine Ankunftszeit A_i sowie eine Abfahrtszeit D_i . Diese müssen den Zeitfensterbedingungen $D_i = \max\{A_i, e_i\}$ und $A_i < e_i$ genügen.

Die neuen Nebenbedingungen, die durch die Zeitfenster dazukommen, machen das Problem allerdings noch komplexer. Schon bei dem GPDP ist die Optimierung \mathcal{NP} -schwer. Bei einem GPDP mit Zeitfenstern ist sogar das Finden einer einzigen Lösung \mathcal{NP} -schwer (siehe [Savelsbergh \(1995\)](#)).

Bei den Lösungsverfahren wird zwischen Problemen mit einem oder mehreren Fahrzeugen, mit oder ohne Zeitfenstern, und zwischen statischen und dynamischen Problemen unterschieden.

Bei einem dynamischen GPDP werden neue Aufträge eingeplant während andere Aufträge schon ausgeführt werden. Die Darstellung ist beim GPDP einfach zu bewerkstelligen, da man jedem Fahrzeug einen beliebigen Startort zuordnen kann. Das dynamische Problem kann also als eine Kette von statischen Problemen dargestellt werden. Ein Beispiel für ein dynamisches Problem im Güterverkehr wäre die Darstellung einer Spedition, die laufend neue Frachtaufträge akquiriert. Das statische Optimierungsproblem muss dabei bei jeder Änderung der Auftragslage neu formuliert werden.

3.3.3. Beispiel einer einfachen Lösungsheuristik

Das Ziel einer, in einem Güterverkehrsmodell eingesetzten Heuristik, muss sein, auf der einen Seite das Verhalten der Akteure in der Wirklichkeit möglichst genau darzustellen und auf der anderen Seite Bestimmungsgrößen bereitzuhalten, mit denen eine vermutete Änderung dieses Verhaltens im Modell gut wiedergegeben werden kann.

Eine von Psaraftis (siehe [Savelsbergh \(1995\)](#)) formulierte Heuristik beschreibt das Vorgehen bei der Planung sehr praxisnah (Sie wurde eigentlich für Problemstellungen des Gütertransport mit Schiffen konzipiert, was aber eine ähnliche Problemstellung darstellt.). Der Algorithmus arbeitet mit einem sich vorwärtsbewegenden Horizont, einer Art Sichtfenster, in dem nur die, in naher Zukunft liegenden, Aufträge in die Tourenbildung einbezogen werden.

Dabei ist t_k die aktuelle Zeit der k -ten Iteration. Zu dieser Zeit werden alle die Aufträge betrachtet, deren frühester Ladezeitpunkt e_{i+} zwischen t_k und $t_k + L$ fällt. L stellt demnach den Zeithorizont dar, auf den hinaus geplant wird. Die so aktivierten Aufträge werden Lkw zugeordnet. Allerdings werden nur die Aufträge endgültig eingeplant, deren frühest mögliche Ladezeitpunkte e_{i+} im Intervall $[t_k, t_k + \alpha L]$ mit $\alpha \in (0, 1)$ liegen, die anderen nur vorläufig. So wird die zeitnahe Planung betont. Als t_{k+1} des folgenden Iterationsschritt wird der Zeitpunkt gewählt, zu dem neue Informationen (zum Beispiel neue Aufträge) in den Horizont eintreten.

Zur Zuordnung eines Auftrags zu einem Lkw wird eine Nutzenfunktion u_{ij} gebildet, die folgende Aspekte berücksichtigt :

- Lieferzeit von Auftrag i ,
- Lieferzeiten aller anderen Aufträge auf dem Lkw und
- Effizienz der Nutzung des Lkw.

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

Die Zuweisung der Aufträge zu Lkw kann als einfaches Optimierungsproblem beschrieben werden :

$$\text{Max} \sum_i \sum_j u_{ij} x_{ij}$$

unter der Nebenbedingung

$\forall j :$

$$\sum_i x_{ij} \leq K \quad (3.20)$$

$\forall i :$

$$\sum_j x_{ij} \leq 1 \quad (3.21)$$

$\forall i, j :$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (3.22)$$

Dabei stellt K die Anzahl der möglichen Ladungen pro Lkw, also deren Kapazität, dar. Nebenbedingung 3.20 fordert, dass diese Kapazität eingehalten wird, und Nebenbedingung 3.21, dass jeder Auftrag nur einem LKW zugewiesen wird.

3.4. Diskussion der bisherigen Modelle

Die Zielsetzung eines Aktivitäten-basierten Modells ist es unter anderem, die Auswirkungen von neuen I&K-Diensten (Informations- und Kommunikationsdiensten siehe Anhang A) auf den Güterverkehr darzustellen. Eine Veränderung durch diese Dienste findet durch eine Veränderung

- der Information einzelner Akteure und
- der Kommunikation zwischen zwei oder mehr Akteuren statt.

In einem neuen Modell muss also das Handeln einzelner Akteure, das sich durch Information ändert, und die Kommunikation zwischen Akteuren dargestellt werden. Im Güterverkehr sind die Akteure Verlader und Speditionen. Sowohl das Handeln dieser beiden Arten von Akteuren als auch die Kommunikation vor allem zwischen diesen beiden Gruppen muss modelliert werden, wenn I&K Techniken abgebildet werden sollen.

Im Folgenden werden zunächst die in diesem Kapitel vorgestellten Modellierungen daraufhin kritisch diskutiert. Es werden danach aber auch Ansätze, das heißt verwendete Einteilungen, Größen und Vorgehensweisen identifiziert, die für die oben genannte Zielsetzung von Nutzen sein können.

3.4.1. Schwachstellen bestehender Modelle

Die Schwachstellen der Modellierungen bezüglich der Zielsetzung dieser Arbeit sind in Tabelle 3.5 aufgelistet und werden in diesem Abschnitt einzeln erläutert.

Modell	Schwachstellen
Güterverkehrsmodell des BVWP	DIW-Klassifizierung (bzw. NST/R Klassifizierung) Keine Einteilung Speditionsmarkt Veränderungen erklärt durch Trendprognose Aufkommensberechnung (z.B. anhand von Bevölkerungsdaten) Auslastung und Leerfahrten erklärt durch Schätzungen Keine Darstellung der Entscheider (Akteure) Keine Darstellung Kommunikation (Markt) Keine Darstellung Tourenplanung
WIVER	Zielpunktbezug sehr allgemein Auflösung nach Branchen sehr grob Tourenbildung für Zelle (nicht durch Akteur) mit Savingsbegriff Entstehung der Leerfahrten abstrakt Keine Trennung zwischen Verladern und Transporteur
OR Problemformulierung	Nur kleiner Teil einer Güterverkehrsmodellierung Optimierung als Ziel

Tabelle 3.5.: Kritikpunkte an bestehenden Modellen

Güterverkehrsprognose des BVWP

Makroskopische Modelle wie die Güterverkehrsprognose des BVWP sind grundsätzlich schwierig mit der Zielsetzung dieser Arbeit vereinbar, da es, wie oben erwähnt, nötig ist, einzelne Akteure, Entscheidungen und Kommunikation zwischen den Entscheidern darzustellen.

Der erste kritisierte Punkt bezieht sich jedoch auf die verwendete NST/R Klassifizierung. Die NST/R Klassifizierung ist an der Art der Güter orientiert. Sie berücksichtigt dabei nicht die Branchenherkunft und auch die logistischen Eigenschaften für den Transport werden bei der Einteilung oft nicht beachtet.

Ein einfaches Beispiel verdeutlicht die Kritik. Milch (NST/R-Güterart 143) stellt eine Güterart da. Ihre Herkunftsbranche kann aber je nach Zeitpunkt in der Wertschöpfungskette die Landwirtschaft, das milchverarbeitende Gewerbe als auch der Nahrungsmittelgroßhandel sein. Die logistischen Eigenschaften sind je nach Stufe unterschiedlich. So wird die Milch aus landwirtschaftlichen Betrieben mit Tanks abtransportiert, während sie dem Handel auf Paletten angeliefert wird. Soll das Modell den Zusammenhang zwischen Verladern (Herstellerbranchen) und Speditionen sowie das Verhalten einzelner Akteure, das von der Transportart und den Branchen abhängt, darstellen, ist die NST/R Klassifizierung nicht geeignet.

Mit der fehlenden Darstellung der Transportart sowie der Aufteilung des Straßengüterverkehrs in lediglich Nah-, Fern-, Werks- und gewerblichen Verkehr fehlt dem Modell auch der Bezug zum Speditionsmarkt und dessen Struktur. Hier wäre zum Beispiel eine Aufteilung zwischen KEP, Stückgut und Teil- und Ganzladungen angebracht, die auch nicht durch die Partigrößeneinteilung im Modell gegeben ist. Wie am Beispiel der Milch gesehen, taugt die NST/R Klassifizierung meist nicht dazu, Teilmärkte einzuteilen, was für ein Modell zur Darstellung von Speditionsverhalten ein wichtiges Ziel sein wird. Ein Beispiel für einen solchen Teilmarkt wäre der Markt für Kühlgut auf wiederverwertbaren Ladungsträgern.

Die Trendprognose, die bei makroskopischen Modellen oft verwendet wird, ist für ein Modell, das Wirkungszusammenhänge erklären soll und nicht Prognosen aus einer historischen Entwicklung ableiten will, nicht verwendbar.

3. Bestehende Modellierungen im Güterverkehr

Auch die Aufkommensberechnung anhand von Strukturmerkmalen wie der Bevölkerung auf Zellenebene wäre unpassend. Das Aufkommen sollte möglichst von Größen hergeleitet werden, die den einzelnen Verladern, also den Betrieben zugeordnet werden können. Hier bieten sich die Größen Umsatz und Mitarbeiterzahl an. Wie später gezeigt wird, ist die Mitarbeiterzahl aufgrund der Verfügbarkeit anderer Daten wie der Betriebsgrößenverteilung am geeignetsten.

Es ist auch klar, dass die Entstehung der Auslastung in einem Aktivitäten-basierten Modell wesentlich besser beschrieben werden kann. Die Darstellung der Entstehung des Leerfahrtenanteils und des Zustandekommens von Fahrten und Routen ist eine zentrale Zielsetzung eines neuen Modells. Eine Bestimmung des Verkehrsaufkommens über eine Schätzung des Leerfahrtenanteils wird nicht nötig sein.

Vor allem fehlt makroskopischen Modellierungen die für die genannte Zielsetzung notwendige Darstellung von Akteuren, die entscheiden, planen, sich gegenseitig informieren und über einen Markt in Kontakt treten.

WIVER

Das Modell kommt mit der Abbildung einer Tourenbildung und einer Art Aktivitätenbegriff unserer Zielsetzung schon sehr viel näher. Allerdings ist das Modell auf den Wirtschaftsverkehr in Städten beschränkt, wovon der Güterverkehr nur einen Teil ausmacht.

Deshalb ist der Aktivitätenbegriff sehr weitgefasst. Es wird nicht von der Fracht als Aktivität oder verkehrsauslösender Größe ausgegangen, sondern von den beschäftigten Personen und Fahrzeugen in wirtschaftlichen Betrieben. Diese Sichtweise wird auch von der KONTIV (Kontinuierliche Verkehrsbefragung) des Wirtschaftsverkehrs (siehe [IVS](#), [IVT](#), [WVI](#), [KBA \(2001\)](#)) eingenommen, in der, wie in der KONTIV des Personenverkehrs, Aktivitätentagebücher erhoben wurden. Dabei wurden die Fahrzeuge als die Einheit betrachtet, bei der die Aktivitäten entstehen und ausgeführt werden. Dies ist für unser Modell nicht ausreichend, da gerade in der Beziehung zwischen Verloader und Spediteur zukünftige Fortschritte durch I&K Techniken zu erwarten sind. Die KONTIV bildet jedoch in Ihrer Vorstellung von Aktivitäten nur die Seite der Fahrzeuge, also der Speditionen, ab.

Auch muss in einem Güterverkehrsmodell eine viel stärkere Detaillierung der Branche Industrie bei der Klassifizierung der Branchen vorgenommen werden. Aber auch dafür ist die WZ-Klassifizierung des statistischen Bundesamtes interessant, da sie auch detaillierter vorliegt und Strukturdaten in dieser Klassifizierung vorhanden sind oder eine gute Zuordnung stattfinden kann.

Eine Tourenbildung wird im Modell WIVER zwar beschrieben, aber sie wird für den gesamten, von einer Zelle erzeugten, Verkehr vorgenommen. Es wird nicht das Handeln einzelner Akteure und der Einfluss von Information und Kommunikation auf dieses Handeln abgebildet. Es existiert lediglich der abstrakte Begriff des Savingsniveaus, mit dem die Konsequenzen der Einflüsse beschrieben werden, ohne deren Wirkungsweise im Modell abzubilden. So wird die Entstehung der Leerfahrten durch das Modell nicht gezeigt und eine Darstellung des Wirkungszusammenhangs ist nicht möglich.

Zwischen der Zielwahl (Schritt 3) und der Tourenbildung (Schritt 4) findet im Güterverkehr häufig ein Wechsel zwischen unterschiedlichen Akteuren statt, da der Verladener nur selten seine Produkte selber transportiert. Deswegen sollte in einem Güterverkehrsmodell erstens zwischen Verladern und Spediteuren getrennt werden und der Übergang zwischen diesen Akteuren durch einen Markt dargestellt werden. Spediteure können dann auch Touren aus Aufträgen von Verladern aus unterschiedlichen Verkehrszellen bilden.

OR-Modelle

Bei OR-Problemformulierungen ist der kritische Punkt, dass sie nur einzelne, abgegrenzte Probleme abbilden, wie zum Beispiel die Tourenplanung. Sie können viele Teile eines Güterverkehrsmodells nicht abdecken. Allerdings können sie zur Darstellung der Entscheidungsprobleme einzelner Akteure genutzt werden.

Die Lösungsmethoden im OR haben die Zielsetzung, das Problem zu optimieren. Eine Verkehrsmodellierung hat zunächst das Ziel, das Verhalten der Akteure nachzubilden. Nur wenn davon ausgegangen wird, dass Akteure rationale Optimierer sind, kann, vorausgesetzt alle einschränkenden Nebenbedingungen sind bekannt, deren Verhalten durch Optimierungsverfahren nachvollzogen werden. Beides, rationales Handeln als auch die Kenntniss aller Nebenbedingungen der Akteure, kann bei einer Verkehrsmodellierung nicht vorausgesetzt werden.

Auch wäre es sehr rechenintensiv Problemstellungen der einzelnen Akteure in einem Modell zu optimieren.

3.4.2. Nützliche Komponenten bestehender Modelle

In den besprochenen Modellen ist aber auch einiges zu finden, was auch für eine Modellierung mit der Zielsetzung dieser Arbeit interessant sein könnte. Diese Punkte sind in Tabelle 3.6 zusammengestellt.

Modell	Übertragbare Ansätze
Güterverkehrsmodell des BVWP	Logit-Modell (für langfristige Verkehrsmittelwahl) Regionale Auflösung nach Kreiszellen Berücksichtigung Netzbelastung bei Umlegung
WIVER	Verwendung von Bestimmungsgrößen WZ-Klassifizierung Trennung von Struktur und Verhaltensdaten Zielbranchenverteilung, Entfernungsverteilung und Erzeugungsraten Trennung von Aufkommensmodellierung und Tourenbildung Randsummenverteilung durch Gravitationsmodell
OR Problemformulierung	Dynamisches GPDP mit Zeitfenstern Realistische Heuristik

Tabelle 3.6.: Verwertbare Ideen und Ansätze aus bisherigen Modellierungen

Güterverkehrsprognose des BVWP

In dem makroskopischen Modell des BVWP ist, wie schon bei der Personenverkehrsmodellierung erwähnt, ein verwendbarer Ansatz das Logit-Modell. Bei einer späteren Erweiterung des Güterverkehrsmodells auf andere Verkehrsmittel kann es zur Darstellung der langfristigen Verkehrsmittelwahl, zum Beispiel bei Entscheidungen über Bahnanschlüsse, genutzt werden.

Des Weiteren ist die Wahl der Kreise als Auflösung deswegen naheliegend, da auf dieser Ebene noch viele Daten zugänglich sind.

Die Berücksichtigung von Belastungen des Verkehrsnetzes, wie bei der Umlegung, sollte auch bei der Tourenplanung in einem neuen Modell stattfinden. Mit einer Darstellung einzelner Akteure ist dies sogar besser möglich.

WIVER

Vor allem aus dem WIVER Modell können einige Ansätze übernommen werden. Ein sehr grundlegender Ansatz ist die Darstellung der Wirkungsweise von Maßnahmen über Bestimmungsgrößen. Sind alle nötigen Bestimmungsgrößen im Modell vorhanden, so können Maßnahmen durch Veränderung dieser Größen gut simuliert werden.

Auch die Klassifizierung der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamtes (WZ) sollte in einem neuen Modell genutzt werden, da hierzu eine klare Zuordnung der Produktion und der Mitarbeiterzahlen der Betriebe möglich ist.

Eine weitere zu verwendende grundsätzliche Ansatz ist die Trennung zwischen Struktur und Verhaltensvariablen. Bei den Verhaltensdaten sind die Zielbranchenverteilung, die Entfernungsverteilung und die Erzeugungsraten Daten, die auch in einem neuen Modell enthalten sein werden. Die Erzeugungsraten sollen dabei als Mittel dienen, die Produktion einzelner Betriebe zu schätzen.

Die Trennung von Aufkommensmodellierung und der Modellierung der Tourenbildung ist ein weiterer konzeptioneller Ansatz, der wichtig ist, um Entscheidungssituationen richtig nachvollziehen zu können.

Schließlich kann auch die Aufkommensberechnung mit der Erzeugung der Randsummen einer Verkehrsmatrix als konzeptionelles Vorbild dienen.

OR-Modelle

Wenn die Auswirkungen von I&K-Techniken analysiert werden sollen, ist gerade das Vorgehen der Speditionen bei der Optimierung ihres Verhaltens entscheidend. Für eine genaue Formulierung der Entscheidungsprobleme der Speditionen können Problemtypen des OR verwendet werden.

Mit dem dynamischen GPDP mit Zeitfenstern kann das Tourenplanungsproblem der Speditionen mit vielen realistischen Nebenbedingungen sehr gut formuliert werden. Da es dynamisch ist, kann sogar eine zeitnahe Akquise von Frachtaufträgen abgebildet werden. Als Zielfunktion wäre eine Minimierung der Kosten oder zur Vereinfachung in einem ersten Schritt eine Minimierung des Fahrzeugeinsatzes zu wählen.

Bei der Verwendung von Lösungsheuristiken im Modell muss darauf geachtet werden, dass diese dem Verhalten der Akteure in der Wirklichkeit entsprechen. Das Vorgehen von Spediteuren in der realen Welt entspricht vermutlich nicht der optimalen Vorgehensweise für das formulierte Problem. Es wird vermutlich durch zusätzliche, nicht identifizierte Nebenbedingungen beschränkt und es existieren weitere Ziele, wie robuste Touren, die regelmäßig gefahren werden können.

Mit der vorgestellten Heuristik, die einen Planungshorizont der Spediteure verwendet und die sukzessive Einplanung der Frachtaufträge im Zeithorizont vornimmt, könnte gut eine schrittweise Planung nachempfunden werden. Zum Beispiel könnte ein Spediteur im Modell seine Kontraktverpflichtungen langfristig planen und seine Touren in einem Planungshorizont von zum Beispiel zwei Tagen mit einzelnen Frachtaufträgen ergänzen.

3. *Bestehende Modellierungen im Güterverkehr*

4. Empirische Arbeiten

In diesem Kapitel werden die empirischen Arbeiten, die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführt wurden, dargestellt. Sie dienen dazu, erste empirische Grundlagen für ein Modell zu legen und noch notwendige empirische Arbeiten vorzubereiten und aufzuzeigen.

Im ersten Abschnitt wird die Herleitung der Produktionsraten für Betriebe dargestellt. Dabei wurden auf Wirtschaftsgruppenebene (WZ dreistellig) Produktionsraten (zum Beispiel Tonnen/Beschäftigter) mit Hilfe der Produktionsstatistik des statistischen Bundesamtes und Beschäftigtendaten bestimmt. Diese dienen bei der Modellierung zur Berechnung des Transportaufkommens der einzelnen Akteure.

Im darauf folgenden Abschnitt werden eine exemplarische Telefonbefragung und deren Ergebnisse beschrieben. Die Telefonbefragung dient dazu, das Wissen über Wirtschaftsverflechtungen aus der Input-Output Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu verfeinern und zusätzlich Daten zur Frachtauftragsbildung und -vergabe von verladenden Betrieben zu ermitteln.

Für die Modellierung des Straßengüterverkehrsmarktes musste zunächst ein Bild des Marktes und dessen Akteuren entworfen werden. Dazu wurden Experteninterviews durchgeführt und Studien ausgewertet. Deren Ergebnisse werden im dritten Abschnitt dieses Kapitels dargestellt. Dabei wird auf die Segmentierung des Marktes, die einzelnen Akteure und deren Verhalten eingegangen.

Um ein Bild von der Arbeitsweise der Speditionen auf dem Markt und bei der Tourenplanung zu bekommen, wurden Dispositionen von vier Speditionen einen Tag lang besucht. Die Erfahrungen daraus sind im letzten Abschnitt dieses Kapitels dargestellt und dienen dazu, die Modellierung mit Beispielen und Daten aus der Praxis zu untermauern.

4.1. Erarbeitung von Erzeugungsraten aus Statistiken

In diesem Abschnitt wird die Ableitung der Erzeugungsraten aus Daten öffentlich zugänglicher Statistiken beschrieben. Unter Erzeugungsraten wird die Jahresproduktion eines Beschäftigten, zum einen in Mengen [$t/Beschäftigter$] und zum anderen in Volumeneinheiten [$m^3/Beschäftigter$], verstanden. Bei den Volumeneinheiten ist das Volumen von Interesse, das in einem Lkw durch den Transport dieses Gutes blockiert wird. Die Erzeugungsraten der Mengen wurden für die meisten Wirtschaftsgruppen berechnet und sind in einer Access-Datenbank abgelegt. Im Folgenden wird gezeigt, wie vorgegangen wurde, welche Probleme auftraten und

welche Arbeiten noch offen sind.

4.1.1. Vorgehen und Problematiken

Die Produktionsdaten werden vom statistischen Bundesamt jährlich in der GP2000-Klassifizierung veröffentlicht (siehe [Statistisches Bundesamt \(2002d\)](#)). Diese lehnt sich sehr stark an die im Modell verwendete WZ-Klassifizierung (siehe Abschnitt 5.1.1) an. Die Produktion ist auf der detailliertesten Ebene (Meldenummern) in die WZ-Klassifizierung überführbar. Das heißt, es können Aussagen über die Produktion von Gütern in der WZ-Klassifizierung getroffen werden.

Es wird zwischen Absatz- und Gesamtproduktion unterschieden, beide werden aus der Summe der Produktionen aller Betriebe gebildet. Es wird die gesamte Produktion berücksichtigt, die den Betrieb verlässt. Es sind folglich in der Statistik auch Lieferungen an einen Betrieb des gleichen Unternehmens enthalten. Eine Veränderung der Fertigungstiefe durch Aufteilung der Produktion in verschiedene Betriebe ist also durch die Statistik erfasst. Die Gesamtproduktion beinhaltet zusätzlich zu der Absatzproduktion die Produktion, die innerhalb des Betriebes weiterverarbeitet wird. Für die Bildung der Erzeugungsraten unseres Modells ist nur die Absatzproduktion von Interesse, da bei der Weiterverarbeitung im selben Betrieb kein Verkehr entsteht.

Die produzierten Mengen werden nur auf der untersten disaggregierten Ebene der GP2002 veröffentlicht. Eine Aggregation durch das statistische Bundesamt findet aufgrund teilweise unterschiedlicher Einheiten nicht statt. Es gibt ca. 6000 verschiedene Meldenummern, zu denen neben den Mengen (in je nach Meldenummer verschiedenen Einheiten) auch die Werte der Absatz- und Gesamtproduktion veröffentlicht werden. Für einige Meldenummern ist die Veröffentlichung aufgrund der Geheimhaltungspflicht (weniger als 4 Betriebe) nicht möglich. Will man anhand einer Einheit (zum Beispiel Tonnen) aggregieren, kommt es also bei einigen Meldenummern zu Datenlücken durch

1. Datenschutzerfordernungen und
2. nicht umrechenbare Einheiten.

Beispielsweise wird die Produktion von Erdnussöl nicht veröffentlicht, da nur zwei Betriebe dieses herstellen.

Auf der Wirtschaftsgruppenebene können aus Statistiken, die auf einer aggregierteren Ebene arbeiten, die Werte der Absatzproduktion und der Gesamtproduktion sowie die Anzahl der Beschäftigten vorgegeben werden. Um aus den vorhandenen Mengen der Absatzproduktion auf Meldenummernebene die Menge der Absatzproduktion einer Wirtschaftsgruppe zu ermitteln wurden folgende Abschätzungen vorgenommen :

$$M_{AP} = \sum_i M_{AP_i} \cdot \frac{W_{AP}}{\sum_i W_{AP_i}} \quad (4.1)$$

M_{AP} = Absatzproduktion einer Wirtschaftsgruppe (oft t),
 W_{AP} = Wert der Absatzproduktion einer Wirtschaftsgruppe,
mit $\sum_i M_{AP_i}$ = Summe der Absatzproduktionen der verfügbaren Meldenummern (oft t),
 $\sum_i W_{AP_i}$ = Summe der Werte der Absatzproduktionen der verfügbaren Meldenummern .

Mit dem Ausdruck „verfügbare Meldenummern“ werden die Daten der Meldenummern bezeichnet, die nicht der Geheimhaltungspflicht unterliegen und deren Einheit in die gewünschte Einheit (oft t) umgerechnet werden kann. Oft wurden Angaben in Stückzahlen durch zum Beispiel Schätzung eines durchschnittlichen Gewichtes in Mengen umgerechnet (z.B. Gewicht einer Autobatterie: ca. 20 kg). Hierfür wurden die Gegenstände gewogen oder ihr Gewicht über Internetrecherche ermittelt.

Mit der oben genannten Schätzweise wird davon ausgegangen, dass die Wertedichte für eine Wirtschaftsgruppe [Wert/Tonne] konstant ist. Da die Produkte einer Wirtschaftsgruppe bezüglich der Wertedichte häufig ähnlich sind und meist nur ein kleiner Teil der Produktionsmenge so abgeschätzt wurde, ist der Fehler durch die Schätzung als gering einzustufen:

$$\text{Schätzmenge} = \alpha \cdot \text{Menge} \quad (4.2)$$

$$\text{Fehler}_{\text{prozent}} = \frac{\delta \cdot \alpha \cdot \text{Menge}}{\text{Menge}} = \alpha \cdot \delta \quad (4.3)$$

Ist α der Anteil der Produktion, der geschätzt werden muss, und δ die prozentuale Abweichung der geschätzten Wertedichte von der wirklichen Wertedichte für diesen Teil der Produktion, so berechnet sich der prozentuale Fehler aus $\alpha \cdot \delta$. Da der zu schätzende Anteil selten höher als 30% ist, liegt der Fehler selbst bei einem Abweichen der Wertedichte um 30% noch unter 10%.

Mit den so ermittelten Mengenangaben konnten, zusammen mit den Beschäftigendaten der Wirtschaftsgruppen für ganz Deutschland, Erzeugungsraten der Mengen gebildet werden.

4.1.2. Tool zur Arbeitsunterstützung

Um die Bearbeitung der statistischen Daten zu vereinfachen, wurde ein Hilfstool aufbauend auf eine Access-Datenbank geschrieben. In einem Formular werden über SQL-Abfragen die Daten aus den entsprechenden Tabellen zur Verfügung gestellt und die vorläufigen Summen gebildet. Der Benutzer hat so einen Überblick über die vorhandenen Daten und kann seine berechneten Schätzungen eintragen. In Abbildung 4.1 ist ein Screenshot der Hauptseite des Tools dargestellt.

In der Kopfzeile des Formulars kann die zu bearbeitende Wirtschaftsgruppe (Dreisteller WZ93) gewählt werden (im Screenshot Gruppe 313). Daraufhin werden die Daten der Meldenummern, die zu dieser Wirtschaftsgruppe gehören (Meldenummern in WZ-Dreistellig-Gruppe) und die daraus nach Mengeneinheiten aggregierten Produktionsdaten (Produktion aggregiert), angezeigt. Außerdem werden die aus anderen Quellen stammenden Daten zu der

4. Empirische Arbeiten

Dreisteller WZ93 | Herstellung von isolierten Elektrokabeln, -leitungen und -drähten

Produktion aggregiert

Mengeneinheit	Gesamtproduktion	Absatzproduktion	Wert Absatz	Anzahl Unternehmen
kg	16 513 866	16 513 866	357 629	23
t	697 624	697 624	2 666 726	238

Meldenummern in WZ-Dreistellig-Gruppe

Meldenummer	Beschreibung	Mengeneinheit	Gesamtproduktion	Absatzproduktion	Wert (Absatz kEUR)	Anzahl Unternehmen
3130 11 300	- lackiert, emailliert	t	99 459	99 459	277 435	7
3130 11 500	- Andere Wickeldrähte	t	9 926	9 926	77 300	8
3130 12 000	Koaxialkabel und andere koaxiale elektrisch	t	37 635	37 635	196 388	34
3130 13 300	- für die Fernmeldetechnik, für eine Spannun	t	32 962	32 962	258 262	23
3130 13 500	- für andere Zwecke, für eine Spannung voi	t	36 450	36 450	242 534	46

Dazugehörige NSTR-Gruppen

GV/NST

- 931
- 979

NSTR-Gruppe

Eingabe QuellWZ

QuellWZ	Anteil in Prozent	Transporteinheit	Periodizität
	0		

Informationen aus Vierstellern

Beschäftigte : 32 049
Absatzproduktion (1000 Euro) : 3 024 355
Anzahl Unternehmen : 182
Bemerkungen :

Eingabe Produktionsdaten

Mengeneinheit : t
Gesamtproduktion : 714 138
Absatzproduktion : 714 138
Erzeugungsrage : 22,28
Bemerkungen :

Eingabe ZielWZ

ZielWZ	Anteil in Prozent	Transporteinheit	Periodizität
	0		

Transporteinheit :

Formularansicht

Abbildung 4.1.: Screenshot des Tools zur Ermittlung der Erzeugungsraten

Wirtschaftsgruppe (Informationen aus Vierstellern) und die zu dieser Wirtschaftsgruppe zurechenbaren NST/R-Gruppen (siehe weiter unten) im Formular dargestellt.

Der Benutzer kann nun auf Basis der vorhandenen Daten die Mengeneinheit für die Wirtschaftsgruppe festlegen und seine Schätzung für die gesamte Absatz- bzw. Gesamtproduktion eintragen (Eingabe Produktionsdaten). Daraus und aus den Beschäftigtendaten wird die Erzeugungsrage automatisch generiert.

Die Darstellung der Beziehungen zu anderen Wirtschaftsgruppen in Form von liefernden Wirtschaftsgruppen (QuellWZ) und belieferten Wirtschaftsgruppen (ZielWZ), ist auch in das Formular integriert.

Es gibt außerdem die Möglichkeit, die NST/R Gruppen anzeigen zu lassen, die Produkte aus der jeweiligen Wirtschaftsgruppe enthalten. Die NST/R-Klassifizierung ist die von den Transportstatistiken verwendete Güterklassifizierung. In einem weiteren Formular (siehe Abbildung 4.2) kann eine Auswertung der Fahrzeugstichprobe des Bundesamtes für Güterverkehr angezeigt werden, in der die Anteile der Ladeformen berechnet werden, in denen die Güter

4.1. Erarbeitung von Erzeugungsraten aus Statistiken

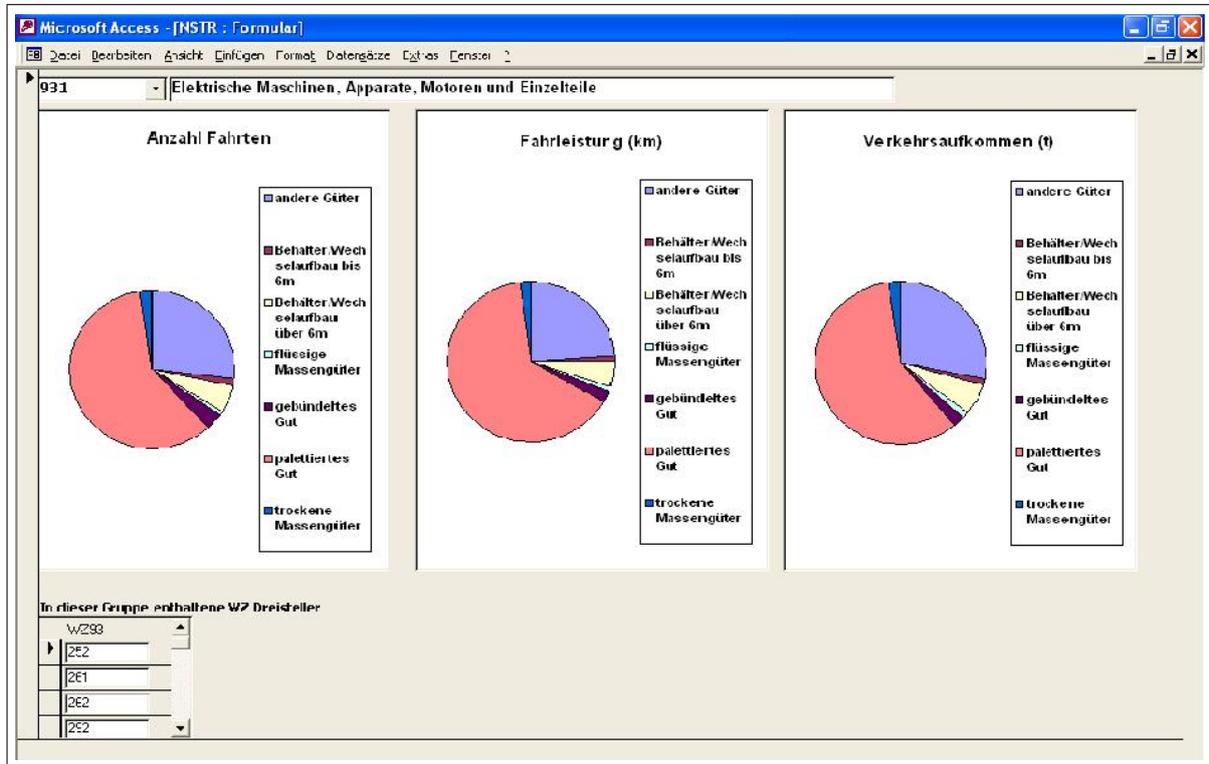


Abbildung 4.2.: Screenshot des Tools zur Darstellung der KBA-Stichprobe

der NST/R-Gruppe transportiert werden. Die Anteile werden nach Anzahl Fahrten, nach Fahrleistung und Verkehrsaufkommen berechnet.

Es wird in diesem Formular auch angezeigt, aus welchen Wirtschaftsgruppen die Güter der NST/R Gruppe stammen. Die Beziehung zwischen Wirtschaftsgruppen und NST/R-Gruppen ist eine m zu n Beziehung, da zu jeder Wirtschaftsgruppe meist mehrere NST/R-Gruppen und zu jeder NST/R-Gruppe mehrere Wirtschaftsgruppen existieren. Werden für das Modell aus Transportstatistiken für bestimmte Wirtschaftsgruppenrelationen Daten, wie zum Beispiel Ladungsgrößenverteilungen (siehe Abschnitt 5.2.2) ermittelt, so können die Daten deswegen meist nicht eindeutig aufgrund der Quellwirtschaftsgruppe gefiltert werden. Oft ist es hilfreich andere Attribute der Datensätze, die sich aus der Relation ergeben zu nutzen. Für die Relation Landwirtschaft zu Milchverarbeitung, werden zum Beispiel nur Tankwagen genutzt. Das Attribut Tank kann hier neben der NST/R Gruppe Milch bei der eindeutigen Identifizierung helfen.

4.1.3. Durchgeführte Berechnungen und offene Arbeiten

Für diese Arbeit wurden Produktionsmengen, zumeist in Tonnen, für die Wirtschaftsgruppen des produzierenden Gewerbes auf die oben gezeigte Weise ermittelt. Aufgrund der Lücken

durch die Geheimhaltungspflicht fehlen noch einige Wirtschaftsgruppen aus dem Bereich der Gewinnung von Rohstoffen (zum Beispiel Kohleproduktion). Auch fehlen noch die Produktionsmengen der Wirtschaftsgruppen der Landwirtschaft. Diese beiden Lücken dürften allerdings durch statistische Quellen zur landwirtschaftlichen Produktion und durch Veröffentlichungen zur Produktion von Kohle leicht zu schließen sein.

Des Weiteren wurden noch nicht die produzierten Volumina ermittelt. Dies kann aber in ähnlicher Form wie für die Mengen erfolgen. Es können für die verschiedenen Wirtschaftsgruppen auch Umrechnungsverhältnisse zwischen Mengen und Volumina anhand von typischen Produkten der Gruppe gebildet werden.

4.2. Telefonbefragungen von Verladern

Daten zu Verladern liegen oft in einer groben Struktur aus verschiedenen Quellen vor. Zum Beispiel existiert als Quelle für die Wirtschaftsverflechtungen die Input-Output Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung auf der Ebene der Wirtschaftsabschnitte (WZ-zweisteller - siehe Kapitel 5.1.1). Diese Daten können als erste Abschätzung verwendet werden. Soll das Modell aber detailliert nach Wirtschaftsgruppen arbeiten, so sind vor allem für die Verflechtung der Wirtschaftsgruppen (siehe Abschnitt 5.2.1) zusätzliche Erhebungen nötig. Im Rahmen dieser Arbeit wurde dazu exemplarisch eine Telefonbefragung durchgeführt. Darin wurden aus mehreren Wirtschaftsgruppen exemplarisch Verloader befragt.

Im Folgenden werden die Ziele dieser Befragung, die Vorgehensweise und die Resultate beschrieben. Außerdem wird anschließend eine Abschätzung für den Aufwand einer Befragung aller im Modell als Quelle auftretenden Wirtschaftsgruppen vorgenommen.

4.2.1. Ziele der Befragung

Es sollen bei der Befragung empirische Grundlagen für das Modell gelegt werden. Die Größen, nach denen gefragt wurde, stellen zentrale Bestimmungsgrößen eines Aktivitäten-basierten Modells dar. In der folgenden Aufzählung wird jeweils auf den entsprechenden Abschnitt in der Modellbeschreibung verwiesen, in dem die Größen beschrieben werden. Außerdem werden jeweils die andere Datenquellen genannt.

Jeder Verloader wurde zu den folgenden Größen befragt:

- Die Verflechtungen zu anderen Wirtschaftsgruppen (Auflösungsebene der WZ-Klassifizierung - siehe Abschnitt 5.1.1), das heißt, welchen Wirtschaftsgruppen die Unternehmen angehören, die der kontaktierte Verloader (oder ein typischer Verloader aus seiner Wirtschaftsgruppe) beliefert oder von denen er beliefert wird. Die daraus gewonnenen Daten dienen zum Aufbau des Verflechtungsgraphen, der in Abschnitt 5.2.1 beschrieben wird. Als Quelle steht hierzu auch die Input-Output Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zur Verfügung, die allerdings mit einer gröberen Auflösung (Wirtschaftsabschnitten) arbeitet.

- Die Anteile des Werkverkehr in der Wirtschaftsgruppe des kontaktierten Verladers (im Modell in Abschnitt 5.2.2). Als weitere Quelle existiert eine Veröffentlichung des Bundesamtes für Güterverkehr (**BAG (2000)**), die diese Anteile für Wirtschaftsabschnitte (gröbere Auflösung) liefert.
- Die Vergabearten der Verladern für Frachtaufträge. In Abschnitt 5.6 wird der Markt im Modell beschrieben. Dabei muss sich der Verladern für eine Vergabeart entscheiden. Die Anteile der Vergabearten sind also Daten, die für ein zukünftiges Modell zur Kalibrierung benötigt werden. Als weitere Quelle dieser Größe stehen lediglich Schätzungen von Experten zur Verfügung (siehe Abschnitt 4.3).
- Die Ladungsgrößenverteilungen der Frachtaufträge. Diese Bestimmungsgröße wird in Abschnitt 5.2.2 vorgestellt und wird zur Frachtauftragserzeugung im Modell benötigt. Als weitere Quelle für diese Größe dient die Fahrtenstichprobe des Bundesamtes für Güterverkehr.
- Die Vorlaufzeiten der Frachtaufträge. Auch diese Größe wird explizit in der Modellbeschreibung in Abschnitt 5.2.2 vorgestellt. Andere Quellen dieser Größe sind Auswertungen von Frachtaufträgen von Frachtenbörsen, Aussagen von Experten (siehe Abschnitt 4.3) oder Erfahrungen aus Speditionsbesuchen (siehe Abschnitt 4.4).
- Die Teilmärkte auf denen Transporte zwischen Wirtschaftsgruppen durchgeführt werden. In der Modellbeschreibung tritt diese Größe in Form der Zuordnungsmatrix zwischen Wirtschaftsgruppenrelationen und Teilmärkten auf (siehe Abschnitt 5.2.1). Als Quelle kann teilweise die Fahrtenstichprobe des Bundesamtes für Güterverkehr genutzt werden, in der Hinweise, wie die Art der Ladung bei bestimmte Gütergruppen gegeben sind.

4.2.2. Vorgehen bei der Befragung

Die Befragung lässt sich in drei Phasen aufteilen:

- die Vorbereitung,
- die Durchführung,
- und die Nachbearbeitung.

Die Vorbereitung

Zur Vorbereitung wurde zunächst die Produktionsdatenbank, die in Abschnitt 4.1 beschrieben wird, dazu genutzt, sich ein Bild der Wirtschaftsgruppe bezüglich deren Zusammensetzung und Produkte zu bilden. Außerdem wurde zum Einstieg in die Befragung die ermittelte Erzeugungsrate (siehe Abschnitt 4.1) genannt, die damit überprüft wurden. Zur weiteren Vorbereitung wurden die oben genannten anderen Quellen der Größen zur Hilfe genommen, um

die Antworten der Verlager abzuschätzen und eventuell bei dem Gespräch Vorschläge machen zu können. Des Weiteren wurde eine Übersicht der WZ-Klassifizierung vorbereitet, da die Gesprächspartner meist nicht die WZ-Bezeichnungen angaben, sondern die Wirtschaftszweige umgangssprachlich beschrieben. Mit Hilfe der Übersicht konnten die entsprechenden Bezeichnungen gesucht und beim Verlager entsprechend nachgefragt werden. Als letzter Schritt der Vorbereitung wurden die Telefonnummern von typischen Verlegern der Wirtschaftsgruppe ermittelt. Dieser Schritt kann mit dem Recherchesystem LexisNexis (siehe [LexisNexis](#)), zu dem die Universität Zugang hat, sehr stark vereinfacht werden. In diesem System ist es möglich, Unternehmen nach Wirtschaftsgruppen (WZ-Klassifizierung) und Regionen zu suchen. Es stehen Beschreibungen der Tätigkeit, Mitarbeiterzahlen, Adressen und Telefonnummern zur Verfügung.

Die Durchführung

Beim Gespräch wurde zunächst versucht, sich zu einem kompetenten Gesprächspartner (meist der Leiter der Logistik oder Mitarbeiter im Versand) weiterleiten zu lassen. Zur Eröffnung wurden einige Informationen zur Diplomarbeit und dem Sinn der Befragung gegeben. Danach wurde der Gesprächspartner um die Mitarbeit zu einer fünfminütigen Befragung gebeten.

Erklärte sich der Gesprächspartner bereit, wurde er darum gebeten, die Fragen möglichst repräsentativ für Betriebe seiner Wirtschaftsgruppe zu beantworten. Es stellte sich heraus, dass die Trennung der Fragen nach Wareneingang und Warenausgang sinnvoll war. Die Fragen wurden deshalb, bis auf die Frage nach der Erzeugungsrate, zunächst für den Wareneingang und anschließend für den Warenausgang gestellt:

- Entspricht der errechnete Output/Mitarbeiter (Erzeugungsrate) den Werten ihrer Produktion ? (Ziel der Frage war ein kompetenter Einstieg in die Befragung und die Überprüfung der errechneten Rate)
- Welche Wirtschaftszweige beliefern sie (bzw. von welchen werden sie beliefert) ? (Ziel der Frage war die prozentuale Aufteilung der Absatz/Liefermenge auf Wirtschaftsgruppen)
- Welche Größe (Gewicht und/oder Volumen) haben die Sendungen ? (Ziel der Frage war die Ladungsgrößenverteilung)
- Werden die Verkehre der Sendungen mit einem Werkverkehr durchgeführt, als Kontrakte ausgeschrieben oder als Frachtaufträge kurzfristig vergeben ?
 - Fall Werkverkehr: Wie lange im Voraus werden die Touren gebildet?
 - Fall Kontrakt: Für wie lange werden die Kontrakte vergeben und besteht dann ein fixer Fahrplan oder werden die Frachten kurzfristig angemeldet (wenn ja wann)?
 - Fall Frachtauftrag: Wann wird der Frachtauftrag dem Spediteur/Frachtführer gemeldet (wie lange vor Durchführung)?

(Ziel der Frage waren die Anteile des Werkverkehr/Kontrakte sowie die Vorlaufzeiten)

- Beauftragen Betriebe für den Transport spezialisierte Speditionen und welche Ladungsarten/Verpackungsarten werden verwendet? (Ziel war die Feststellung des Teilmarktes)

Die Antworten auf die Fragen wurden stichwortartig notiert. Bei zögerlichen Antworten, zum Beispiel bezüglich der prozentualen Aufteilung, wurden Vorschläge für die Antworten gegeben. Auch wurden bei Antworten die entsprechenden Wirtschaftsgruppen noch einmal mit der WZ-Bezeichnung genannt, um die Antwort zu verifizieren. Am Ende wurde dem Befragten für seine Mitarbeit gedankt.

Die Nachbearbeitung

Im Anschluss an die Befragung wurden aus den Notizen und den Erinnerungen entsprechende Einträge in ein Excel-Sheet vorgenommen. Es ist wichtig für eine eventuelle zukünftige Großbefragung, nachdem mehrere Verloader einer Wirtschaftsgruppe befragt wurden, die Resultate auszuwerten und zusammenfassend für die Wirtschaftsgruppe in eine Datenbank in standardisierter Form einzutragen.

4.2.3. Resultate und Empfehlungen

Es wurden bei der exemplarischen Durchführung Verloader der Wirtschaftsgruppen 151 bis 157 angerufen. Diese Gruppen wurden gewählt, da zu diesen einfach Adressen und Telefonnummern ermittelt werden konnten. Bei einer zukünftigen Befragung entfällt eine langwierige Suche, da Betriebsdaten zu Wirtschaftsgruppen über die Wirtschaftsdatenbank „Creditreform German Companies“ (über LexisNexis) abgefragt werden können. Insgesamt wurden 20 Anrufe durchgeführt, in 6 Fällen wurden Antworten auf die Fragen gegeben. In 4 Fällen wurde um einen späteren Anruf gebeten und in 10 Fällen wurde eine Befragung abgelehnt oder es war kein kompetenter Gesprächspartner zu erreichen. Insgesamt entspricht dies einer Erfolgsquote von ca. 30% (6/20).

In allen Fällen entsprach die Größenordnung der Erzeugungsraten der Produktion der Betriebe. Die restlichen Antworten sind in der Tabelle 4.1 für den Wareneingang und in Tabelle 4.2 für den Warenausgang wiedergegeben.

Bei den Antworten zu den Sendungen des Wareneingangs ist zu bemerken, dass die Antworten auf die Frage nach dem Transporteur meist nur aus einer passiven Sicht gegeben werden konnten. Sie fallen deswegen wesentlich ungenauer aus als die für die ausgehenden Sendungen. Die Fragen nach den eingehenden Ladungen sind insbesondere deswegen interessant, da durch die Gesamtheit der Antworten (ein- und ausgehend) auf die Struktur der Wirtschaftsgruppe geschlossen werden kann. Beispielsweise besteht die Wirtschaftsgruppe 151 (Schlachten und Fleischverarbeitung, Weiterverarbeitung Fleisch) eigentlich aus zwei Teilen, nämlich den Schlachtereien und der Fleischverarbeitung. Tiere werden zum Schlachten aus der Landwirtschaft angeliefert. Die Schlachtereie verarbeitet diese und liefert zum großen

4. Empirische Arbeiten

WZ-Gruppe	Unternehmen	Anteile Lieferungen	Sendungsgrößen	Ladungs/Verpackungsart	Tranporteur
151	Kleinemas westfälische Landmetzgerei	95% Schlachtbetriebe (151) 5% Gewürze 5% Verpackungsindustrie (212)	500kg - 20t	Kunststoffpaletten	Werkverkehr
152	ABS Fischexpress GmbH	5% Verpackungsindustrie (212) 95% Fischerei (050)	500-600 kg, (ca. 3-4 Paletten)	Paletten- und Styroporboxen	Kühlspedition
154	Erfurter Ölmühle	95% Pflanzenbau (011) 5% Verpackungsindustrie (212)	Volladung,	Schüttgut	20% Landwirte 80% Speditionen
155	Domspitz Milch	50% Tierhaltung (012) 50% Molkerei (155)	Volladung	Tank	Spedition (Kontrakte)
156	Heyl Mühlen GmbH & Co. KG	100% Landwirte (010)	Volladung (25t)	Schüttgut	Werkverkehr
157	Raiffeisen Kraftfutterwerk	40% Landwirtschaft (010) 45% Genossenschaft (010) 5% pharmazeutische Erzeugnisse (244)	Landwirtschaft: Volladung (chem. Industrie: 2-3t max. manchmal auch KEP)	Schüttgut oder Palette	Landwirte selbst LKW von Genossenschaften

Tabelle 4.1.: Antworten der Verlager zu eingehenden Lieferungen

WZ-Gruppe	Unternehmen	Anteile Lieferungen	Sendungsgrößen	Ladungs/Verpackungsart	Tranporteur
151	Kleinemas westfälische Landmetzgerei	80% Großhandel/Ketten(513) 20% Sonstiges Ernährungsgewerbe(158) z.B. Suppenherstellung	50kg-10t (20-30 Paletten)	Palette	über Kontrakte, Bekanntgabe 1 Tag vorher, Kühlspeditionen
152	ABS Fischexpress GmbH	50% Großhandel(513) 30% Einzelhandel(522) 20% Fischverarbeitung (152)	Paletten	Paletten- und Styroporboxen	30% Speditionen 70% Werkverkehr Bekanntgabe 2 Stunden vorher, Kühlspedition (Fisch)
154	Erfurter Ölmühle	30% Großhandel(513) 70% Sonstiges Ernährungsgewerbe(158)	5-32 Paletten	Palette	Kontrakte (1 Jahr) Bekanntgabe 4 Tage vorher
155	Domspitz Milch	10% Großhandel(513) 90% Einzelhandelsketten(513)	1-30 Paletten (2/3 als Komplettladung)	Palette	Kontrakte nach Richtung Bekanntgabe 48h vorher
156	Heyl Mühlen GmbH & Co. KG	50% Sonstiges Ernährungsgewerbe(158) 30% Einzelhandelsketten(513) 20% Bäckereien (522)	Volladung (25t)	Palette	90% Werksverkehr 10% Speditionen
157	Raiffeisen Kraftfutterwerk	60% Tierhaltung (012)) 40% Landwirtschaftlicher Großhandel (512)	30% 12t 70% 3-4t	Palette	Kontraktspedition Bekanntgabe 1 Tag vorher

Tabelle 4.2.: Antworten der Verlager zu ausgehenden Lieferungen

Teil an die Fleischverarbeitung. Beim Aufbau des Verflechtungsgraphen sind solche Informationen wichtig, da die ausgehenden Sendungen dieser Wirtschaftsgruppe zu einem großen Teil in die Wirtschaftsgruppe selbst versendet werden.

Insgesamt waren die Fragen etwas zu umfangreich für eine fünfminütige Befragung, was den Befragten unangenehm auffiel. Die Fragen nach den eingehenden Lieferungen sind für das Modell nur von zweitrangiger Bedeutung, da sie nur zur Kontrolle der Daten zu ausgehenden Lieferungen und als Informationsquelle zur Struktur der Wirtschaftsgruppe dienen können. Da es wichtig ist, eine möglichst kurze Zeit für das Interview einzuhalten, da sonst die Bereitschaft zu antworten nachlässt, wird empfohlen, die Nachfrage nach den Lieferungen lediglich auf die Zusammensetzung der Lieferanten und die eigene Durchführung des Transportes (Beispiel Werkverkehr bei Milchverarbeitung) zu beschränken.

Eine gute Vorbereitung des Gespräches ist bezüglich der Qualität der Antworten und der Dauer des Gespräches unerlässlich. Durch eigene Vorschläge und gezielte Nachfragen können die Qualität der Antworten gesteigert werden und die Dauer des Gespräches reduziert werden.

4.2.4. Aufwandsabschätzung für Großbefragung

Im Modell gibt es 123 Wirtschaftsgruppen, die als Quelle von Frachtaufträgen fungieren (siehe Anhang C.1), für die also eine Ermittlung der Anteile der Zielwirtschaftsgruppen (Verflechtungsgraph) notwendig wäre. Für jede Wirtschaftsgruppe sollten drei erfolgreiche Gespräche geführt werden, um Irrtümer und zufällige Abweichungen auszuschließen. Das entspricht 369 erfolgreichen Gesprächen oder, bei einer angenommenen Erfolgsquote von 30%, 1230 versuchten Anrufen (861 erfolglosen Anrufen).

Arbeitsschritt	Zeitbedarf (in min)	Anzahl Wiederholungen	Zeitbedarf gesamt (in min)
Vorbereitung einer Wirtschaftsgruppe	15	123	1'845
Erfolgreicher Anruf	15	369	5'535
Notieren der Ergebnisse	10	369	3'690
Auswertung der Wirtschaftsgruppe	15	123	1'845
Erfolglose Anrufe	5	861	4'305
Gesamter Zeitbedarf in Minuten:			17'220

Tabelle 4.3.: Kalkulation einer kompletten Befragung

In Tabelle 4.3 wird der Zeitaufwand für eine solche Befragung abgeschätzt. Dabei sind die Zeiten für die einzelnen Arbeitsschritte großzügig gerechnet, so dass die errechnete Gesamtzeit eine obere Schranke des Aufwandes darstellt. Insgesamt wären nach der Kalkulation ca. 287 Arbeitsstunden nötig, um eine solche Erhebung durchzuführen. Als Output erhielte man eine nach Wirtschaftsgruppen detaillierte Verflechtungsmatrix sowie empirische Daten zu Ladungsgrößenverteilungen, Vorlaufzeiten und Vergabearten von Frachtaufträgen detailliert nach Wirtschaftsgruppen.

4.3. Experteninterviews zur Ermittlung der Marktstruktur

Vor Beginn der Modellierung des Marktes wurden mehrere Experteninterviews geführt und Studien gelesen, um ein Bild von der Struktur des Straßengüterverkehrsmarktes zu bekommen. Die Experteninterviews dauerten jeweils zwei bis drei Stunden und wurden mit einer ca. zwanzigminütigen Präsentation eröffnet, die schematisch eine Aktivitäten-basierte Güterverkehrsmodellierung, wie sie in dieser Arbeit vorgestellt wird (siehe Kapitel 5), skizzierte. Das Ziel dieser Präsentation war es, die Zielsetzung des Interviews zu zeigen und eine Diskussion über die Struktur des Straßengüterverkehrs zu initiieren. Außerdem wurde im Vorfeld ein Katalog mit potentiellen Fragen ausgearbeitet, der den Interviewpartnern vor dem Gespräch zugesandt wurde, um sie auf mögliche Inhalte vorzubereiten. Die Aussagen dieser Diskussionen wurden bei der Modellierung beachtet.

Es zeigte sich, dass es sinnvoll war, das Gespräch frei zu führen, da viele Einzelfragen nicht von jedem Interviewpartner beantwortet werden konnten und durch das freie Gespräch mehr Informationen gesammelt werden konnten. Im Anschluss an das Interview wurde jeweils eine schriftliche Zusammenfassung der Kernaussagen erstellt. Es wird darauf verzichtet die Gesprächsprotokolle hier aufzuführen, da die Gespräche teilweise auf informeller Basis geführt wurden und deswegen eine genaue Zuordnung der Aussagen zu Gesprächspartnern nicht möglich sein soll. Die dargestellten Ergebnisse können als persönliche Schlussfolgerung der Interviewer gesehen werden, sie werden allerdings an manchen Stellen mit Verweisen auf Aussagen der Interviewten und zugrundeliegenden Studien versehen. Gesprächspartner bei den Experteninterviews waren:

- Mitarbeiter der Fraunhofer Arbeitsgruppe für Technologien der Logistikdienstleistungswirtschaft (ATL) (siehe TOP100 (Klaus (2003))),
- Geschäftsführer der Frachtenbörse Cargoclix,
- Mitarbeiter des Instituts für Mobilitätsforschung (DaimlerChrysler),
- Mitarbeiter und Geschäftsleitung der Firma LOCOM.

Zusätzlich dienen folgende Quellen als Grundlage für die Marktbeschreibung :

- Speditionsbesuche (siehe Abschnitt 4.4),
- Gespräche auf der Logistikmesse in München mit Vertretern von Speditionen und Frachtenbörsen,
- Studie Top100 der Logistik (Klaus (2003)),
- Verladerverhalten Schweiz (Kaspar u. a. (2000)),
- Jahresbericht des BGL (siehe BGL (2002)),
- Marktbeobachtung Güterverkehr des BAG (siehe BAG (2002)) und

- Mehrere Artikel der Zeitschrift „Internationales Verkehrswesen“ (zum Beispiel [Zapp \(2002\)](#)).

Die Marktbeschreibung erfolgt in mehreren Teilen. Zunächst soll die Segmentierung des Marktes behandelt werden, die oft der zentrale Gegenstand der Diskussionen war. Je nach Arbeitsgebiet hatten die Interviewpartner darauf verschiedene Sichtweisen. Nach der Marktsegmentierung werden die Akteure im Markt und deren Interaktion untereinander dargestellt.

4.3.1. Segmentierung des Marktes

Es gibt, je nach Sichtweise auf den Markt, verschiedene Dimensionen, anhand derer sich der Straßengüterverkehrsmarkt kategorisieren lässt. Diese werden im Folgenden dargestellt.

Ladungsarten und notwendige Transportgefäße

Die Art der Ladung stellt Anforderungen an den Transport, wie zum Beispiel die Art des notwendigen Transportgefäßes. Daraus ergibt sich eine erste Aufteilung des Marktes. Unterschiedliche Ladungsarten sind beispielsweise :

- Allgemeines Ladungsgut: Güter ohne spezielle Anforderungen. Sie machen einen großen Anteil der Transportleistung (in tkm) aus. Es handelt sich dabei meist um palettierte oder gebündelte Güter. Diese haben ungefähr einen Anteil von 50% an der Beförderungsleistung (tkm) der deutscher Lastkraftwagen (siehe [BAG \(2003\)](#)).
- Schüttgut: Güter, wie zum Beispiel Steine und Erden. Nach dem Transportvolumen ist dies die größte Gruppe: Steine und Erden einschließlich Baustoffe bilden ungefähr die Hälfte des Transportvolumens (in t) des Straßengüterverkehrs (siehe [BAG \(2000\)](#)). Da diese Güter durchschnittlich nur über kleine Distanzen transportiert werden, liegt ihr Anteil an der Transportleistung (in tkm) wesentlich niedriger. Sie sind daher auch zum großen Teil nicht Objekt einer Fernverkehrsmodellierung.
- Silogut: Alle Arten von Rieselgütern, die mit Silofahrzeugen transportiert werden können. Dazu zählen landwirtschaftliche Produkte, Chemikalien oder Baustoffe.
- Flüssige Güter: Güter, die in Tankfahrzeugen transportiert werden. Dazu zählen Lebensmittel, Mineralöl, oder Chemikalien.
- Kühlgut: Güter, die während des Transportes gekühlt werden müssen. Meistens handelt es sich um Lebensmittel.
- Gefriergut: Güter, die während des Transportes in gefrorenem Zustand gehalten werden müssen. Meistens handelt es sich um Lebensmittel.
- usw.

Obwohl die Aufteilung nach Ladungsarten eindeutig erscheint, gibt es in der Praxis gelegentlich Überschneidungen. Sand kann zum Beispiel als Schüttgut, als Silogut oder in Säcken als palettiertes Gut transportiert werden (siehe Speditionssteckbriefe in Anhang B).

Ladungsmengen

Vor allem beim allgemeinen Ladungsgut ist die Unterteilung nach Ladungsmengen (oder Ladungsgewicht) eine weitere wichtige Dimension, da sich die Transportketten sehr unterscheiden. Die Top100 Studie (Klaus (2003)) definiert dafür klare Grenzen :

- KEP (Kurier, Express und Pakete - Ladungen bis 30 kg): Dieser Teil des Güterverkehrsmarktes wird durch einige große Anbieter bedient, die deutschlandweite Paketnetze unterhalten.
- Stückgut (Ladungen mit 30kg bis 2,5t): Auch dieser Teil des Marktes wird durch deutschlandweite Netzwerke bedient. Nach einer Studie im Auftrag des Deutschen Verkehrsforums (Elmar Herzog und Partner Management Consultants (2002)) können auf dem deutschen Markt mindestens 10 flächendeckende Stückgutnetze existieren. Neben den großen Logistikkonzernen (ABX, Dachser, Danzas, Gefco und Schenker) sind dies die Stückgutverbände der mittelständischen Speditionen wie Cagoline oder 24plus. Bei den Verkehren dieser Netze kann zwischen Sammelfahrten, Verteilfahrten und Verbindungsfahrten (Fernfahrten) zwischen den Hubs unterschieden werden. Die Fernfahrten bestehen aus gebündeltem Stückgut und sind eigentlich Ganz/Teilladungen.
- Ganz/Teilladungen (Ladungen mit mehr als 2,5t) : Mit über 90% des umgeschlagenen Volumens des allgemeinen Ladungsverkehrs (siehe Klaus (2003)) ist dies der wichtigste Teil des allgemeinen Ladungsverkehrs. Allerdings ist der Anteil am Umsatz wesentlich geringer (Umsatz ca. 50% - siehe Klaus (2003)) und wie der geringe Anteil an abgewickelten Aufträgen zeigt (ca. 5% - siehe Klaus (2003)), sind die logistischen Leistungen wesentlich geringer. Dieser Teil des Marktes ist sehr zersplittert (die größten zehn Anbieter des Straßengüterverkehrs haben lediglich einen Anteil von 2 bis 3% - siehe Klaus (2003)) und teilt sich auf viele kleine Anbieter des gewerblichen Straßengüterverkehrs und den Werkverkehr auf. Da für die Rampe zu Rampe Verkehre mit standardisierten Gütern weder eine spezielle Ausrüstung noch ein deutschlandweites Netzwerk notwendig ist, existieren kaum Eintrittsbarrieren in diesen Markt. Dies erklärt die starke Zersplitterung. Da die Transportleistungen meist standardisiert sind und daher die Dienstleister austauschbarer sind, können Aufträge gut über Frachtenbörsen vergeben werden. Deswegen ist dies der hauptsächliche Markt für Frachtenbörsen (Aussage: Geschäftsführer Cargoclix).

Destinationen

Der Verkehr kann nach den verschiedenen geographischen Relationen aufgeteilt werden (zum Beispiel Osteuropaverkehre). In der Praxis (siehe Speditionssteckbriefe in Anhang B) spezia-

lisieren sich die Speditionen und die Frachtführer teilweise tatsächlich auf einige Relationen. Allerdings werden gegenüber den Verladern alle Relationen angeboten. Die Aufträge, die selber nicht gefahren werden können, werden an andere Speditionen oder Frachtführer über den Spotmarkt (Markt für die kurzfristige Vergabe von Frachtaufträgen) weitergegeben.

Entfernungen und Verkehrsart

Die Statistiken des KBA und des BAG trennen zwischen Nah- (bis 50km), Regional- (51km bis 150km) und Fernverkehren (mehr als 150km) sowie zwischen dem gewerblichen Güterverkehr und dem Werkverkehr. Diese Aufteilungen waren aufgrund der Marktregulierungen, die bis in die neunziger Jahre bestanden, naheliegend. Heute kann die Aufteilung nach Entfernungen für verschiedene Fahrtentypen dienen, die Grenzen sind allerdings sehr unscharf.

Wirtschaftsklassifizierungen und logistische Funktionen

Aus der Sicht der Verloader, macht eine Einteilung des Marktes nach verschiedenen Wirtschaftsbereichen Sinn. So sind beispielsweise die Frachtaufträge für Baustellenverkehre grundsätzlich unterschiedlich zu den Frachtaufträgen der Baumärkte, obwohl die gleichen Güterarten transportiert werden. Zusätzlich ist es bei einer Aufteilung nach Wirtschaftsbereichen sinnvoll, auch nach logistischen Funktionen, wie der Beschaffungslogistik und der Distributionslogistik zu trennen.

Gewicht der Nutzfahrzeuge

Eine andere Segmentierung ist aus Sicht eines Nutzfahrzeugherstellers, wie DaimlerChrysler, notwendig. Es kann zwischen den Klassen bis 3,5t, 7,5t, 12t, 18t und 24t Nutzlast unterschieden werden. Jede Klassengrenze hat ihre Wurzel in technischen oder gesetzgeberischen Rahmenbedingungen. So ist die 7,5t Grenze durch die ehemalige Führerscheinebegrenzung entstanden und die 18t (bzw.24t) Nutzlast-Grenze kann auf die Anzahl der Achsen (drei bzw. vier) zurückgeführt werden. Teilweise ist eine ungefähre Zuordnung der Fahrzeuge zu den durch andere Segmentierungen gebildeten Teilmärkten, möglich. So werden beim Sammel- und Verteilverkehr des Stückgutes oft 12t Nutzlast Fahrzeuge eingesetzt und bei KEP-Auslieferungsfahrzeugen handelt es sich meist um 3,5t Nutzlastfahrzeuge.

Verwendete Segmentierung dieser Arbeit

Mit den genannten Dimensionen ist keine vollständige Partition des Marktes möglich, da sich bei Kombination der Dimensionen die Einteilungen überschneiden. Für den Aufbau eines Aktivitäten-basierten Modells (siehe Kapitel 5) ist es wichtig, Teilmärkte zu unterscheiden, die nicht überlappen, bei denen also ein Wechsel der Akteure zwischen Teilmärkten selten ist. Es wird für das Modell eine Aufteilung in Teilmärkte vorgeschlagen, die an die Marktsegmentierung der Top100-Studie angelehnt ist (siehe Abschnitt 5.1.2). Es werden dabei Ladungsarten

und Ladungsgrößen beachtet. Zusätzlich fließen mit der Frachtauftragserzeugung durch Betriebe die Spezialitäten der verschiedenen Wirtschaftsgruppen ein. In bestimmten Bereichen wird auch zwischen dem Werkverkehr und dem gewerblichen Verkehr unterschieden.

4.3.2. Marktstruktur

Um eine einfache Beschreibung der Interaktion und der Akteure im Markt des gewerblichen Güterverkehrs zu geben, eignet sich ein Schema, das in einer Unternehmenspräsentation der Firma Cargoclix benutzt wird (siehe Abbildung 4.3).



Abbildung 4.3.: Traditionelle Struktur des Straßengüterverkehrsmarktes (Quelle: Cargoclix)

Verlader vergeben in der Regel ihre Frachtaufträge in Form von Kontrakten an die Speditionen. Deren Funktion ist in diesem Schema eine reine Koordinationsdienstleistung, da der Transport von den Frachtführern durchgeführt wird, die über den Spotmarkt von den Speditionen beauftragt werden. Auf beiden Märkten werden nach Schätzung von Cargoclix ca. 5% der Aufträge über Frachtenbörsen gehandelt. Der Rest von ca. 95% wird per Telefon oder traditioneller Ausschreibung vergeben.

Kontrakte zwischen Verladern und Speditionen werden nach Aussagen der besuchten Speditionen (siehe Steckbriefe Anhang B) und Cargoclix für die Dauer eines halben oder ganzen Jahres abgeschlossen. In der Praxis besteht ein Kontrakt daraus, dass sich der Verlader verpflichtet, Transporte einer bestimmten Art (z.B. nach Menge oder Destination) an einen Spediteur zu vergeben. Dieser garantiert ihm dafür einen festen Preis. Nach Aussage aus dem Interview bei der Firma LOCOM sind in Branchen mit speziellen Anforderungen, wie der Chemie, auch Laufzeiten von zwei Jahren üblich. Frachtenbörsen, auf denen solche Kontrakte ausgeschrieben werden, sind zum Beispiel Cargoclix oder Benelog. Oft werden auch auf Börsen der Verlader selbst, wie zum Beispiel Portivas (Deutsche Post), Verkehre ausgeschrieben.

Nach Aussage von Cargoclix dauert der Ausschreibungs- und der Prozess des Bietens ca. drei bis vier Wochen, der Startzeitpunkt der Leistungserbringung liegt ungefähr zwei bis vier Wochen nach der Vergabe des Kontraktes. Cargoclix schätzt, dass Kontrakte zu 60% aus Fahrten in eine Richtung, zu 20% aus Rundverkehren und zu 20% aus komplexen Mustern wie Verteil- und Sammelfahrten bestehen.

Die tägliche Vergabe von einzelnen Frachtaufträgen und der Austausch von Frachten findet über die Spotmärkte statt, auf denen traditionell nur Speditionen und Frachtführer vertreten sind. Durch den gestiegenen Konkurrenzdruck und die Notwendigkeit für Speditionen und Frachtführer, Rückfrachten zu bekommen, werden in diesem Bereich immer mehr Frachtenbörsen genutzt („der Wunsch nach Auslastungsoptimierung treibt die Transporteure“ [Zapp](#)

(2002), „Die schwierige wirtschaftliche Situation zwingt viele (...) neue Wege zur Senkung ihrer Kosten zu gehen (...) eine zunehmende Nutzung von Frachtenbörsen.“ BAG (2002)).

Große Frachtenbörsen des Spotmarktes, wie Teleroute und Timocom (auf beiden ca. 50'000 Frachtaufträge pro Tag), funktionieren in der Weise eines schwarzen Brettes. Beide genannten Börsen sind ausschließlich Speditionen und Frachtführern vorbehalten und nicht für Verloader geöffnet. Vor allem für die Rückfrachtsuche werden diese Frachtenbörsen genutzt. Die deutschen Frachtführer und Speditionen fürchten allerdings den Kostendruck, der von diesen Börsen ausgeht, vor allem deswegen, weil sie ausländischen und ortsunkundigen Frachtführern den Eintritt in den regionalen Markt ermöglichen (siehe BAG (2002)).

In der Realität gestaltet sich die Situation des Marktes und die Definitionen der Spieler schwieriger. Andeutungsweise ist dies in Abbildung 4.4 gezeigt. Speditionen und Frachtführer

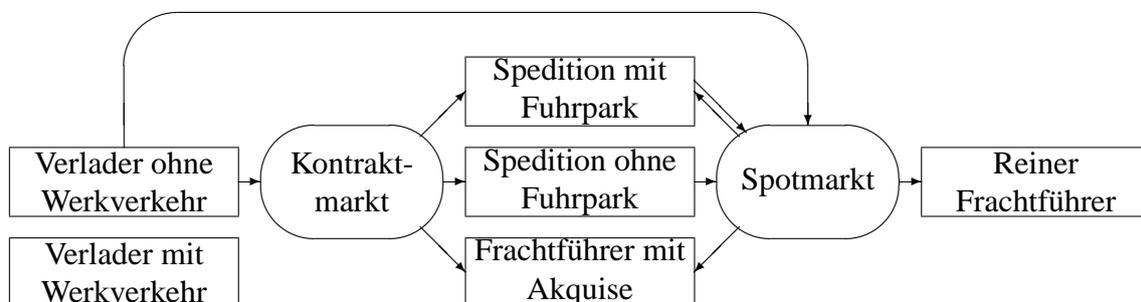


Abbildung 4.4.: Komplexere Struktur des Marktes

existieren in der Praxis meist nicht in Reinform. Es existieren Speditionen, die einen Fuhrpark haben, also gleichzeitig Frachtführer sind und Frachtführer, die auch selber direkt von einzelnen Verladern Frachtaufträge bekommen. Auf der anderen Seite gibt es Verloader, die auf ihren eigenen Frachtenbörsen auch kurzfristig einzelne Frachtaufträge vergeben, wie dies auf dem Spotmarkt der Fall ist. Ein Beispiel dafür ist Transporeon, eine Börse, die von Goodyear gegründet wurde.

Um die Begriffe Frachtführer und Spediteur genauer zu trennen, könnte man einen Spediteur als einen Akteur definieren, dessen Auftraggeber Verloader sind und der die Frachtaufträge zumindest teilweise über den Spotmarkt vergibt. Seine Hauptfunktion ist die Koordination des Transportes. Ein Frachtführer hingegen akquiriert nur Frachtaufträge, die er selber durchführt, meist sind seine Auftraggeber Speditionen. Seine Hauptfunktion besteht aus dem Transport der Güter.

Das Schema vermittelt den Eindruck, der Spediteur sei für den Verloader, der seine Frachten auch direkt an den Frachtführer vergeben kann, überflüssig. Der Spediteur bietet dem Verloader aber zwei wichtige Funktionen, die durch das Schaubild nicht verdeutlicht werden:

1. Er garantiert dem Verloader den Transport zu einem gegebenen Preis und in einer vereinbarten Zeit. Er übernimmt das Risiko.

4. Empirische Arbeiten

2. Er besitzt die Kompetenz zur Organisation der Frachtführer. Der Verlader muss sich nicht mit den Gegebenheiten im Markt auskennen und die Kontakte zu den Frachtführern suchen. Allerdings ist es durch die Frachtenbörsen für die Verlader einfacher geworden, mit Frachtführern in Kontakt zu kommen.

Bei Gesprächen mit Speditionen (siehe Anhang B) fiel, bei der Frage nach den Vorzügen einer Spedition oft der Begriff „Qualität“. Bei Nachfrage nach einer genaueren Definition, wurden folgende Punkte genannt:

1. Pünktlichkeit,
2. Transportgarantie,
3. Zusatzausstattung für spezielle Anforderungen,
4. Moderne Fahrzeuge,
5. Ausbildung der Fahrer.

Durch die Garantie dieser Qualitätsmerkmale übernimmt der Spediteur das Risiko einen Frachtführer zu finden, der diese erfüllt. Ist er selbst mit einem Fuhrpark ausgestattet, kann er diesen dafür einsetzen.

4.3.3. Einzelne Akteure des Marktes

Im Folgenden wird auf die Akteure des Marktes, die Verlader, die Frachtführer und die Speditionen genauer eingegangen.

Verlader

Verlader lassen sich zunächst in solche mit und ohne eigenen Werkverkehr einteilen. Diejenigen, die Transporte mit dem eigenem Werkverkehr durchführen, werden immer weniger (siehe [BAG \(2002\)](#)). Vom Jahr 2001 zum Jahr 2002 ist der Anteil des Werkverkehrs am Transportvolumen demnach von 48.2% auf 46.1% zurückgegangen, der Anteil an der Transportleistung sogar von 28.5% auf 26.7%. Laut einer Studie des Deutschen Verkehrsforums (siehe [Elmar Herzog und Partner Management Consultants \(2002\)](#)) kommen Werkverkehre vor allem bei Handelsunternehmen mit Auslieferungen aus Zentrallagern vor, im produzierenden Gewerbe sind sie jedoch selten geworden.

Bei Verladern ohne einen eigenen Werkverkehr lassen sich zwei große Strategien erkennen. Die erste besteht aus einer kompletten Abgabe der Organisation des Transportes an Speditionen. Gerade bei mittelständischen und kleinen Unternehmen ist diese verbreitet (siehe Abschnitt B). Sie beauftragen eine oder mehrere Speditionen mit jeweils bestimmten Aufgaben. Eine zweite Strategie ist bei großen Verladern, die beim Transport Rationalisierungspotential sehen, zu finden. Sie versuchen, zum Beispiel durch eigene Internetbörsen, mehr

Einfluss zu gewinnen. Wurden früher bei einer Ausschreibung ca. 20 Speditionen angeschrieben, (Aussage Cargoclix) so können heute über öffentliche Frachtenbörsen (aber auch eigene Internetmarktplätze) sehr viel mehr erreicht werden. Durch die neuen Marktplätze wurde also das Sichtfenster der Verladern sehr erweitert. Mit Börsen wie Transporeon gehen Verladern sogar soweit, einzelne Aufträge direkt an Frachtführer zu vergeben.

Die Studie von [Elmar Herzog und Partner Management Consultants \(2002\)](#) stellt bei einer Umfrage unter den Verladern fest, dass zwar standardisierte Leistungen über das Internet eingekauft werden, bei komplexeren Leistungen die Anbieter jedoch persönlich kontaktiert werden. Bei DaimlerChrysler werden beispielsweise die Transporte regional vergeben und oft werden regional ansässige mittelständische Speditionen beauftragt, die sich auf die speziellen Anforderungen der Betriebe eingestellt haben. Wie andererseits eine schweizer Studie über das Verladerverhalten (siehe [Kaspar u. a. \(2000\)](#)) zeigt, versuchen die Betriebe, die Anzahl der Speditionen, mit denen sie zusammenarbeiten, gering zu halten.

Die Einbindung der Transportleistung in die Supply Chain wird als ein wichtiges Ziel unter Verladern angesehen (siehe [Kaspar u. a. \(2000\)](#)). Doch obwohl darin „noch ungenutzte Potenziale sowohl für den Dienstleister als auch für den Beteiligten der Lieferkette“ bestehen, „werden die Logistikdienstleister meist nicht weitgehend einbezogen“ ([Baumgartner \(2003\)](#)). Diese Aussage deckt sich mit den Aussagen in den Interviews. Auch bei den Speditionen gab es nur zwei Beispiele für eine Integration der Systeme von Verladern und Spedition. Das erste war die Frachtenbörse Transporeon. Goodyear verpflichtet alle seine Speditionen und Frachtführer die Frachtaufträge über dieses System anzunehmen und beendet damit die sonst übliche Beauftragung über Fax. Das zweite Beispiel ist ein Lager, das die Firma Grieshaber für einen Kunden betreibt. Hier werden Versandaufträge im Lager direkt aus dem SAP-System entnommen. Die Spedition Grieshaber ist also an das System des Verladers angeschlossen. Eine komplette Integration ist jedoch nicht realisiert, denn die Aufträge werden weiterhin per Fax an die Dispositionsabteilung gesendet.

Frachtführer

Unter Frachtführern können Unternehmen des Straßengüterverkehrs verstanden werden, die ihre Frachtaufträge meist von Speditionen bekommen und die Frachtaufträge nur akquirieren, um sie selber zu transportieren, also diese nicht oder selten weitergeben. Ihre Hauptfunktion ist der Transport der Güter. Typischerweise arbeiten die Frachtführer hauptsächlich mit Teil/Ganzladungen und standardisiertem Gut. Sie können also sehr gut die Frachtenbörsen nutzen.

Frachtführer sind oft auf bestimmte Relationen spezialisiert. Bei den Besuchen in Speditionen wurde auch Frachtführern begegnet, die sich auf bestimmte Fahrtenmuster festgelegt haben, die sie regelmäßig fahren. Bei ITC (siehe Anhang B) wurde zum Beispiel mit einem Frachtführer zusammengearbeitet, der wöchentlich das Muster Stuttgart-Manchester-London-Paris-Stuttgart bediente und auf diesen Relationen zum großen Teil regelmäßige Frachten hat.

Neben diesen Frachtführern existieren aber auch solche, die nach dem Vorbild von Trucker-Speditionen fahren. Diese fahren von einem Frachtauftrag zum nächsten, ohne auf Relationen

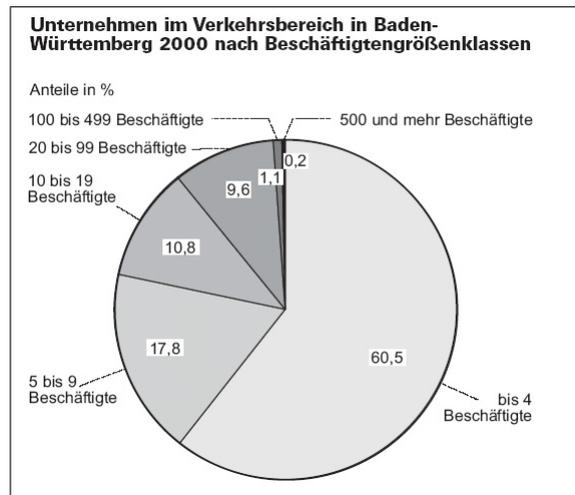


Abbildung 4.5.: Verteilung der Unternehmensgrößen im Verkehrssektor ([Statistisches Landesamt Baden-Württemberg \(2003\)](#))

oder Muster zu achten.

Es wurde auch berichtet, dass viele Frachtführer existieren, die für Betriebe einzelne Verkehre fahren und sich zurück über Speditionen oder Frachtenbörsen Rückladungen suchen.

Neben vielen kleinen Frachtführern, die teilweise auch nur reine Subunternehmer von Speditionen sind, existieren auch Frachtführer mit großem Fuhrpark. Wie in Abbildung 4.5 zu sehen ist, wird der Markt aber hauptsächlich durch die vielen kleinen Frachtführer geprägt. Wie das statistische Landesamt in seiner Veröffentlichung schreibt ([Statistisches Landesamt Baden-Württemberg \(2003\)](#)), kann man aus dieser Statistik leider nicht erkennen, ob diese als eigenständige Unternehmen arbeiten, oder als Subunternehmer von Speditionen auftreten, die diese komplett disponieren.

Speditionen

Speditionen sind Unternehmen des Straßengüterverkehrs, die sich mit der Organisation und Vermittlung des Transportes beschäftigen, die ihre Frachtaufträge also von Verladern bekommen und akquirieren und die diese zumindest teilweise an Frachtführer weitergeben. Ihre Hauptfunktion ist die Koordination des Transportes. Viele Speditionen verfügen über einen eigenen Fuhrpark und transportieren Frachten damit auch selber.

Ergänzend zum Transport bieten die Speditionen eine Reihe von Zusatzleistungen. Neben den traditionellen Leistungen wie Lagerhaltung und Kommissionierung geht dies bis zur Übernahme von logistischen Abläufen im Produktionsprozess und sogar kleineren Monatgearbeiten. Bei den Speditionsbesuchen konnte dies allerdings nur bei einer Spedition (Grieshaber) beobachtet werden, die teilweise in die Produktionslogistik eingebunden ist.

Im Stückgutmarkt sind vor allem Anbieter mit deutschlandweiten Netzen tätig. Neben

den großen deutschlandweit aktiven Speditionen sind dies Kooperationsnetzwerke, wie zum Beispiel Cargoline oder 24plus. Die Speditionen, die an diesen Netzwerken beteiligt sind, haben Deutschland in Regionen aufgeteilt, die jeweils von einer Spedition bedient werden. Untereinander tauschen sie über Begegnungsverkehre, direkte Verkehre oder ein zentrales Umschlagslager das gesammelte Stückgut aus (siehe Anhang B). Jede Spedition beschränkt sich bei der Akquise von Frachtaufträgen auf Verladern ihrer Region und verhindert so den Wettbewerb unter den Teilnehmern des gleichen Netzwerkes. Bei den Verkehren kann zwischen Sammelfahrten, Verteilfahrten und Verbindungsfahrten unterschieden werden. Verbindungsfahrten sind Teil- oder Ganzladungsfahrten mit gesammeltem Stückgut.

Der Markt für Ganz/Teilladungen ist stark umkämpft. Handelt es sich um standardisierte Ganz/Teilladungen (z.B. Paletten), so ist der Preis für den Transport auf dem Spotmarkt sehr niedrig. Speditionen vermeiden es deswegen, über den Spotmarkt akquirierte Frachtaufträge zu fahren. Ausnahme sind Rückfrachten zur Vermeidung von Leerfahrten. Sie nutzen den eigenen Fuhrpark vor allem für Verkehre mit Gütern mit besonderen Anforderungen (spezielle Vorrichtungen etc.) oder zum Sammeln einzelner Teilladungen, die sie dann zusammengestellt als Ganzladung billig von Frachtführern fahren lassen.

Die meisten Speditionen konzentrieren sich auf bestimmte Relationen, bieten aber dem Kunden gegenüber alle Verkehre an, die sie dann an andere, darauf spezialisierte Speditionen oder Frachtführer weitergeben. Außerdem findet eine Konzentrierung auf die Spezifika der Kunden statt. Dadurch können besondere Leistungen selber erbracht werden und standardisierte Leistungen an andere weitervermittelt werden. Die Akquise von Aufträgen findet in der eigenen Region statt. Werden bestimmte andere Regionen immer angefahren wird versucht auch dort einen Kundenkreis aufzubauen.

Die Speditionen geben Frachtaufträge vor allem an Speditionen und Frachtführer weiter, mit denen sie kooperieren. Dies geschieht meist über telefonische Nachfrage. Wird auf diese Weise kein Transporteur gefunden, werden Frachtführer über Frachtenbörsen gesucht.

Frachtenbörsen dienen oft zur ersten Kontaktabahnung. Wird ein Verkehr mit einem Frachtführer erfolgreich durchgeführt, so wird dieser bei der nächsten Fracht, die in dessen Fahrtenmuster passt, direkt kontaktiert. Gerade in fremden Regionen oder für neue Frachtführer oder Speditionen auf dem Markt sind die Frachtenbörsen ein gutes Medium ins Geschäft zu kommen.

Die tägliche Arbeitsweise bei der Disposition der Speditionen ist Gegenstand des nächsten Abschnittes.

4.4. Disposition - Speditionsbesuche

In diesem Abschnitt soll die Tourenbildung und die Disposition in der Praxis näher beleuchtet werden. Dazu werden zuerst die Beobachtungen der Speditionsbesuche dargestellt und anschließend die Themen Fahrtenmuster und Preisbildung näher betrachtet.

4.4.1. Speditionsbesuche

Zuerst sollen die Ergebnisse aus den Speditionsbesuchen dargestellt werden. Um weitere Einblicke in den Güterverkehrsmarkt zu gewinnen und vor allem um das Vorgehen von Speditionen bei der Disposition kennenzulernen, wurde bei vier Speditionen verschiedener Teilmärkte jeweils ein Tag verbracht. Dabei wurde die Disposition beobachtet und Gespräche über die Akquisition von Frachtaufträgen geführt. Im Folgenden werden zu den verschiedenen Punkten jeweils die Aussagen der Speditionen oder die Beobachtungen, die gemacht wurden, in kleinen Tabellen zusammengefasst. Für eine detaillierte Betrachtung jeder einzelnen Spedition wurde für jede ein Steckbrief erstellt, die den Speditionen jeweils zur Überprüfung zugesandt wurden (siehe Anhang B).

Angebot und Akquise (Tabelle 4.4)

Spedition	Transportangebot	Durchführung	Angebote (außer Transport)	Kunden
Kunze	Allgemeines Ladungsgut (KEP, Stückgut, Teil/Ganzladungen)	KEP durch Partner, Stückgut durch Netzwerk	Lagerlogistik	Verlader aus der Region (oft Mittelstand)
Grieshaber	Allgemeines Ladungsgut (national und international)	Vergabe von 50% der Aufträge über Charterabteilung (vor allem international)	Lagerhaltung, Kommissionierung, Papierlogistik	Verlader aus der Region (viele Papierhersteller)
Bäumle	Silotransporte (meist Ganzladungen) Schüttguttransporte Teil/Ganzladungen	Zu 90% selber	Silolager	Verlader aus der Region (und einige aus Zielregion)
ITC-Stuttgart	Großbritannienverkehre Allgemeines Ladungsgut, meist Teil/Ganzladungen	Kein eigener Fuhrpark, 85% durch feste Frachtführer	Lagerhaltung (ein Kunde)	Verlader aus Süddeutschland und Speditionen (bzw. Zielland)

Tabelle 4.4.: Angebote der Speditionen und ihre Kundenstruktur

Die meisten der besuchten Speditionen bieten ein breites Spektrum an verschiedenen Transportdienstleistungen an. Dabei werden nicht alle Transporte selbst oder von Frachtführern, die fest für die Spedition arbeiten, durchgeführt, sondern an Partner oder über den Spotmarkt weitergegeben. Die weitergegebenen Ladungen sind solche, die nicht dem Teilmarkt der Spedition entsprechen (z.B. KEP) oder nicht in den Zielregionen der Speditionen liegen. Die Firma Grieshaber beispielsweise besitzt dafür eine eigene Charterabteilung, die sich nur mit der Vergabe von Frachtaufträgen beschäftigt. Internationale Frachtaufträge werden komplett über andere Frachtführer abgewickelt. Nur insgesamt 50% der Frachtaufträge bei der Firma Grieshaber werden selber gefahren.

Zusätzlich zu den Transportangeboten bieten die besuchten Speditionen vor allem die Übernahme der Lagerung für Verlader (sowohl Beschaffungs- als auch Distributionslager) und teilweise die damit verbundene Kommissionierung der Waren an. Die Spedition Grieshaber ist die einzige unter den besuchten Speditionen, die Logistikaufgaben bis in die Produktion

übernimmt. Es wird dort beispielsweise die Anlieferung von tiefgekühlten Vorprodukten bis an eine Produktionslinie übernommen.

Die bedienten Verloader der Speditionen sind zum größten Teil in der Herkunftsregion der Speditionen ansässig. Dazu kommen Verloader aus den angefahrenen Zielregionen. Nur die Spedition ITC akquiriert viel von anderen Speditionen. Diese organisieren selber keine Fahrten nach Großbritannien und geben ITC daher ihre Frachtaufträge dorthin ab. ITC fungiert somit in vielen Fällen als eine Mischung aus Frachtführer und Spedition, obwohl ITC selber keinen Fuhrpark besitzt, sondern Fahrzeuge und Fahrer anmietet und fest disponiert.

Verwendete Kommunikations- und Arbeitstechnik (Tabelle 4.5)

Keine der besuchten Speditionen benutzte Tourenplanungstools. Bei zwei Speditionen wurden auf großen Datenblättern die Frachtaufträge den Lkw zugeordnet. Bei einer Spedition erfolgte die Zuordnung über Mappen und bei der Spedition Grieshaber werden die Frachtaufträge in elektronischer Form zu Touren zusammengestellt. In allen Fällen erfolgte die Tourenplanung durch den Disponenten ohne Hilfe durch Tourenplanungssoftware.

Spedition	Arbeitstechniken	Tools	Integration (außer Transport)	Kommunikation
Kunze	Din A2 Datenblatt	Map and Guide	keine	Frachtaufträge per Fax (selten e-mail) Fahrer per Telefon
Grieshaber	Nutzung von Tool und dessen automatisch generierten Listen	Frachtauftragsdatenbank mit Tool für Zusammenstellung von Touren, Map and Guide	SAP-Zugang für Lagerhaltung, Transporeon	Frachtaufträge per Fax, Fahrer per Telefon
Bäumle	Din A2 Datenblatt	Map and Guide Datenbank für Frachtaufträge		Frachtaufträge per Fax oder Telefon Fahrer per Telefon
ITC-Stuttgart	Mappen für jede Tour nach Großbritannien	Map and Guide Datenbank für Frachtaufträge	keine	Frachtaufträge per Fax, Fahrer per Telefon

Tabelle 4.5.: Verwendete Techniken und Kommunikation

In der Studie von **Elmar Herzog und Partner Management Consultants (2002)** ergibt eine Befragung, dass die Hälfte der Handelsunternehmen Tourenplanungssoftware zur Planung der Distributionsfahrzeuge einsetzt. Es handelt sich jedoch bei den Handelsunternehmen um Verkehre, die in ihrer Art sehr homogen mit gleichbleibenden Nebenbedingungen haben. Bei den beobachteten Speditionen wurde ausgesagt, dass zu viele Spezifika der Verkehre vorhanden seien, so dass keine Software eingesetzt werden könne, die die Nebenbedingungen befriedigend abbilden würde (Aussage der Disponenten).

Bei drei der vier beobachteten Speditionen wurden die Frachtaufträge vor oder bei der Disposition in spezielle Datenbanken zur Erfassung von Frachtaufträgen eingegeben. Bei Grieshaber wurde diese auch genutzt um Touren elektronisch zusammenzustellen und nach entsprechenden Kriterien zu sortieren. Alle Speditionen verwendeten das Programm „Map and Guide“ zur Routensuche und zur Suche von Orten.

4. Empirische Arbeiten

Die besuchten Speditionen sind meist nicht in den Produktionsprozess der Verlager integriert. Ausnahme bildet die Spedition Grieshaber, die durch die Lagerhaltung an die Systeme einiger Verlager angeschlossen ist. Die Frachtaufträge werden aber weiterhin per Fax vom Lager an die Disposition gegeben. Zum Auftragsempfang werden das Fax und teilweise auch das Telefon und sehr selten e-mails verwendet. Mit den Fahrern stehen sie über Telefon in Verbindung.

Spedition	Genutzte Frachtenbörsen
Kunze	Timocom, Transporeon
Grieshaber	Timocom
Bäumle	Frachtenbörse von SILKO (Verband Silotransporte)
ITC-Stuttgart	Timocom, Teleroute

Tabelle 4.6.: Nutzung von Frachtenbörsen

Eine Ausnahme bildet die Frachtenbörse Transporeon. Sie verpflichtet die Teilnehmer, Aufträge direkt aus der Frachtenbörse entgegenzunehmen. Dadurch wird der übliche Weg über das Fax ersetzt. Die hauptsächlich eingesetzte Frachtenbörsen bei den Speditionen sind Timocom und Teleroute, die eine Art schwarzes Brett darstellen. Sie werden von den Speditionen zur Akquise (meist nur für Rückfrachten) und zur Vergabe von Frachtaufträgen genutzt.

Zeitfenster und Planungszeitpunkte (Tabelle 4.7 und 4.8)

Die Zeitfenster für die Annahme und Ausgabe von Ladungen bei Verlegern sind zumeist einen oder einen halben Tag groß und orientieren sich an den Öffnungszeiten der Warenannahme bei den Verlegern. Zeitfenster im Stundenbereich, nach dem „Just in Time“-Konzept, sind selten (ca. 10%).

Spedition	Aktivitätsbereich	Zeitfenster		Vorlaufzeit	
		Art	Anteil	Art	Anteil
Kunze	Stückgut	1 Tag	-	1 Woche (Vertrieb)	-
	Teil/Ganzladungen (allgemeiner Ladungsverkehr)	halber Tag	-	2 Tage (Vertrieb)	-
					1 Tag (Disposition)
Grieshaber	Teil/Ganzladungen (allgemeiner Ladungsverkehr)	1 Woche	10%	1 Woche	30%
		1-2 Tage	70%	1-2 Tage	60%
		1-2 Stunden	20%	selber Tag	10%
Bäumle	Silotransporte	1-2 Tage	-	1 Woche	30%
		halber Tag	-	1-2 Tage	60%
		1-2 Stunden	selten	selber Tag	10%
ITC	Stückgut, Teilladungen (allgemeiner Ladungsverkehr) (Großbritannienverkehre)	1 Tag	70%	regelmäßig	10%
		halber Tag	20%	1-2 Tage	80%
		2 Stunden	10%	selber Tag	10%
Cargolix	Teil/Ganzladungen (beobachtete Zeitfenster)	1 Tag	45%	-	-
		halber Tag	45%	-	-
		2 Stunden	10%	-	-

Tabelle 4.7.: Zeitfensterarten von Lieferzeiten und Vorlaufzeiten der Verlager

Spedition	Zeitpunkte der Planung
Kunze	Am Nachmittag davor werden Touren geplant, Verbindungsfahrten des Stückgutes fix, andere Ganz/Teilladungs-Touren vorläufig. Am Tag selber wird dynamisch nachgebessert. Der Fahrer bekommt den nächsten Auftrag erst fest zugeordnet, wenn er den vorherigen als erledigt meldet. Für die Sammel- und Verteilfahrten des Stückgutes bestehen feste Touren, denen Aufträge zugeordnet werden.
Grieshaber	Ausgehende Touren werden einen Tag zuvor geplant Rücktouren am Tag der Hinfahrt (also ebenfalls einen Tag vorher).
Bäumle	Frachtaufträge werden den LKW am Vormittag des vorhergehenden Tages zugewiesen. Dabei werden auch kritische Fahrten der nächsten Tage beachtet.
ITC-Stuttgart	Für LKW nach Großbritannien werden Frachtaufträge bis einen halben Tag zuvor gesammelt. Die Sammel- und Verteilfahrten und die nationalen Fahrten werden am Tag zuvor vorläufig geplant.

Tabelle 4.8.: Zeitpunkte der Planung

Die Vorlaufzeit für Frachtaufträge von Verladern beträgt meist ein bis zwei Tage. Ein kleinerer Teil der Aufträge ist regelmäßig oder eine Woche zuvor schon bekannt (ca. 20%) und nur ein geringer Anteil (ca 10%) der Aufträge wird von den Verladern am Tag selber erteilt.

Dieser vorgegebene Rhythmus bestimmt auch die Zeitpunkte der Disposition. Diese findet bei allen besuchten Speditionen einen Tag vor dem Transport statt. Dabei werden Transporte mit weiten Entfernungen fest eingeplant, Verkehre in der Region vorläufig. Bei diesen regionalen Verkehren wird die endgültige Disposition erst am Tag selbst vorgenommen. Ein Frachtauftrag wird dem Fahrzeug zugeteilt, wenn der Fahrer den letzten Frachtauftrag als erledigt meldet.

Reihenfolgen und Kriterien bei Tourenplanung (Tabelle 4.9)

Bei der Disposition der Touren wird bei den Speditionen immer zwischen ausgehenden und eingehenden Frachten unterschieden. Hat ein Lkw das Ziel seines ausgehenden Frachtauftrages erreicht werden Rückfrachten in die Heimatregion gesucht. So kommen sehr viele zweigliedrige maximal dreigliedrige Touren zustande.

Bei der Planung von regionalen Verkehren (siehe Spedition Kunze oder ITC-Stuttgart national) wird zuerst auf die Durchführung aller Frachten geachtet, um die Vorarbeit für die weiten Verkehre pünktlich zu leisten. Bei langen Fahrten wird darauf geachtet, eine hohe Auslastung zu realisieren und Rückfrachten zu organisieren (siehe ITC und Grieshaber). Sind keine Rückfrachten vorhanden und sind die Zielorte der Frachtaufträge in Regionen, die die Spedition nicht oder selten bedient, so wird versucht, Teilladungen zu Komplettladungen zusammenzustellen und diese an bekannte Partner (Frachtführer oder Speditionen) oder über Frachtenbörsen zu vergeben. Bei Vergabe von Ganzladungen mit weiten Entfernungen kann die Spedition den höchsten Gewinn erzielen.

Bei Siloverkehren gibt es zusätzliche Anforderungen. So müssen die Behälter beispielsweise gespült werden.

Einschränkungen durch Rücksichtnahme auf die Fahrer, sind (bis auf die Lenkzeiten) selten. Sie werden flexibel eingesetzt.

4. Empirische Arbeiten

Spedition	Reihenfolgen und Kriterien
Kunze	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alle Aufträge der Kunden bearbeiten, 2. Halte Leerfahrtenanteil niedrig.
Grieshaber	Ausgehende Frachten : <ol style="list-style-type: none"> 1. Plane große Aufträge der Papierindustrie, 2. Bilde Touren mit vorhandenen Rückladungen, 3. Stelle Ganzladungen aus Teilladungen der Region zusammen, 4. Vergebe Frachtaufträge ohne Rückfrachten und in nicht angefahrene Regionen(möglichst als Komplettladung) Rückladungen : <ol style="list-style-type: none"> 1. Ordne eigene Rückladungen zu, 2. Suche Rückfrachten bei befreundeten Speditionen, 3. Suche Rückladungen in Frachtenbörsen (selten) .
Bäumle	<ul style="list-style-type: none"> - Erledige alle Aufträge, - Beachte Anforderungen an Fahrzeuge, - Suche entsprechende Spühlstation, - Beachte Einschränkungen durch Fahrer (selten), - Halte Leerfahrtenanteil niedrig.
ITC-Stuttgart	Nationale Frachten : <ol style="list-style-type: none"> 1. Plane Fahrten mit Zeitvorgaben, 2. Sammele ausgehende Ladungen für Auslandsfahrten, 3. Führe nationale Farten durch, 4. Verteile ankommende Ladungen aus dem Ausland. Großbritannienverkehr : <ol style="list-style-type: none"> 1. Sammele Aufträge bis LKW voll, 2. Bilde logische Folge von Entladepunkten, 3. Beachte Rückfrachten.

Tabelle 4.9.: Kriterien und Reihenfolgen bei der Tourenplanung

Kurzfristige Akquise und Vergabe von Frachtaufträgen (Tabelle 4.10)

Die kurzfristige Akquise und Vergabe von Frachtaufträgen (1-2 Tage vorher oder am Tag selbst) durch die Speditionen, findet vor allem unter den Disponenten statt. Telefonisch werden Frachten vergeben und gesucht. Erst wenn kein bekannter Spediteur oder Frachtführer zu finden ist, werden die Frachtenbörsen kontaktiert.

Vor allem für die Akquise werden die Frachtenbörsen von Speditionen ungern genutzt, da die Preise niedrig sind. Nur in Notsituationen werden Rückfrachten angenommen. Etwas unterschiedlich ist die Situation bei ITC. Sie akquiriert Rückfrachten häufiger über Frachtenbörsen, erzielt dabei allerdings schlechte Preise. Der Gewinn muss durch die Hinfahrt gemacht werden. Neue Speditionen und Frachtführer nutzten Frachtenbörsen zum Kennenlernen von Auftraggebern.

Bei der Vergabe nutzen alle besuchten Speditionen die Frachtenbörsen. Allerdings werden bekannte Frachtführer und Speditionen bevorzugt. Meist werden die Frachtaufträge an diese telefonisch vergeben.

Unsicherheiten bei Disposition

Die Unsicherheiten der Planung, die im Verkehr oder bei Be- und Entladung auftreten, verändern die geplanten Touren der Fahrzeuge kurzfristig. Bei den Speditionsbesuchen wurden folgende Faktoren genannt, die die langfristige Tourenplanung erschweren:

Spedition	Akquise	Vergabe
Kunze	Zuerst Kunden, dann Partnerspeditionen, selten Frachtenbörsen (für Rückfrachten)	Zuerst telefonisch an bekannte Disponenten, dann über Frachtenbörse
Grieshaber	Telefonisch über Partnerspeditionen, selten Frachtenbörsen (für Rückfrachten)	Von Charterabteilung, an bekannte Frachtführer oder Speditionen und über Frachtenbörsen
Bäumle	Vorziehen von Frachtaufträge, Anrufe bei Kunden und bekannten Speditionen, selten Frachtenbörsen (für Rückfrachten)	Zuerst telefonisch an bekannte Disponenten, dann über Frachtenbörse (nur 10% der Aufträge werden nicht selber gefahren)
ITC-Stuttgart	Telefonieren mit auf Großbritannien- verkehre spezialisierte Speditionen und Verladern, bei Rückfracht über Frachtenbörsen	Zuerst telefonisch an bekannte Disponenten, dann über Frachtenbörse (85% werden von „eigenen“ Frachtführern gefahren)

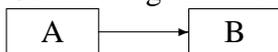
Tabelle 4.10.: Kurzfristige Vergabe und Akquise von Frachtaufträgen (Spotmarkt)

- Wartezeiten bei Verladern,
- Unterschiedliche Be- und Entladezeiten,
- Kurzfristige Änderungen bei den Verladern (neue Aufträge oder Veränderung alter Aufträge) und
- Verzögerungen durch Stau.

4.4.2. Fahrtenmuster

Im Interview mit der Firma LOCOM wurden fünf verschiedene Fahrtenmuster identifiziert, die in der Praxis vorkommen. Die Firma LOCOM berät Verlager bezüglich ihrer Logistik, die genannten Fahrtenmuster orientieren sich dementsprechend am Transportprozess des Gutes ¹:

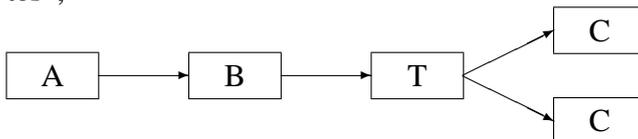
1. Ganzladungen mit einem Be- und Entladeort (Rampe zu Rampe Verkehre),



2. Teilladungstouren mit mehreren Be- und/oder Entladeorten (Verteil/Sammeltouren, regional oder überregional) „dedizierte Touren“,



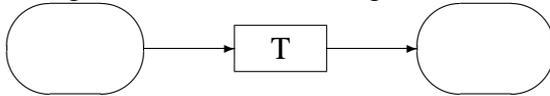
3. Sammel/Verteiltouren (Teilladungen) mit Umladung am Ende zur Verteilung des „Restes“,



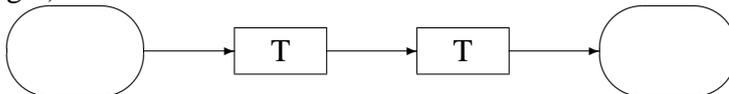
¹A,B,C - verschiedene Verlager, T - Terminal, in dem Güter umgeladen werden

4. Empirische Arbeiten

4. Gebrochener Verkehr mit getrennten Sammelfahrten und Verteilfahrten. Die Umladung erfolgt in Terminal T (Stückgut),



5. Gebrochener Verkehr mit getrennten Sammelfahrten und Verteilfahrten. Die Umladung erfolgt in mehreren Terminals, die untereinander durch Transporte verbunden sind (Stückgut).



Bei den Speditionsbesuchen konnten für diese Muster Beispiele aus der Praxis gefunden werden. Verkehre der Sorte 1 werden, soweit es sich um standardisierte Ladungen handelt, gerne über Frachtenbörsen an Frachtführer abgegeben, da für sie keine Netzwerke erforderlich sind. Verkehre der Sorte 2 kommen sowohl als regionale Milchtouren als auch als Touren mit weiten Entfernungen vor. Gerade bei weiten Entfernungen ist die Sorte 3 verbreitet, bei der die restlichen Ladungen am Ende an eine Partnerspedition übergeben werden. Stückgutverkehre entsprechen den Mustern 4 und 5. Meist liegt allerdings eine Verbindungsfahrt zwischen Sammel- und Verteiltour vor, wie dies im Muster 5 der Fall ist.

Im Projekt OVID wurden die Fahrten aus der Fahrtenstichprobe des Bundesamtes für Güterverkehr mit Klassifizierungsalgorithmen in Tourenmustern eingeteilt. Im Unterschied zu den logistischen Fahrtenmustern der Güter, handelt es sich hierbei um Fahrtenmuster der Fahrzeuge. Für eine detailliertere Beschreibung wird auf Arbeitsdokumente des Projektes OVID verwiesen (siehe [OVID](#)). Es werden folgende Muster unterschieden :

- unpaarige Pendelfahrten,
- paarige Pendelfahrten,
- Dreiecksfahrten,
- Vierecksfahrten,
- Milchtouren,
- Konsolidierungsfahrten,
- Transferfahrten,
- Trucking.

Es wird vermutet, dass teilweise ein Zusammenhang zwischen den Tourentypen und den Teilmärkten besteht. So treten Milchtouren oft bei der Distribution oder paarige Pendelfahrten bei Fahrten zwischen zwei Terminals im Stückgutverkehr auf.

Bei den Speditionsbesuchen wurden im Ganz/Teilladungsverkehr meist Pendelfahrten, seltener Dreiecksfahrten beobachtet. Kompliziertere Muster werden meist schon durch die Denkweise der Speditionen, die die Frachtaufträge in ausgehende Fahrten und Rückfrachten einteilen, verhindert. Auch bei Cargoclix wurden meist zwei- bis dreigliedrige Zyklen oder Sammel- und Verteilfahrten beobachtet.

4.4.3. Preisbildung

Bei der Preisbildung von Speditionen und Frachtführern kann zwischen den Preisen auf dem Spotmarkt und den Preisen zwischen Speditionen und Verladern unterschieden werden. Auf dem Spotmarkt gilt der momentane Marktpreis. In diesem müssten Risiken wie das Leerfahrtenrisiko und momentane Kapazitäten und Nachfrage zumindest indirekt enthalten sein.

Die Speditionen orientieren sich bei der Preisbildung an Preistabellen und den Erfahrungen des Disponenten. Nicht bei allen Speditionen sind in den Preistabellen die Risiken explizit berücksichtigt. Der Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. stellt seinen Mitgliedern ein Tool zur Kalkulation von Haustarifen zur Verfügung. Für dieses Tool wurden die Kostenkomponenten und Kosteneinflussgrößen für die Kalkulation von Frachttarifen identifiziert. Diese sind in den Tabellen in Anhang D aufgeführt. Die ermittelten Kostensätze können im Programm „Kalif“ hinterlegt werden, das die vom Routenplanungsprogramm „Map and Guide“ ermittelten Strecken und Zeiten kalkulatorisch bewertet. Unter den Einflussgrößen sind Risiken mit Größen wie Verkehrssituation und Leerfahrtenanteil vertreten.

Aber auch bei den Speditionsbesuchen konnte beobachtet werden, wie teilweise Risiken in die Preise einbezogen wurden. So verlangt die Spedition Grieshaber für lange Wartezeiten (mehr als zwei Stunden), sowie für stundengenaue Lieferzeitfenster Aufschläge. Bei der Spedition Bäumle werden höhere Preise für die Lieferung innerhalb kurzer Zeit verlangt.

4. *Empirische Arbeiten*

5. Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung

In diesem Kapitel werden ein Vorschlag für die Struktur eines Aktivitäten-basierten Modells ausgearbeitet und erste Teile des Modells ausformuliert. Dazu werden teilweise Konzepte aus der Personenverkehrsmodellierung in Kapitel 2 und den Modellierungen des Güterverkehrs in Kapitel 3 verwendet.

Bei der Konzipierung des Modells wurde auf folgende drei Punkte besonderer Wert gelegt:

1. Die grundlegenden, relevanten Strukturen des Straßengüterverkehrsmarktes, wie sie in Kapitel 4 dargestellt wurden, sollen abgebildet werden.
2. Die vorhandene Datenlage muss beachtet werden, das heißt, es muss darauf geachtet werden, welche Statistiken und Daten vorhanden sind und welche Erhebungen schon stattgefunden haben. Eigene Datenerhebungen können nur in einem begrenzten Umfang stattfinden.
3. Das Modell kann nicht beliebig umfangreich und komplex gestaltet werden, da neben den Ressourcen für eigene Datenerhebungen auch die Rechnerleistung begrenzt ist.

Aktivitätenbegriff und Akteure

Im Modell wird der Güterverkehr ausgehend von Aktivitäten dargestellt. Unter einer einzelnen Aktivität wird dabei ein Frachtauftrag verstanden. Er besteht aus einer Ladungsmenge und einem Ladungsvolumen, gehört zu einem Transportmarkt (Teilmarkt), auf dem er transportiert wird, und hat Start- und Zielort.

Akteure des Modells sind Betriebe, Speditionen und Frachtführer. Durch den Akteur Betrieb wird das Transportaufkommen erzeugt. Unter einem Betrieb wird im Modell eine wirtschaftliche Einheit verstanden, in der Frachtaufträge entstehen oder an die Frachten gesendet werden. Betriebe bestehen aus einer Anzahl Beschäftigter, gehören einer Wirtschaftsgruppe an und haben einen Standort. Betriebe, die Frachten versenden, werden auch als Verloader bezeichnet.

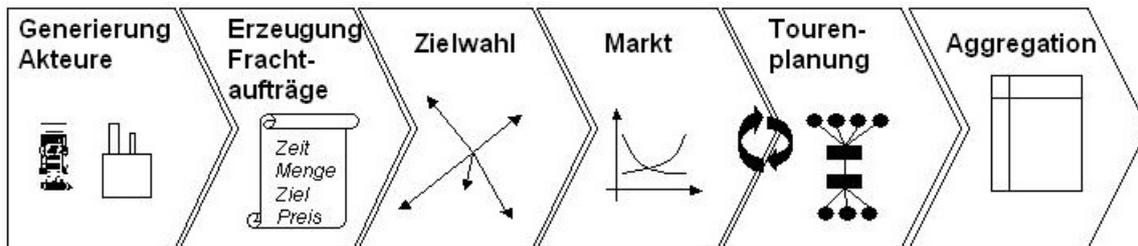


Abbildung 5.1.: Schematischer Ablauf des Modells

Für die Durchführung der Frachtaufträge sind die Akteure Spedition und Frachtführer zuständig. Die Definition dieser Akteure entspricht der des Abschnittes 4.3.3. Frachtführer und Speditionen haben im Modell beide einen Standort, arbeiten auf einem bestimmten Teilmarkt (siehe Darstellung in Abschnitt 5.1.2) und besitzen Fahrzeuge dieses Teilmarktes (Speditionen können auch keine Fahrzeuge besitzen).

Aufbau des Kapitels und Struktur des Modells

Da die empirischen Grundlagen bei einem solchen Modelltyp extrem wichtig sind, werden in den beiden ersten Abschnitten zunächst die verwendeten Klassifizierungen und bisher bekannten Bestimmungsgrößen vorgestellt. Die Verwendung der Klassifizierungen für Betriebe, Teilmärkte des Transportes und Einteilung der Gebietseinheiten werden jeweils begründet. Die Bestimmungsgrößen, Strukturdaten und Verhaltensdaten, werden bezüglich ihrer Verwendung im Modell vorgestellt und mögliche Datenquellen identifiziert.

Die restlichen Abschnitte des Kapitels beschreiben die Struktur des Modells und seiner Teile. Dazu wurde das Modell in Module aufgeteilt. Jedes Modul wird in einem Abschnitt behandelt. Die Reihenfolge der Abschnitte entspricht dem schematischen Ablauf, wie er in Abbildung 5.1 dargestellt ist.

Das Modell kann in die Teile Frachtaufkommensentstehung und Transportdurchführung getrennt werden. Der erste Teil wird durch die Module Akteurserzeugung, Frachtauftragserzeugung und Zielwahl beschrieben. Für diesen Teil sind die Module mit Hilfe von Ablaufdiagrammen ausformuliert. Die Betriebe werden darin in der WZ-Klassifikation und die Speditionen und Frachtführer für die jeweiligen Teilmärkte des Transportes erzeugt. Für die Betriebe werden die Produktionsmengen berechnet und daraus die Frachtaufträge gebildet. Die Zielwahl bestimmt die Betriebe, an die die Frachtaufträge versendet werden.

Der zweite Teil des Modells besteht aus den Modulen Markt und Tourenplanung. In diesen wird die Frachtauftragsvergabe und die Tourenplanung dargestellt. Da das Verhalten der Akteure dabei abhängig vom Zeitpunkt ist, ist es zweckmäßig diesen Teil als dynamische Simulation durchzuführen und die Interaktion der beiden Module abzubilden. Für die Module des zweiten Teils des Modells werden nur eine schematische Beschreibung und einige wichtige Konzepte vorgestellt. Eine detailliertere Ausformulierung verlangt eine tiefgehendere Bear-

beitung dieser Aspekte.

In einem Abschnitt am Ende des Kapitels werden noch einige Aspekte der Aggregation der durch eine Simulation gewonnenen Daten diskutiert.

5.1. Klassifizierungen

Es werden in diesem Abschnitt die Klassifizierungen und Einteilungen von Märkten und Regionen vorgestellt, die im vorgeschlagenen Modell verwendet werden. Für die Typisierung und Einteilung der Betriebe ist dies die Klassifizierung der Wirtschaftszweige. Für die Aufteilung des Transportmarktes, der zunächst aus dem Straßengüterverkehrsmarkt bestehen soll, werden Teilmärkte vorgeschlagen. Schließlich wird die Einteilung der Regionen mit Hilfe der NUTS Klassifikation der Europäischen Union beschrieben.

5.1.1. WZ-Klassifizierung

Die Klassifizierung der Wirtschaftszweige (WZ) wird vom statistischen Bundesamt verwendet. Es existiert eine Version von 1993 (WZ93) und eine neue Version von 2003 (WZ03). Da die Daten, die in dieser Arbeit verwendet werden, zumeist in der Klassifizierung von 1993 vorliegen, wird die WZ93 verwendet. Die WZ93 wird in der für diese Arbeit notwendigen Detaillierung in Tabelle C.1 im Anhang aufgeführt. Das statistische Bundesamt schreibt über die Klassifizierung :

„Die WZ 2003 dient dazu, die wirtschaftlichen Tätigkeiten von Unternehmen, Betrieben und anderen statistischen Einheiten in allen amtlichen Statistiken einheitlich zu erfassen. Sie baut auf der durch EG-Verordnungen verbindlich eingeführten statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE Rev. 1.1) auf. An der Erarbeitung dieser Klassifikationen waren zahlreiche Wirtschaftsverbände, die fachlich zuständigen Behörden und andere Institutionen maßgeblich beteiligt. Als Ergebnis ist eine hierarchisch gegliederte Wirtschaftszweigklassifikation mit 17 Abschnitten, 31 Unterabschnitten, 60 Abteilungen, 222 Gruppen, 513 Klassen und 1041 Unterklassen entstanden, die eine statistische Zuordnung aller wirtschaftlichen Tätigkeiten ermöglicht.“ ([Statistisches Bundesamt](#))

In dieser Arbeit wird die Klassifizierung zur Darstellung von Betrieben genutzt. Betriebe sind im Modell die Frachterzeuger und Empfänger, also die Quellen und Senken im Transportnetz. Es sollte höchstens nach der dreistelligen Codierung der Wirtschaftsgruppen gearbeitet werden, da eine weitere Detaillierung aufgrund der Datenlage nicht sinnvoll ist.

Ein Vorteil der WZ93 liegt in der großen Datenverfügbarkeit für diese Klassifizierung. Beschäftigtenzahlen und Betriebsgrößen liegen direkt in der Klassifizierung vor und Produktionsdaten können durch die einfache Verbindung zwischen GP2002 (Güterklassifizierung) und WZ leicht abgebildet werden (siehe Abschnitt 4.1).

Ein weiterer Vorteil der WZ ist, dass sie sehr gut als Typisierung der Betriebe dienen kann. Betriebe aus gleichen Gruppen der WZ produzieren ungefähr gleiche Mengen pro Mitarbeiter, haben ähnliche Lieferbeziehungen und bilden ähnliche Frachtaufträge. Die Verflechtungen

zwischen Betrieben können als Verflechtungen zwischen Gruppen der WZ93 dargestellt werden (siehe Abschnitt 5.2.1).

Auch die hierarchische Gliederung und damit die Möglichkeit zum Beispiel einfach von der Gruppen-Ebene (dreistellig) auf die Abteilungs-Ebene (zweistellig) aggregieren zu können, bietet einen großen Vorteil. Betriebsgrößenverteilungen beispielsweise liegen für das verarbeitende Gewerbe nur auf Abteilungs-Ebene vor. Andere Daten können in einem ersten Schritt für eine gesamte Abteilung angenommen werden, bevor detailliert erhoben wird.

Die Transportbeziehung kann mit Start-Wirtschaftszweig, Ziel-Wirtschaftszweig und Transportmarkt ausreichend dargestellt werden. Eine weitere Klassifizierung nach Gütertypen ist nicht notwendig.

In vielen Güterverkehrsmodellen wurde bisher die NST/R, eine an Gütereigenschaften orientierte Klassifizierung, verwendet. Wie in Kapitel 3 dargestellt, werden aber die logistische Eigenschaften des Transportes und der Bezug zu den Verladern durch die NST/R kaum beachtet. Andererseits wird die NST/R für die Erhebung vieler Daten verwendet, zum Beispiel wird die Fahrtenstichprobe des Bundesamtes für Güterverkehr (BAG) auf Basis dieser Klassifizierung erhoben. Für eine Auswertung der Daten muss eine Zuordnung zwischen der NST/R und den WZ-Relationen stattfinden. Eine Zuordnung besteht zwischen GP2002 und NST/R. Allerdings ist diese an vielen Stellen nicht eindeutig (siehe dazu Abschnitt 4.1).

Die Klassifizierung der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamtes wird im folgenden mit WZ93 abgekürzt.

5.1.2. Die Teilmärkte des Straßengüterverkehrs

Für das vorgeschlagene Modell wird in diesem Abschnitt eine Aufteilung des Straßengüterverkehrsmarktes in eine Menge von Teilmärkten T vorgenommen. Die Möglichkeiten einer Segmentierung wurden schon in Abschnitt 4.3.1 diskutiert. Ziel der Aufteilung ist es die Teilmärkte $i, j \in T$ so zu bilden, dass der Wechsel von Frachtführern oder Speditionen von Teilmarkt i zu Teilmarkt j nur mit hohem Aufwand möglich ist. Es sollen so Teilmärkte gebildet werden, die möglichst unabhängig voneinander sind, sich also wenig überlappen und in einem Modell deswegen getrennt betrachtet werden können.

Wenn es möglich ist durch begrenzte Anpassungen verschiedene Güter zu transportieren, zum Beispiel durch eine Zusatzausbildung seiner Fahrer für den Transport spezieller Güter oder durch Reinigung des LKW, um nach einem anderen Gut Lebensmittel zu transportieren, wird der Transport dieser Güter auf einem Teilmarkt dargestellt. Erfordert der Transport eines Gutes allerdings ein spezielles Equipment, umfangreiche Kenntnisse oder Zusatzleistungen, die nur von bestimmten Spediteuren erbracht werden können, so wird dieser als getrennter Teilmarkt dargestellt. Wichtige Kriterien für die Aufteilung sind die Art der Lkw, die eingesetzt werden, oder die Tourentypen, die gebildet werden und bestimmte Arten von Frachtführern oder Speditionen und Formen von Disposition verlangen.

Die Existenz von Frachtführern oder Speditionen, die sich in mehreren Teilmärkten aufhalten, soll bei der Bestimmung der Teilmärkte keine Rolle spielen. Im Modell können diese in mehrere Frachtführer oder Speditionen verschiedener Teilmärkte aufgeteilt werden.

Die NST/R Klassifizierung, die von vielen Güterverkehrsmodellen genutzt wird, erfüllt die oben gestellten Anforderungen einer Aufteilung des Marktes nicht. Sie trennt hinsichtlich der Beschaffenheit der Güter und nicht bezüglich der Unabhängigkeit der Märkte.

Die Studie "Die Top 100 der Logistik"(siehe Klaus (2003)) versucht eine Aufteilung des Logistikmarktes vorzunehmen. Sie dient als ein Ansatzpunkt bei der Aufteilung des Marktes. Allerdings beschäftigt sie sich mit der gesamten Logistik, ein Aktivitäten-basierte Modell soll hingegen nur den Transport der Güter beschreiben. Zunächst beschränkt sich das Modell außerdem auf die Beschreibung des Straßengüterverkehrs.

Entsprechend den genannten Anforderungen wird folgende Aufteilung des Straßengüterverkehrs vorgeschlagen (Anlehnung an Klaus (2003)):

1. KEP (Allgemeines Ladungsgut mit einem Gewicht kleiner 31 kg)
2. Stückgut (Allgemeines Ladungsgut mit einem Gewicht zwischen 31 kg und 2,5t)
3. Ganz/Teilladungen aus allgemeinem Ladungsgut (Gewicht größer als 2,5t)
4. Getränketransporte
5. Möbel und Umzugstransport
6. Transport von allgemeinem Schüttgut (Steine und Erden, Kohle, Recyclinggut z.B. Schrott)
7. Transport von Silogut (landwirtschaftliche Güter, chemische Güter, Baustoffe)
8. Tanktransporte (Lebensmittel)
9. Tanktransporte (Mineralöl- und Treibstoff)
10. Tanktransporte (chemischer Flüssigkeiten)
11. Automobiltransporte
12. Containertransporte
13. Transport von Kühlgut
14. Transport von Tiefkühlgut
15. Spezialtransporte (sperrige Güter, Holz, Kräne)
16. Viehtransporte
17. Mülltransporte (in geschlossenen LKW)
18. Betontransport (Betonmischer)

Ein Vergleich dieser Aufteilung in Teilmärkte zu der Aufteilung der Top100 Studie wird in Tabelle 5.1 vorgenommen.

Die ersten drei Teilmärkte teilen den Markt für allgemeines Ladungsgut nach dem Gewicht auf. Allgemeines Ladungsgut besteht aus Gütern, die keine speziellen Transportgefäße benötigen. Es werden meist standardisierte Ladungsträger wie Paletten oder Gitterboxen verwendet. Die Charakteristika der drei Märkte werden genauer in Abschnitt 4.3.1 diskutiert.

Die Teilmärkte KEP und Stückgut werden wie anfangs erwähnt nicht durch das Modell beschrieben, da in diesen Teilmärkten nur wenige Unternehmen oder Verbände aktiv sind und es exakter und einfacher ist deren Verhalten einzeln zu analysieren und ihre Verkehrsdaten in das Modell zu übertragen, als sie zu simulieren. Die Teilmärkte zeichnen sich zwar durch ein hohes Sendungsaufkommen und eine hohe Wertschöpfung aus, jedoch ist die Verkehrsleistung (tkm) im Vergleich zum gesamten Markt nicht hoch.

Der größte und wichtigste Markt ist der Teilmarkt von Ganz/Teilladungen mit allgemeinem Ladungsgut. Er ist sehr zersplittert und dynamisch und steht daher im Zentrum der Modellierung.

Der Getränketransport und der Möbel- und Umzugstransport werden zwar auch ohne spezielle Fahrzeuge durchgeführt, doch sind die hier tätigen Frachtführer oder Speditionen durch Spezialisierung auf diese Märkte, zum Beispiel durch Zusatzleitungen beim Umzug wie das Einpacken oder Tragen der Möbel, sehr spezialisiert, auch ist für den Möbeltransport eine Lizenz notwendig.

Der Schüttgut- und Silotransport wird in den Transport von gewöhnlichem Schüttgut (z.B. Schrott) und Silogut (landwirtschaftliche Erzeugnisse, chemische Stoffe, Baustoffe) aufgeteilt. Neben Unterschieden in der Ausstattung der Fahrzeuge (bei Schüttgut offene Fahrzeuge und bei Silogut geschlossene Silofahrzeuge) sind auch Unterschiede bei der Ausbildung der Fahrer und der Arbeitsweise der Frachtführer oder Speditionen vorhanden.

Die Aufteilung des Marktes für den Transport in Tanks in die Teilmärkte für chemische Tanktransporte, Transporte von Lebensmitteln in Tanks und dem Teilmarkt für Transporte von Mineralölen und Treibstoffen ist durch die Unverträglichkeit der Ladungen zu erklären. Wie oben sind wohl auch die Strukturen des Marktes und die Ausbildungen der Fahrer unterschiedlich.

Die restlichen Teilmärkte zeichnen sich, bis auf den Containertransport, durch spezielle Fahrzeuge aus. Im Vergleich zu den Teilmärkten der Top100 Studie wird der Markt für Massengut nicht als getrennter Teilmarkt betrachtet, da der Fokus dieser Arbeit vor allem auf dem Straßengüterverkehr liegt. Auch wird nicht zwischen dem nationalen und internationalen Markt getrennt, da zunächst nur der deutschlandweite Transport beschrieben wird. In den anderen Teilmärkten wurde allerdings eine etwas detailliertere Aufteilung vorgenommen.

5.1.3. Einteilung der Regionen (NUTS) und Straßennetz

Zur regionalen Strukturierung im vorgeschlagenen Modell wird die NUTS-Klassifikation (Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques) verwendet. Es handelt sich hierbei um die gemeinsame Klassifikation der Gebietseinheiten der Europäischen Union. „Die NUTS-Klassifikation

5.1. Klassifizierungen

Logistischer Teilmarkt der Top 100 Studie	Beschreibung	Anteil der externen erbrachten Leistungen (outsourced - z.B. gewerblicher Verkehr), Anteil der Top10 an diesem Markt	Dazu passende Teilmärkte des Modells (Teil des Transportes auf dem Logistikmarkt)
1. Nationale Massengutlogistik	Mengen größer als eine LKW-Ladung, (Steine und Erden, Mineralöl und Kohle, Grundstoffe Chemie, forst- und landwirt. Produkte, Dünger, Eisen und Stahl, Entsorgung- und Recyclinggüter) (durchschnittlich 500t/Auftrag)	50 %, 48 %	-Allgemeines Schüttgut -Silogut -Tanktransporte (Öl, Treibstoff) -Ganz/Teilladungen (Allg. Lad.) -Spezialtransporte
2. Nationaler allgemeiner Ladungsverkehr	Nicht spezialisierte LKW, Transport von Rampe zu Rampe, zwischen 3 und 25 t (durchschnittlich 8t/Auftrag)	48%, 33%	-Ganz/Teilladungen (Allg. Lad.)
3. Schwertransporte und Krandienste	Tiefadefahrzeuge, Mobilkräne und Stapelfahrzeuge (durchschnittlich 10t/Auftrag)	89%, 50%	-Spezialtransporte
4. Nationale Tank- und Silotransporte	Flüssige und staubförmige Güter (Mineralölprodukte, Chemieprodukte, Zement, Getreide, flüssige und rieselfähige Lebensmittel) (durchschnittlich 15t/Auftrag)	64%, 43%	-Silogut -Allgemeines Schüttgut -Tanktransporte (Lebensmittel) -Tanktransporte (Öl, Treibstoff) -Tanktransporte (Chemie)
5. Nationaler sonstiger Ladungsverkehr mit speziellem Equipment	Transporte mit Spezialfahrzeugen (z.B. Autotransport, Jumbo-Fahrzeuge, Tiefkühl-Fahrzeuge, Viehtransporte, Müll- und Pressfahrzeuge, etc.) (durchschnittlich 10t/Auftrag)	38%, 45%	-Automobiltransporte -Spezialtransporte -Container - Viehtransporte -Kühlgut -Tiefkühlgut -Mülltransporte -Betontransport
6. Nationaler allgemeiner Stückgutverkehr	Individuell etikettierte Trocken- und Stapelgüter (zwischen 30kg und 2,5t), Transport meist durch gr. Netzwerke (durchschnittlich 0,2t/Auftrag)	80%, 80%	-Stückgut
7. Konsumgüter-distribution und -kontraktlogistik	Konsumgüter: Lebensmittel (Tiefkühl-, Kühl- und Stapelware), Sonstige(kurzlebige, langlebige)(durchschnittlich 2t/Auftrag)	26%, 55%	-Ganz/Teilladungen (Allg. Lad.) -Stückgut -Kühlgut -Tiefkühlgut
8. Industrielle Kontraktlogistik	Heranführung und Bereitstellung industrieller Materialien für die Produktion oft mit spezialisierten Systemen (durchschnittlich 1,5t/Auftrag)	15%, 44%	-Ganz/Teilladungen (Allg. Lad.) -Stückgut -KEP
9. Hängende Kleiderlogistike	Hängend transportierte Kleider, die dadurch danach nicht mehr gebügelt werden müssen (kleiner Nischenmarkt) (durchschnittlich 0,2t/Auftrag)	71%, 60%	-Ganz/Teilladungen (Allg. Lad.)
10. High-Tech Güter, Messellogistik, Neumöbel- und Umzugtransporte	Güter, die von Haus zu Haus transportiert werden und empfindlich sind (sehr heterogener Markt) (durchschnittlich 2t/Auftrag)	63%, 41%	-Ganz/Teilladungen (Allg. Lad.) -Möbel und Umzugtransporte
11. KEP- Paket-, echte Kurier- und spezialisierte Expressdienste	Transporte mit einem Gewicht unter 31kg (durchschnittlich 0,01t/Auftrag)	94%, 73%	-KEP
12. Terminaldienste	Nicht integrierte Lagerei, Umschlags- und sonstige logistische Zusatzleistungen	30%, 39%	Kein Transport in diesem Teilmarkt
13+14+15. Grenz- überschreitende Transport- und , Speditionsleistungen	Alle grenzüberschreitenden Transporte, Differenzierung des Marktes nur nach Verkehrsträgern Märkten	Landverkehr: 80%, 43% Schifffahrt: 95%, 38% Luftfracht: 93%, 57%	Aufgeteilt in die nationalen Teilmärkte (keine Trennung zwischen national und international)
16. Mail	Alle Sendungen unter 1000g	100%, 100%	- allgemeiner Ladungsverkehr

Tabelle 5.1.: Logistikmärkte der Top100 Studie Klaus (2003) und Transportmärkte des Modells

ist hierarchisch aufgebaut, indem für jeden Mitgliedsstaat eine Untergliederung in die drei Ebenen NUTS1, NUTS2, NUTS3 vorgenommen wird. Bei der zweiten und dritten Ebene handelt es sich jeweils um eine weitere Unterteilung der ersten bzw. zweiten Ebene" (**Europäische Kommission (2001)**). In Deutschland entspricht die NUTS1-Ebene den Ländern, die NUTS2-Ebene den Regierungsbezirken und die NUTS3-Ebene den Kreisen oder kreisfreien Städten. Zusätzlich wird in Deutschland die NUTS3-Ebene noch in sie NUTS4-Ebene (Gemeinden) unterteilt.

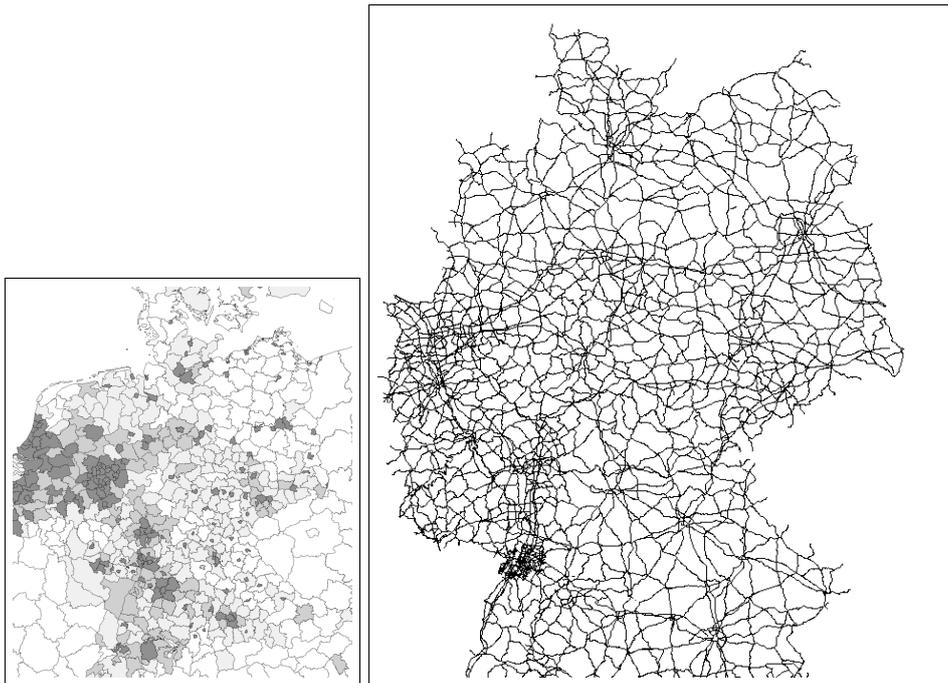


Abbildung 5.2.: NUTS-Regionen Deutschlands und verwendetes Straßennetz

Den Betrieben, die in diesem Modell erzeugt werden, werden Standorte zugewiesen, die den NUTS-Regionen zugeordnet werden können. Für die Erzeugung stehen Beschäftigungsdaten auf NUTS3-Ebene für Baden-Württemberg und auf NUTS2-Ebene für das restliche Bundesgebiet zur Verfügung. Eine tiefere Auflösung der Regionen kann durch diese Statistiken nicht gestützt werden. Zwar könnten Betriebsdaten aus Firmendatenbanken einzeln ermittelt werden, jedoch stände dem hohen Aufwand ein geringer Mehrwert gegenüber. Eine Verwendung der NUTS4-Ebene ist aber für die Zielwahl sinnvoll, hier können Abstandsrechnungen zwischen Betrieben, durch Gemeindeabstände ersetzt werden.

Für die Darstellung der Straßeninfrastruktur wird ein aus Kanten und Knoten bestehendes Netz verwendet. Jeder Knoten ist eindeutig einer NUTS4-Region und somit auch einer NUTS3-Region, NUTS2-Region und NUTS1-Region zugeordnet. Die Kanten stellen Bundesstraßen und Autobahnen dar. Die Knoten sind Kreuzungen dieser Straßen.

Für die Platzierung erzeugter Betriebe im Netz wird an dieser Stelle folgendes Vorgehen

vorgeschlagen: Das verwendete Netz wurde aus einem sehr viel detaillierteren Netz abgeleitet. Es waren in diesem Straßen sehr viel niedrigerer Ordnung vorhanden. Die damaligen Knoten stellten Kreuzungen dieser Straßen aber auch Ortschaften dar. Diese ehemaligen Knoten könnten in dem Modell als potentielle Standorte für Betriebe genutzt werden. Der Vorteil liegt darin, dass sie verteilt liegen, dass Standorte von Betrieben an diesen Punkten in der Realität wahrscheinlich sind und die Betriebe auf diese Weise automatisch den NUTS-Regionen zugeordnet sind.

5.2. Bestimmungsgrößen

Unter Bestimmungsgrößen werden in diesem Modell Daten verstanden, die für das Modell von außen vorgegeben werden müssen. Dabei kann zwischen Strukturdaten und Verhaltensdaten unterschieden werden. Strukturdaten sind Daten, die Rahmenbedingungen für das Modell vorgeben. Beispiele sind Beschäftigtendaten oder Betriebsgrößenverteilungen. Verhaltensdaten hingegen sind Daten, die das Verhalten der Akteure im Modell näher beschreiben. Diese sind für jeden Akteur änderbar. Beispiele dafür sind Ladungsgrößenverteilungen oder Zeitfensterarten der Frachtaufträge.

Bestimmungsgrößen des Modells, besonders Verhaltensdaten, sollen dazu genutzt werden, Szenarien mit dem Modell zu simulieren, also Maßnahmen oder Verhaltensänderungen, deren Auswirkungen durch das Modell erklärt werden sollen, im Modell darzustellen. Beispielsweise könnte mit den oben genannten Größen eine Veränderung der Wirtschaftsstruktur (mit den Beschäftigtendaten) oder eine Abnahme der Ladungsgrößen simuliert werden.

Die Bestimmungsgrößen werden einzeln in der Reihenfolge der Verwendung im Modell vorgestellt. Es wird jeweils deren Verwendung im Modell beschrieben und die entsprechenden Datenquellen der Größen identifiziert. Auch wird teilweise auf ihre mögliche Verwendung bei der Darstellung von Maßnahmen hingewiesen.

5.2.1. Strukturdaten

Beschäftigtendaten

Beschäftigtendaten werden in diesem Modell

- zur Berechnung der Produktion einzelner Betriebe und
- zur Ermittlung der Attraktivität von Betrieben für Lieferungen (also Frachtaufträge)

verwendet. Die Menge der Erwerbstätigen in der Statistik setzt sich aus Beschäftigten (Angestellter und Arbeiter), Selbstständigen und Beamten zusammen. Natürlich wäre es exakter die Produktion auf Basis von Erwerbstätigen zu ermitteln, aber diese werden lediglich durch eine Stichprobenschätzung (Mikrozensus) erhoben. Diese wird bei regionaler Differenzierung (zum Beispiel auf Kreisebene) ungenau. Die Statistik der Beschäftigten der Bundesanstalt für

Arbeit hingegen ist eine Kompletterhebung, die Daten bis auf Kreisebene nach Wirtschaftsgruppen (WZ93 dreistellig) liefert. Deswegen wird für diese Arbeit empfohlen, mit Beschäftigungsdaten zu arbeiten. Die Geheimhaltungspflicht verhindert, dass Beschäftigungsdaten in dieser Detaillierung (WZ93 dreistellig) auch auf Gemeindeebene veröffentlicht werden. Bei Datenverfügbarkeit können allerdings Einzelbetriebe direkt eingefügt werden.

Die Anzahl der Beschäftigten wird mit b bezeichnet. Sie liegen detailliert nach Regionen (Kreisen in Baden Württemberg und Regierungsbezirken im restlichen Deutschland) und nach Wirtschaftsgruppen vor. Die Beschäftigten in Region i in Wirtschaftsgruppe WG werden mit b_i^{wg} bezeichnet. Die Summe über alle Regionen ergibt die Gesamtzahl der Beschäftigten einer Wirtschaftsgruppe wg ($b^{wg} = \sum_i b_i^{wg}$) in Deutschland. Diese Summe b^{wg} wird zur Aufteilung der Gesamtproduktion einer Wirtschaftsgruppe auf die Beschäftigten benötigt. Es werden so Erzeugungsraten der Produktion detailliert nach Wirtschaftsgruppen berechnet (siehe Abschnitt 4.1).

Betriebsgrößenverteilung

Für die künstliche Erzeugung der Betriebe stehen die Anzahl der Beschäftigten b_i^{wg} einer Wirtschaftsgruppe wg in einer Region i zur Verfügung. Um Betriebe zu erzeugen, die der Größe realer Betriebe entsprechen, wird die Betriebsgrößenverteilung benötigt.

In den folgenden Veröffentlichungen des statistische Bundesamt sind Daten für die Größenverteilungen für ganz Deutschland zu finden :

- auf der Ebene der Wirtschaftsgruppen (WZ93 dreistellig) für die Betriebe der Landwirtschaft: [Statistisches Bundesamt \(2001\)](#),
- auf der Ebene der Wirtschaftsabteilungen (WZ93 zweistellig) für das produzierende Gewerbe (hier wird im Modell davon ausgegangen, dass innerhalb einer Wirtschaftsabteilung alle Wirtschaftsgruppen die gleiche Verteilung haben): [Statistisches Bundesamt \(2002c\)](#),
- für die Betriebe des Baugewerbes: [Statistisches Bundesamt \(2000\)](#),
- auf der Ebene der Wirtschaftsgruppen (WZ93 dreistellig) für die Unternehmen des Großhandels (hier wird für das Modell angenommen, dass die Unternehmen nur einen Standort haben und als Betriebe betrachtet werden können): [Statistisches Bundesamt \(2002b\)](#),
- auf der Ebene der Wirtschaftsgruppen (WZ93 dreistellig) für die Unternehmen des Einzelhandels (hier wird für das Modell angenommen, dass die Unternehmen nur einen Standort haben und als Betriebe betrachtet werden können): [Statistisches Bundesamt \(2002a\)](#),
- für die Unternehmen der Energie- und Wasserwirtschaft (hier wird für das Modell angenommen, dass die Unternehmen nur einen Standort haben und als Betriebe betrachtet werden können): [Statistisches Bundesamt \(1999\)](#),

- für das Gastgewerbe: [Statistisches Bundesamt \(1997\)](#).

Die beiden letzten Punkte haben allerdings für den Güterverkehr wenig Relevanz. Das statistische Bundesamt bildet für die Betriebe oder Unternehmen verschiedene Größenklassen (beim verarbeitenden Gewerbe beispielsweise sechs). Es werden für jede Klasse die Anzahl der Betriebe (bzw. Unternehmen) und die Anzahl der Beschäftigten angegeben, so dass die durchschnittliche Betriebsgröße für jede Klasse berechnet werden kann. Als Beispiel wird die Betriebsgrößenverteilung der Wirtschaftsabteilung 16 (Tabakverarbeitung) in Abbildung 5.3 gezeigt.

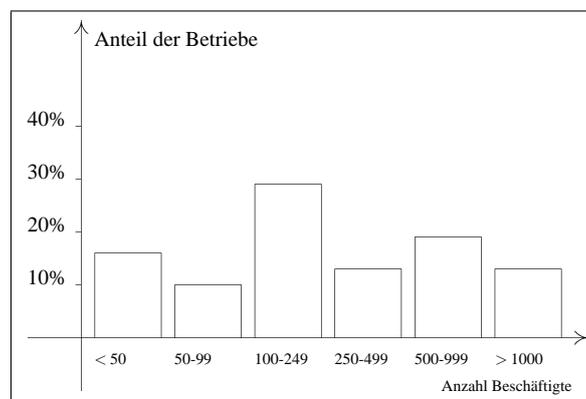


Abbildung 5.3.: Betriebsgrößenverteilung Tabakverarbeitung (Wirtschaftsabteilung 16 - Tabakverarbeitung) (Quelle: [Statistisches Bundesamt](#))

Bei der Erzeugung von Frachtführern für das Modell spielt weniger die Anzahl der Beschäftigten, als vielmehr die Anzahl der Lkw eine Rolle. Eine Betriebsgrößenverteilung nach der Lkw-Anzahl wurde (siehe Abbildung 5.4) vom Bundesamt für Güterverkehr ([BAG \(2000\)](#)) für den gesamten gewerblichen Straßengüterverkehr veröffentlicht. Solange durch andere Studien oder eigene Erhebungen keine, nach unseren Teilmärkten differenzierten Verteilungen vorliegen, kann diese Verteilung des BAG genutzt werden.

Für die Erzeugung von Frachtführern ist die Wahl von Klassenvertretern zu empfehlen. Aus den Besuchen bei Speditionen und den Aussagen der dortigen Mitarbeiter kann gefolgert werden, dass ein Disponent maximal ca. 35 Lkw disponieren kann (d.h. Lkw ohne feste Touren). Existieren in der Realität Speditionen mit mehr als 35 Lkw, so werden diese von unterschiedlichen Mitarbeitern disponiert. Deswegen ist es für das Modell angebracht, eine maximale Lkw-Anzahl von 35 pro Spedition bzw. Frachtführer zuzulassen. Wird eine große Spedition der realen Welt durch mehrere Speditionen im Modell dargestellt, so ist der Fehler vernachlässigbar, da die Kommunikation zwischen den Disponenten ähnlich der zwischen verbundenen Speditionen ist.

5. Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung

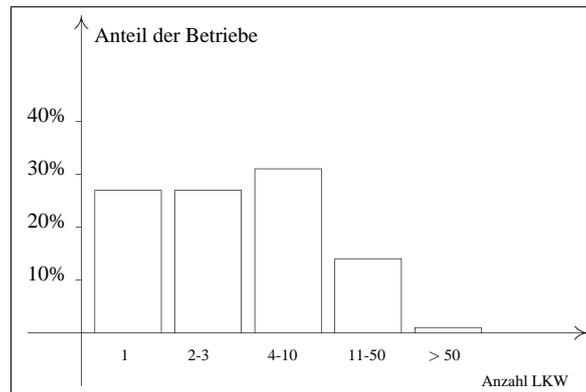


Abbildung 5.4.: Betriebsgrößenverteilung nach Anzahl LKW (Quelle: BAG (2000))

Anzahl und Art der Fahrzeuge

Um das Modell einfach zu halten, wird für jeden Teilmarkt ein einziges Standardfahrzeug vorgegeben. Dieses ist durch das Nutzgewicht und das Ladungsvolumen definiert. Zu einem späteren Zeitpunkt können mehrere Lkw-Typen für jeden Teilmarkt vorgegeben werden. Die Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes (Kraftfahrt-Bundesamt (2003)) und eine Studie des Bundesamtes für Güterverkehr über die Struktur der Unternehmen in Güterverkehr (BAG (2000)) liefern dazu empirisches Material, allerdings existiert in der Realität eine große Vielfalt an verschiedenen Fahrzeugen in den Teilmärkten und auch die Kombinierbarkeit durch Anhänger, Zugmaschinen, Sattelaufleger etc. ist sehr groß.

Die Attribute der Standardfahrzeuge für einige Teilmärkte sind in Tabelle 5.2 aufgeführt. Die Werte sind auf Basis der oben genannten Veröffentlichungen und durch Stichproben auf Internetseiten für Gebrauchtfahrzeuge ermittelt. Es wurden Typen gewählt, die häufig auftreten und den Teilmarkt gut repräsentieren (Kraftfahrt-Bundesamt (2003)).

Teilmarkt	Standardnutzlast (in Tonnen)	Standardvolumen (verschiedene Einheiten)
KEP	1	$90m^3$
Stückgut	6	$45m^3$ (bei 6,8m Ladungsmeter x 2,5 x 2,65)
Allgemeiner Ladungsverkehr (Teil/Ganzladungen)	25	$90m^3$ (bei 13,6m Ladungsmeter x 2,5 x 2,65)
Getränketransporte	11	$45m^3$ (bei 6,8m Ladungsmeter x 2,5 x 2,65)
Möbel und Umzugstransport	6	$45m^3$ (bei 6,8m Ladungsmeter x 2,5 x 2,65)
Transport von Silogut	24	$35m^3$
Betontransport (Betonmischer)	20	$10 m^3$

Tabelle 5.2.: Standard-Lkw einiger Teilmärkte

Als abgekürzte Schreibweise soll für die Anzahl der Fahrzeuge eines Teilmarktes i das Kürzel FZ_i verwendet werden. Die Anzahl der dargestellten Fahrzeuge im Modell muss entsprechend dem Anteil des Güterverkehrs und der Teilmärkte gesetzt werden, die im Modell abgebildet werden. Die Fahrzeuganzahl wird am Anfang kleiner als die des Kraftfahrt-Bundesamtes sein, da nur ein Teil des Güterverkehrsmarktes abgebildet wird. Auch hängen

die benötigten Fahrzeuge stark von der Verflechtungsmatrix und den abgebildeten Wirtschaftsgruppen ab. Sie sollten also aufgrund der Ergebnisse der Simulation gewählt werden. Bleiben viele Frachtaufträge unbearbeitet, so muss die Anzahl der Fahrzeuge im entsprechenden Teilmarkt erhöht werden.

Erzeugungsraten

Erzeugungsraten werden im Modell zur Schätzung der Produktion einzelner Betriebe verwendet. Bei der Betriebserzeugung werden dazu die Beschäftigten der Betriebe ermittelt, aus denen durch Multiplikation mit den Erzeugungsraten die Produktion der Betriebe berechnet werden kann. Die Betriebe und deren Beschäftigte sind nach Wirtschaftsgruppen aufgeteilt. Für jede Wirtschaftsgruppe werden Erzeugungsraten aus den Produktionsdaten des statistischen Bundesamtes (z.B. [Statistisches Bundesamt \(2002d\)](#)) und den Beschäftigtendaten der Bundesanstalt für Arbeit ermittelt (siehe dazu Abschnitt 4.1).

Um später aus der Produktion Frachtaufträge zu erzeugen werden Erzeugungsraten sowohl bezüglich der Menge (oft Gewicht) als auch des Volumina benötigt. Die Erzeugungsraten haben also die Form :

- [Mangeneinheit/Beschäftigter] für Mengen,
- [Volumeneinheit/Beschäftigter] für Volumen.

Die Einheiten müssen innerhalb der Teilmärkte des Transportes gleich sein. Zumeist wird für die Mengen das Gewicht [t] verwendet und für die Volumina die Einheit [m^3] oder [l].

Eine Veränderung der Produktionsraten über die Zeit ist durch eine Erhöhung der Produktivität oder eine Veränderung der produzierten Güter möglich. Eine Beschreibung dieser Veränderungen wäre Gegenstand eines Modells, das Vorgänge der Produktion abbildet.

Die verwendeten Abkürzungen in dieser Arbeit lauten:

- pm_{wg} , die Produktionsrate der Menge in Wirtschaftsgruppe wg,
- pv_{wg} , die Produktionsrate des Volumens in Wirtschaftsgruppe wg.

Verflechtung der Wirtschaftsgruppen - Verflechtungsgraph

Um aus den Produktionsdaten der Betriebe Frachtaufträge zu generieren, müssen die Abnehmer der Produktion bestimmt werden. Als ersten Schritt müssen dazu die Zielbranchen des produzierenden Betriebes ermittelt werden. Dies geschieht auf der Ebene der Wirtschaftsgruppen.

Zur Veranschaulichung sollen diese Lieferbeziehungen zwischen Wirtschaftsgruppen (in den Abbildungen mit WG abgekürzt) in Form eines Verflechtungsgraphen (siehe Abbildung 5.5) dargestellt werden. Dabei wird jede Wirtschaftsgruppe durch ein Oval abgebildet. Die ausgehenden Pfeile repräsentieren Güterströme zu anderen Wirtschaftsgruppen. Jedem dieser Pfeile ist eine Zahl x_{ij} zugeordnet, die den Anteil des Güterstroms zu Wirtschaftsgruppe

5. Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung

j an der Gesamtproduktion der Wirtschaftsgruppe i darstellt. Da in diesem Modell mit der gesamten Absatzproduktion aller Betriebe einer Wirtschaftsgruppe gearbeitet wird, kommt es bei einer Aufteilung der Produktion zwischen Betrieben derselben Wirtschaftsgruppe zu Güterströme in die Wirtschaftsgruppe selbst, d.h. zu Schleifen im Verflechtungsgraph. Umso niedriger die Fertigungstiefe in einer Wirtschaftsgruppe wird, umso größer wird der Anteil der Lieferungen in die Wirtschaftsgruppe selbst.

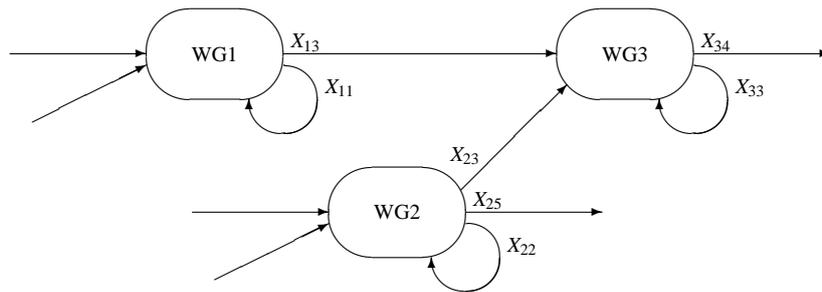


Abbildung 5.5.: Ausschnitt eines Verflechtungsgraphen

Um diesen Verflechtungsgraphen zu erstellen, kann als Quelle die Input-Output Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung genutzt werden. Dort sind allerdings nur Verflechtungen auf der Ebene der Wirtschaftsabteilungen (Zweisteller) vorhanden. Zur Verfeinerung der Verflechtung auf Gruppenebene ist es notwendig, eigene empirische Befragungen durchzuführen. Dies wurden in Form eines Telefoninterviews (siehe Abschnitt 4.2) beispielhaft durchgeführt. Dabei wurden aus jeder Wirtschaftsgruppe einige repräsentative Betriebe gewählt und diese in einem kurzen Gespräch unter anderem zu ihren Lieferbeziehungen befragt.

Bei diesen Quellen treten zwei Problemen auf. Zum einen kann es vorkommen, dass die Daten in einer größeren Aufteilung (bezüglich der WZ93-Klassifizierung) vorliegen, wie dies bei der Input-Output Tabelle der Fall ist (siehe Abbildung 5.6). Bei dieser Datenlage bleibt

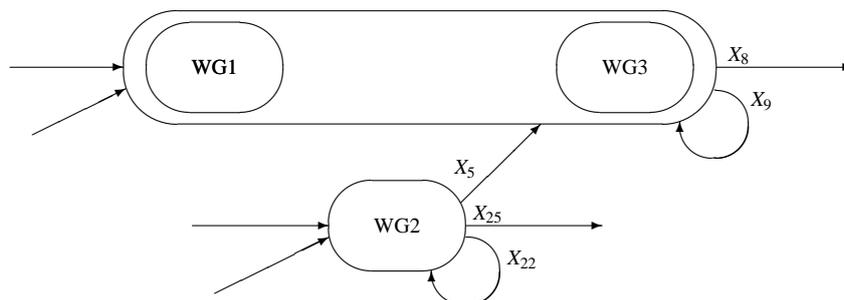


Abbildung 5.6.: Verflechtungsgraph der Input-Output-Tabelle

offen:

- in welche Wirtschaftsgruppe die eingehenden Lieferungen gehen,
- welche Beziehung die zusammengefassten Wirtschaftsgruppen untereinander haben und welchen Anteil die Lieferungen in die Wirtschaftsgruppe selbst ausmachen und
- welche Wirtschaftsgruppe welche ausgehenden Lieferungen vornimmt.

Für den ersten Punkt gilt lediglich, dass die Summe der eingehenden Lieferungen der zusammengefassten Wirtschaftsgruppen gleich der Summe der eingehenden Lieferungen der gesamten Einheit ist. Für die letzten beiden Punkte geben die Daten Rahmenbedingungen vor. Im Beispiel der Abbildung 5.6 können diese, geht man von Produktionen P_1 in WG1 und P_3 in WG3 aus, folgendermaßen formuliert werden :

$$\sum_i x_{1i} \cdot P_1 + \sum_j x_{3j} \cdot P_3 \geq (P_1 + P_3) \cdot x_8 \quad (5.1)$$

$$x_{11} \cdot P_1 + x_{13} \cdot P_1 + x_{33} \cdot P_3 = (P_1 + P_3) \cdot x_9 \quad (5.2)$$

mit

- x_{11} = Anteil Lieferungen von WG1 zu sich selber
- x_{13} = Anteil ausgehende Lieferungen von WG1 zu WG3
- x_{33} = Anteil Lieferungen von WG3 zu sich selber
- x_8 = Anteil ausgehende Lieferungen der zusammengefassten Einheit
- x_9 = Anteil Lieferungen der zusammengefassten Einheit zu sich selber

Dabei besagt Bedingung 5.1, dass die Summe der ausgehenden Lieferungen der beiden einzelnen Wirtschaftsgruppen mindestens so groß sein muss, wie die (Summe der) ausgehenden Lieferungen der zusammengefassten Einheit. Bedingung 5.2 sagt aus, dass sich die Lieferungen der zusammengefassten Einheit zu sich selbst aus den Lieferungen der zusammengefassten Wirtschaftsgruppen untereinander sowie den Lieferungen der zusammengefassten Wirtschaftsgruppen zu sich selbst zusammensetzen. Diese Ungleichungen sind lösbar und können mehrere Lösungen haben.

Das zweite, angenehmere Problem tritt bei den Befragungen einzelner Betriebe auf. Es stellt sich oftmals heraus, dass die Wirtschaftsgruppe aus mehreren Gruppen typischer Betriebe besteht. Dieses Problem ist in Abbildung 5.7 dargestellt.

In diesem Fall können mit der Schätzung der Gesamtproduktion der Teilgruppen (im Beispiel P_{2a} und P_{2b}) die Werte für die zusammengefasste Wirtschaftsgruppe berechnet werden. Im Beispiel (siehe Abbildung 5.7) ergibt dies:

$$x_{23} = \frac{P_{2a} \cdot x_{2a3} + P_{2b} \cdot x_{2b3}}{P_2} \quad (5.3)$$

$$x_{25} = \frac{x_{2b5} \cdot P_{2b}}{P_2} \quad (5.4)$$

$$x_{22} = \frac{P_{2a} \cdot (x_{2a2b} + x_{2a2a}) + P_{2b} \cdot x_{2b2b}}{P_2} \quad (5.5)$$

5. Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung

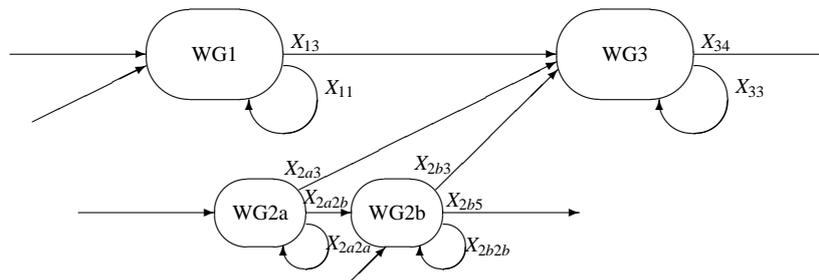


Abbildung 5.7.: Verflechtungsgraph der Telefonbefragung

P_{2a}, P_{2b}	=Produktion in den Teilgruppen
P_2	=Produktion der Wirtschaftsgruppe P_2
x_{2a3}, x_{2b3}	=Anteile ausgehender Lieferungen von den Teilgruppen zu WG3
x_{2b5}	=Anteile Lieferungen aus WG2b in Wirtschaftsgruppen WG5
mit x_{22}	=Anteil Lieferungen von WG2 zu sich selber
x_{2a2a}, x_{2b2b}	=Anteile Lieferungen der Teilgruppen zu sich selber
x_{2a2b}	=Anteile Lieferungen der Teilgruppe WG2a zur Teilgruppe WG2b
x_{22}, x_{23}, x_{25}	=Anteile Lieferungen von WG2 zu WG2, WG3 und WG5

Bei den eingehenden Lieferungen ändert sich durch eine Zusammenfassung nichts. Pfeile aus derselben Wirtschaftsgruppe können im Graph zusammengefasst werden.

In anderen Teilen dieser Arbeit wird der Verflechtungsgraph mit VG abgekürzt und im Stil einer Matrix verwendet. Der Eintrag VG_{ij} in dieser Matrix stellt den Anteil der Gesamtproduktion, der von Wirtschaftsgruppe i nach Wirtschaftsgruppe j geliefert wird, dar.

Zuordnungsmatrix WGT

Um die Verkehre der Wirtschaftsgruppenrelationen Teilmärkten zuzuordnen, muss eine Zuordnungsmatrix WGT definiert werden. Sie bestimmt für jede Relation von Wirtschaftsgruppen $r=(wg1, wg2)$ den Teilmarkt t , auf dem diese Verkehre durchgeführt werden.

Bei der Formulierung des Modells wird zunächst davon ausgegangen, dass jede Wirtschaftsrelation eindeutig einem Teilmarkt zugeordnet werden kann. Zu einem späteren Zeitpunkt kann diese Matrix erweitert und mehrere Teilmärkte (in Form von Anteilen) für Relationen angegeben werden.

Die Zuordnung der Relationen zu Teilmärkten liegt meistens auf der Hand, bei schwierigen Fällen können aus den Telefonbefragungen 4.2 entsprechende Rückschlüsse gezogen werden. Ein Beispiel für eine Zuordnung ist die Beziehung zwischen der Wirtschaftsgruppenrelation Landwirtschaftliche Tierhaltung (WZ-Gruppe 012) - Milchverarbeitung (WZ-Gruppe 155) zu dem Teilmarkt „Tanktransporte (Lebensmittel)“.

Die Zuordnungsmatrix ist eine zentrale Neuerung gegenüber früheren Modellen. Es wird

hiermit der Übergang zwischen der Klassifizierung der Wirtschaftszweige und der Klassifizierung der Teilmärkte des Transportes realisiert. In den bestehenden Modellen wurde oft versucht beide Seiten in einer Klassifizierung darzustellen (zum Beispiel NST/R-Klassifizierung bei der Verkehrsprognose 2015 oder die WZ-Klassifizierung bei dem Modell WIVER).

Abstandsmatrix

Für das Modul Zielwahl werden die Abstände zwischen den Gemeinden benötigt. Um schnell arbeiten zu können und nicht bei jeder Anfrage die Entfernung zwischen Gemeinden neu berechnen zu müssen, sollte einmal eine Abstandsmatrix A_{ij} für alle Gemeinden i, j erstellt werden. Diese soll die Entfernungen zwischen den Mittelpunkten der Gemeinden i und j wiedergeben. Solche Abstände können für die vorhandenen Netze als gegeben angenommen werden.

Anteil des reinen Straßengüterverkehrs

Um für den Anfang das Modell einfach zu halten, soll nur der reine Straßengüterverkehr betrachtet werden. Weder andere Verkehrsträger noch die Fahrten im kombinierten Verkehr (beispielsweise zu den Hafen- oder Eisenbahnterminals) sollen dargestellt werden. Dazu wird bei der Frachtauftragserzeugung nur der Anteil der Produktion betrachtet, der über den Straßengüterverkehr transportiert wird.

Der Anteil des reinen Straßengüterverkehrs in den Wirtschaftsgruppenrelationen r wird in dieser Arbeit mit a_{Srr}^r bezeichnet. Diese Größe kann zunächst geschätzt werden, da sie eventuell in einer späteren Form des Modells entfällt, in dem auch andere Verkehrsträger oder zumindest die Vergabe der Frachtaufträge an diese dargestellt wird.

Darstellung des Auslands

Eine Möglichkeit der Darstellung des Auslandes wäre eine gröber werdende Auflösung der Regionen und des Straßennetzes, so wie dies mit den Regionen außer Baden-Württemberg im Modell geschieht. Bei der Frachtauftragserzeugung und der Zielwahl für Frachtaufträge könnten mit entsprechenden Exportanteilen für Wirtschaftsgruppen (aus der Außenhandelsstatistik) und einer Ziellandverteilung ZV^r für die Wirtschaftsgruppenrelation r die Länder oder Regionen in den Ländern als Ziele der Frachtaufträge gewählt werden.

Dieses Vorgehen ist ein Vorschlag für die Darstellung der Transporte ins Ausland. Er wird in dieser Arbeit in der Frachtauftragsbildung und der Zielwahl angedeutet, da so eine zusätzliche Komplexität durch Daten anderer Länder vermieden wird.

5.2.2. Verhaltensdaten

Anteile des Werkverkehrs

Um bei der Erzeugung der Frachtführer auch den Werkverkehr zu berücksichtigen, müssen die Anteile des Werkverkehrs für die Wirtschaftsgruppenrelationen ermittelt werden.

Diese Anteile werden im Modell mit der Matrix WV dargestellt. Ein Eintrag WV_{ij} repräsentiert den Anteil des Werkverkehrs bei Verkehren zwischen der Wirtschaftsgruppe i und der Wirtschaftsgruppe j .

Die Anteile des Werkverkehrs sind eine wichtige Bestimmungsgröße des Modells, da durch sie die Wirkungen von Veränderungen des Werkverkehrs nachvollzogen werden können. Beispielsweise könnte simuliert werden, was bei einer Verringerung der Anteile im Modell geschieht und ob dies eventuell durch I&K-Techniken dadurch gefördert wird, dass das Angebot im gewerblichen Güterverkehr durch mehr Information transparenter wird.

Die Ermittlung der Anteile des Werkverkehrs kann durch eine Befragung von typischen Repräsentanten der Wirtschaftsgruppen stattfinden (siehe Abschnitt 4.2). Anhaltspunkte zu den Anteilen liefert auch die Top100 Studie (siehe Klaus (2003)), die „Outsourcinganteile“ ihrer Teilmärkte angibt. Weitere Anhaltspunkte können Daten der Studie zur Struktur der Unternehmen des gewerblichen Güterkraftverkehrs liefern (siehe BAG (2000)). Darin wird für die einzelnen Wirtschaftsabteilungen der WZ-Klassifikation die Zahl der Unternehmen im Werkverkehr genannt. Allerdings sind dies Daten aus dem Jahr 2000. Auch in der Fahrtenstichprobe des BAG sind Werkverkehre gekennzeichnet und es können damit Auswertungen vorgenommen werden.

Anteil der Speditionen unter Frachtführern und Speditionen ohne Fuhrpark

Um eine einfache Schätzung der Speditionsanzahl zu ermöglichen, wurden Bestimmungsgrößen gesucht, die eine Herleitung aus bestehenden Daten ermöglichen und die einfach zu handhaben sind. Für die Speditionen mit Fuhrpark ist dies $ASped_t^{AnzFz}$, der Anteil der Speditionen unter den Frachtführern des gewerblichen Straßengüterverkehrs (kein Werkverkehr). Dieser Anteil ist abhängig von der Anzahl der Lkw und dem Teilmarkt, in dem die Frachtführer tätig sind.

Um die Speditionen ohne eigenen Fuhrpark zu schätzen wird der Eckwert $SRate_t$ eingeführt. Er gibt die Anzahl der Speditionen an, die auf einen Lkw des gewerblichen Straßengüterverkehrs (keine Werkverkehr Lkw) im Teilmarkt t kommen.

Diese Größen können als Schätzwerte angegeben werden. Es können zum Beispiel die Verhältnisse einer Region verwendet werden, in der die benötigten Daten bekannt sind. Auch können Aussagen von Interviews verwendet werden. Beide Größen stellen aber auch wichtige Bestimmungsgrößen des Modells dar. Um zum Beispiel die Auswirkungen von einem Rückgang der Speditionen bei gleichzeitiger Zunahme von Frachtführern zu simulieren, wird $ASped_t^{AnzFz}$ reduziert.

Entfernungsverteilungen für Frachtaufträge

Um die Ziele für Frachtaufträge zu wählen, geht als ein Kriterium die Entfernungsverteilung in die Attraktivitätsfunktionen der Ziele (siehe Abschnitt 5.5.1) ein. Die dafür verwendete Funktion $P_{Entf}^r(i, j) = P_{Entf}^r(x)$ liefert die Wahrscheinlichkeit für die Entfernung x (zwischen den Regionen i und j), bei einem Frachtauftrag der Wirtschaftsgruppenrelation $r=(wg1, wg2)$. Die

Entfernung zwischen den Regionen i und j kann aus der Abstandsmatrix A_{ij} (siehe Abschnitt 5.2.1) entnommen werden.

Es werden für die Herleitung der Funktion die Entfernungsverteilungen für Frachtaufträge für alle Wirtschaftsgruppenrelationen benötigt.

Eine Quelle dafür ist die Fahrtenstichprobe des Kraftfahrt-Bundesamtes (siehe [Kraftfahrt-Bundesamt \(2001\)](#)). Diese ist ein Datensatz, bestehend aus einzelnen LKW-Fahrten, die nach Attributen wie Güterarten (NST/R-Klassifizierung), Art der Fahrzeuge (Tank, Kipper etc) oder Art der Fahrt (Einzelfahrt, Sammelfahrt etc.) sortiert werden können. Vielen Wirtschaftsgruppenrelationen können Datensätze über diese Attribute zugewiesen werden.

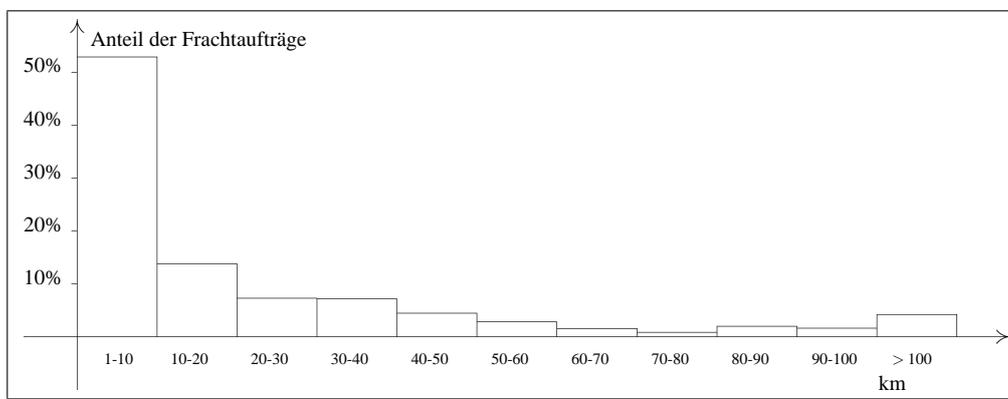


Abbildung 5.8.: Entfernungsverteilung bei Frachtaufträge zwischen landwirtschaftlicher Tierhaltung und Milchverarbeitung

Im Folgenden wird als Beispiel die Herleitung der Entfernungsverteilung der Wirtschaftsgruppenrelation Landwirtschaftliche Tierhaltung (WZ-Gruppe 012) - Milchverarbeitung (WZ-Gruppe 155) aus den KBA-Daten gezeigt. Die Fahrten auf dieser Relation werden mit der Gutart Milch (NST/R Gutart 143) durchgeführt und es werden Sammeltouren mit Tank-Lkw gefahren. Aufgrund dieser drei Merkmale können die entsprechenden Datensätze über eine SQL-Abfrage aussortiert werden. Für die Ermittlung der Entfernungen zwischen landwirtschaftlichem Betrieb und Milchverarbeitung kann bei einer Sammeltour allerdings nur die Fahrt zum ersten Betrieb verwendet werden, da mit den Fahrten innerhalb der Sammeltour keine Aussagen über die Entfernung zwischen landwirtschaftlichem Betrieb und Milchverarbeitung getroffen werden können. Die Sammeltouren sind in der Stichprobe jeweils zu einem Datensatz zusammengefasst. Es wurde für die Ermittlung der Entfernungsverteilung die Entfernungen der Leerfahrten vor diesen Sammeltouren betrachtet, die die Fahrt zum ersten Betrieb der Sammeltour darstellt. Aus den so ermittelten 2480 Fahrten wurde mit Hilfe einer Klasseneinteilung die Schätzung für die Entfernungsverteilung dieser Wirtschaftsgruppenrelation gebildet, die in Abbildung 5.8 zu sehen ist.

Verteilung Ladungsmengen und -volumen

Für die Bildung von Frachtaufträgen aus der Produktion eines Betriebes wird die Verteilung der Ladungsmengen und Ladungsvolumen für jede Wirtschaftsgruppenrelation benötigt. Im Folgenden werden nur die Verteilungen der Ladungsmengen dargestellt, die Volumina können durch den Quotient $\frac{pv_{wg}}{pm_{wg}}$ der Erzeugungsraten jeder Wirtschaftsgruppe wg hergeleitet werden.

Die Verteilungen können für viele Relationen aus den Daten der Fahrtenstichprobe des Kraftfahrtbundesamtes ermittelt werden. Als Beispiel wurde dies, wie in Abschnitt 5.2.2 in Bezug auf die Entfernungen, für die Wirtschaftsgruppenrelation Landwirtschaftliche Tierhaltung (WZ-Gruppe 012) - Milchverarbeitung (WZ-Gruppe 155) getan. Als Basis dienen die Sammelfahrten mit Milch in Tankfahrzeugen. Da Einzelfahrten schwieriger dieser Relation zugeordnet werden können, fehlen diese in der Stichprobe. Es wird also davon ausgegangen, dass zwischen Landwirtschaft und Milchverarbeitung nur mit Sammelfahrten (nicht zum Beispiel mit einzelnen Ganzladungen) gefahren wird. Das Ergebnis ist als Verteilung des Gewichtes (in 0,5 Tonnen Klassen) in Abbildung 5.9 zu sehen. Aufgrund der getroffenen Annahme kann es nur eine Schätzung darstellen.

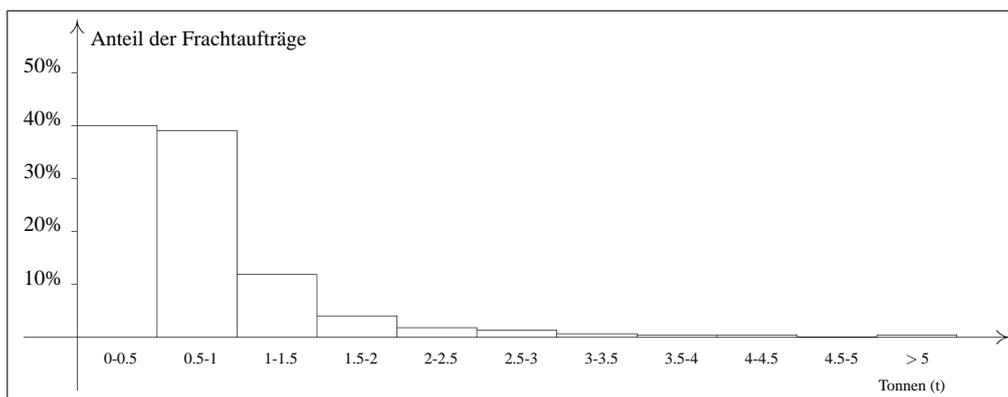


Abbildung 5.9.: Gewichtsverteilung der Frachtaufträge zwischen landwirtschaftlicher Tierhaltung und Milchverarbeitung

Andere Quellen für die Gewichtsverteilungen von Frachtaufträgen sind die Telefonbefragung und eine Auswertung von Frachtaufträgen von Frachtenbörsen.

In der Arbeit wird die Verteilung der Ladungsmengen der Wirtschaftsgruppenrelation r mit LV^r bezeichnet.

Zeitfenster und Vorlaufzeiten für Frachtaufträge

Zwei zentrale Parameter von Frachtaufträgen für die Disposition sind die Zeitfenster und die Vorlaufzeit. Unter Vorlaufzeit soll der Zeitraum verstanden werden, der zwischen Auftragsannahme und Abholzeitpunkt besteht. Das Zeitfenster soll den Zeitraum darstellen, zu dem die Fracht bei dem Zielbetrieb angeliefert werden kann.

Für beide Parameter gibt es in der Praxis nur wenige verschiedene Ausprägungen. In Tabelle 4.7 sind beispielsweise die üblichen Zeitfensterarten und Vorlaufzeiten (und teilweise deren Häufigkeiten) der besuchten Speditionen aufgeführt (siehe Anhang B). Dazu muss erwähnt werden, dass die Zeitfenster in vielen Fällen flexibel sind und durch Anrufe des Disponenten „verschoben“ werden können (wurde bei der Disposition bei Kunze, Grieshaber und Bäumle beobachtet). Stundengenaue Zeitfenster kamen in Fällen vor, bei denen beispielsweise Kräne zum Abladen benötigt wurde (Grieshaber) oder morgens Material für Betriebe angeliefert wurde, für die die Lagerhaltung übernommen wurde (Grieshaber, ITC).

Das Modell kann auf wenige Zeitfensterarten und Vorlaufzeiten beschränkt werden. Die prozentualen Anteile des Auftretens der verschiedenen Arten werden als Zeitfensterverteilung ZV^r und Vorlaufzeitverteilung VV^r bezeichnet. Sie können für jede Wirtschaftsgruppenrelationen r bestimmt werden. Für viele Relationen können vermutlich dieselben Verteilungen angenommen werden, ähnlich denen, die bei den besuchten Speditionen genannt wurden.

Als Datenquellen können neben solchen Interviews, wie oben erwähnt, auch Auswertungen von Frachtaufträgen in Frachtenbörsen dienen. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass die Frachtaufträge auf Frachtenbörsen eventuell nicht repräsentativ sind.

Die Verteilungen sind Bestimmungsgröße des Modells und können so auch für Analysen genutzt werden. Es könnte beispielsweise eine Erhöhung der Anteile kurzer Zeitfenster simuliert werden.

Vergabe der Frachtaufträge durch Empfänger

Um im Modell den Fall eines produzierenden Betriebes abzubilden, dessen Frachtaufträge von dessen Kunden vergeben werden oder von dem Werkverkehr dieses Kunden durchgeführt werden, wird für jede Wirtschaftsgruppenrelation r der Anteil der fremdvergebenen oder fremdgeführten Aufträge bestimmt. Diese Anteile werden mit a_{eigen}^r bezeichnet.

Beispiele hierfür sind Automobilzulieferer oder landwirtschaftliche Betriebe, bei denen der Transport der Produkte vom Abnehmer organisiert wird.

Quellen für empirische Daten dazu können Telefoninterviews mit Verladern sein.

Bei einer Simulation könnte diese Größe beispielsweise dazu genutzt werden, eine Zunahme von Gebietsspeditionen in der Automobilindustrie darzustellen, die Sammeltouren durchführen. Diese Sammeltouren beruhen darauf, dass die Automobilhersteller die Frachtaufträge ihrer Zulieferer gebündelt vergeben und die Güter gebündelt angeliefert werden.

5.3. Modul Akteurserzeugung

In diesem Modul werden die Akteure des Modells „erzeugt“. Dies sind die Betriebe, die Frachtführer und die Speditionen. In einem ersten Teilmodul wird die Erzeugung der Betriebe beschrieben und in einem zweiten die der Frachtführer und Speditionen. Es wird dabei auch auf den Werkverkehr eingegangen. Zum Schluss des Abschnittes wird noch kurz eine Möglichkeit der Einbindung von Schnittpunkten zu anderen Verkehrsmitteln aufgezeigt.

5.3.1. Teilmodul Betriebserzeugung

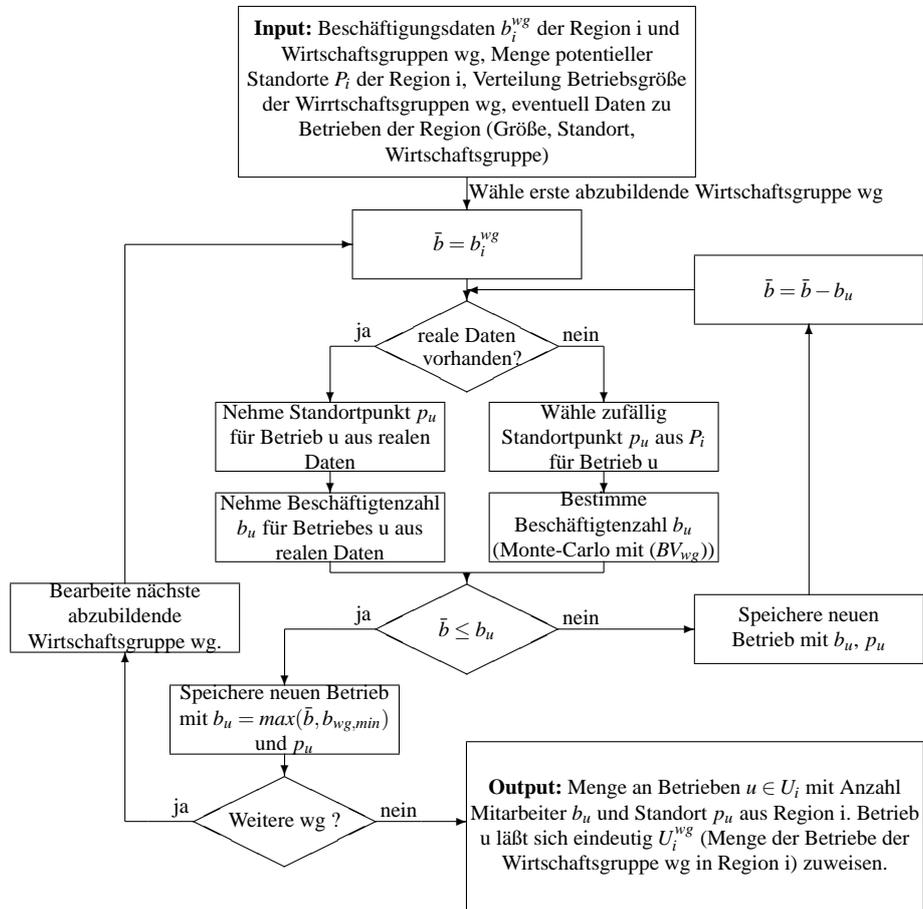


Abbildung 5.10.: Ablaufdiagramm des Moduls Betriebserzeugung für Region i

In diesem Teilmodul werden aus vorhandenen Daten künstlich Betriebe erzeugt. Es liegen Beschäftigtendaten der Bundesanstalt für Arbeit nach Kreise in Baden-Württemberg und nach Regierungsbezirken in den anderen Bundesländern differenziert nach Wirtschaftsgruppen vor. Um eine Größenverteilung der Betriebe zu erhalten, die der Wirklichkeit entspricht, sind Betriebsgrößenverteilungen des statistischen Bundesamtes gegeben. Außerdem sind in dem verwendeten Straßennetz potentielle Standortpunkte der Betriebe für die einzelnen Regionen vorhanden. Auf diese Eingangsdaten und ihre Quellen wurde im Abschnitt 5.2 näher eingegangen.

Wenn zusätzlich reale Daten von Betrieben der Regionen vorliegen, können diese bei der Erzeugung von Betrieben verwendet werden.

Es müssen im Modell nur Betriebe für die Wirtschaftsgruppen erzeugt werden, die in Abschnitte C.1 als Quellen und/oder Senken gekennzeichnet sind.

Aus diesen Inputdaten werden entsprechend dem Ablaufplan in Abbildung 5.10 die Betriebe einer Region i erzeugt.

Liegen reale Betriebsdaten vor, so werden aus diesen der Standort p_u und die Beschäftigtenzahl b_u des Betriebes verwendet, um einen neuen Betrieb u der entsprechenden Wirtschaftsgruppe und Region für das Modell zu erzeugen.

Sind keine realen Daten vorhanden, wird zufällig ein Standort p_u , aus der Menge der potentiellen Standortpunkte P_i der Region, gewählt. Außerdem wird mit Hilfe der Monte Carlo Methode, bei der die Betriebsgrößenverteilung der Wirtschaftsgruppe wg beachtet wird, eine Beschäftigtenanzahl b_u für den zu erzeugenden Betrieb u bestimmt.

Der Output des Moduls besteht aus einer Menge an Betrieben U_i der Region i . Jeder Betrieb $u \in U_i$ hat eine Anzahl von Mitarbeiter b_u sowie einen Standort p_u und gehört einer Wirtschaftsgruppe j an. Betrieb u lässt sich eindeutig zu U_i^{wg} , der Menge der Betriebe der Wirtschaftsgruppe wg in Region i , zuweisen.

Durch die Verwendung der Monte-Carlo Methode bei der zufälligen Erzeugung der Betriebe wird sichergestellt, dass die eingegangenen Randverteilungen eingehalten werden.

5.3.2. Teilmodul Erzeugung der Akteure der Transportseite

Es existieren in dem Modell drei Typen von Frachtführern :

- eigentliche Frachtführer,
- Speditionen, die einen Fuhrpark unterhalten,
- Frachtführer des Werkverkehrs.

Neben diesen drei Typen von Frachtführern werden in diesem Modul auch Speditionen ohne eigenen Fuhrpark erzeugt. Für genaue Definitionen von Speditionen und Frachtführern wird auf Abschnitt 4.3.3 verwiesen.

Die Datenbeschaffung für dieses Teilmodul ist schwierig, da Frachtführer im Modell nach den Teilmärkten des Straßengüterverkehrs (Abschnitt 5.1.2) gebildet werden, auf denen sie aktiv sind, und vor allem die Anzahl der Lkw und nicht der Beschäftigten von Interesse ist.

Die Größe der Betriebe der Frachtführer orientiert sich an der Anzahl Lkw. Dazu wird für den Anfang die Betriebsgrößenverteilung nach Anzahl der Lkw genutzt (siehe Abschnitt 5.2.1).

Die Beschäftigtenstatistik soll lediglich zur regionalen Verteilung verwendet werden. In der Beschäftigtenstatistik sind die eigentlichen Frachtführer Teil der Wirtschaftsgruppe „sonstige Landverkehre“, die Speditionen mit Fuhrpark Teil der Wirtschaftsgruppe „Speditionen, sonstige Verkehrsvermittler“. Die Frachtführer des Modells sind in der Beschäftigtenstatistik also nicht eindeutig identifizierbar. Die Speditionen ohne Fuhrpark sind auch in der Gruppe „Speditionen, sonstige Verkehrsvermittler“ enthalten. Außerdem kann die Beschäftigtenstatistik im Fall der Frachtführer nur ein Anhaltspunkt sein, da es viele Frachtführer gibt, die als Selbstständige (also nicht Beschäftigte) in einem ein oder zwei Mann-Unternehmen fahren.

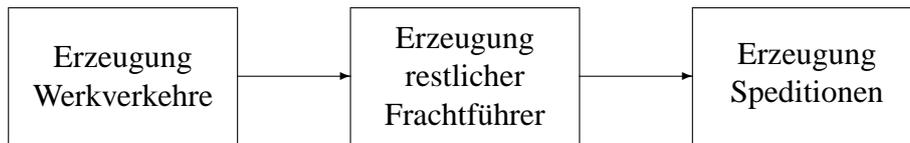


Abbildung 5.11.: Übersicht Modul Frachtführererzeugung

Das Modul teilt sich in drei Teile auf (siehe Abbildung 5.11). Zuerst werden die Frachtführer des Werkverkehrs entsprechend den Frachtaufkommen der Betriebe mit Werkverkehr erzeugt. Anschließend werden aus den verbliebenen Lkw in den Teilmärkten unabhängige Frachtführer, differenziert nach den einzelnen Regionen, gebildet. Im letzten Teil werden Speditionen entweder aus bestehenden Frachtführern (Fall einer Spedition mit einem eigenen Fuhrpark) erzeugt oder ohne Frachtführer einem Standort zugewiesen (Fall einer Spedition ohne Fuhrpark).

Werkverkehr

Für den Teil Werkverkehr wird nur eine kurze Beschreibung einer Möglichkeit der Darstellung gegeben, da dieser nicht im Mittelpunkt des Modells steht.

Unterhält ein Betrieb einen Werkverkehr, so führt er mit diesem alle Verkehre einer bestimmten Art, einer Wirtschaftsgruppenrelation, durch. Beispielsweise können hier milchverarbeitende Betriebe genannt werden, die den Transport der Milch von der Landwirtschaft mit Sammelfahrten oft selbst durchführen, aber für den Abtransport andere Speditionen beauftragen. Im Modell könnten für einen solchen Betrieb alle Fahrten von der Landwirtschaft durch Lkw des Werksverkehrs durchgeführt werden.

Werkverkehre können im Modell als Frachtführer dargestellt werden, die Frachten für bestimmte Wirtschaftsgruppenrelationen eines einzigen Betriebes durchführen und keine anderen Frachtaufträge akquirieren.

Mit erzeugten Frachtaufträgen des Betriebes kann mit dem Modul Tourenplanung die benötigte Anzahl an Fahrzeugen abgeschätzt werden.

Die Fahrzeuge der so erzeugten Werkverkehre müssen von den Fahrzeugen des entsprechenden Teilmarktes, der über die WGT Matrix (siehe Abschnitt 5.2) mit der Wirtschaftsgruppenrelation ermittelt werden kann, abgezogen werden.

In der späteren Simulation des Transportmarktes müssen die Werkverkehre nicht beachtet werden, da sie keine Interaktion mit anderen Akteuren haben. Die Verkehre des Werkverkehrs können getrennt dargestellt werden.

Die Struktur und die Funktionsweise des Werkverkehrs entspricht dem Straßengüterverkehr, wie er im Modell WIVER dargestellt wird.

Frachtführer (ohne Werkverkehr)

Mit den nach der Erzeugung der Werkverkehre verbleibenden Lkw in den Teilmärkten (\bar{FZ}_t) werden Frachtführer erzeugt, die im Modell entweder als unabhängige Frachtführer bestehen bleiben oder im nächsten Teil des Moduls Speditionen zugeordnet werden. Der Ablauf für diesen Teil des Moduls ist in Abbildung 5.12 festgehalten.

Es wird im Modul differenziert nach Region i und Teilmarkt t die Anzahl der Lkw geschätzt. Für jeden Teilmarkt t werden die Lkw $F\bar{Z}_t$, die nicht dem Werkverkehr zugeordnet wurden, proportional der Anzahl Beschäftigter (in den Wirtschaftsgruppen „sonstige Landverkehre“ und „Spedition, sonstige Verkehrsvermittlung“) auf die Regionen verteilt.

Bei Regionen, deren interne Verkehrsströme nicht dargestellt werden, wird die Anzahl FZ_t^i mit dem Anteil der Lkw multipliziert, die für Verkehre extern der Region eingesetzt werden.

Als Output wird die Menge an Frachtführern FF_t^i differenziert nach Region i und Teilmarkt t erzeugt. Jeder dieser Frachtführer $ff \in FF_t^i$ hat einen Standort p , gehört zu einem Teilmarkt t und verfügt über eine Anzahl Standardfahrzeuge $anzFZ$.

Speditionen

Im letzten Teil des Moduls werden die Speditionen erzeugt. Diese können entweder mit einem Fuhrpark ausgestattet sein, in diesem Fall wird ihnen ein Frachtführer zugeordnet, oder ohne Fuhrpark arbeiten, in diesem Fall wird ihnen lediglich ein Standort zugewiesen. Der Ablauf für diesen Teil des Moduls ist in Abbildung 5.13 festgehalten. Als Input werden neben FF_t^i , der Menge der Frachtführer des Teilmarktes t der Region i (ohne die Frachtführer des Werkverkehrs), und P_i , der Menge potentieller Standorte in der Region i , $ASped_t^{anzFZ}$ und $SRate_t$ benötigt. $ASped_t^{anzFZ}$ sind die Anteile der Speditionen unter den Frachtführern (ohne Werkverkehr) differenziert nach den Teilmärkten t und der Größe der Frachtführer (in Anzahl LKW). $SRate_t$ bezeichnet die Speditionen ohne Fuhrpark, die pro LKW (ohne LKW des Werkverkehrs) in einem Teilmarkt t bestehen.

Es wird in diesem Teil des Moduls getrennt für jeden Teilmarkt t und jede Region i zunächst für jeden einzelnen Frachtführer ff entschieden, ob er eine Spedition darstellt. Danach werden die Speditionen ohne Fuhrpark erzeugt.

Der Output des Moduls besteht aus der Menge der Speditionen, differenziert nach Regionen und Teilmärkten S_t^i . Diese Speditionen können einen eigenen Fuhrpark in Form eines Frachtführers haben. Zumindest gehört aber zu jeder Spedition ein Standort.

5.3.3. Schnittpunkte zu anderen Verkehrsmitteln

Eine zukünftigen Version des Modells könnte auch Anteile des Lkw-Verkehrs am intermodalen Verkehr beinhalten. Dazu können Häfen und Eisenbahnterminals als einzelne Betriebe dargestellt werden, die Quelle und Senke repräsentieren und selber Frachtaufträge erzeugen (ankommender intermodaler Verkehr) und an die Frachten versendet werden (ausgehender intermodaler Verkehr).

5. Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung

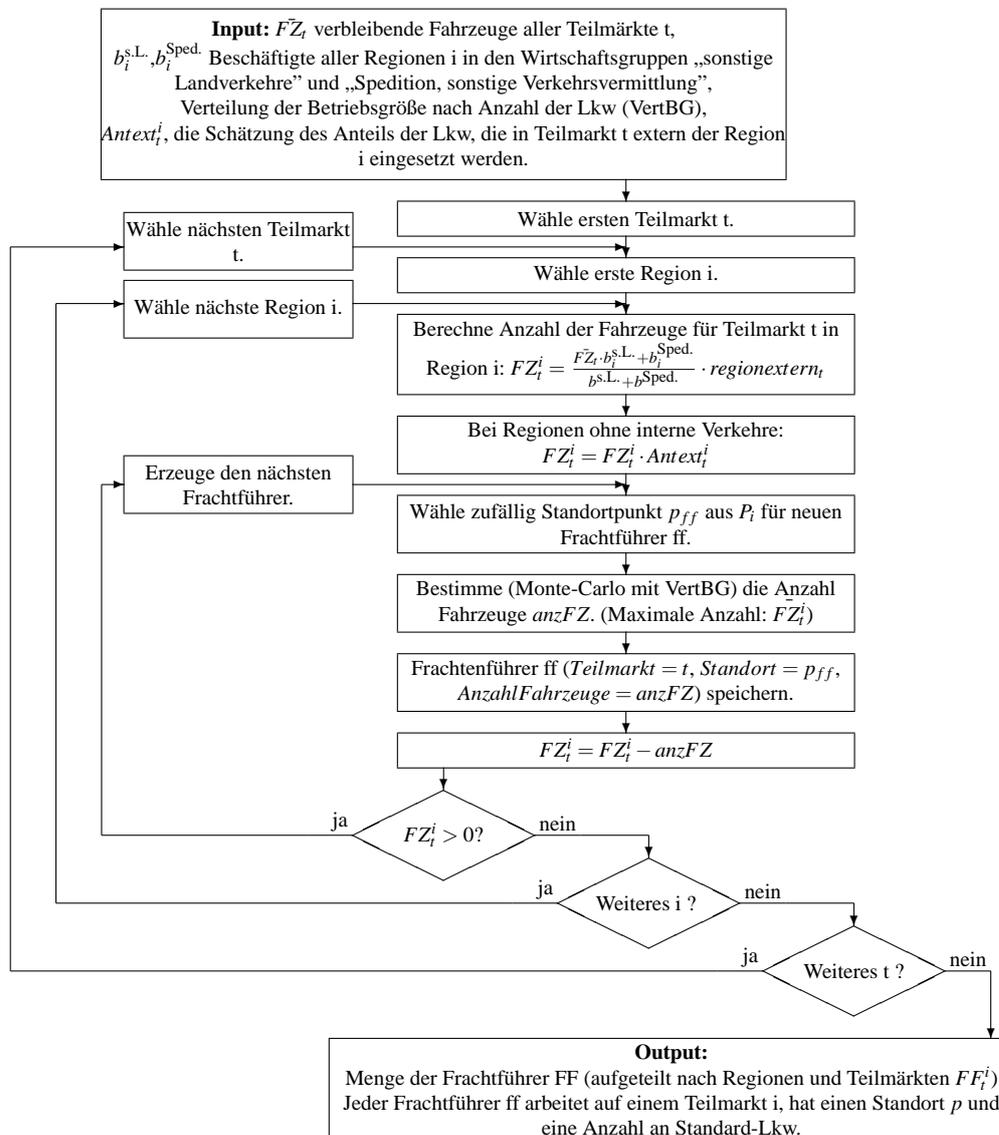


Abbildung 5.12.: Ablaufdiagramm des Moduls Frachtführererzeugung - Teil Frachtführer

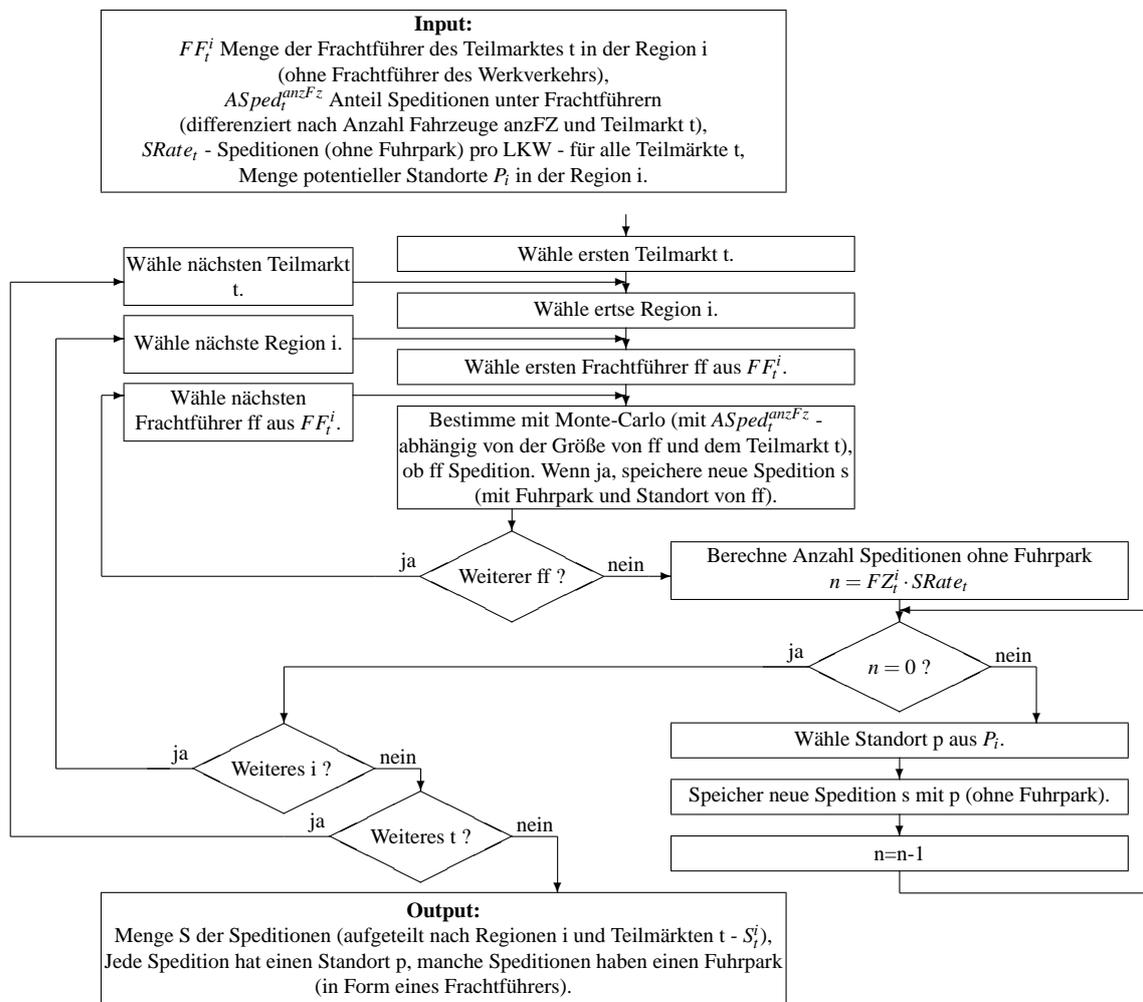


Abbildung 5.13.: Ablaufdiagramm des Moduls Frachtführererzeugung - Teil Speditionen

5.4. Modul Frachtauftragserzeugung

In diesem Abschnitt wird das Modul zur Erzeugung von Frachtaufträge der einzelnen Betriebe vorgestellt. Zusätzlich wird anschließend kurz darauf eingegangen, wie die Darstellung von Lagern und Großhandel im Modell aussehen könnte.

5.4.1. Das Modul

Bei der Erzeugung der Frachtaufträge wird eine Zielwirtschaftsgruppe, nicht aber der Zielort bestimmt. Dies wird erst im nächsten Modul, der Zielwahl, vorgenommen. Außerdem wird für die Frachtaufträge vereinfachend nur die Menge des Produktes bestimmt, das Volumen kann durch den Quotient $\frac{pv_{wg}}{pm_{wg}}$ der Erzeugungsraten jeder Wirtschaftsgruppe wg hergeleitet werden. In Abbildung 5.14 ist das Ablaufdiagramm dieses Moduls zu sehen.

Als Inputdaten werden für die Ermittlung der zu verteilenden Produktionsmenge die Produktionsrate pm_{wg} , die Mitarbeiter der Betriebe b_u , der Verflechtungsgraph VG und die Anteile des reinen Straßengüterverkehrs a_{Str}^r für die Wirtschaftsgruppenrelation r benötigt. Um anschließend die Attribute der Frachtaufträge zu bestimmen, müssen zusätzlich die Ladungsmengenverteilung LV^r , die Anteile der Zeitfensterarten (Zeitfensterverteilung) ZV^r , die Verteilung der Vorlaufzeiten VV^r , die Verteilung der Zielländer ZLV^r sowie der Anteil der Aufträge, deren Transport vom Kunden organisiert wird, (Eigenvergabeanteil) a_{eigen}^r , für jede Wirtschaftsgruppenrelation gegeben sein.

Es werden in dem Modul nacheinander alle Betriebe bearbeitet. In einem ersten Schritt wird für den Betrieb u die Produktionsmenge aus der Beschäftigtenzahl b_u und der Erzeugungsraten pm_{wg1} seiner Wirtschaftsgruppe wg1 bestimmt. Der Anteil der Produktion, der mit dem reinen Straßenverkehr transportiert wird (auch kein kombinierter Verkehr), wird anschließend getrennt nach Zielwirtschaftsgruppen in Frachtaufträge aufgeteilt.

Von dieser Produktion wird nur der Anteil betrachtet, der mit reinem Straßengüterverkehr (auch kein kombinierter Verkehr) bis zum Abnehmer transportiert wird. Dazu wird die Produktion Pr_u^r mit dem Anteil des Straßengüterverkehrs a_{Str}^r auf dieser Relation r multipliziert.

Als Output ergibt sich auf diese Weise für jeden Betrieb eine Menge von Frachtaufträgen FA_u . Jeder Frachtauftrag $fa \in FA_u$ hat die Attribute Herkunftsbetrieb u, Wirtschaftsgruppenrelation r, Menge m, Zeitfenster zf, Vorlaufzeit vz, Zielland zl und Fremdvergabe fv, die ihm durch die Monte Carlo Methode zugeordnet wurden. Bei einem Export (fv=ja) wird der Frachtauftrag immer vom versendenden Betrieb vergeben, da keine Betriebe des Auslands dargestellt werden.

5.4.2. Lager und Großhandel

Lager und Großhandel sind Quellen für Frachten, obwohl sie keine eigene Produktion besitzen. Sollen sie im Modell auch als Quellen dienen, müssen sie gesondert dargestellt werden. Der Unterschied zwischen Lagern und dem Großhandel besteht darin, dass bei einem Lager

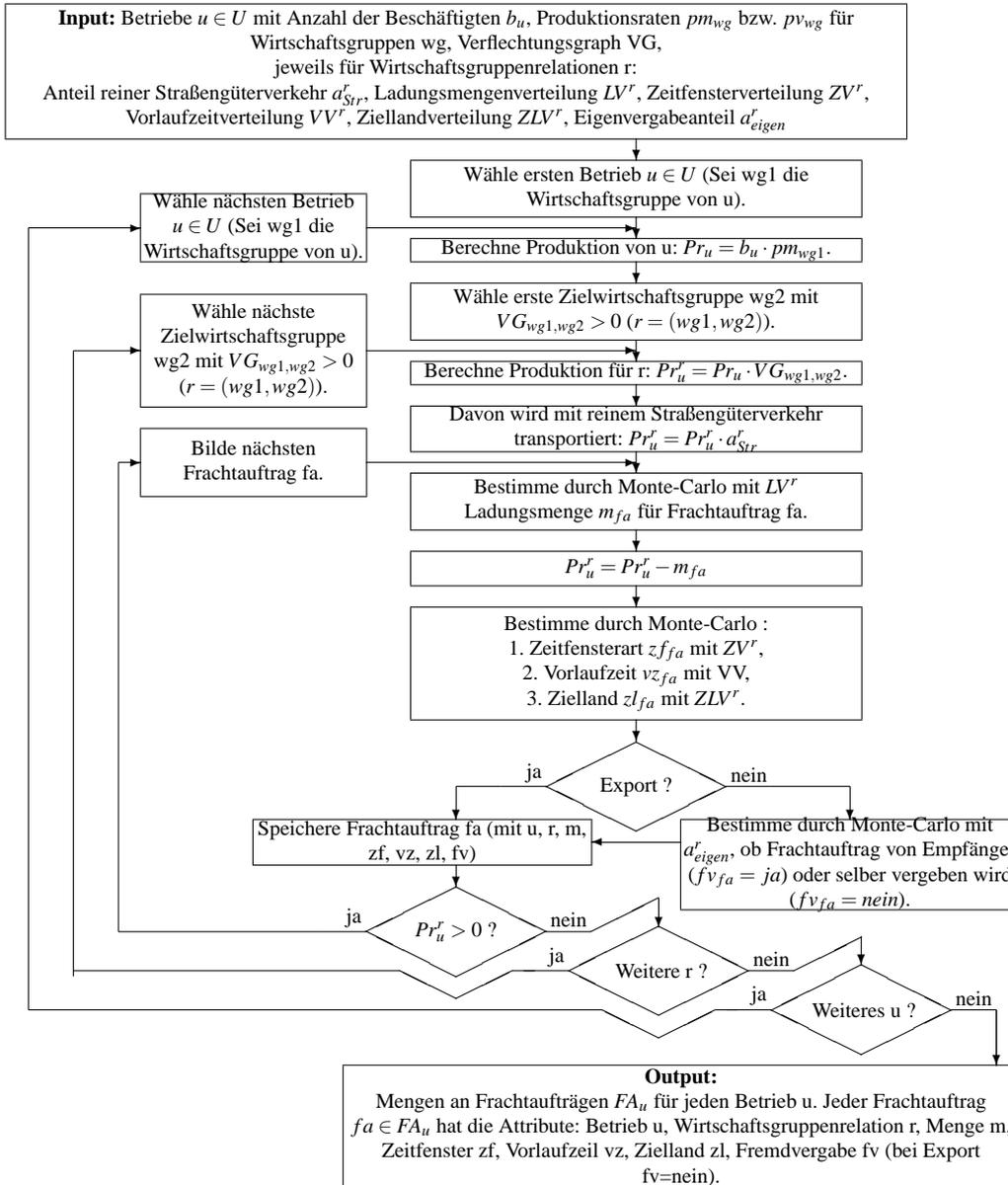


Abbildung 5.14.: Ablaufdiagramm Frachtauftragserzeugung

der herstellende Betrieb weiterhin der eigentliche Versender oder Empfänger bleibt. Im Großhandel dagegen, gehen die Güter in dessen Besitz über und der Großhandel versendet die Güter als eigenständiger Akteur.

Im Modell wären die folgenden Formen der Darstellung möglich:

- Lager müssen nur dargestellt werden, wenn sie abseits des Betriebes liegen. Für Frachtaufträge von und zu dem Betrieb, tritt das Lager als Absender oder Zieladresse auf. Zusätzlich werden regelmäßige Frachtaufträge für die Fahrten zwischen Lager und Betrieb erzeugt.
- Der Großhandel kann als eigenständiger Betrieb mit Beschäftigten dargestellt werden. Seine Frachtauftragsproduktion ist abhängig von den Sendungen, die er empfängt. Deswegen müssen zuerst die anderen Betriebe Frachtaufträge erzeugen und die Ziele dazu wählen. Die empfangenen Sendungen werden aufsummiert und sind die „Produktion“ des Großhandels. Daraus werden die neuen Frachtaufträge generiert.

Da für den Großhandel Betriebsgrößen und Beschäftigtenzahlen vorhanden sind, können Betriebe des Großhandels erzeugt und bei der Zielwahl berücksichtigt werden.

5.5. Modul Zielwahl

In diesem Abschnitt werden zunächst die für die Zielwahl wichtigen Attraktivitätsfunktionen der Zielorte beschrieben. Anschließend wird das Modul vorgestellt, in dem für alle im letzten Abschnitt erzeugten Frachtaufträge der Zielort ermittelt wird.

5.5.1. Attraktivitätsfunktion

Ähnlich wie im Personenverkehr, wird an dieser Stelle eine Attraktivitätsfunktion der Zielorte vorgestellt, die sich aber leicht von der des Personenverkehrs unterscheidet. Die Attraktivitätsfunktion $Att(r, i, j)$ für das vorgeschlagene Modell gibt die Attraktivität der Region j als Ziel eines Frachtauftrages der Wirtschaftsgruppenrelation $r=(wg1, wg2)$ und der Quellregion i an. Es werden dazu die Gemeinden als Regionen verwendet.

Die Funktion wird folgendermaßen gebildet:

$$Att(r, i, j) = P_{Entf}^r(i, j) \cdot P_{Besch}(wg2, j) \quad (5.6)$$

mit $Att(r, i, j)$ =Attraktivität der Region j ,
 $P_{Entf}^r(i, j)$ =Entfernungswahrscheinlichkeit bei Frachtaufträgen aus r ,
 $P_{Besch}(wg2, j)$ =Gewicht der Region j in Wirtschaftszweig $wg2$.

Sie setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Zum einen geht die Entfernung zwischen den Regionen und zum anderen der Anteil (also das Gewicht) einer Zielregion j an der Zielwirtschaftsgruppe $wg2$, gemessen an der Anzahl der Beschäftigten, ein. Dies kann als eine Art

Gravitationsansatz, in dem die Entfernung und die Masse bestimmend sind, gesehen werden. Allerdings kann es im Güterverkehr passieren, dass die Entfernung keine Rolle spielt, also die Entfernungswahrscheinlichkeit gleichverteilt ist.

Beide Komponenten können als Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Merkmale (Entfernung und Gewicht) gesehen werden.

Um die Entfernungswahrscheinlichkeit zu bestimmen, werden sowohl die Entfernungen zwischen den Regionen (also die Abstände A_{ij}) als auch die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Entfernungen für die Relationen benötigt. Beide Bestimmungsgrößen werden in Abschnitt 5.2 beschrieben. Für eine Entfernung (dem Abstand zwischen Regionen) kann mit der Entfernungsverteilung der Wirtschaftsgruppenrelationen eine Wahrscheinlichkeit $P_{Entf}^r(i, j)$ angegeben werden.

Die zweite Komponente stellt den Anteil der Region j an den Beschäftigten der Wirtschaftsgruppe $wg2$ dar :

$$P_{Besch}(wg2, j) = \frac{b_j^{wg2}}{\sum_i b_i^{wg2}} \quad (5.7)$$

Es ist egal ob die Daten (auf Kreisebene) aus der Statistik übernommen werden oder über die erzeugten Betriebe ermittelt werden.

Die Berechnung der Abstände und somit die Bestimmung der Attraktivitäten und letztlich die Zielwahl wäre theoretisch auch auf Basis der Abstände zwischen den Betrieben möglich. Allerdings müssten auf diese Weise die Abstände für jede Betriebskonstellation individuell berechnet werden. Dies würde die Komplexität der Zielwahl sprengen. Deswegen wurde als geographische Einheit im Modul Zielwahl die Gemeinde gewählt. Der Abstand zwischen den Gemeinden kann einmal berechnet und in einer Abstandsmatrix A_{ij} hinterlegt werden.

5.5.2. Das Modul

Als Input für dieses Modul werden, wie oben dargestellt, für die Berechnung der Attraktivitäten die Abstandsmatrix, die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Entfernungen für Wirtschaftsgruppenrelationen und die Beschäftigtendaten der Betriebe gebraucht. Zusätzlich werden die Menge der Gemeinden und die im vorigen Abschnitt erzeugten Frachtaufträge benötigt. Der Ablauf des Moduls wird in Abbildung 5.15 gezeigt.

Es werden für jede Quellgemeinde gq und jede Relation r die Attraktivitäten $Att(r, gq, g)$ der anderen Gemeinden g berechnet. Aus diesen werden $P_{gq}^r(g)$, die Wahrscheinlichkeiten der Gemeinden g Ziel für einen Frachtauftrag der Relation r aus der Gemeinde gq zu werden, berechnet.

Nun werden mit diesen Wahrscheinlichkeiten individuell für jeden Frachtauftrag die Ziele ermittelt. An dieser Stelle ist es sinnvoll, für jeden Betrieb nur einige Ziele zu wählen, anstatt dies für jeden einzelnen Frachtauftrag zu tun. Dafür müssen für die verschiedenen Betriebstypen (Wirtschaftsgruppen) die Anzahl der Kunden bestimmt werden oder pauschal eine Anzahl Kunden für die verschiedenen Wirtschaftsgruppenrelationen vorgegeben werden. Im Ablaufdiagramm ist die Wahl zur Vereinfachung für jeden einzelnen Frachtauftrag dargestellt.

5. Struktur und erste Teile einer Aktivitäten-basierten Güterverkehrsmodellierung

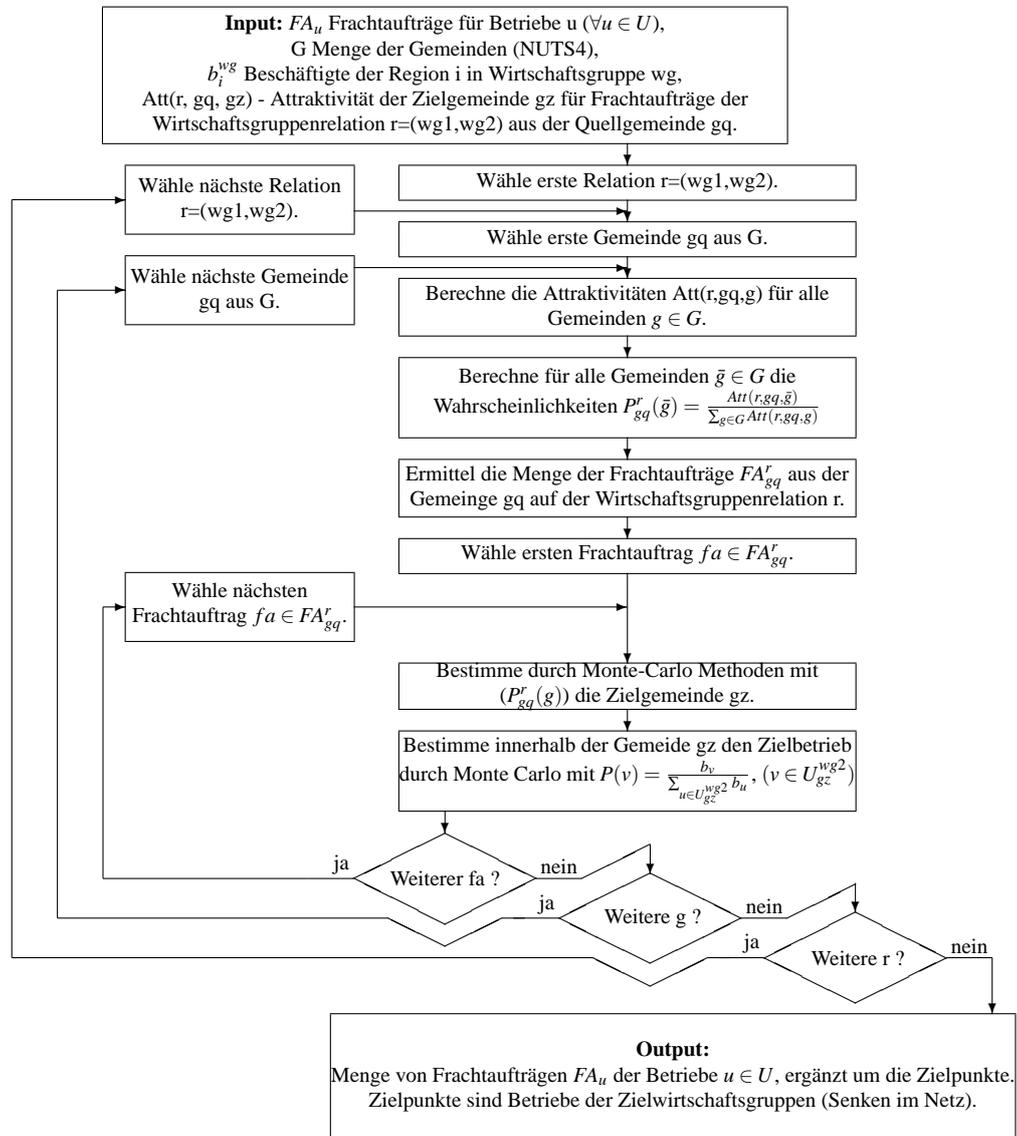


Abbildung 5.15.: Ablaufdiagramm Modul Zielwahl

Zuletzt wird mit der Monte Carlo Methode zuerst eine Zielgemeinde mit den oben berechneten Wahrscheinlichkeiten bestimmt. Innerhalb dieser wird entsprechend der Betriebsgröße wiederum ein Zielbetrieb bestimmt.

Als Output liefert das Modul die, um die Zielorte ergänzen, Frachtaufträge. Sollen auch Exporte im Modell dargestellt werden, so könnten als Zielorte die entsprechenden Länder oder Regionen der Länder gewählt werden.

5.6. Modul Markt

Die Darstellung des Marktes und der Akteure darin sollte dynamisch erfolgen, da das Verhalten der Akteure vom Zeitpunkt abhängig ist. Beispielsweise würde ein Frachtführer während er noch Frachten zu transportieren hat, keine bezüglich seiner Tour unpassenden Frachtaufträge annehmen, während er nach der Auslieferung seiner letzten Fracht fast jeden Auftrag annehmen würde. Es ist daher sinnvoll, das Modul Markt und das Modul Tourenplanung als Simulation durchzuführen. Dabei wird ein begrenzter Zeitraum simuliert, der dazu in Zeitscheiben aufgeteilt wird. So können zu Beginn jeder Zeitscheibe neue Aufträge der Betriebe oder der Speditionen in den Markt eingebracht werden und jeder Akteur könnte seine Handlungen vornehmen. Auf diese Weise ist auch die Darstellung paralleler Handlungen möglich. Die Wahl der Dauer einer Zeitscheibe hängt davon ab, wie genau eine Simulation die Handlungen der Akteure abbilden will. Ein Überschreiten der Dauer von 4 Stunden je Zeitscheibe ist nicht sinnvoll, da in diesem Fall eine Darstellung der dynamischen Tourenplanung von Trucker-Frachtführern unmöglich wird. Das Modul Tourenplanung muss für Speditionen und Frachtführer nur durchlaufen werden, wenn die Zeitscheibe Änderungen in deren Situation bedingt (zum Beispiel neue Frachtaufträge).

Ein sinnvolles Hilfsmittel zur Darstellung der Frachtauftragsvergabe sind Sichtfenster. Das Sichtfenster eines Betriebes besteht aus den ihm bekannten Speditionen, Frachtführern und Frachtenbörsen. Es könnte in Form einer Liste angelegt werden. Gerät ein Betrieb über die Frachtenbörsen mit neuen Speditionen oder Frachtführern in Kontakt, so können diese neu in das Sichtfenster aufgenommen werden. Genauso könnten Akteure, die eine längere Zeit keine Frachten mehr für einen Betrieb transportiert haben, aus dessen Sichtfenster verschwinden. Auf ähnliche Weise können die Sichtfenster für Speditionen definiert werden. Sichtfenster stellen also eine Art Sicht auf die Umwelt, ähnlich der „environmental view“ im Personenverkehrsmodell AVENA (siehe Kapitel 2.2), dar, die sich in der Simulation laufend ändern können. Bei einer Ausschreibung von Kontrakten oder einer Vergabe von Frachtaufträgen können entweder nur die Akteure des Sichtfensters kontaktiert werden oder es wird eine Frachtenbörse genutzt, die eine Vielzahl von Speditionen oder Frachtführern kontaktiert. Die Frachtenbörse kann so als neues, größeres Sichtfenster dienen, oder auch neue Kontakte für das alte Sichtfenster herstellen. Auch kann man über die Größe eines Sichtfensters die „Vergabepolitik“ eines Betriebes darstellen. Vorstellbar wären beispielsweise Betriebe, deren Sichtfenster nur aus einer Spedition, ihrer Hausspedition, besteht, oder im Gegenteil Betriebe, die durch private Internetbörsen ein sehr viel größeres Sichtfenster haben.

Wichtig ist auch die getrennte Darstellung von Spotmarkt und Kontraktmarkt. Darauf wird bei den Akteursbeschreibungen jeweils eingegangen.

Im Folgenden sollen die einzelnen Akteure des Marktes und ihr Verhalten auf dem Markt näher beschrieben werden. Dies soll als Vorschlag für eine Struktur der zukünftigen Modellierung des Marktes gesehen werden.

5.6.1. Handlungen der Betriebe im Markt

Die Frachtaufträge, die im Abschnitt 5.4 für die Betriebe gebildet wurden, werden in diesem Modul auf dem Markt platziert. Die für das gesamte Jahr erzeugten Frachtaufträge müssen zunächst über das Jahr verteilt werden. Bei einigen saisonabhängigen Produkten muss auf ungleichmäßige Verteilungen über das Jahr geachtet werden. Von großer Bedeutung ist die Vorlaufzeit vor Ladedatum, mit dieser wird bestimmt, wann der Betrieb den Frachtauftrag auf dem Markt platziert, also den anderen Akteuren bekannt macht. Der Teilmarkt, auf dem der Frachtauftrag platziert wird, ist durch die Wirtschaftsgruppenrelation und das Gewicht meist eindeutig identifizierbar (siehe Zuordnungsmatrix WGT, Abschnitt 5.2.1).

In einem Modell sollte die Vergabe von Frachtaufträgen durch Betriebe auf unterschiedliche Arten dargestellt werden, um Veränderungen bei der Vergabe (zum Beispiel durch I&K-Techniken) abbilden zu können. Dazu könnte den Betrieben anteilig eine Vergabeart zugewiesen werden oder es könnte ein Wahlmodell für die Wahl der Vergabeart aufgestellt werden. Ein solches Modell wäre, wie in Kapitel 2 beschrieben, in Form eines Logit-Modells vorstellbar, in dem der erzielte Preis oder die Qualität, ausgedrückt zum Beispiel durch Pünktlichkeit, Entscheidungsvariablen sein könnten.

Es können folgende Vergabearten unterschieden werden:

- Eigener Werkverkehr (keine Vergabe),
- Vergabe an feste Hausspedition, das heißt Vergabe aller Frachtaufträge an eine Spedition,
- Ausschreibung auf dem Kontraktmarkt, das heißt langfristige Vergabe aller Frachtaufträge (oder aller Frachtaufträge einer Relation) an eine Spedition,
- Vergabe über den Spotmarkt, das heißt kurzfristige Vergabe der einzelnen Frachtaufträge.

Bei den letzten beiden Vergabearten besteht jeweils die Möglichkeit nur die Akteure seines Sichtfensters zu kontaktieren oder über eine Frachtenbörsen zu vergeben. Die Betriebe könnten zusätzlich die Vergabearten für Wirtschaftsgruppenrelationen oder Zielregionen unterschiedlich wählen.

Durch die Betriebe ist die Nachfrageseite des Kontraktmarktes und ein kleiner Teil des Spotmarktes gegeben. Die Nachfrage auf dem Spotmarkt besteht zum größten Teil aus Frachtaufträgen von Speditionen.

5.6.2. Handlungen der Speditionen im Markt

Speditionen im Markt für Ganz/Teilladungen im allgemeinen Ladungsverkehr könnten in solche ohne Spezialisierung und solche mit Spezialisierung auf Wirtschaftsgruppen oder Relationen unterteilt werden. In Regionen, in denen bestimmte Wirtschaftszweige stark vertreten sind, könnten bei der Akteurserzeugung Speditionen gebildet werden, die sich im allgemeinen Ladungsverkehr auf diese Wirtschaftsgruppen spezialisieren und die bei der Frachtauftragsvergabe von Betrieben dieser Wirtschaftsgruppe bevorzugt werden. Die Spezialisierung der Speditionen könnte sich aber auch durch Handlungen der Akteure in der Simulation ergeben.

Zusätzlich zu der Unterteilung in Teilmärkte, sollten die Speditionen unterschieden werden, die als Hausspeditionen fungieren, das heißt, die alle Frachtaufträge von einem oder mehreren Betrieben erhalten. Somit gäbe es für jeden Teilmarkt vier unterschiedliche Typen :

1. Speditionen mit einer Spezialisierung auf Relationen und/oder Wirtschaftszweige,
2. Speditionen ohne Spezialisierung,
3. Hausspeditionen mit Spezialisierung auf Relationen und/oder Wirtschaftszweige,
4. Hausspeditionen ohne Spezialisierung.

Die besuchte Spedition Grieshaber ist zum Beispiel eine Spedition des dritten Typs, während die Spedition ITC-Stuttgart dem Typ eins entspricht (siehe Anhang B).

Speditionen beziehen ihre Aufträge zum einen Teil von Betrieben, die sie beauftragen (durch Kontrakte, als Hausspedition oder einzeln über den Spotmarkt). Zum anderen Teil beziehen vor allem spezialisierte Speditionen ihre Aufträge auch von anderen Speditionen, die (zum Beispiel als Hausspedition) von Betrieben beauftragt wurden, ohne die Verkehre selbst anzubieten. Eine Akquise von Frachtaufträgen über Frachtenbörsen des Spotmarktes durch die Speditionen sollte nur für Rückfrachten möglich sein, wie dies in der Realität gegeben ist.

Die Vergabe von Frachtaufträgen auf dem Spotmarkt durch Speditionen könnte wieder mit Hilfe eines Sichtfensters dargestellt werden. Hat eine Spedition einen zu vergebenden Auftrag, so würde sie zuerst Frachtführer und Speditionen aus diesem Sichtfenster kontaktieren und erst danach, im Fall dass keiner dieser Akteure Interesse zeigt, den Frachtauftrag an Frachtenbörsen weitergeben. Genau wie bei Betrieben könnte sich das Sichtfenster im Laufe der Simulation verändern. Frachtführer, die als Subunternehmer der Spedition fungieren, können im Modell wie eigene Fahrzeuge der Spedition behandelt werden.

Welche Frachtaufträge weitergegeben werden oder welche kurzfristig auf dem Markt gesucht werden, wird von dem Modul Tourenplanung ermittelt. Langfristig bewerben sich Speditionen auf alle Kontrakte mit Frachtaufträgen, die ihrer Spezialisierung entsprechen oder die zu ihren bisherigen Verkehren (Touren oder Relationen) passen. Vor allem Hausspeditionen würden sich grundsätzlich auf Ausschreibungen in ihrer Region bewerben.

5.6.3. Handlungen der Frachtführer im Markt

Bei Frachtführern sollte das Marktmodul zwischen

- Betriebsfrachtführern, die Frachtaufträge von Betrieben erhalten und nur den verbleibenden Teil (zum Beispiel Rückfrachten) ihrer Touren durch Akquise auf dem Spotmarkt erhalten,
- Relationsfrachtführern, die sich auf bestimmte Relationen spezialisieren,
- Trucker-Frachtführern, die von einem Frachtauftrag zum nächsten fahren, ohne sich auf Betriebe oder Relationen zu spezialisieren und
- Subunternehmern von Speditionen

unterscheiden. Subunternehmer von Speditionen, kleine Frachtführer mit einem bis zwei Fahrzeugen, können im Modell komplett durch die zugehörige Spedition dargestellt werden, da in ihrem Fall sowohl die Akquise als auch die Disposition von den Speditionen übernommen wird. Betriebsfrachtführer sind die einzigen Frachtführer, die Aufträge über den Kontraktmarkt annehmen können. Sie sollten im Modell aber nur Aufträge annehmen, die sie komplett selber fahren, da sie sonst schon als Speditionen fungieren würden.

Ansonsten wird die Akquise wie für die Relationsfrachtführer oder die Trucker-Frachtführer ausschließlich über den Spotmarkt betrieben. Dort erhalten die Frachtführer kurzfristig von Speditionen (selten auch von Betrieben) die Aufträge. Frachtführer nutzen für alle Arten von Frachten auch die Frachtenbörsen.

Da Frachtführer (laut Definition) keine Frachtaufträge vergeben, haben sie auch kein Sichtfenster.

5.6.4. Frachtenbörsen

Neben den privaten Frachtenbörsen, die, wie oben erwähnt, durch größere Sichtfenster dargestellt werden, sollte das Modell verschiedene Arten von offenen Frachtenbörsen abbilden. Dabei ist sowohl eine Differenzierung nach den Teilmärkten als auch zwischen Kontrakt- und Spotmarkt nötig.

Um der Realität zu entsprechen (siehe Kapitel 4), sollte ein Großteil der Spotmärkte nur für Frachtführer und Speditionen offen stehen. In der Regel (siehe Anhang Speditionssteckbriefe) arbeiten die Speditionen mit ca. zwei Spotmarkt-Frachtenbörsen zusammen. Börsen für den Kontraktmarkt sind im Moment noch selten.

Im Modell könnten je nach Szenario unterschiedlich viele Frachtenbörsen und unterschiedliche Beteiligungen durch die Akteure dargestellt werden.

5.6.5. Vergabeentscheidung durch Preisbildung

Die Wahlentscheidung der Vergabe des Frachtauftrages oder des Kontraktes kann in einem Modell verschieden detailliert dargestellt werden. In einem ersten Stadium könnten spezialisierte Akteure, Akteure die diese Fracht als Rückfracht suchen oder Akteure aus der Region, bevorzugt werden. Langfristig sollte die Entscheidung über eine Preisbildung abgebildet werden. Dazu muss aber die Tourenbildung entsprechende Berechnungen leisten. Es müssten kurzfristige Kalkulationen für den Spotmarkt, die nur den Mehraufwand durch eine Fracht bewerten, und langfristige Kalkulationen, die dazu Aspekte wie Leerfahrtenrisiko und Overheadkosten (bei Speditionen höher als bei Frachtführern) mit berücksichtigen, möglich sein. Nur durch eine Darstellung mit Kosten und Preisen sind auch sinnvolle Kriterien bei einer Darstellung der Wahl der Vergabeart durch die Betriebe möglich.

5.7. Modul Tourenplanung

Für dieses Modul wird zuerst eine kurze Einführung in die Prinzipien des Constraint Logic Programming (CLP) gegeben. Mit dieser Methode ist eine Formulierung der Tourenplanung, ähnlich der Form der Problemformulierungen des OR (siehe Kapitel 3.3), möglich. Die Methode wird auch durch das Tool „Dispatcher“ der Firma ILOG genutzt, das zur Implementierung der Tourenplanung verwendet werden soll. Anschließend wird das Modul grob durch seinen Input und Output sowie einige Constraints beschrieben. Außerdem wird die Idee einer Tourenplanung mit einem festgelegten Tourengerüst näher erläutert und schließlich werden am Ende einige verschiedene Heuristiken für die Tourenplanung nach dem Vorbild der Dispositionen der besuchten Speditionen beschrieben.

5.7.1. Das Constraint Logic Programming - CLP

Die Darstellung des Constraint Logic Programming (CLP) in diesem Abschnitt orientiert sich an einem einführenden Kapitel zu CLP der Doktorarbeit [Heinitz \(1999\)](#) und an einer kurzen Einführung zu Constraint Programming und Objektorientierung in einem Handbuch des Solvers der Firma ILOG ([ILOG \(1999\)](#)), der durch das zu verwendende Tool Dispatcher eingesetzt wird. Um einen genaueren Überblick über das CLP zu bekommen, werden diese Kapitel empfohlen. In dieser Arbeit wird nur ein kurzer Einblick gegeben.

CLP ist eine deklarative Art zu programmieren. Im Gegensatz zu imperativen Programmiersprachen wie C oder Pascal, bei denen die Operationen „read“ und „write“ den Kern der Programme ausmachen, stehen beim deklarativen Programmieren, wie zum Beispiel bei der Sprache PROLOG, die Operationen „ask“ für die Abfrage von Informationen und „tell“ für die Eingabe von Informationen im Mittelpunkt.

Beim CLP wird von Variablen mit Wertebereichen ausgegangen. Diese sind zunächst nicht mit einem Wert belegt, sondern ihr Wertebereich wird durch sogenannte Constraints (Einschränkungen) sukzessive verkleinert. Dabei werden zwei Paradigmen der deklarativen Pro-

grammierung vereint. Erstens wird das Problem durch „constraint solving“ gelöst, indem die Wertebereiche solange eingeschränkt werden, bis nur die zulässigen Werte bleiben. Zweitens werden zur Formulierung der constraints Methoden der logischen Programmierung genutzt. Der Einsatz von logischen Formulierungen ist ein entscheidender Vorteil gegenüber den Formulierungen der Nebenbedingungen durch Gleichungen oder Ungleichungen im OR. Es können zum Beispiel disjunktive Bedingungen oder Bedingungen mit Mengen (z.B. Mengen von Frachtaufträgen) sehr einfach formuliert werden, ohne sich durch viele zusätzliche Hilfsvariablen zu weit vom Problem zu entfernen.

Ein weiteres Merkmal des CLP ist die mögliche Aufteilung in die Problemformulierung und die Problemlösung. Bei der Problemformulierung werden die Variablen und deren Wertebereiche sowie die Constraints formuliert. Anschließend kann in dem dadurch festgelegten Lösungsraum nach bestimmten Regeln einer Heuristik und nach bestimmten Zielen (Zielfunktionen) nach Lösungen gesucht werden. Wie im Modell ALBATROSS (siehe Abschnitt 2.3) existiert also eine Trennung zwischen den Constraints, die den Lösungsraum einschränken, und den Regeln (Heuristiken) zum Suchen der Lösungen.

Die Vorgehensweise des CLP entspricht weitgehend der des OR (siehe Abschnitt 3.3). Es werden Constraints (Nebenbedingungen) formuliert, Wertebereiche festgelegt und anschließend mit einer Heuristik Lösungen gesucht. Beim CLP wird die Lösungssuche in der Art einer vollständigen Enumeration realisiert. Je besser kritische Variablen (durch Constraints eingeschränkt) dabei erkannt werden, je mehr Suchraum kann durch kluge Branch and Bound Algorithmen ausgeschlossen werden. Da die Probleme, die behandelt werden, meist NP-schwer sind und eine vollständige Enumeration aller Lösungen daher zu zeitaufwendig wird, werden Heuristiken eingesetzt.

Es ist wichtig, Heuristiken zu wählen, die schnell gute (bezüglich der Zielfunktion) Lösungen liefern. Im Fall der Darstellung der Tourenplanung kann durch verschiedene Heuristiken auch das unterschiedliche Vorgehen bei der Disposition dargestellt werden (zum Beispiel Unterschiede zwischen Werkverkehr und Speditionen). Es können so eventuell Lösungen nachempfunden werden, die dem Vorgehen in der Realität entsprechen.

In dem Tool „Dispatcher“ von ILOG und dem verwendeten Solver werden die Prinzipien des CLP mit der objektorientierten Programmierung kombiniert. Werden Constraints bezüglich Klassen und deren Objekten gebildet, so lassen sich Constraints in drei verschiedene Kategorien einteilen, die in Tabelle 5.3 aufgelistet sind.

Kategorie	Constraint bezüglich	Beispiel
inherent	Struktur der Klasse	Maximale Anzahl von Objekten des Typs Fahrzeug in Klasse Frachtführer.
intrinsic	einzelnem Objekt	Ladungskapazität
relational	Bezug zwischen Objekten	Frachtaufträge mit festgelegter Reihenfolge.

Tabelle 5.3.: Constraint-Kategorien bei objektorientiertem Programmieren (angelehnt an ILOG (1999))

Es wird durch die Beispiele deutlich, dass neben den quantitativen Constraints, wie sie aus dem OR bekannt sind, auch qualitative Constraints formuliert werden können. Beispielsweise kann im Tool „Dispatcher“ auf einen vordefinierten Constraint (IlcAllDiff) zurückgegriffen werden, der festlegt, dass alle Elemente eines Arrays unterschiedlich sein müssen. Auch im OR (siehe Abschnitt 3.3) ist eine solche Art von Nebenbedingungen möglich, nur ist sie im CLP sehr viel einfacher und problemnaher zu formulieren.

Das CLP ist zur Darstellung der Tourenplanung eines Aktivitäten-basierten Modells sehr geeignet, da es die Möglichkeit bietet sowohl Randbedingungen, wie zum Beispiel Zeitfenster, einfach beschreiben zu können als auch verschiedene Verhaltensweisen von Akteuren durch unterschiedliche Heuristiken formulieren zu können.

5.7.2. Grobe Beschreibung des Moduls

Die Tourenplanung der Frachtführer und Speditionen unterscheidet sich vor allem durch unterschiedliche Heuristiken. Die Problemformulierung im Sinne von Inputdaten, Variablen und Constraints ist dagegen ähnlich. Deswegen werden die Heuristiken in einem späteren Abschnitt getrennt behandelt und an dieser Stelle die Problemstellung mit den Inputdaten und den erwarteten Outputdaten des Moduls sowie einigen Constraints grob beschrieben.

Wird die Frachtauftragsvergabe und die Tourenplanung, wie in Abschnitt 5.6 erläutert, mit Hilfe von Zeitscheiben, also dynamisch, dargestellt, so ist eine Tourenplanung der Akteure nur für die Zeitscheiben sinnvoll, bei denen sich eine für sie relevante Veränderung ergibt. Beispiele dafür wären ein neuer Frachtauftrag oder ein Ereignis, das ihren bisherigen Routenplan (dieser Ausdruck wird im Sinne von Abschnitt 3.3 gebraucht) beeinflusst. Der Aufruf des Tourenplanungsmoduls findet also zu einem bestimmten Zeitpunkt statt, zu dem eventuell schon ein alter Routenplan existiert, der nur an einigen Stellen aktualisiert werden muss.

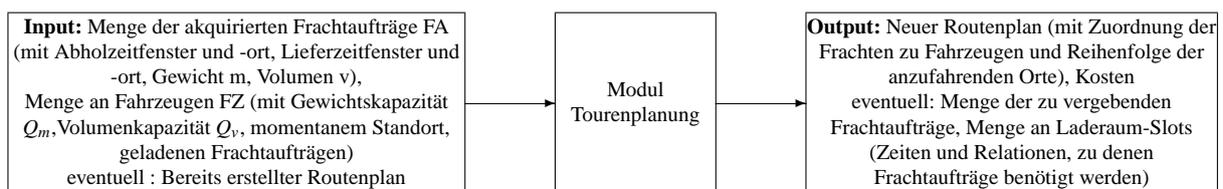


Abbildung 5.16.: Input/Output des Moduls Tourenplanung

In Abbildung 5.16 ist der Rahmen des Moduls aus Input- und Outputdaten dargestellt. Als Input erhält das Modul die akquirierten Frachtaufträge, die entweder einzuplanen sind oder, zum Beispiel im Fall von Speditionen, weitervergeben werden können. Außerdem stehen der Planung in den meisten Fällen eine nicht leere Menge an Fahrzeugen zur Verfügung (im Fall einer Spedition ohne eigene zu disponierende Fahrzeuge kann auch eine leere Menge möglich sein). Außerdem kann es sein, dass als Input ein bereits aufgestellter Routenplan vorliegt, in dem Frachtaufträge eingeplant sind, die noch nicht durchgeführt wurden.

Jeder Frachtauftrag besteht aus Abhol- und Lieferfenster (frühester und spätester Abhol- bzw. Lieferzeitpunkt), dem zu transportierenden Gewichten und Volumen, dem Teilmarkt, auf dem transportiert wird, sowie den anzufahrenden Orten. Für jedes Fahrzeug existieren Gewichts- und Volumenkapazitäten, ein momentaner Standort und eine Menge von momentan geladenen Frachtaufträgen.

Das Modul Tourenplanung muss nun auf Basis dieser Inputdaten einen Routenplan aufstellen. Die Frachtaufträge werden entweder diesem zugeordnet oder können (vor allem bei Speditionen) über den Spotmarkt weitervergeben werden (Menge der zu vergebenden Frachtaufträge). Bleiben bei der Tourenplanung Ladungskapazitäten ungenutzt oder werden Leerfahrten gefahren, so kann der zur Verfügung stehende Laderaum an die Akquise gegeben werden, die dafür neue Frachtaufträge sucht. Für eine genaue Darstellung des Marktes und der Entscheidungen wird es außerdem wichtig sein, die Kosten bei der Tourenplanung mit zu berechnen.

Aus diesen Rahmendaten ergeben sich Constraints der Tourenplanung. Einige werden an dieser Stelle in Textform formuliert. Für eine mathematische Formulierung in Form eines MIP (Mixed Integer Problems) wird auf Kapitel 3.3 verwiesen.

- Die Kapazitäten eines Fahrzeuges (Q_m oder Q_v) müssen mindestens so groß sein wie die Summe der Ladungsmengen bzw. Ladungsvolumen der Frachtaufträge, die zu einem Zeitpunkt t auf das Fahrzeug geladen sind.
- Die Lade- und Entladezeitpunkte müssen in den vorgegebenen Zeitfenstern liegen.
- Der Abladezeitpunkt muss mindestens um den Zeitraum nach dem Ladezeitpunkt liegen, der für die Beladung und die Fahrt notwendig ist.
- Es können nur die Fahrzeuge aus der übergebenen Menge disponiert werden (nicht mehr).
- Das Fahrzeug muss dem Teilmarkt des Frachtauftrages entsprechen.
- Die Schnittmenge der Frachtauftragsmengen zweier Fahrzeuge muss leer sein (jeder Frachtauftrag wird genau einem Fahrzeug zugeordnet).

Im Tool „Dispatcher“ werden Dimensionen (wie Zeit, Gewicht oder Ladungslänge) definiert, die mit Objekten wie den Fahrzeugen und den Frachtaufträgen in Bezug gesetzt werden. Die Wertebereiche der Variablen dieser Dimensionen werden durch Constraints eingeschränkt. Andere Constraints beziehen sich auf die Objekte selbst (zum Beispiel deren Anzahl). Die ersten vier der oben genannten Constraints sind solche, die sich auf die genannte Dimensionen beziehen, die drei folgenden beziehen sich direkt auf Objekte.

5.7.3. Tourenplanung mit Tourengerüsten

In einigen Fällen kommt es vor, dass Teile der Touren (oder Routen nach Definition in Abschnitt 3.3) schon feststehen, was als eine Art Tourengerüst bezeichnet werden könnte. Bei-

spiele dafür sind Frachtführer, die regelmäßig feste Fahrten für Betriebe durchführen und die Frachtaufträge für die Rückfahrt oder die verbleibenden Teile der Touren über den Spotmarkt akquirieren. Ein anderes Beispiel sind Speditionen, die immer bestimmte Relationen bedienen oder auf einer Relation regelmäßige Frachtaufträge haben und nur bei der restlichen Planung variieren.

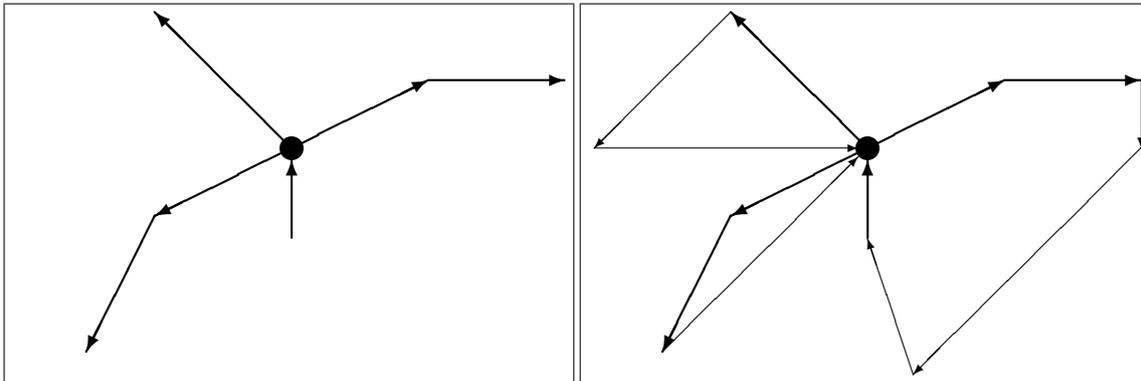


Abbildung 5.17.: Tourengerüst (links) und fertiger Tourenplan (rechts)

In solchen Fällen haben sich feste Gerüste gebildet, die bei der kurzfristigen Disposition nur noch um einige Fahrten ergänzt werden. In Abbildung 5.17 ist solch ein Vorgehen beispielhaft dargestellt. Ein festes Tourengerüst (linkes Bild) ist durch langfristige Kontrakte, regelmäßige Frachtaufträge oder feste Relationen vorgegeben. Dieses Gerüst wird kurzfristig (rechtes Bild) mit Frachtaufträgen vom Spotmarkt ergänzt oder es werden Leerfahrten in Kauf genommen.

In dem Tool Dispatcher existiert die Möglichkeit, einen schon berechneten Tourenplan (oder Routenplan nach Abschnitt 3.3) um neue Frachtaufträge zu ergänzen, ohne die Lösungssuche von Neuem zu starten. Die für den Frachtauftrag notwendigen Fahrten werden in den Tourenplan so eingefügt, dass möglichst wenig Mehraufwand entsteht.

Diese Art des Vorgehens ist deswegen so interessant, da sie erstens der Tourenplanung in einer Spedition sehr nahe kommt. Besteht bereits ein Tourenplan und kommen kurzfristig neue Frachtaufträge hinzu, so wird kein neuer Tourenplan ausgearbeitet, sondern der alte wird um die neuen Fahrten ergänzt. Ein zweiter Vorteil besteht darin, dass weniger Rechenkapazität beansprucht wird und dadurch die Darstellung von mehr Akteuren möglich wird.

5.7.4. Einige Beispiele für Tourenplanungsheuristiken

In diesem Abschnitt werden beispielhaft einige Tourenplanungsheuristiken zur entgeltigen Planung beschrieben. Die Heuristiken bestehen aus Aufzählungen verbal formulierter Planungsschritte, eine exaktere Beschreibung ist in diesem Stadium noch nicht sinnvoll. Sie sollen als Vorschläge dienen, Tourenplanungsheuristiken nach dem Vorbild der Disposition in der Praxis zu gestalten.

Ausgegangen wird von den in Abschnitt 5.7.2 beschriebenen Rahmenbedingungen, wie den Constraints und den In- und Outputdaten. Wichtig ist auch der Zeitpunkt, zu dem die Planung stattfindet. Wird ein Modell mit Hilfe von Zeitscheiben formuliert, so ist die kurzfristige Planung der meisten Speditionen einen Tag vor Abholung der Fracht anzusiedeln, die dynamische Planung nach dem Truckerprinzip eventuell noch zeitnäher. Es werden bei der Planung alle diejenigen Frachtaufträge beachtet, die bis zu diesem Zeitpunkt bekannt sind und nicht zu weit in der Zukunft liegen. Zur Bestimmung des Planungshorizontes könnte ein Vorgehen ähnlich der Heuristik in Abschnitt 3.3 gewählt werden.

Speditionen mit festen Relationen

Die Beschreibung orientiert sich an dem Vorgehen der Disposition von ITC-Stuttgart (siehe Anhang B). Es werden Touren für die nächsten beiden Tage geplant. Es wird davon ausgegangen, dass ein Umlauf zwischen Spedition und Zielregionen ca. 2 Tage dauert (einen Tag für die ausgehende Fahrt und den nächsten Tag für die Rückfahrt). Die akquirierte Menge an Frachtaufträge FA besteht aus Frachtaufträgen aus der Heimatregion der Spedition in die Zielregionen oder in die Region selbst und aus Rückfrachten von den Zielregionen in die Heimatregion. Andere Aufträge werden weitergegeben. Das Vorgehen der Tourenplanung in diesem Fall könnte folgendermaßen aussehen :

1. Sortiere die Frachtaufträge FA in die Menge der ausgehenden Frachten FA_{aus} , in die Menge der Rückfrachten $FA_{rück}$ und die Menge der Frachten innerhalb der Region FA_{in} .
2. Teile die Frachtaufträge aus FA_{aus} mit Teilladungen in zwei Frachtaufträge auf. Den ersten Frachtauftrag zwischen dem Beladeort und der Spedition (zu Menge FA_{in}) und den zweiten zwischen der Spedition und dem Zielort (wieder zu Menge FA_{aus}).
3. Sortiere Frachtaufträge aus FA_{aus} nach Zielregionen i und bilde damit FA_i , die Menge der Frachtaufträge in die Zielregionen i (eventuell benachbarte Zielregionen zusammenfassen).
4. Stelle aus den Frachtaufträgen FA_{in} regionale Touren zusammen. Achte dabei darauf, dass vorher aufgeteilte Frachtaufträge früh in der Spedition sind (um zusammengestellte Ladungen in andere Regionen schnell versenden zu können).
5. Stelle Touren mit Volladungen (Frachtaufträge mit Volladungen oder aus gebündelten Teilladungen gebildete Vollladung) aus FA_i für Zielregionen i zusammen. Achte darauf, dass Teilladungen in der Spedition erst durch die Sammeltouren angeliefert werden müssen. Komplettiere diese Touren eventuell durch eine Rückfracht.
6. Ordne kurzfristig akquirierte Rückfrachten den ausgehenden Touren des letzten Tages so zu, dass die Lkw auf dem Rückweg möglichst wenig Umwege machen müssen.

Als Output werden Sammeltouren sowie ausgehende Touren mit eventueller Rückfracht über den Spotmarkt vergeben. An dieser Stelle können Aufträge durch den eigenen Fuhrpark gefahren werden, direkt an Frachtführer, die mit der Spedition in festem Verhältnis stehen, vergeben werden, verschiedenen, der Spedition bekannten Frachtführern angeboten werden oder über Frachtenbörsen vergeben werden.

Die Spedition sucht auf dem Markt kurzfristig nach Rückfrachten für die gebildeten ausgehenden Touren sowie nach Frachtaufträgen in die Zielregionen für die folgenden Tage.

Speditionen mit eigenem Fuhrpark und Kunden mit speziellen Anforderungen

Die Beschreibung dieser Heuristik ist in Teilen an das Vorgehen der Disposition der Spedition Grieshaber-Bad Säckingen angelehnt (siehe Anhang B). Es werden Routen für den nächsten Tag, unter Berücksichtigung der Rückfrachten für den Tag danach, geplant. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Umlauf zwischen Spedition und Zielregion ca. 2 Tage dauert (einen Tag für die ausgehende Fahrt und den nächsten Tag für die Rückfahrt). Es sind Kunden aus der Heimatregion vorhanden, deren Ladungen aufgrund von speziellen Anforderungen (zum Beispiel an das Equipment) selbst gefahren werden müssen. Eine Tourenplanung könnte folgende Schritte beinhalten :

1. Suche aus Frachtaufträgen Rückfrachten für Touren eigener Fahrzeuge des letzten Tages, die noch keine Rückfracht haben.
2. Bilde Touren aus den Frachtaufträgen von speziellen Kunden. Ergänze diese bei Bedarf um Frachtaufträge mit Teilladungen und Rückfrachten.
3. Versuche Teilladungen in gleiche Regionen zu Vollladungen in der Spedition zu bündeln (wie bei letzter Heuristik).
4. Bilde aus den Sammeltouren für die Bündelung und aus Frachtaufträgen innerhalb der Region regionale Touren.
5. Ordne den verbleibenden eigenen Fahrzeugen Frachtaufträge zu, für die möglichst Rückfrachten vorhanden sind.
6. Vergebe alle anderen Frachtaufträge über den Spotmarkt. Versuche dabei möglichst Vollladungen oder gebündelte Teilladungen (in gleiche Regionen) zu vergeben.

Als Output werden bei dieser Heuristik die verbleibenden (teilweise schon gebündelten) Frachtaufträge an den Spotmarkt weitergegeben. Gesucht werden noch fehlende Rückfrachten für ausgehende Frachtaufträge.

Frachtführer mit Truckerprinzip

Die Disposition nach dem Truckerprinzip ist einfach zu beschreiben. Es werden während der Ausführung der Fahrt oder vorher Frachtaufträge gesucht, die möglichst nahe am letzten Entladeort liegen. Es kann dabei mit einer risikoreichen Taktik gehandelt werden, die bis zum letzten Moment (Entladezeitpunkt) auf lukrative Aufträge wartet, deren Ladeorte in der Nähe des letzten Entladeortes liegen oder es kann eine konservative Taktik gewählt werden, bei der schon früher suboptimale Aufträge (zum Beispiel Aufträge, die längere Leerfahrten nötig machen) angenommen werden.

Die Menge der akquirierten Frachtaufträge FA (Input) wird den Fahrzeugen entsprechend ihres letzten Entladeortes zugewiesen und für die nächste Akquisitionsrunde werden Frachtaufträge mit Ladeorten in der Nähe der neuen Entladeorte gesucht (Output).

Am Ende der Woche wird der Standort der Spedition angefahren. Auch dazu werden entsprechende Frachtaufträge gesucht.

5.8. Einschränkungen des Modells und Aggregation

5.8.1. Einschränkungen des Modells

Ein Aktivitäten-basiertes Modell, wie es bis hierhin beschrieben wurde, kann in dieser Detailierung nur einen Teil des Straßengüterverkehrs abbilden. Dafür gibt es zwei Gründe:

1. Die Beschaffung der Daten wäre für den gesamten Straßengüterverkehrsmarkt sehr aufwendig.
2. Bei der Tourenbildung und der Marktdarstellung können nicht beliebig viele Unternehmen parallel dargestellt werden. Aus einem ersten Prototyp-Modell des IWW (Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung) ist bekannt, dass eine parallele Darstellung von 500 verschiedenen Tourenplanungen möglich ist, darüber hinaus kommt die Kapazität der Computer an ihre Grenzen.

Deswegen wird versucht, wie im Modell schon geschehen, den Straßengüterverkehrsmarkt aufzuteilen. Dies kann entlang der Dimensionen geschehen, die in Abbildung 5.18 dargestellt sind.

Das Modell hat zum Ziel, den Teilmarkt Ganz/Teilladungen des allgemeinen Ladungsverkehrs abzubilden, dabei soll nur die Region Baden-Württemberg in einer feineren Detailierung dargestellt werden. Für die anderen Regionen sollen nur überregionale Verkehre dargestellt werden. Auch bezüglich der Dimension Zeit ist es sinnvoll, beispielsweise nur eine Woche zu simulieren. Nach allen drei Dimensionen wurde das Modell also eingeschränkt, um die Komplexität in Grenzen zu halten.

Die Dimension der Regionen kann zwar für den regionalen Verkehr eingeschränkt werden, für den überregionalen Verkehr muss allerdings ganz Deutschland einbezogen werden. Hier macht erst wieder eine Einschränkung auf den nationalen Verkehr Sinn.

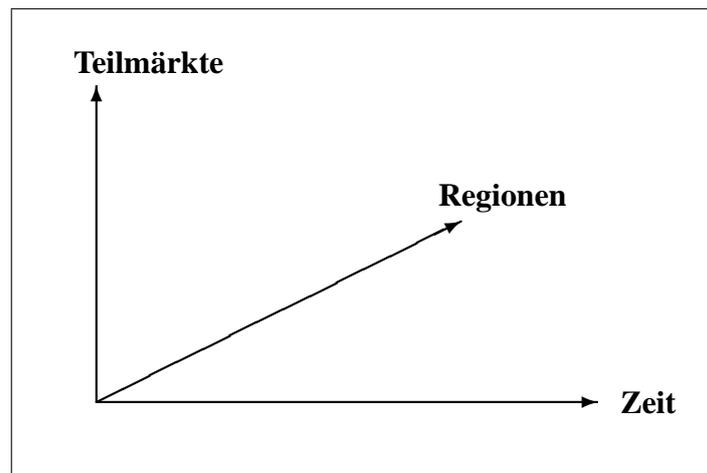


Abbildung 5.18.: Dimensionen der Aggregation

Eine zusätzliche Dimension, die sinnvoll für eine Einschränkung des Modells wäre, ist die Wirtschaftsklassifizierung. Sollte sich bei einer Umsetzung des Modells herausstellen, dass die Einschränkung der obigen drei Dimensionen nicht ausreicht, so könnten nur einzelne Wirtschaftszweige dargestellt werden oder einzelne in der Darstellung ausgelassen werden.

Eine Erleichterung für das Modell stellen Werkverkehre dar. Für diese muss das Modul Markt nicht in Anspruch genommen werden, es muss nur eine Tourenplanung durchgeführt werden. Auch die Verwendung von nur einem Fahrzeugtyp pro Teilmarkt ist eine Vereinfachung, die zur Reduzierung der Komplexität beiträgt.

5.8.2. Zielgrößen

Nach einer Simulation werden die Outputdaten bezüglich bestimmter Zielgrößen analysiert. Beispiele für solche Größen sind :

- Menge der transportierten Tonnen - diese Größe ist bereits aus den gebildeten Frachtaufträgen zu ermitteln,
- Transportleistung (in tkm)- diese hängt schon wesentlich mehr von der Tourenbildung ab,
- Fahrzeugkilometer (in km)- auch diese ist stark von der Tourenbildung und dem Markt abhängig,
- Auslastung - diese kann aus den zwei vorherigen berechnet werden,
- Leerfahrtenanteil - dieser hängt auch in starker Weise von Tourenbildung und Markt ab.

Aber auch Modell-spezifischere Größen wie der Anteil der Aufträge, die über Frachtenbörsen abgewickelt wurden, oder die Anzahl der nicht oder zu spät vergebenen Aufträge auf Frachtenbörsen kann ermittelt werden.

Ebenfalls können Auswertungen bezüglich der Verkehrswege vorgenommen werden. Zum Beispiel könnte ausgewertet werden, welche Industrien für welche Verkehre verantwortlich sind.

Das Modell selbst könnte für Rückkopplungsschleifen Auswertungen durchführen. So könnten zum Beispiel für das angedeutete Wahlmodell für die Vergabearten von Frachtaufträgen durch Betriebe die nötigen Inputdaten, wie Pünktlichkeitsanteile oder Preise, aus Erfahrungswerten ermittelt werden.

5.8.3. Aggregation über Dimensionen

Sollen Aussagen über die im Modell dargestellten Ausschnitte der Dimensionen hinaus getroffen werden (z.B. ganz Deutschland, gesamter Straßengüterverkehr oder ein ganzes Jahr), so muss über die Dimensionen aggregiert werden. Werden Teile einer Dimension nicht simuliert und durch andere Teile abgeschätzt, so muss, je nach Dimension, Folgendes beachtet werden:

1. Für die Dimension Zeit sind saisonale Schwankungen zu berücksichtigen. Wird nur eine Woche simuliert, so kann aufbauend darauf nicht einfach auf ein ganzes Jahr geschlossen werden. Beispielsweise gab es bei den besuchten Speditionen ein Sommerloch im Transportmarkt.
2. Für die Regionen ist eine Übertragbarkeit auf andere Regionen nicht gegeben. Regionen unterscheiden sich zum einen durch die Wirtschaftsstruktur und zum anderen durch die Siedlungsstruktur sowie die Verkehrsinfrastruktur. Eine Zielwahl könnte bei gleichen Betrieben in zwei Regionen sehr unterschiedlich ausfallen, da in einer Region Betriebe des Zielwirtschaftszweiges in der Nähe liegen in der anderen Region jedoch nicht.
3. Auch die Teilmärkte sind teilweise sehr unterschiedlich. Sie lassen sich nur in wenigen Fällen vergleichen. Die Abschätzung eines Teilmarktes durch einen anderen ist so auch nur in wenigen Fällen möglich. Selbst die auf den ersten Blick ähnlichen Märkte Kühlguttransporte und Ganz/Teilladungen des allgemeinen Ladungsverkehrs unterscheiden sich zum Beispiel bezüglich der Unpaarigkeiten der Verkehre. Allerdings repräsentiert der Teilmarkt Ganz/Teilladungen des allgemeinen Ladungsverkehrs, wie in Abschnitt 4.3.1 beschrieben, den größten Teil des Straßengüterverkehrsmarktes und ist für eine erste Abschätzung des Gesamtmarktes und der Verkehre sicher ein guter Ausgangspunkt.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Es wurden in dieser Arbeit Modelle des Personen- und des Güterverkehrs umfassend analysiert und daraus Methoden für eine Aktivitäten-basierte Modellierung im Güterverkehr identifiziert sowie die Motivation für den Aufbau eines neuen Modells gezeigt. Außerdem wurde eine Analyse der Marktstruktur und der Akteure des Marktes durch Experteninterviews, Speditionsbesuche, Verladerbefragungen und die Auswertung von Studien zur Marktstruktur durchgeführt.

Es wurde festgestellt, dass keines der bisherigen Güterverkehrsmodelle in der Lage ist, den Markt und das Verhalten der Akteure darzustellen und neue Entwicklungen zum Beispiel bei I&K-Techniken abzubilden. Wie gezeigt wurde, sind die aktuelle NST/R Klassifizierung oder die KONTIV des Wirtschaftsverkehr wie auch das Modell WIVER für diese Zielsetzung nicht einsetzbar.

Deswegen wurde aufbauend auf den genannten Analysen die Struktur eines neuen Aktivitäten-basierten Modells definiert. Die Arbeiten, die zum Aufbau des Modells durchgeführt wurden, ergeben sich aus dieser Struktur. Diese Arbeiten bestehen aus empirischen Arbeiten und konzeptionellen Arbeiten zur Ausformulierung der einzelnen Module des Modells.

Die wichtigsten Bestimmungsgrößen eines Modells, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten empirischen Arbeiten und die anstehenden Arbeiten zur Datenerhebung, wurden in Tabelle 6.1 in einer Übersicht dargestellt.

Es wurde gezeigt, dass für die Seite der Transportaufkommensmodellierung die Daten für eine erste Version eines Aktivitäten-basierten Modells vorliegen. Daten zu Beschäftigten, Betriebsgrößenverteilungen und Erzeugungsraten zur Darstellung der Produktion sind vorhanden. Andere Daten zu Bestimmungsgrößen sind in grober Auflösung gegeben und können genutzt werden, wie zum Beispiel Daten zu Wirtschaftsverflechtungen.

Auf der Seite der Transportdurchführung sind noch einige Lücken zu schließen. So müssen die Verteilungen von Ladungsgrößen oder Entfernungen noch ermittelt werden. Dazu existieren zwei Möglichkeiten. Es kann versucht werden, die Fahrtenstichprobe des Bundesamtes für Güterverkehr daraufhin auszuwerten oder die Daten können mit einer Telefonbefragung der Verlader erhoben werden.

Für eine solche Telefonbefragung der Verlader auf Wirtschaftsgruppenebene wurde ein Erhebungsdesign entwickelt (siehe Abschnitt 4.2). Sie liefert wichtige und detaillierte Daten zu vielen Bestimmungsgrößen. Dies sind Daten zu Wirtschaftsverflechtungen, Zeitfenstern, Vorlaufzeiten, Ladungsverteilungen und Vergabearten der Verlader. Vor allem für die Vergabearten konnten trotz langer Recherche kaum andere Quellen gefunden werden.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Bestimmungsgrößen des Modells	Im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführte Arbeiten und identifizierte Quellen	Anstehende Arbeiten
Beschäftigtendaten	In Baden-Württemberg auf Kreisebene sonst auf Regierungsbezirksebene nach Wirtschaftsgruppen (in Excel-Tabellen) Quelle: Statistisches Landesamt	-
Betriebsgrößenverteilungen	Quellen für alle Wirtschaftsgruppen des Modells (siehe Abschnitt 5.2.1) (Produzierendes Gewerbe in Excel Tabelle)	Übertragung der Daten restlicher Wirtschaftsgruppen in Excel-Tabellen
Erzeugungsraten	Berechnet für produzierendes Gewerbe (in Access-Datenbank)	Berechnung für Landwirtschaft und teilweise für Bergbau
Wirtschaftsverflechtungen	Wirtschaftsverflechtungen auf WZ-Abteilungsebene (in Excel-Tabellen) Quelle: Input-Output Tabelle der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, einzelne Beispiele aus Telefonbefragung	Übertragung Tabelle in gewünschte Form, Telefonbefragung auf der WZ-Wirtschaftsgruppenebene
Landungsgrößenverteilungen	Beispiel einer Auswertung aus BAG-Stichprobe, einzelne Beispiele aus Telefonbefragung	Auswertung der BAG Stichprobe, Telefonbefragung
Entfernungsverteilungen	Beispiel einer Auswertung aus BAG-Stichprobe, einzelne Beispiele aus Telefonbefragung	Auswertung der BAG Stichprobe, Telefonbefragung
Zuordnungsmatrix WGT (Wirtschaftsgruppenrelation-Teilmarkt)	Beispielhafte Zuordnung in Diplomarbeit	Ausgestaltung der Matrix durch Schätzungen meist möglich, eventuell Telefonbefragung
Fahrzeugdaten für Standardfahrzeuge	Fahrzeuge für drei Teilmärkte	Bestimmung weiterer Fahrzeuge durch Auswertung von BAG-Daten, Zeitungs- oder Internetanzeigen und Statistik des KBA (Kraftfahrt-Bundesamt (2003))
Zeitfensterarten	Experteneinschätzungen und Einschätzung der besuchten Speditionen	Auswertung von Frachtenbörsen, Telefonbefragung
Vorlaufzeiten	Experteneinschätzungen und Einschätzung der besuchten Speditionen	Auswertung von Frachtenbörsen, Telefonbefragung
Vergabearten	Beispiele aus Telefonbefragung, Werkverkehrsanteile aus BAG (2000)	Telefonbefragung
Sonstige Verhaltensdaten der Akteure auf dem Markt und bei Tourenplanung	Einzelne Beispiele aus Speditionsbesuchen	Weitergehende Erhebungen, insbesondere zum Vorgehen bei der Tourenplanung durch Frachtführer und Speditionen

Tabelle 6.1.: Wichtigste geleistete und ausstehende Arbeiten bei der Datenerhebung

Mit einer Telefonbefragung kann also die Datenlage vieler Bestimmungsgrößen aufgebaut oder verfeinert werden. Es wurde durch eine exemplarische Durchführung der Telefonbefragung auch gezeigt, dass diese Methode aufgrund der guten Antwortquote, für die Aufgabe die geeignetste Form der Befragung ist.

Der Aufwand ist jedoch mit ca. 300 Arbeitsstunden sehr hoch. Deswegen muss eine solche Befragung der Gegenstand weiterer Arbeiten sein.

Eine weitere wichtige Grundlage wurde durch die Diskussion und Festlegung auf die Klassifizierung der Wirtschaftszweige(WZ) und die Aufteilung des Güterverkehrsmarktes in Teilmärkte gelegt. Die WZ schafft den Bezug des Modells zu vielen Datenquellen. Einteilung der Teilmärkte stellt mit ihrer Anlehnung an die Top100 Studie und an Aussagen der Marktexperten den Bezug des Modells zum aktuellen Marktgeschehen her.

Was die konzeptionellen Arbeiten betrifft, so wurden die Module, die die Erzeugung des Transportaufkommens darstellen, in dieser Arbeit detailliert ausformuliert. Die Module Akteurserzeugung, Frachtauftrags erzeugung und Zielwahl stehen in Form von Ablaufdiagram-

men zur Verfügung und können implementiert werden.

Für die Module Markt und Tourenplanung wurden in dieser Arbeit die Anforderungen definiert sowie Struktur und Methoden vorgeschlagen. Wie gezeigt wurde, können diese Module beliebig komplex gestaltet werden. So ist zum Beispiel eine Darstellung der Preisbildung bei der Tourenplanung wünschenswert, aber für eine erste Version eventuell zu komplex.

Auch für das Modul Aggregation wurden die Anforderungen beschrieben und erste Vorschläge zur Ausgestaltung gegeben.

Zusammenfassend wurde in dieser Arbeit bewiesen, dass eine Aktivitäten-basierte Modellierung im Güterverkehr nicht nur möglich, sondern für eine Erklärung neuer Phänomene im Verkehr auch wichtig ist. Wie gezeigt wurde, existieren für den Aufbau eines Modells Instrumente und Datengrundlage, die genutzt werden können. Die ersten Schritte auf dem Weg zu einer Aktivitäten-basierten Modellierung sind durch die Ermittlung von Datengrundlagen, den Entwurf einer Modellstruktur und die ersten Ausformulierungen von Teilen des Modells erfolgt.

A. Glossar

Aktivität

Im Personenverkehr bezeichnet eine Aktivität eine „Tätigkeit/Erledigung an einem aushäusigen Ziel oder in der Wohnung“ (siehe [Zumkeller \(2000\)](#)).

Unter einer Aktivität im Güterverkehr wird ein Frachtauftrag verstanden. Er besteht aus einer Ladungsmenge und einem Ladungsvolumen, gehört zu einem Transportmarkt (Teilmarkt), auf dem er transportiert wird, und hat Start- und Zielort.

Aktivitäten-basiert

Unter Aktivitäten-basiert soll in dieser Arbeit „auf Aktivitäten basierend“ verstanden werden. Bei einem Modell bedeutet dies, dass eine Aktivität Ausgangspunkt der Modellierung ist, nicht aber die Entstehung der Aktivität modelliert wird.

Bestimmungsgrößen

Unter Bestimmungsgrößen in diesem Modell werden Daten verstanden, die für das Modell von außen vorgegeben werden müssen. Dabei kann zwischen Strukturdaten und Verhaltensdaten unterschieden werden.

Betrieb (Verlader)

Unter einem Betrieb wird im Modell eine wirtschaftliche Einheit verstanden, in der Frachtaufträge entstehen oder an die Frachten gesendet werden. Betriebe bestehen aus einer Anzahl Beschäftigter, gehören einer Wirtschaftsgruppe an und haben einen Standort. Betriebe, die Frachten versenden, werden auch als Verlader bezeichnet.

Carrier

siehe Frachtführer

Constraint

Ein Constraint ist eine Bedingung, gegen die bei einem Vorgehen nicht verstoßen werden darf. Im Operation Research ist dies eine Nebenbedingung. Sie schränkt den Lösungsraum dadurch ein, dass sie bestimmte Lösungen verbietet.

Erzeugungsraten

Eine Erzeugungsrate ist im vorgeschlagenen Modell das Verhältnis zwischen der Produktion und der Anzahl der Beschäftigten einer Wirtschaftsgruppe. Es wird dazu verwendet um die Produktion einzelner Betriebe zu schätzen. Erzeugungsraten haben die Form :

- [Mangeneinheit/Beschäftigter] für Mengen,
- [Volumeneinheit/Beschäftigter] für Volumen.

Frachtführer

Unter Frachtführern können Unternehmen des Straßengüterverkehr verstanden werden, die ihre Frachtaufträge meist von Speditionen bekommen und die Frachtaufträge nur akquirieren, um sie selber zu transportieren, also diese nicht weitergeben. Ihre Hauptfunktion ist der Transport der Güter.

Gelegenheit

Im Personenverkehr versteht man unter einer Gelegenheit den Ort, an dem eine Aktivität ausgeführt werden kann. (Für die Aktivität Freizeit wäre dies zum Beispiel ein Park oder ein Schwimmbad). Das Äquivalent im Güterverkehr ist der Zielort des Frachtauftrages.

I&K-Techniken

Im Güterverkehr werden darunter vor allem Informations- und Kommunikationstechniken verstanden, die neue Dienste ermöglichen, wie zum Beispiel Frachtenbörsen.

Kontraktmarkt

Der Kontraktmarkt ist der langfristige Markt für Kontrakte. Hier werden diese 3-4 Wochen vor dem ersten Ladedatum vergeben. Die Akteure des Kontraktmarktes sind Speditionen und Verloader, selten Frachtführer (siehe Abschnitt 4.3).

KONTIV

Die KONTIV (Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten) des Personenverkehrs ist eine bundesweite Befragung von Haushalten zu ihrem alltäglichen Verkehrsverhalten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Diese Umfragen wurden 1976, 1982 und 1989 unter dem Namen „KONTIV“ realisiert, 2002 wurde eine ähnliche Studie unter dem Namen „MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND“ durchgeführt.

Im Jahr 2001 wurde eine KONTIV des Wirtschaftsverkehrs vorbereitet. Darin sollen Daten des Einsatzes von Fahrzeugen im Wirtschaftsverkehr für verschiedene Arten von Fahrzeugen, Fahrern, Fahrzeughaltern und Siedlungsräumen erhoben werden (siehe [IVS](#), [IVT](#), [WVI](#), [KBA \(2001\)](#)).

Makromodell

„Ein Makromodell ist ein aggregiert-strukturell angelegtes, vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit. Makro-Verkehrsmodelle bilden Verkehrsbeziehungen zwischen Aggregaten von Agenten auf einer grobkörnigen, raum- und zeitbezogenen Ebene ab“ [Rothengatter \(2001\)](#).

Mesomodell

„Ein Mesomodell ist ein aggregiert-strukturell angelegtes, vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit mit einer Clusterung von Agenten bezüglich ihres Mobilitätsverhaltens und ihrer Interaktionsergebnisse“ [Rothengatter \(2001\)](#).

Mikromodell

„Ein Mikromodell ist ein atomistisch angelegtes, vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit. Mikro-Verkehrsmodelle beziehen sich auf die Entscheidungen einzelner Agenten zur Ortsveränderung in Raum und Zeit und den daraus entstehenden Verkehrssituationen“ [Rothengatter \(2001\)](#).

Route/Routingplan

Für die Definitionen dieser beiden Begriffe wird auf den Abschnitt 3.3 verwiesen, in dem diese definiert werden.

Schedule

Personenverkehr: Sind $A_i (i = 1..n)$ n Aktivitäten und $P_j (j = 1..m)$ m Personen, so ist ein Schedule eine Zuweisung zu einem Zeitfenster und einer Person für jede Aktivität i .

Güterverkehr: Sind $A_i (i = 1..n)$ n Aktivitäten und $F_j (j = 1..m)$ m Fahrzeuge, so ist ein Schedule eine Zuweisung zu einem Zeitfenster und einem Fahrzeug j für jede Aktivität i .

Spedition

Speditionen sind Unternehmen des Straßengüterverkehrs, die sich mit der Organisation und Vermittlung des Transportes beschäftigen, die ihre Frachtaufträge also von Verladern bekommen und akquirieren und die diese zumindest teilweise an Frachtführer weitergeben. Ihre Hauptfunktion ist die Koordination des Transportes.

Strukturdaten

Strukturdaten sind Daten, die Rahmenbedingungen für das Modell vorgeben. Beispiele sind Beschäftigtendaten oder Betriebsgrößenverteilungen.

Spotmarkt

Der Spotmarkt ist der kurzfristige Markt für Frachtaufträge. Hier werden diese 1-3 Tage vor Ladedatum vergeben. Die Akteure des Spotmarktes sind Speditionen und Frachtführer, selten auch Verloader (siehe Abschnitt 4.3).

Tour

Der Begriff Tour wird in dieser Arbeit im Sinne einer Menge von Frachtaufträge gebraucht, die einem Fahrzeug zugeordnet wurden und für die ein gültiger (im Sinne von durchführbarer) Schedule vorliegt.

Verhaltensdaten

Verhaltensdaten sind Daten, die das Verhalten der Akteure im Modell näher beschreiben. Diese sind für jeden Akteur änderbar. Beispiele dafür sind Ladungsgrößenverteilungen oder Zeitfensterarten der Frachtaufträge.

Vorlaufzeit

Unter der Vorlaufzeit wird die Zeitspanne verstanden, die zwischen der Platzierung des Frachtauftrages auf dem Markt oder der Vergabe des Frachtauftrages an einen Spediteur und dem Ladedatum des Frachtauftrages besteht.

Wege/Wegekette (im Personenverkehr)

Ein Weg ist der Ortswechsel zwischen den Gelegenheiten. Mehrere Wege hintereinander ergeben eine Wegekette.

Werkverkehr

Unter Werkverkehr wird der Verkehr verstanden, der durch den Betrieb selber durchgeführt wird. Im vorgeschlagenen Modell kann dies der Verkehr des Betriebes für eine bestimmte Zielregion oder in einer bestimmten Wirtschaftsgruppenrelation sein.

Zeitbudget

Unter dem Zeitbudget einer Person in der Verkehrsplanung wird die Menge an Zeit verstanden, die eine Person pro Tag durchschnittlich für ihre Mobilität (zum Wechsel von Orten) verwendet [*Stunden/Personentag*].

Zeitfenster

Ein Zeitfenster eines Frachtauftrages ist der Zeitraum zu dem der Frachtauftrag beim Betrieb ausgeliefert beziehungsweise geladen werden kann

B. Speditionssteckbriefe

Um weitere Einblick in den Güterverkehrsmarkt zu gewinnen und vor allem um das Vorgehen von Speditionen bei der Disposition kennenzulernen, wurde bei vier Speditionen jeweils ein Tag verbracht. Dabei wurde die Disposition beobachtet und Gespräche über die Akquisition von Frachtaufträgen geführt. Als eine Art Protokoll sollen in diesem Anhang die verfassten Steckbriefe dienen. Sie wurden an die besuchten Speditionen versandt, um deren Einverständnis zur Veröffentlichung in dieser Arbeit zu haben und um eventuelle Falschaussagen zu verbessern.

B.1. Spedition Kunze - Stückgutverbund CargoLine

	
Steckbrief	<p>Aktivität: KEP (Sammelfahrten mit Stückgut, Weitergabe an Post), Stückgut (Stückgutnetz CargoLine), Teil-/Ganzladungen, Lagerlogistik</p> <p>Verbünde: Cargoline (Hauptverbund), GEL, System Alliance, Spedition2000</p> <p>Standorte: Karlsruhe, Bielefeld, Dresden</p> <p>Mitarbeiter: ca. 300 (140 in Karlsruhe)</p> <p>Fahrzeuge: ca. 80 Wechselbrückenfahrzeuge (Fernverkehr) (davon 40 in Karlsruhe), ca. 100 Nahverkehr-LKW (7,5t) (davon 35 in Karlsruhe), ca. 450 Wechselaufbauten (davon 170 in Karlsruhe) und angemietete LKW von Frachtführern</p> <p>Organisation: Stückgut und Teil-/Ganzladungsverkehr sind nicht getrennt, Trennung bei Disposition zwischen sogenanntem „Nahverkehr“ (Sammel und Verteilfahrten mit 7,5t-LKW) und sogenanntem „Fernverkehr“ (Fahrten im Teil- und Ganzladungsverkehr und tägliche Linienfahrten des gesammelten Stückgutes mit Fernverkehr-LKW (Wechselbrückenfahrzeuge)).</p>
Akquise	<p>Angebot: Es werden sämtliche Transporte mit allgemeinem Ladungsgut(KEP, Stückgut, Teil/Ganzladung, nat./int.) für den Kunden abgedeckt, es gibt keine Beschränkung auf Relationen (zwischen eigenen Standorten natürlich hohes Aufkommen). Es besteht das Angebot der Übernahme der Lagerlogistik, auch um damit Frachtaufträge zu binden.</p> <p>Branchen der Verlager: Es besteht keine Einschränkung der Branchen. Von großen Verladern geht ein hoher Preisdruck aus, trotzdem werden diese gebraucht um Referenzen und ein regelmäßiges Transportaufkommen zu haben. Ansonsten werden mittelständische Verlager bevorzugt, für die alle Transportleistungen angeboten werden. Vor allem das Angebot des deutschlandweiten Stückguttransportes in 24h (durch den Verbund) ist ein wichtiges Argument bei Kunden.</p> <p>Regionale Verteilung Verlager: Die Frachtaufträge werden bei Verladern in der eigenen „CargoLine-Region“ akquiriert. Bei Teil/Ganzladungen in andere Regionen ist der dortige Partnerspediteur für die Akquise von Rückfracht zuständig. Findet er keine Fracht, wird auf Frachtenbörsen zurückgegriffen.</p> <p>Kundenbindung: Es bestehen kaum Kontrakte. Die großen Verlager fordern allerdings Angebote an und legen sich auf bestimmte Speditionen mit fixen Preisen fest, geben aber keine Garantie für Transporte. Kleine und mittlere Verlager sind über persönlichen Kontakt oft stärker an Speditionen und deren Verkäufer gebunden. Im Stückgutverkehr gibt es viele feste Kunden. Oft wird nur der Stückgutverkehr gefahren und der Teil/Ganzladungsverkehr von anderen Anbietern abgewickelt, da in diesem Markt u.a. über Frachtenbörsen ein starker Wettbewerb herrscht.</p> <p>IT-Integration mit Verlager: Existiert noch nicht. Aufträge kommen über DFÜ- Verbindung oder Fax.</p> <p>Frachtenbörsen: Timocom (Frachtenbörse unter Speditionen) wird gelegentlich für die Akquise von Rückfrachten genutzt, Transporeon, eine Internetplattform mehrerer Verlager (private market), wird auch gelegentlich genutzt. Es existieren auch Frachtenvermittler (TBS), die Frachtaufträge über Telefon an und zwischen Speditionen vermitteln.</p> <p>Zeiträume: Angebote in Form von garantierten Preisen mit großen Unternehmen werden langfristig gemacht. Einzelne Frachtaufträge werden normalerweise zwei Tage vorher akquiriert. In der Disposition werden Frachten für Rückfahrten auch einen Tag davor oder am selben Tag gesucht. Die Regellaufzeit für Transporte beträgt 24 bis 48 Stunden.</p> <p>Preisbildung: Ist (vor allem im Teil/Ganzladungsverkehr) am Markt orientiert. Auch eine Orientierung an Tabellen von Verbänden findet statt. Risiken wie Staurisiko, Warterisiko bei Abholung oder Anlieferung und Leerfahrtenrisiko werden nur indirekt über den Marktpreis in die Preisbildung einbezogen. Bei garantierter Lieferung bis 8,10 oder 12Uhr werden Zuschläge verlangt. Bei Lieferung zwischen 24h und 48h gilt der Regeltarif.</p>
Disposition	<p>Aufteilung: Es gibt keine Aufteilung nach Stückgutverkehr und Teil/Ganzladungsverkehr in der Disposition. Es wird zwischen Nahverkehr, der mit 7,5t-Fahrzeugen durchgeführt wird und aus den Sammel und Verteilfahrten des Stückgutverkehrs besteht, sowie dem sogenannten „Fernverkehr“ unterschieden, der mit Wechselbrückenfahrzeugen durchgeführt wird (max 2 Wechselbrücken pro Zug). Dieser besteht aus Teil/Ganzladungsverkehr (auch regional) und den Linien des Stückgutverkehrs. Diese Linien sind Teil/Ganzladungen aus gesammeltem Stückgut in separaten Wechselaufbauten, die mit den Wechselaufbauten mit Stückgut der Partnerspeditionen Nachts auf halber Strecke ausgetauscht werden.</p> <p>Techniken/Tools: Für die Nahverkehrsdisposition steht ein Tool zur Erfassung von Frachtaufträgen zur Verfügung. Darin können die Aufträge auch den einzelnen fixen Touren zugeordnet werden. In der Fernverkehrsdisposition wird ein Din-A2 Datenblatt verwendet. Alle LKW sind mit Autotelefon ausgestattet. Zur Frachtenverfolgung werden die Frachten mit Bar-Codes gekennzeichnet, der bei Lagereingang, -ausgang und Lieferung registriert wird. Es wird mit Wechselaufbauten im Fernverkehr gearbeitet, die leicht zwischen LKW ausgetauscht werden können. Einer dieser Aufbauten kann auf die Maschine und einer auf den Hänger geladen werden. Bei der Disposition müssen die Standorte der Aufbauten verfolgt werden.</p>

B. Speditionssteckbriefe

	<p>Frachtaufträge: Die auszuliefernden Stückgutladungen des nächsten Tages werden von den Partnerspeditionen am Abend gemeldet. Kunden melden Stückgutsendungen am Tag davor oder am selben Tag an. Teil/Ganzladungen werden eine Woche, einen Tag oder (selten) am selben Tag angemeldet. Frachtaufträge kommen in der eigenen Region von den Speditionskunden, in fremden Regionen von der Partnerspeditionen oder (selten), wenn keine Rückfracht von der Partnerspedition angeboten werden kann, auch von Frachtenbörsen (Timocom). Sind nicht genug Kapazitäten vorhanden, werden auch Teil/Ganzladungen über Frachtenbörsen vergeben. Viele Ladungen werden auch zwischen Disponenten vergeben, die sich gegenseitig anrufen, wenn sie Ladungen suchen.</p> <p>Nahverkehrsdisposition: Es werden Gebiete gebildet, in denen die LKW die Verteil- und Sammeltouren fahren. Die Aufträge werden je nach Gebiet dem entsprechenden LKW zugeordnet. Wenn zuviel Stückgut für eine Region vorliegt, müssen zusätzliche LKW eingesetzt oder bei zusätzlichen Teilladungsaufträgen die Abholung/Lieferung mit der Fernverkehrsdisposition koordiniert werden. Paketsendungen werden zusammen mit Stückgutsendungen eingesammelt.</p> <p>Fernverkehrsdisposition: Es wird jeweils während des Nachmittags ein vorläufiger Dispositionsplan für den nächsten Tag erstellt. Dabei sind die Linienfahrten des Stückgutes fix, alle anderen Fahrten werden vorläufig eingeplant. Am Tag selber werden die Frachtaufträge den LKW dynamisch zugeordnet. Diese melden, wenn sie den Entlade- oder Ladungsvorgang beginnen oder beendet haben. Die Vorhersagbarkeit ist aufgrund der Verkehrsverhältnisse, Ladezeiten und Wartezeiten vor Be- und Entladung schwierig. Deswegen werden Aufträge den LKW erst entgültig zugeordnet, wenn die LKW bereit sind. Dabei wird zuerst darauf geachtet, dass alle Aufträge abgearbeitet werden. Danach wird auf Auslastungen Rücksicht genommen werden. Die Zeitfenster bei den Kunden sind allerdings relativ flexibel, meist tages- oder halbtagesgenau (orientiert an den Öffnungs- und Arbeitszeiten der Betriebe). Ein großer Anteil der Fahrten ist regional (Württemberg, Nordbaden). Für die Fahrer müssen die gesetzlichen Lenkzeiten eingehalten werden. Die Fahrer können in den LKW schlafen und daher die ganze Woche über unterwegs sein. Allerdings sind aufgrund der regionalen Ausrichtung nur etwa 2-3 LKW über Nacht nicht in Karlsruhe.</p>
<p>Aussagen zu Trends/ Sonstiges</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Fahrzeugpark wird wieder vergrößert. (Umkehrung des Trends zu eingekauftem Frachtraum vor 3 Jahren) - Langfristig wird auch in der Fernverkehrsdisposition ein IT-Tool zum Einsatz kommen. (zumindest zur Unterstützung des Disponenten) - Es gibt immer weniger Speditionen, die sich auf einzelne Relationen konzentrieren. - Speditions-geschäft ist saisonabhängig: Weniger Frachten im Sommer.

B.2. Spedition Bäumle - Disposition Siloverkehr

Spedition Bäumle	
Steckbrief	<p>Aktivität: Siloverkehre, Schüttguttransport, Allgemeiner Teil/Ganzladungsverkehr, Containerverkehre, Tanktransporte (chemische Flüssigkeiten), Silolager</p> <p>Verbünde: SILKO-Logistics (Verbund Siloverkehre)</p> <p>Standorte: Murg (Hochrhein), Weil am Rhein, Basel (CH), Wallbach (CH)</p> <p>Mitarbeiter: ca. 170 (130 Fahrer, 40 Mitarbeiter)</p> <p>Fahrzeuge: ca. 80 Sattelzugmaschinen, ca. 20 Motorwagen/Anhängerzüge, ca. 10 Verteilfahrzeuge, ca. 200 Auflieger</p> <p>Lager: Weil am Rhein, Basel, Murg, Siloanlage in Murg</p> <p>Organisation: Eigentlich gibt es eine Trennung zwischen Silotransporten, Schüttguttransporten, allgemeinem Teil/Ganzladungsverkehr, Tanktransporten und Containertransporten, aber es existieren auch einige Kombinationsmöglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> zwischen Silogut und Schüttgut - Sand kann zum Beispiel beides sein, zwischen Schüttgut und allgemeinem Teil/Ganzladungsverkehr - es gibt Fahrzeuge, die beides fahren, zwischen Siloverkehr und Containerverkehr- es existieren Silocontainer, zwischen allgemeinem Teil/Ganzladungsverkehr und sonstigen - durch Anhänger. <p>Silotransporte umfassen alle Rieselgüter, von Sand über Getreide bis zu chemischem Gefahrgut. Damit dieselben Transportgefäße verwendet werden können, werden diese normalerweise nach jeder Fahrt ausgespült. In anderen Regionen Deutschlands wird dies bei Partnerspeditionen oder bei dafür ausgerüsteten Verladern durchgeführt (notwendig sind min. Wasserschlauch und je nach Gut, Möglichkeiten für Abwasserentsorgung), in Speditionen existieren spezielle Reinigungsanlagen.</p>
Akquise (vor allem Siloverkehr)	<p>Angebot: Im Siloverkehr werden vor allem Aufträge in der Schweiz und Deutschland gefahren. Dabei ist die Grenznahe und damit die Möglichkeit für schweizer Verlager grenzüberschreitenden Verkehr mit Zollabwicklung anzubieten von großem Vorteil. Oft bediente Relationen sind Schweiz-Rheinland und Schweiz-Stuttgart/Nürnberg. Es werden aber ausgehend von der Schweiz alle Ziele in Deutschland angefahren, vor allem wenn Rückfrachten vorhanden sind. Ein Silolager wird angeboten, in dem Lagerung, Verpackung und Versand angeboten werden. Es ist mit einem Bahnanschluss ausgestattet und erlaubt so Lieferungen und Sendungen über die Schiene. Oft werden Silogüter angefahren, verpackt und auf Paletten im allgemeinen Teil/Ganzladungsverkehr wieder versendet. Es werden dadurch beide Teilmärkte (Silotransport und allgemeiner Ganz/Teilladungsverkehr) abgedeckt. (Die umgekehrte Variante also Anlieferung als Teil/Ganzladung auf Paletten und Versendung als Silogut kommt selten, bei speziellen Gütern, vor)</p> <p>Der Silotransport findet fast immer als Ganzladung statt. Teilladungen sind schwierig zu kombinieren, da selbst bei LKW mit Kammern eine Vermischung (wenn auch nur zu wenigen Prozenten) stattfinden kann. Container werden vor allem von den Terminals (Bahn und Hafen) um Basel in die Schweiz, Südwestdeutschland und Ostfrankreich verteilt und abgeholt. Fahrten nach Hamburg/Rotterdam finden sehr selten (nur in Spezialfällen) statt, vor allem in Fällen hohen Zeitdrucks.</p> <p>Branchen der Verlager: Quellen der Siloverkehre sind oft Gewinnungsstätten von Rohstoffen (Gewinnung von Steinen und Erden) und chemische Industrie. Ziele sind die Baustoffverarbeitung, die chemische Industrie oder Baustellen. Aber auch Lebens- und Futtermittel werden transportiert.</p> <p>Regionale Verteilung Verlager: Vor allem Verlager der Region Süddeutschland, Schweiz mit Beziehungen zur Spedition sind vorhanden, genauso wie Verlager aus typischen Zielregionen für die Rückfracht.</p> <p>Kundenbindung: Viele große Verlager schreiben bestimmte Relationen halbjährlich aus. Es besteht keine Nachfragegarantie, aber alle Aufträge für diese Relationen gehen an den Spediteur, der diese Ausschreibung gewonnen hat. Mittelständische Verlager beauftragen oft nur einen festen Spediteur, obwohl keine Verträge vorhanden sind. Die Kunden bestellen Speditionsleistungen selber, es wird wenig akquiriert.</p> <p>IT-Integration mit Verlager: Es besteht keine IT-Integration mit dem Kunden. Aufträge werden über Fax oder Telefon erteilt. Allerdings werden die Frachtaufträge von den Disponenten in einer speditionsspezifischen Datenbank erfasst, um die Abrechnung zu erleichtern.</p> <p>Frachtenbörsen: Es werden kaum Frachtenbörsen genutzt, nur selten die Frachtenbörse von SILKO, einem Verbund von Silospeditoren. Auf dieser werden pro Tag ca. 40 Aufträge (ausschließlich Silotransporte) gehandelt und es sind sehr viele Speditoren registriert. Normalerweise werden die Frachten aber unter den Disponenten ausgetauscht, die über Telefon miteinander kommunizieren. Frachtemittler in der Region haben sich nicht durchgesetzt (Teilweise Boykott von Speditoren).</p> <p>Zeiträume: Cirka 30% der Aufträge werden eine Woche vorher bekannt gegeben, 60% ein bis zwei Tage zuvor und nur 10% am Tag des Transportes selber. Die Vergabe und Akquisition von Aufträgen über Frachtenbörsen findet zwischen drei Tagen und einem Tag vor Abholtermin statt.</p> <p>Preisbildung: Es besteht eine Kostenkalkulation. Dabei werden, je nach Relation, bis zur Hälfte der Kosten der Rückfahrt eingerechnet. Die Kalkulation beachtet so das Leerfahrtenrisiko. In den Verträgen wird Wartezeit von 2 Stunden bei Be- und Entladung akzeptiert. Wartezeiten darüber hinaus müssen vom Verlager mit ca. 80 Euro/Stunde vergütet werden.</p>

B.2. Spedition Bäumle - Disposition Siloverkehr

<p>Disposition (Siloverkehr)</p>	<p>Aufteilung: Es wird zwischen der Disposition von Silotransporten, Schüttguttransporten allgemeinem Teil/Ganzladungsverkehr, Tanktransporte und Containertransport getrennt., Überschneidungen kommen, wie oben dargestellt, vor. Zusätzlich können Fahrer und oft auch Zugmaschinen ausgetauscht werden.</p> <p>Techniken/Tools: Es sind keine IT-Tools zur Disposition vorhanden. Allerdings wird zur Suche von Orten und Wegen, das Programm „Map and Guide“ genutzt, in dem Wege und, wenn Daten hinterlegt sind, Kosten für die Wege berechnet werden können. (Kostenberechnung wird allerdings nicht genutzt). Für die Disposition wird ein Datenblatt genutzt, bei dem jeder LKW eine Zeile und jeder Tag eine Spalte darstellt. Darin werden alle Lade- und Entladeorte sowie sonstige Termine des Fahrzeugs oder des Fahrers eingetragen.</p> <p>Frachtaufträge: Die Kunden melden zu 30% eine Woche, zu 60% zwei oder einen Tag davor und nur zu 10% am Tag selber die Frachtaufträge an. Bei zu wenigen Frachten werden zuerst andere Disponenten befragt, dann bei Verladern um ein Vorziehen von Frachten oder um zusätzliche Frachten gebeten und erst zuletzt (sehr selten) die Frachtenbörse des SILKO-Verbundes kontaktiert. Bei zuviel Ladung werden erst andere Disponent und dann die Frachtenbörse kontaktiert.</p> <p>Silodisposition: Der Disponent arbeitet im Silobereich mit ca. 35 LKW. Die Tourenplanung findet jeweils am Vormittag des vorhergehenden Tages statt. Dazu werden aus den vorliegenden Daten alle ausgehenden (von der Schweiz bzw. dem Hochrhein nach Norden) und alle eingehenden Aufträge (Richtung Schweiz/Hochrhein) notiert. Auch terminlich kritische Aufträge der nächsten Tage werden festgehalten. Dann werden die Aufträge den LKW (die mit den bisherigen Touren der Woche auf dem Datenblatt aufgeführt sind) zugeordnet. Dabei wird versucht, die Leerfahrten möglichst kurz zu halten. Einige Nebenbedingungen der Disposition sind :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderungen an Fahrzeuge (z.B. kurze 4-achsige Fahrzeuge für Baustellen) - Gewichtsbeschränkung (bzw. Ausnahmegenehmigung) bei Einfahrt in die Schweiz - Anlagen zum Ausspülen der Fahrzeuge bei unverträglichen Güterkombinationen - Einschränkungen der Fahrer (Lenkzeiten, Urlaubstage, Arzttermine). <p>Viele Fahrten, wie die Auslieferung an Baustellen aus dem Lager oder Nachfüllfahrten für das Lager, sind Nahverkehrsfahrten. Sie werden als „Füllfahrten“ für die anderen Touren genutzt.</p> <p>Am Tag selber wird nur bei unerwarteten Abweichungen oder bei unerwarteten Aufträgen eingegriffen. Am Tag vorher werden also auch nötige Frachten akquiriert (selten) oder, bei zu vielen Aufträgen, Frachtaufträge vergeben (meist über Telefon, selten über Frachtenbörse).</p> <p>90% der Aufträge werden selber gefahren, 10% mit Ladungsaustausch, also durch andere Speditionen. Die Fahrer melden sich telefonisch, sobald Besonderheiten auftreten, die nicht dem Plan entsprechen. Für die Be- und Entladung muss Zeit eingeplant werden (1-2 Stunden), in der chemischen Industrie werden zum Beispiel oft vor der Warenannahme Proben genommen und im Labor analysiert. Dies dauert eine halbe Stunde. Auch für den eigentlichen Entladevorgang muss Zeit (ca. 1 Stunde) eingeplant werden. Der Disponent meldet bei (kritischen) Betrieben den LKW vor seiner Ankunft an, um Schwierigkeiten zu vermeiden. Vertraglich ist ein Zeitraum von maximal zwei Stunden für Be- oder Entladung zugelassen, die darüber hinausgehende Zeit muss der Verloader mit 80 Euro /Stunde vergüten. Die Zeitfenster der Verloader können zweitage-, tages-, halbtages- oder zweistunden- oder stundengenau sein. Oft können Lieferungen bei Problemen aber auf Anfrage verschoben oder Ladetermine vorgezogen werden. Die Fahrer können unter Berücksichtigung der Lenkzeiten flexibel über die ganze Woche eingesetzt werden. Die Touren sind aber meist nur zwei oder dreigliedrig.</p> <p>Tanktransport Die Tanktransporte (Chemie) werden bei der Spedition Bäumle nicht kombiniert. Es existieren nur Touren, bei denen die gleiche Flüssigkeit in einem Tank transportiert wird.</p>
<p>Aussagen zu Trends/ Sonstiges</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Für Bäumle fahren keine Subunternehmer (nur eigene Fahrzeuge). - Manche Aufträge werden aber an Partnerspeditionen oder Frachtführer weitergegeben. (Umkehrung des Trends zu eingekauftem Frachtraum vor 3 Jahren) - Der Silotransportmarkt wird vor allem von deutschen Speditionen bedient. - Die letzten Jahre fand eine spürbare Konzentration des Marktes statt. - In der Schweiz wird (wegen der Schwerkverkehrsabgabe) sehr auf die Vermeidung von Leerfahrten geachtet. - Aus Ostdeutschland sind schwer Rückfrachten zu bekommen. (auch in Südbaden ist dies der Fall, aber durch die Schweiz wird dies ausgeglichen)

B.3. Spedition Grieshaber - Disposition allgemeiner Teil/Ganzladungsverkehr

	 <p>GRIESHABER TRANSPORT + LOGISTIK</p>
Steckbrief	<p>Aktivität: Logistikdienstleister (Lagerlogistik, Produktionslogistik) Transportdienstleistung als Stütze, um die hohen Qualitätsanforderungen der Logistik zu erfüllen.</p> <p>Verbünde: Beteiligung an PLI (Papier Logistik International), Zusammenarbeit unter Standorten</p> <p>Standorte (im Transportbereich): Bad Säckingen, Weingarten, Kerpen, Hombourg (F), Basel (CH)</p> <p>Mitarbeiter: insgesamt ca. 600 (158 in Bad Säckingen, davon nur ein Teil in Transport)</p> <p>Fahrzeuge: 105 Fahrzeugeinheiten (ca. 40 Fahrzeuge in Bad Säckingen), 15 Verteil- und Expressfahrzeuge, 230 Wechselbrücken</p> <p>Lager: Bad Säckingen, Weingarten, Ravensburg, Flieden, Kerpen, Hombourg(F), Basel(CH)</p> <p>Organisation: Trennung von Logistikdienstleistungen wie Lagerhaltung und Transport (Transporte von und zu den (teilweise bei Kunden geführten) Lagern werden nicht zwangsweise von Grieshaber selber übernommen). Innerhalb der Transportabteilung wird zwischen zwei Abteilungen getrennt. Zum einen existiert die Charterabteilung, die internationale Frachtaufträge (d.h. nicht Deutschland, Schweiz oder Frankreich) und von den eigenen LKW nicht übernommene Transporte an Frachtführer und andere Speditionen weiterverkauft. Zum anderen gibt es eine Dispositionsabteilung, die die eigenen LKW für Fahrten in der Schweiz, Frankreich und Deutschland (auf bestimmten Positionen) und Versorgungsfahrten zu und von den Lagern und Kunden einsetzt, getrennt.</p>
Akquise	<p>Angebot: Es werden logistische Dienstleistungen (von Lagerhaltung bis zu kleinen Arbeiten im Produktionsprozess) übernommen. Dazu werden alle Transportdienstleistungen im allgemeinen Ladungsverkehr angeboten, wobei der eigene Fuhrpark nur einen Teil (50%-70%) der Transportmenge bewältigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stückgut und KEP werden über Kooperationen mit Anbietern abgewickelt (z.B. CargoLine und DPD), - Ganz/Teilladungen in Deutschland, Schweiz und Frankreich werden zum Teil durch eigenen Fuhrpark gefahren, - Internationale Ganz/Teilladungen werden durch gecharterte (teilweise über Kontrakte gebundene) Speditionen oder Frachtführer durchgeführt. <p>Der Vorteil für den Kunden liegt in der Garantie der Durchführung seiner Transporte. Der eigene Fuhrpark soll vor allem eine hohe Qualität garantieren. Qualität bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garantie der Transporte, - Zusatzausrüstungen (z.B. Hebebühnen, Hebevorrichtungen für Papierrollen etc.) - Ausbildungen der Fahrer, - Pünktlichkeit, - Moderne Fahrzeuge. <p>Sucht der Verlager Billiganbieter oder können die Anforderungen auch durch andere Anbieter erfüllt werden, so werden auch andere Speditionen und Frachtführer über eine Charterabteilung vermittelt. Selber gefahrene Relationen sind vor allem Schweiz-Rheinland und Schweiz-Raum Stuttgart. Die anderen Standorte (Kerpen, Weingarten, Hombourg) werden aufgrund von guten Rückfrachtmöglichkeiten viel angefahren.</p> <p>Branchen der Verlager: Alle Arten von Betrieben, mit allgemeinem Teil/Ganzladungsverkehr. Viel Papierindustrie (durch Beteiligung am Unternehmen PLI, das die Logistik der Papierfabriken organisiert) Bleche, Stahl, Küchen (FRANKE), Bauteile Ladeneinrichtungen...</p> <p>Regionale Verteilung Verlager: Vor allem Verlager der Region Süddeutschland, Schweiz etc. Meist in der Region der Niederlassungen.</p> <p>Kundenbindung: Es gibt viele feste Stammkunden. Viele Aufträge kommen aus Betrieben, für die die Lagerlogistik übernommen wurde (Abhol- und Lieferfahrten von/zum Betrieb und von/zum Lager sowie auch Frachten zu deren Kunden). Viele der Verlager schreiben bestimmte Relationen jährlich aus. Es besteht keine Nachfragegarantie, aber alle Aufträge für diese Relationen gehen an den Spediteur, der diese Ausschreibung gewonnen hat.</p> <p>IT-Integration mit Verlager: Bei Kunden mit übernommener Lagerhaltung ist die Integration teilweise weit fortgeschritten. Die Lagerhaltung ist teilweise an das SAP-System angeschlossen und generiert daraus direkt die Frachtaufträge für den Transport (Es fehlt hier nur noch ein kleiner Schritt zur vollständigen Integration : Die Einspeisung Frachtauftrag in Disponentensystem). In der Disposition kommen allerdings fast alle Frachtaufträge per Fax. (Außer Transporeon-Aufträge (s.u.) und einige weitere über das Telefon)</p>

B. Speditionssteckbriefe

	<p>Frachtenbörsen: Timocom wird vor allem zur Vergabe von Frachtaufträgen (Charterabteilung) genutzt, selten zur Akquise von Rückfrachten. Zur Nutzung von Transporeon (private Börse von Goodyear - Zugang beschränkt) sind Speditionen, die Aufträge von Goodyear erhalten verpflichtet. Die Auftragsvergabe läuft über diese Plattform (kein Fax mehr). Es werden dort Aufträge für bestimmte Relationen aufgrund einer Ausschreibung direkt an Grieshaber vergeben. Bei einer Vergabe dieser Relationen an andere, kann es dazu kommen, dass Grieshaber mit einer Einstellung der Transportgarantie auf dieser Relation droht.</p> <p>Frachtvergabe: Über den großen Kundenstamm erhält Grieshaber mehr Volumen an Frachtaufträge als der Fuhrparks bewältigen kann (ca 150%-200%). Vieles davon wird von Partnerspeditionen und festen Frachtführern gefahren oder über Frachtenbörsen vergeben. Dies geschieht durch eine eigene Charterabteilung. Diese akquiriert auch Frachten von Frachtenbörsen wie z.B. Tranporeon (auf die nicht alle zugreifen können) und vergibt diese weiter.</p> <p>Zeiträume: Cirka 30% der Aufträge werden eine Woche vorher bekannt gegeben, 60% ein bis zwei Tage zuvor und nur 10% am Tag des Transportes selber. Die Frachtvergabe findet vor allem einen oder zwei Tage vorher statt.</p> <p>Preisbildung: Es besteht eine Kostenkalkulation. Die Risiken werden bei der Kalkulation des Disponenten durch Variation der Marge berücksichtigt. In Zukunft sollen die Mehrkosten für die Touren als Basis dienen (Berechnung u.a. mit Hilfe von „Map and Guide“). Bei sehr genauen Zeitfenstern wird ein Zuschlag verlangt. Bei manchen Verladern werden auch maximale Wartezeiten bei Be- und Entladung vertraglich festgelegt.</p>
<p>Disposition</p>	<p>Aufteilung: Es wird zwischen der Charterabteilung, in der alle, nicht durch den eigenen Fuhrpark gefahrenen Frachten, vergeben werden, und der Dispositionsabteilung, in der der Fuhrpark geplant wird, unterschieden.</p> <p>Techniken/Tools: Es wird ein Dispositionsprogramm genutzt, in das die Aufträge eingespeist werden. Der Disponent hat diese als Liste vor sich und kann sie (mit drag and drop) den Touren zuordnen, die er so definiert. Aus diesen Touren wird automatisch der Verladeplan, der Rückladeplan und der Umladeplan gebildet (Erläuterung siehe unten). Desweiteren steht das Programm „Map and Guide“ zur Suche von Orten und Berechnung von Distanzen zur Verfügung.</p> <p>Frachtaufträge: Disponiert werden Frachtaufträge von festen Kunden (oft mit speziellen Anforderungen), Fahrten von und zu Lagern, die für Kunden unterhalten werden und Teilladungen, die im Lager gesammelt, zu Vollladungen zusammengestellt und dann verkauft werden (über die Charterabteilung). Selten werden Frachtenbörsen zur Akquise benötigt, für Rückladungen werden LKW oft an die Disposition anderer Standorte übergeben. Frachtaufträge treffen zu 30% eine Woche vorher, zu 60% ein bis zwei Tage vorher und nur zu 10% am Tag selber ein. Die Zeitfenster betragen zu 10% ca. 1 Woche, zu ca. 70% ein bis zwei Tage und sind zu 20% stundengenau. Ein Beispiel für stundengenaue Lieferungen, sind Bleche, für deren Entladung ein Kran bestellt werden muss.</p> <p>Durchführung Disposition: Es wird zwischen ausgehenden Touren und Rückladungen unterschieden. Frachtaufträge im Dispositionssystem werden als Rückladungen oder als ausgehende Ladungen eingegeben und gekennzeichnet.</p> <p>Für die ausgehenden Fahrzeuge wird ein Tag zuvor ein Verladeplan erstellt. Dazu werden alle ausgehenden Aufträge abgerufen. Als ausgehende Fahrzeuge stehen die zurückkommenden, die vorhandenen und die Fahrzeuge anderer Standorte, die Rückfrachten aus der Region suchen zur Verfügung. Es wird folgendermaßen bei der Tourenplanung vorgegangen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lege Touren für große Aufträge, die einträglich sind oder speziellen Service fordern, an. - Beachte bei der Bildung der Touren die Rückladungen. - Versuche Teilladungen zu Ganzladungen in gleiche Regionen zu bündeln. - Vergebe schlechte Frachten (schlecht bezahlt oder schlechte Regionen) an Charterabteilung. <p>Die Touren werden am Tag zuvor oder am Tag selber durch zusätzliche Fahrten und Nahverkehrsoperationen (siehe Umladeplan) ergänzt.</p> <p>Es wird außerdem ein Umladeplan erstellt. Dies ist eine Spezialität, die auf die Grenzsituation zurückgeführt werden kann. Früher mußten Frachten in die Schweiz aufgeteilt werden, um die Gewichtsbeschränkung zu beachten. Es wurden einkommende Frachten auf mehrere LKW aufgeteilt und ausgehende aus der Schweiz zu Vollladungen zusammengestellt. Der Umladeplan wurde beibehalten und dient nun dazu, Teilladungen bei der Nahverteilung besser zusammenzustellen und gleichzeitig die Abholung von Teilladungen günstig zu gestalten. Auch heute ist es aufgrund der Schwerverkehrsabgabe, der Wartezeiten an der Grenze und der zu beantragenden Sondereinfahrerlaubnis für Vierzigtonner wichtig, auf gute Auslastung in der Schweiz zu achten. Gleichzeitig wird täglich für den Verladeplan des letzten Tages ein Rückladeplan erstellt, in dem Frachten des Typs „Rückladung“ zu Touren zurück in Richtung Süden gebildet werden. Gesucht werden dabei Frachten, deren Ladepunkt in der Nähe des letzten Entladepunktes liegt und die als Ziel die eigene Region oder eine der Regionen der anderen Standorte hat. Sind keine Rückfrachten vorhanden, werden entweder die LKW dem nächsten Standort zur Rückladung übergeben oder es wird versucht Rückfracht über Partnerspeditionen zu finden. Selten müssen Frachtenbörsen für die Akquise von Rückfrachten kontaktiert werden.</p> <p>Auf Kombinierbarkeit von Frachten aufgrund des Guttyps muss kaum geachtet werden (selbst manche Gefahrgüter können kombiniert werden), da die Frachten für gewöhnlich in verpackter Form vorliegen. Es muss bei der Disposition aber immer auf Risiken wie Staus oder Wartezeiten am Zoll geachtet werden.</p>
<p>Aussagen zu Trends/ Sonstiges</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aus Ostdeutschland sind schwer Rückfrachten zu bekommen. - In der Schweiz wird (wegen der Schwerverkehrsabgabe) sehr auf die Vermeidung von Leerfahrten geachtet. - Die Konkurrenz, vor allem im allgemeinen Teil/Ganzladungsverkehr, nimmt zu.

B.4. Spedition ITC-Stuttgart - Disposition Englandverkehre

	
<p>Steckbrief</p>	<p>Aktivität: Rundlaufverkehre und Charterverkehre nach England, Schottland, Irland und Italien (betehend aus Stückgut bis Teilladungen - Allgemeines Ladungsgut), Lagerhaltung für Kärcher.</p> <p>Verbünde: Offizielles Depot von CTL (Stückgutverband)</p> <p>Standorte: Markgröningen, (Hauptsitz ITC ist in Willich und in Italien)</p> <p>Mitarbeiter: in Markgröningen ca. 10</p> <p>Fahrzeuge: Kein eigener Fuhrpark, 7 fest fahrende Frachtführer (Ein-Mann-Unternehmen) (davon 4 für Sammel und Verteilfahrten (2 LKW (40t) und 2 Sprinter (3.5t)) und 3 LKW(40t) für Großbritannienverkehre. Zusätzlich gecharteter Laderaum für Großbritannienverkehre.</p> <p>Lager: Markgröningen</p> <p>Organisation: Die Muttergesellschaft ITC ist in Italien gegründet worden und mit ihrer Filiale in Willich im europaweiten Stückgutnetz CTL aktiv. Der Standort in Markgröningen dient als Verteil/Sammel-Depot für Italienverkehre. Vor allem aber werden Verkehre nach Großbritannien organisiert. Dabei wird zwischen der Disposition der nationalen Sammel- und Verteilfahrten und der Disposition der Großbritannienverkehre getrennt. Zusätzlich kümmert sich ein Disponent um die Verkehre nach Italien.</p>
<p>Akquise</p>	<p>Angebot: Es werden vor allem Verkehre (im allgemeinen Ladungsverkehr) nach Großbritannien und Italien angeboten. Es werden vor allem Teilladungen oder Stückladungen gesucht. Diese werden in Deutschland gesammelt zu kompletten LKW zusammengestellt und in Großbritannien in der Regel selber, selten von Partnerspeditionen(sehr teuer) verteilt.</p> <p>Als Laufzeit werden ca. 3 Tage gerechnet. Ganzladungen werden von Deutschland aus kaum gefahren, da die Preise dafür sehr niedrig liegen. Man lebt von dem Geschäft mit kleineren Ladungen. Für die Rückfahrten werden allerdings vor allem Ganzladungen gesucht. die Preise dafür sind zwar sehr niedrig (die Marktlage von Großbritannien nach Deutschland ist schlecht), aber man kommt so schnell zurück. Es werden ca. 4 Fahrten pro Woche nach Großbritannien angeboten (England, Schottland, Irland). Auch nach Italien werden Verkehre angeboten, diese werden hier aber nicht beschrieben. Zusätzlich können dem Kunden auf Wunsch für sämtliche anderen Destinationen (Stückgut, Teil/Ganzladungen) Partnerspeditionen, das Mutterhaus oder gecharteter Laderaum vermittelt werden.</p> <p>Auftraggeber: Es gibt keine Einschränkungen auf Branchen. Da Teilladungen und Stückgut gesucht wird, kommen vor allem mittelständische Unternehmen in Frage. Viele Aufträge kommen von anderen Speditionen, die die Verkehre ihrer Kunden nach Großbritannien weitervermitteln.</p> <p>Regionale Verteilung Verlager: Vor allem Süddeutschland. Aber auch in England wird versucht, neue Verlager und Speditionen zu finden.</p> <p>Kundenbindung: Es gibt einen Kunden, für den die Lagerhaltung übernommen wurde (Kärcher). Daraus resultieren tägliche Fahrten zu Kärcher. Mit vielen Speditionen existiert ein persönlicher Kontakt zwischen den Disponenten. Auf diesen Kontakten beruht ein großer Teil des Geschäfts. Sie müssen über die Zeit aufgebaut werden (neue Kontakte z.B. über Frachtenbörsen).</p> <p>IT-Integration mit Verlager: Frachtaufträge kommen in schriftlicher Form. Meist über Fax, manchmal auch über e-mail.</p> <p>Frachtenbörsen: Es werden Timocom und Teleroute genutzt. Vor allem für die Vergabe von Abhol- und Verteilfahrten in Deutschland. Aufträge nach Großbritannien werden über 80% durch „eigene“ Frachtführer gefahren. Aber auch hier werden Aufträge über Frachtenbörsen vergeben. Gesucht werden Rückfrachten von Großbritannien (vor allem Ganzladungen). Die Frachtenbörse fungiert häufig zum Kennenlernen der anderen Frachtführer und Speditionen. Es entwickeln sich daraus Kontakte, die ohne Frachtenbörse weitergeführt werden (z.B. werden Frachtenführer mit regelmäßigem Laderaum auf bestimmten Relationen immer wieder kontaktiert oder Speditionen werden nach Frachten gefragt).</p> <p>Zeiträume: Cirka 10% der Aufträge sind regelmäßig, 80% werden ein bis zwei Tage zuvor und 10% am Tag des Transportes selber angemeldet. Die Vergabe von Frachtaufträgen findet vor allem einen Tag vorher statt. (Dies gilt auch für Frachtenbörsen, 3 Tage vorher ist oft zu früh)</p> <p>Preisbildung: Berechnung nach Lademeter. Dabei liegen ungefähre Tarife von Deutschland nach Großbritannien vor. Zurück werden meist Ganzladungen akquiriert, deren Preis sich am Markt orientiert. Mit den eigenen Frachtführern werden Tarife für die Bereitstellung von LKW und Fahrer ausgehandelt.</p>

B. Speditionssteckbriefe

<p>Disposition</p>	<p>Aufteilung: Bei der Disposition wird zwischen dem Sammel- und Verteilverkehr und den Verkehren nach Italien und Großbritannien getrennt.</p> <p>Techniken/Tools: Die Frachtaufträge werden in einem Programm für die Abrechnung erfasst. Sie werden darin Touren zugeordnet und es können Frachtlisiten (CMR Papiere - wichtig für Versicherungen) automatisch erzeugt werden. Außerdem sind darin Adressen von Verladern und Partnerspeditionen gespeichert. In Deutschland wird „Map and Guide“ und in Großbritannien „Map and Travel“ für die Orts- und Wegesuche verwendet. Die Fahrer werden über Telefon kontaktiert.</p> <p>Frachtaufträge: Kommen viel von anderen Speditionen (s.v.), von Verladern und, vor allem für Rückfrachten, aus den Frachtenbörsen.</p> <p>Durchführung Disposition: Die nationale Disposition führt die Sammel- und Verteilfahrten für die Italien- und Großbritannienverkehre durch. Dabei hat die Bereitstellung der ausgehenden Frachten Vorrang. Die Disposition der Sammel- und Verteilfahrten findet am Tag zuvor nach folgender Reihenfolge statt :</p> <ul style="list-style-type: none"> - plane regelmäßige Fahrten ein (z.B. Lagerfahrten Kärcher, Frachten mit Termin Montags aus Italien), - plane Sammelfahrten für Fahrten nach Großbritannien/Italien, - plane Verteilfahrten der Güter im Lager. <p>Für abgelegene Orte oder bei zu wenig Kapazität der eigenen Frachtführer wird viel an bekannte Speditionen und Frachtführer oder über die Frachtenbörse vergeben.</p> <p>Für die Disposition der Verkehre nach Großbritannien werden die Frachtaufträge bis einen halben Tag vor Abfahrt für die einzelnen LKW gesammelt. Es fahren ca. 4 LKW pro Woche nach Großbritannien (England, Schottland, Irland). 85% der akquirierten Frachtaufträge werden durch eigene Frachtführer (komplett oder teilweise für ITC fahrende Frachtführer) durchgeführt. Die LKW haben ungefähre Zielgebiete, in die sie immer fahren. Teilweise haben die Frachtführer auch selber feste Rückfrachten. Ein Frachtführer fährt beispielsweise immer Stuttgart-Manchester-Paris-Stuttgart.</p> <p>Sind keine festen Rückfrachten oder Frachtaufträge von Verladern oder Speditionen für die Rückfahrt vorhanden, wird am Tag der Hinfahrt eine Rückfracht (1-2 Tage später) organisiert. Vor allem werden dafür Ganzladungen gesucht. Neben Kontakten zu ansässigen Speditionen werden hierfür Frachtenbörsen genutzt.</p> <p>Zeitfenster sind selten zweistundengenau (10%), manchmal halbtagesgenau (20%) und meistens tagesgenau (70%). Vor allem die Tageszeitfenster können oft bei Nachfrage vorgezogen oder verschoben werden.</p>
<p>Aussagen zu Trends/ Sonstiges</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aus Großbritannien sind schwer gute Rückfrachten zu bekommen. (Unpaarigkeit) - Die früher durchgeführten Türkeiverkehre wurden wegen der harten Konkurrenzsituation eingestellt.

C. Klassifizierungen und Einteilungen

C.1. WZ93-Klassifizierung nach Wirtschaftsgruppen

Wirtschaftsgruppen (3-stellig)	Bezeichnung	Verwendung der Betriebe dieser Wirtschaftsgruppe im Modell
011	Pflanzenbau	Quelle und Senke
012	Tierhaltung	Quelle und Senke
013	Gemischte Landwirtschaft	Quelle und Senke
014	Dienstleistungen in Landwirtschaft und Gartenbau	keine Darstellung
015	Gewerbliche Jagd	keine Darstellung
01	Landwirtschaft, Gewerbliche Jagd	
020	Forstwirtschaft	Quelle
02	Forstwirtschaft	
050	Fischerei und Fischzucht	Quelle
05	Fischerei und Fischzucht	
101	Steinkohlenbergbau und -brikettherstellung	Quelle
102	Braunkohlenbergbau und -brikettherstellung	Quelle
103	Torfgewinnung und -veredelung	Quelle
10	Kohlenbergbau, Torfgewinnung	
111	Gewinnung von Erdöl und Erdgas	Quelle
112	Dienstleistungen zur Gewinnung von Erdöl und Erdgas	keine Darstellung
11	Gewinnung von Erdöl und Erdgas, Dienstleistungen hierzu	
120	Bergbau auf Uran- und Thoriumerze	Quelle
12	Bergbau auf Uran- und Thoriumerze	
131	Eisenerzbergbau	Quelle
132	NE-Metallerzbergbau	Quelle
13	Erzbergbau	
141	Gewinnung von Natursteinen	Quelle
142	Gewinnung von Kies, Sand, Ton und Kaolin	Quelle
143	Bergbau auf chemische und Düngemittelminerale	Quelle
144	Gewinnung von Salz	Quelle
145	Gewinnung von Steinen und Erden a.n.g., sonstiger Bergbau	Quelle
14	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	
151	Schlachten und Fleischverarbeitung	Quelle und Senke
152	Fischverarbeitung	Quelle und Senke
153	Obst- und Gemüseverarbeitung	Quelle und Senke
154	Herstellung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten	Quelle und Senke
155	Milchverarbeitung	Quelle und Senke
156	Mahl- u. Schälmaschinen, Herstellung von Stärke und Stärkeerzeugnissen	Quelle und Senke
157	Herstellung von Futtermitteln	Quelle und Senke
158	Sonstiges Ernährungsgewerbe (ohne Getränkeherstellung)	Quelle und Senke
159	Getränkeherstellung	Quelle und Senke
15	Ernährungsgewerbe	
160	Tabakverarbeitung	Quelle und Senke
16	Tabakverarbeitung	

C. Klassifizierungen und Einteilungen

171	Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei	Quelle und Senke
172	Weberei	Quelle und Senke
173	Textilveredlung	Quelle und Senke
174	Herstellung von konfektionierten Textilwaren (ohne Bekleidung)	Quelle und Senke
175	Sonstiges Textilgewerbe (ohne Herstellung von Maschenwaren)	Quelle und Senke
176	Herstellung von gewirktem und gestricktem Stoff	Quelle und Senke
177	Herstellung von gewirkten und gestrickten Fertigerzeugnissen	Quelle und Senke
17	Textilgewerbe	
181	Herstellung von Lederbekleidung	Quelle und Senke
182	Herstellung von Bekleidung (ohne Lederbekleidung)	Quelle und Senke
183	Zurichtung und Färben von Fellen, Herstellung von Pelzwaren	Quelle und Senke
18	Bekleidungsgerbe	
191	Ledererzeugung	Quelle und Senke
192	Lederverarbeitung (ohne Herstellung v. Lederbekleidung u. Schuhen)	Quelle und Senke
193	Herstellung von Schuhen	Quelle und Senke
19	Ledergewerbe	
201	Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke	Quelle und Senke
202	Furnier-, Sperrholz-, Holzfaserverplatten- und Holzspanplattenwerke	Quelle und Senke
203	Herstellung v. Konstruktions-, Fertigbauteilen, Fertigteilbau aus Holz	Quelle und Senke
204	Herstellung v. Verpackungsmitteln u. Lagerbehältern aus Holz	Quelle und Senke
205	Herstellung v. Holzwaren a.n.g. sowie von Kork-, Flecht- u. Korbwaren	Quelle und Senke
20	Holzgerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	
211	Herstellung v. Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	Quelle und Senke
212	Papier-, Karton- und Pappeverarbeitung	Quelle und Senke
21	Papiergerbe	
221	Verlagsgerbe	Quelle und Senke
222	Druckgerbe	Quelle und Senke
223	Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- u. Datenträgern	Quelle und Senke
22	Verlags-, Druckgerbe, Vervielfältigung von Ton-, Bild-, Datenträgern	
231	Kokerei	Quelle und Senke
232	Mineralölverarbeitung	Quelle und Senke
233	Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	Quelle und Senke
23	Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herst. u. Verarbeitung v. Spalt- u. Brutstoff.	
241	Herstellung von chemischen Grundstoffen	Quelle und Senke
242	Herstellung von Schädlingsbekämpfung- und Pflanzenschutzmitteln	Quelle und Senke
243	Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten	Quelle und Senke
244	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	Quelle und Senke
245	Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln	Quelle und Senke
246	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen	Quelle und Senke
247	Herstellung von Chemiefasern	Quelle und Senke
24	Chemische Industrie	
251	Herstellung von Gummiwaren	Quelle und Senke
252	Herstellung von Kunststoffwaren	Quelle und Senke
25	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	
261	Herstellung und Verarbeitung von Glas	Quelle und Senke
262	Keramik (ohne Ziegelei und Baukeramik)	Quelle und Senke
263	Herstellung von keramischen Wand- und Bodenfliesen und -platten	Quelle und Senke
264	Ziegelei, Herstellung von sonstiger Baukeramik	Quelle und Senke
265	Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips	Quelle und Senke
266	Herstellung von Erzeugnissen aus Beton, Zement und Gips	Quelle und Senke
267	Be- und Verarbeitung von Natursteinen a.n.g.	Quelle und Senke
268	Herstellung von sonstigen Mineralerzeugnissen	Quelle und Senke
26	Glasgerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	
271	Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (EGKS)	Quelle und Senke
272	Herstellung von Rohren	Quelle und Senke
273	Sonst. erste Bearb. v. Eisen u. Stahl, Herst. v. Ferrolegierung. (nicht EGKS)	Quelle und Senke
274	Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen	Quelle und Senke
275	Gießereiindustrie	Quelle und Senke
27	Metallerzeugung und -bearbeitung	
281	Stahl- und Leichtmetallbau	Quelle und Senke
282	Kessel- und Behälterbau (ohne Herstellung von Dampfkesseln)	Quelle und Senke
283	Herstellung von Dampfkesseln (ohne Zentralheizungskessel)	Quelle und Senke
284	Herstellung von Schmiede-, Preß-, Zieh- und Stanzteilen u.ä.	Quelle und Senke
285	Oberflächenveredlung, Wärmebehandlung und Mechanik a.n.g.	Quelle und Senke
286	Herstellung v. Schneidwaren, Werkzeugen, Schössern u. Beschlägen	Quelle und Senke
287	Herstellung von sonstigen Eisen-, Blech- und Metallwaren	Quelle und Senke
28	Herstellung von Metallerzeugnissen	

C.1. WZ93-Klassifizierung nach Wirtschaftsgruppen

291	Herst. v. Maschinen f.d. Erzeugung u. Nutzung v. mechanischer Energie	Quelle und Senke
292	Herstellung von sonstigen Maschinen für unspezifische Verwendung	Quelle und Senke
293	Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	Quelle und Senke
294	Herstellung von Werkzeugmaschinen	Quelle und Senke
295	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige	Quelle und Senke
296	Herstellung von Waffen und Munition	Quelle und Senke
297	Herstellung von Haushaltsgeräten a.n.g.	Quelle und Senke
29	Maschinenbau	
300	Herst. v. Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten u. -einrichtungen	Quelle und Senke
30	Herst. v. Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten u. -einrichtungen	
311	Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren	Quelle und Senke
312	Herstellung von Elektrizitätsverteilungs- und -schalteinrichtungen	Quelle und Senke
313	Herstellung von isolierten Elektrokabeln, -leitungen und -drähten	Quelle und Senke
314	Herstellung von Akkumulatoren und Batterien	Quelle und Senke
315	Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten	Quelle und Senke
316	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen a.n.g.	Quelle und Senke
31	Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.	
321	Herstellung von elektronischen Bauelementen	Quelle und Senke
322	Herstellung von nachrichtentechnischen Geräten und Einrichtungen	Quelle und Senke
323	Herst. v. Rundfunk- u. Fernsehgeräten, phono- u. videotechn. Geräten	Quelle und Senke
32	Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik	
331	Herstellung v. medizinischen Geräten u. orthopädischen Vorrichtungen	Quelle und Senke
332	Herst. v. Meß-, Kontroll-, Navigations- u.ä. Instrumenten u. Vorrichtungen	Quelle und Senke
333	Herstellung von industriellen Prozeßsteuerungsanlagen	Quelle und Senke
334	Herstellung von optischen und fotografischen Geräten	Quelle und Senke
335	Herstellung von Uhren	Quelle und Senke
33	Medizin-, Meß-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik	
341	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	Quelle und Senke
342	Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern	Quelle und Senke
343	Herstellung v. Teilen u. Zubehör für Kraftwagen u. Kraftwagenmotoren	Quelle und Senke
34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	
351	Schiffbau	Senke
352	Schienenfahrzeugbau	Senke
353	Luft- und Raumfahrzeugbau	Senke
354	Herstellung von Krafträdern, Fahrrädern und Behindertenfahrzeugen	Quelle und Senke
355	Fahrzeugbau a.n.g.	Quelle und Senke
35	Sonstiger Fahrzeugbau	
361	Herstellung von Möbeln	Quelle und Senke
362	Herstellung von Schmuck und ähnlichen Erzeugnissen	Quelle und Senke
363	Herstellung von Musikinstrumenten	Quelle und Senke
364	Herstellung von Sportgeräten	Quelle und Senke
365	Herstellung von Spielwaren	Quelle und Senke
366	Herstellung von sonstigen Erzeugnissen	Quelle und Senke
36	Herstellung v. Möbeln, Schmuck, Musikinstr., Sportgeräten, Spielwaren u.ä.	
371	Recycling von Schrott	Quelle und Senke
372	Recycling v. nichtmetallischen Altmaterialien und Reststoffen	Quelle und Senke
37	Recycling	
401	Elektrizitätsversorgung	Senke
402	Gasversorgung	Senke
403	Fernwärmeverversorgung	Senke
40	Energieversorgung	
410	Wasserversorgung	keine Darstellung
41	Wasserversorgung	
451	Vorbereitende Baustellenarbeiten	Senke
452	Hoch- und Tiefbau	Senke
453	Bauinstallation	Senke
454	Sonstiges Baugewerbe	Senke
455	Vermietung von Baumaschinen und -geräten mit Bedienungspersonal	keine Darstellung
45	Baugewerbe	
501	Handel mit Kraftwagen	Senke
502	Instandhaltung und Reparatur von Kraftwagen	keine Darstellung
503	Handel mit Kraftwagenteilen und Zubehör	Senke
504	Handel m. Krafträdern, Teilen u. Zub.; Instandh. u. Reparatur v. Krafträdern	Senke
505	Tankstellen	Senke
50	Kraftfahrzeughandel, Instandhaltung u. Reparatur v. Kfz., Tankstellen	

C. Klassifizierungen und Einteilungen

511	Handelsvermittlung	keine Darstellung
512	Großhandel mit landwirtschaftlichen Grundstoffen und lebenden Tieren	Spezielle Quelle und Senke
513	Großhandel mit Nahrungsmitteln, Getränken und Tabakwaren	Spezielle Quelle und Senke
514	Großhandel mit Gebrauchs- und Verbrauchsgütern	Spezielle Quelle und Senke
515	Großhandel mit Rohstoffen, Halbwaren, Altmaterial und Reststoffen	Spezielle Quelle und Senke
516	Großhandel mit Maschinen, Ausrüstungen und Zubehör	Spezielle Quelle und Senke
517	Sonstiger Großhandel	Spezielle Quelle und Senke
51	Handelsvermittlung und Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)	
521	Einzelhandel mit Waren verschiedener Art (in Verkaufsräumen)	Senke
522	Facheinzelhandel m.Nahrungsmitteln,Getränken u.Tabakw.(i.Verkaufsr.)	Senke
523	Apotheken;Facheinzelhandel m.med.,orthop.u.kosmet.Art.(i.Verkaufsr.)	Senke
524	Sonstiger Facheinzelhandel (in Verkaufsräumen)	Senke
525	Einzelhandel mit Antiquitäten u. Gebrauchtwaren (in Verkaufsräumen)	Senke
526	Einzelhandel (nicht in Verkaufsräumen)	Senke
527	Reparatur von Gebrauchsgütern	keine Darstellung
52	Einzelhandel (ohne Kfz. u. Tankstellen), Reparatur v. Gebrauchsgütern	
551	Hotels, Gasthöfe, Pensionen und Hotels garnis	Senke
552	Sonstiges Beherbergungsgewerbe	keine Darstellung
553	Restaurants, Cafés, Eisdielen und Imbißhallen	Senke
554	Sonstiges Gaststättengewerbe	Senke
555	Kantinen und Caterer	Senke
55	Gastgewerbe	
601	Eisenbahnen	keine Darstellung
602	Sonstiger Landverkehr	teilweise als Frachtführer
603	Transport in Rohrfernleitungen	keine Darstellung
60	Landverkehr, Transport in Rohrfernleitungen	
611	See- und Küstenschifffahrt	keine Darstellung
612	Binnenschifffahrt	keine Darstellung
61	Schifffahrt	
621	Linienflugverkehr	keine Darstellung
622	Gelegenheitsflugverkehr	keine Darstellung
623	Raumtransport	keine Darstellung
62	Luftfahrt	
631	Frachtumschlag und Lagerei	Darstellung in Lager der Verloader
632	Sonstige Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	keine Darstellung
633	Reisebüros und Reiseveranstalter	keine Darstellung
634	Spedition, sonstige Verkehrsvermittlung	Darstellung als Speditionen
63	Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr, Verkehrsvermittlung	
641	Postdienste und private Kurierdienste	keine Darstellung
642	Fernmeldedienste	keine Darstellung
64	Nachrichtenübermittlung	
651	Zentralbanken und Kreditinstitute	keine Darstellung
652	Sonstige Finanzierungsinstitutionen	keine Darstellung
65	Kreditgewerbe	
660	Versicherungsgewerbe	keine Darstellung
66	Versicherungsgewerbe	
671	Mit dem Kreditgewerbe verbundene Tätigkeiten	keine Darstellung
672	Mit dem Versicherungsgewerbe verbundene Tätigkeiten	keine Darstellung
67	Mit dem Kredit- und Versicherungsgewerbe verbundene Tätigkeiten	
701	Erschließung,Kauf u.Verkauf v.Grundstücken,Gebäuden u.Wohnungen	keine Darstellung
702	Vermietung u.Verpachtung v.eig.Grundstücken,Gebäuden u.Wohnen.	keine Darstellung
703	Vermittlung u. Verwaltung v. Grundstücken, Gebäuden u. Wohnungen	keine Darstellung
70	Grundstücks- und Wohnungswesen	
711	Vermietung von Kraftwagen bis 3,5t Gesamtgewicht	keine Darstellung
712	Vermietung von sonstigen Verkehrsmitteln	keine Darstellung
713	Vermietung von Maschinen und Geräten	keine Darstellung
714	Vermietung von Gebrauchsgütern a.n.g.	keine Darstellung
71	Vermietung beweglicher Sachen ohne Bedienungspersonal	
721	Hardwareberatung	keine Darstellung
722	Softwarehäuser	keine Darstellung
723	Datenverarbeitungsdienste	keine Darstellung
724	Datenbanken	keine Darstellung
725	Instandhaltung u.Reparatur v.Büromasch.,DV-geräten u.-einrichtungen	keine Darstellung
726	Sonstige mit der Datenverarbeitung verbundene Tätigkeiten	keine Darstellung
72	Datenverarbeitung und Datenbanken	

C.1. WZ93-Klassifizierung nach Wirtschaftsgruppen

731	Forschg.u.Entwicklg.i.Ber.Natur-,Ingenieur-,Agrarwissensch.u.Medizin	keine Darstellung
732	Forschg.u.Entw.i.Ber.Rechts-,Wirtsch.-,Soz.-,Sprach-,Kultur- u.Kunstw.	keine Darstellung
73	Forschung und Entwicklung	
741	Rechts-,Steuer-,Untern.-beratg.,Markt- u.Meinungsforschg.,Beteiligsg.	keine Darstellung
742	Architektur- und Ingenieurbüros	keine Darstellung
743	Technische, physikalische und chemische Untersuchung	keine Darstellung
744	Werbung	keine Darstellung
745	Gewerbsmäßige Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	keine Darstellung
746	Detekteien und Schutzdienste	keine Darstellung
747	Reinigung von Gebäuden, Inventar und Verkehrsmitteln	keine Darstellung
748	Erbringung v.sonstigen Dienstleistungen überwiegend f. Unternehmen	keine Darstellung
74	Erbringung von Dienstleistungen überwiegend für Unternehmen	
751	Öffentliche Verwaltung	keine Darstellung
752	Auswärtige Angeleg.,Verteidigg.,Rechtsschutz,Öff.Sicherheit u.Ordng.	keine Darstellung
753	Sozialversicherung und Arbeitsförderung	keine Darstellung
75	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	
801	Kindergärten, Vor- und Grundschulen	keine Darstellung
802	Weiterführende Schulen	keine Darstellung
803	Hochschulen	keine Darstellung
804	Erwachsenenbildung und sonstiger Unterricht	keine Darstellung
80	Erziehung und Unterricht	
851	Gesundheitswesen	keine Darstellung
852	Veterinärwesen	keine Darstellung
853	Sozialwesen	keine Darstellung
85	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	
900	Abwasser- und Abfallbeseitigung und sonstige Entsorgung	keine Darstellung
90	Abwasser- und Abfallbeseitigung und sonstige Entsorgung	
911	Wirtschafts- und Arbeitgeberverbände, Berufsorganisationen	keine Darstellung
912	Gewerkschaften	keine Darstellung
913	Sonst.Interessenvertretg.,kirchl.u.sonst.rel.Vereinigg. (o.Sozialw.,Sport)	keine Darstellung
91	Interessenvertretg., kirchl.u.sonst.relig.Vereinigg. (ohne Sozialw.,Sport)	
921	Film- und Videofilmherstellung, -verleih und -vertrieb, Filmtheater	keine Darstellung
922	Hörfunk- u.Fernsehanstalten, Herst. v. Hörfunk- u. Fernsehprogrammen	keine Darstellung
923	Erbringung von sonstigen kulturellen und unterhaltenden Leistungen	keine Darstellung
924	Korrespondenz- und Nachrichtenbüros sowie selbständige Journalisten	keine Darstellung
925	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten	keine Darstellung
926	Sport	keine Darstellung
927	Erbringung v.sonst.Dienstleistungen f.Unterhaltung,Erholung u.Freizeit	keine Darstellung
92	Kultur, Sport und Unterhaltung	
930	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	keine Darstellung
93	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	
950	Private Haushalte	keine Darstellung
95	Private Haushalte	
990	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	keine Darstellung
99	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	
	Ohne Angabe	keine Darstellung

Tabelle C.1.: Wirtschaftsgruppen der WZ93 und Darstellung im Modell (Statistisches Bundesamt)

C. *Klassifizierungen und Einteilungen*

D. Kostenkomponenten und Kosten-Einflussgrößen

Der Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. stellt seinen Mitgliedern ein Tool zur Kalkulation von Haustarifen zur Verfügung. Für dieses Tool wurden die Kostenkomponenten und Kosteneinflussgrößen für die Kalkulation von Frachttarifen identifiziert. Diese sind in den untenstehenden Tabellen aufgeführt. Die ermittelten Kostensätze können im Programm „Kalif“ hinterlegt werden, das die vom Routenplanungsprogramm „Map and Guide“ ermittelten Strecken und Zeiten kalkulatorisch bewertet.

Kostenkomponenten Stückgutsendungen	Kostenkomponenten Teilpartien
- Vorlauf	- Fixkosten/Be- bzw. Abladestelle
- Fixer Zeitbedarf/Sendung	- Entfernungsabhängige Kosten
- Entfernungsabhängige Kosten	- Gewichtsabhängige Kosten
- Zeitabhängige Kosten	- Ent-/Beladekosten
- Ent-/Beladekosten	

Tabelle D.1.: Kostenkomponenten für Frachtkostenrechnung aus **BGL (2002)**

Einflussgrößen Stückgutsendungen	Einflussfaktoren Teilpartien
- Fahrzeugfixkosten	- Fahrzeuvorhaltekosten je Einsatztag
- Variable Fahrzeugkosten je gefahrenen Kilometer	- Durchschnittliche Fahrzeugeinstzdauer/ Tag bei Einschichtbetrieb
- Ausfuhrleistung	- Variable Fahrzeugkosten je gefahrener Kilometer
- Stoppdichte	- fixe Fahrzeugkosten/Stunde inkl. Fahrerlöhne
- Verkehrssituation	- Fahrereinsatzkosten je Einsatzstunde
- Fahrzeit von Stopp zu Stopp	- Fixer Zeitbedarf/Zustellung in Stunden
- Be-/Entladeaufwand	- Fixkosten/Sendung
- fixer Zeitbedarf pro Be-/Entladestellen	- Kosten der kaufmännischen Bearbeitung
- Vorlaufkosten	- Zeitbedarf je Sendung für kaufmännische Bearbeitung in Stunden
- Umschlagkosten	- Gewicht je Palettenstellplatz
- Vorlaufentfernung	- Risikozuschlag / Marge
- Hauptlaufkosten	- Lkw-Autobahnmaut
- Hauptlaufanteile	- Autobahnanteil
- Hauptlauf-Fixkosten	- Verkehrssituation
- Hauptlaufauslastung	- Leerfahrtenanteil
- Gewicht je Palettenstellplatz	- Be- und Entladeaufwand
- LKW-Autobahnmaut	- Beiladeperspektiven / Synergiepotential

Tabelle D.2.: Kosteneinflussgrößen für Frachtkostenrechnung aus **BGL (2002)**

D. Kostenkomponenten und Kosten-Einflussgrößen

Literaturverzeichnis

- Arentze u. a. 1998** ARENTZE, T.A. ; HOFMANN, F. ; JOH, C.H. ; TIMMERMANS, H.J.P.: *Experiences with Developing ALBATROSS: A Learning-Based Transportation Oriented Simulation System* . Stadt Region Land - Heft 66, Tagungsband zum Ergebnisworkshop Verkehr und Mobilität. 1998
- BAG 2000** BAG: *Struktur der Unternehmen des gewerblichen Güterkraftverkehrs*. Studie des Bundesamts für Güterverkehr. 2000
- BAG 2002** BAG: *Marktbeobachtung Güterverkehr Jahresbericht 2002*. Studie des Bundesamts für Güterverkehr. 2002
- BAG 2003** BAG: *Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Kraftverkehr*. Statistische Mitteilungen : Reihe 8, Sonderheft 11. 2003
- Baumgartner 2003** BAUMGARTNER, Helmut: *Informationsanbindung von Logistikern in Wertschöpfungsnetzwerken*. 2003
- BGL 2002** BGL: *Jahresbericht des Bundesverband Güterverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. vorgelegt zur ordentlichen Mitgliederversammlung am 24./25. Oktober 2002 in Gelsenkirchen*. 2002
- Brüggemann u. a. 2000** BRÜGGEMANN, Ulrike ; KRÖPEL, Stefan ; LEHMANN, Harry: *AVENA - Ein Akteursorientiertes Modell der Verkehrsnachfrageentstehung*. Tagungsband AMUS 2000. 2000
- BVU u. a. 2001** BVU ; IFO ; ITP ; PLANCO: *VERKEHRSPROGNOSE 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. 2001
- Chlond u. a. 1998** CHLOND, Bastian ; LIPPS, Oliver ; ZUMKELLER, Dirk: *Das Mobilitäts-Panel (MOP) - Konzept und Realisierung einer bundesweiten Längsschnittbeobachtung*. Report 98-2, IfV - Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe (TH). 1998
- Europäische Kommission 2001** EUROPÄISCHE KOMMISSION: *Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Schaffung einer gemeinsamen*

- Klassifikation der Gebietseinheiten für die Statistik (NUTS)*. Amtsblatt Nr. C 180 E. Juni 2001. – URL <http://europa.eu.int/scadplus/leg/de/lvb/g24218.htm>
- Heinitz 1999** HEINITZ, Florian: *A Constraint Logic Programming Approach to Travel Demand Modelling*, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Fridericiana Karlsruhe (TH), Dissertation, 1999
- ILOG 1999** ILOG (Veranst.): *ILOG Solver 4.4 User's Manual*. 1999
- IVS, IVT, WVI, KBA 2001** IVS, IVT, WVI, KBA: *Kontinuierliche Befragung des Wirtschaftsverkehrs in unterschiedlichen Siedlungsräumen, Phase 1, Methodenstudie/Vorbereitung der Befragung*. Forschungsbericht FE-Nr.: 70.632/2000 des Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Schlussbericht. 2001
- Kaspar u. a. 2000** KASPAR, Claude ; LAESSER, Christian ; MEISTER, Jürg: *Verladerverhalten*. Bericht B1 in der Reihe „Verkehr und Umwelt, Wechselwirkungen Schweiz - Europa“ im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 41 (Forschungsprogramm der Schweiz für nachhaltige Verkehrspolitik). 2000
- Klaus 2003** KLAUS, Peter: *DIE TOP 100 DER LOGISTIK*. Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH; Hamburg, 2003
- Kraftfahrt-Bundesamt 2001** KRAFTFAHRT-BUNDESAMT: *Güterkraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Methodenband*. Statistische Mitteilungen : Reihe 8, Sonderheft 1. 2001
- Kraftfahrt-Bundesamt 2003** KRAFTFAHRT-BUNDESAMT: *Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Januar 2003, Jahresband*. Zum Download unter <http://www.kba.de/>. 2003
- LexisNexis** LEXISNEXIS: *Internetsuchportal*. – URL <http://www.LexisNexis.de/>
- Lohse 2000** LOHSE, Dieter: *Verkehrsnachfragemodellierung mit n-linearen Gleichungssystemen*. Tagungsband AMUS 2000. 2000
- Neumann und Morlock 1993** NEUMANN, Klaus ; MORLOCK, Martin: *Operations Research*. Carl Hanser Verlag, München Wien, 1993
- OVID** OVID: *Internetseite*. – URL <http://www.ovid.uni-karlsruhe.de/>
- Elmar Herzog und Partner Management Consultants 2002** PARTNER MANAGEMENT CONSULTANTS, Hamburg Elmar Herzog und: *Strategische Handlungsoptionen für den Mittelstand im deutschen Logistikmarkt*. Studie des Deutschen Verkehrsforums. 2002
- Rothengatter 2000** ROTHENGATTER, Werner: *Assessment, Volkswirtschaftliche Wirkungsanalysen*. Vorlesungsskript. 2000

-
- Rothengatter 2001** ROTHENGATTER, Werner: *Stärkung der Selbstorganisationsfähigkeit im Verkehr durch I+K-gestützte Dienste*. Antrag auf die Finanzierung des Sonderforschungsbereiches 1791. 2001
- Savelsbergh 1995** SAVELSBERGH, M.W.P.: *The General Pickup and Delivery Problem*. Transportation Science, Volume 29, Number 1. 1995
- Sonntag 1996** SONNTAG, Herbert: *Entwicklung eines Wirtschaftsverkehrsmodells für Städte*. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik. 1996
- Statistisches Bundesamt** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Internetseite*. – URL <http://www.destatis.de/>
- Statistisches Bundesamt 1997** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Beschäftigung, Umsatz, Wareneingang, Lagerbestand und Investitionen im Gastgewerbe*. Fachserie 6, Reihe 7.3. 1997
- Statistisches Bundesamt 1999** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Beschäftigung, Umsatz, Investitionen und Kostenstruktur der Unternehmen in der Energie- und Wasserversorgung*. Fachserie 4, Reihe 6.1. 1999
- Statistisches Bundesamt 2000** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Beschäftigung und Umsatz der Betriebe im Baugewerbe*. Fachserie 4, Reihe 5.1. 2000
- Statistisches Bundesamt 2001** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Betriebsgrößenstruktur - Agrarstrukturerhebung 2001*. Fachserie 3, Reihe 2.1.1. 2001
- Statistisches Bundesamt 2002a** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Beschäftigte, Umsatz, Wareneingang, Lagerbestand und Investitionen im Einzelhandel*. Fachserie 6, Reihe 3.2. 2002
- Statistisches Bundesamt 2002b** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Beschäftigte, Umsatz, Wareneingang, Lagerbestand und Investitionen im Großhandel*. Fachserie 6, Reihe 1.2. 2002
- Statistisches Bundesamt 2002c** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Betriebe, Beschäftigte und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen*. Fachserie 4, Reihe 1.2. 2002
- Statistisches Bundesamt 2002d** STATISTISCHES BUNDESAMT: *Produktion im produzierenden Gewerbe*. Fachserie 4, Reihe 3.1. 2002
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2003** STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, Loidl-Stuppi, Jutta: *Der Verkehrssektor in Baden-Württemberg im Bundesvergleich*. 2003
- Zapp 2002** ZAPP, Kerstin: *Transporte aus dem Netz*. Internationales Verkehrswesen, Nummer 11. 2002

Zumkeller 2000 ZUMKELLER, Dirk: *Materialsammlung zur Vorlesung Verkehrsplanung II. Vorlesungsskript IfV - Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe (TH). 2000*