

**Entwicklung einer Methodik zur kennliniengestützten Planung  
von Transportketten in der Schüttgutlogistik**

Dissertation zur  
Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Dr. rer. pol.)  
im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
der Universität Kassel

vorgelegt von  
Dipl.-Ök. Dag Tegtmeyer

Kassel/ Witzenhausen  
22. November 2011

1. Gutachter:

Prof. Dr. R. Vahrenkamp

2. Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. L. Schulze

Tag und Ort der Disputation:

22.11.2011 in Kassel/ Witzenhausen

Materialfluss- und Logistiksysteme

Band 12

**Dag Tegtmeier**

**Entwicklung einer Methodik  
zur kennliniengestützten Planung von  
Transportketten in der Schüttgutlogistik**

D 34 (Diss. Univ. Kassel)

Shaker Verlag  
Aachen 2012

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2011

Dissertation an der Universität Kassel  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Verfasser: Dag Tegtmeyer  
Datum/Ort der Disputation: 22.11.2011/Kassel

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1187-6  
ISSN 1438-4922

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Vorwort des Herausgebers**

Schüttgüter sind die in der Rohstoff- und Recyclingindustrie dominierenden Objekte. Sie müssen für die Wertschöpfungsprozesse mengen- und zeitgerecht bereitgestellt werden. Charakteristisch für diese Industrie ist, dass die Produktion zunehmend arbeitsteilig und spezialisiert strukturiert ist. Produktionsstandorte sind an verschiedenen deutschen, aber auch anderen europäischen Standorten lokalisiert. Der Planung und Steuerung von Transportketten für die Schüttgutlogistik fällt für die Effizienz der Versorgungsprozesse eine signifikante Bedeutung zu.

Von besonderer Relevanz für die Planung der Schüttgutlogistik sind die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Schüttgüter. Sie bestimmen die Art und Größe der Verkehrsmittel sowie das Fließverhalten der Schüttgüter beim Be- und Entladen. Auf der Grundlage wissenschaftlicher Analysen und dem Einsatz wissenschaftlicher Methoden wird eine kennliniengestützte Methode zur Planung von Transportketten für Schüttgüter entwickelt. Durch die Kennlinienanalyse sollen auch Rückschlüsse auf das systemische Verhalten der Transportketten ermöglicht werden.

Es wird auf die bekannten wissenschaftlichen Arbeiten zur Kennlinientheorie aufgesetzt. Dabei wird erstmals ein um Lager- und Transportkennlinien erweiterter Ansatz verfolgt, der in ein anspruchsvolles Rechen- und Optimierungsmodell umgesetzt wurde. Dabei werden die Ansätze zur linearen Optimierung herangezogen. Relevante Szenarien werden definiert, und die Lösungswege aufgezeigt. Die Ergebnisse wurden in der Praxis verifiziert.

Der Verfasser hat als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen (PSLT) der Leibniz Universität Hannover erfolgreich Forschungs- und Entwicklungsprojekte beantragt und bearbeitet. Auf der Grundlage eines geförderten Forschungsprojektes hat er die vorliegende Dissertation erstellt, die er letztlich außerhalb des Institutes vollendet hat. Er hat mit der vorliegenden Arbeit neue innovative Möglichkeiten zur Planung von Transportketten in der Schüttgutlogistik aufgezeigt. Die vorliegende Dissertation ist das Ergebnis seiner wissenschaftlichen und praxisbezogenen Arbeit.

Hannover, im Mai 2012

Lothar Schulze



## **Vorwort des Verfassers**

Die Bedeutung einer flexiblen und effizienten Logistik von Schüttgütern nimmt in der arbeitsteiligen Wirtschaft zu. Die damit einhergehenden Anforderungen an die Transportkettenplanung erfordern eine steigende Lösungskompetenz des Logistikers und damit einhergehend den Einsatz von Methoden der Transportkettenplanung.

Die Idee zur Entwicklung einer Planungsmethodik zur Beherrschung dieser Komplexität in der Transportkettenplanung ist im Rahmen des Forschungsvorhabens „Optimierte TransportTechnologie, Entwicklung & Realisierung“ während meiner Tätigkeit am Fachgebiet PSLT der Universität Hannover entstanden. Durch die fruchtbaren Diskussionen mit Prof. Lothar Schulze ist hieraus das Dissertationsthema „Entwicklung einer Methodik zur kennliniengestützten Planung von Transportketten in der Schüttgutlogistik“ entstanden.

An dieser Stelle möchte ich Hrn. Prof. Lothar Schulze für seine Unterstützung und sein Durchhaltevermögen trotz meiner Bearbeitungsintensität danken. Einen großen Dank möchte ich auch Prof. Richard Vahrenkamp aussprechen. Ohne ihn würde es diese Dissertation nicht geben. Auch möchte ich meinen damaligen Kollegen am Fachgebiet PSLT danken. Insbesondere Hr. Dr. Marcus Gerasch war mir immer eine Quelle der Motivation und inspirierenden Diskussion. Hrn. Sylvio Zapf danke ich für seine Unterstützungen auf den letzten „Metern“.

Zu überaus großem Dank bin ich meiner Familie verpflichtet. Ohne die Motivation meiner Eltern und insbesondere meiner Frau Saskia hätte das Thema sicherlich kein positives Ende genommen.

Wedemark, im Mai 2012

Dag Tegtmeyer





## Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt einerseits neuere Entwicklungen hinsichtlich des Einsatzes von Containern in der Schüttgutlogistik. Andererseits wird ein neuer Ansatz für die Planung von Transportketten unter Einbezug von Kennlinien entwickelt.

Ausgehend von den grundlegenden Aspekten der Schüttgutlogistik werden die Planung von Transportketten und der Einsatz von Kennlinien in der Logistikplanung erörtert. In diesem Zusammenhang erfolgt die Charakterisierung von Transportketten und Einflussgrößen der Transportkettenbildung. Insbesondere vor dem Hintergrund sich wandelnder Transportketten durch die Nutzung von Relationen im kombinierten Verkehr wird die Systematik klassischer und containerbasierter Transportketten dargestellt.

In der Planung müssen Transportkettenalternativen bewertet werden. Hierzu bedarf es geeigneter Planwerte und logistischer Kenngrößen. Zu den logistischen Kenngrößen zählen bspw. Kennzahlen und Kennlinien. Deren Systematisierung dient als Basis für die Entwicklung der kennliniengestützten Planungsmethodik für die Auswahl von Transportketten. Mit Hilfe eines konzeptionellen Ansatzes der Planungsmethodik wird die Allgemeingültigkeit aufgezeigt und mit der Erläuterung der Implementierung in die Geschäftsprozesse des Unternehmens überführt. Durch die exemplarische Anwendung der Planungsmethodik in einem praxisorientierten Planungsansatzes wird die Methodik verifiziert.

Im Planungsansatz werden mit Hilfe eines zweistufigen, logistischen Optimierungsmodells aus zuvor definierten Szenarien Kennlinien erstellt und die Ergebnisse interpretiert. Abschließend werden die Grenzen der Methodik erörtert und ein Fazit gezogen.

Schlagwörter:

Schüttgutlogistik, Schüttgutcontainer, Kennlinien, kennliniengestützte Planungsmethodik, zweistufiges Modell der Ver- und Entsorgungslogistik

## **Abstract**

This dissertation describes on the one hand newer developments concerning the insertion of containers in the bulk freight logistics. On the other hand, a new approach is developed for the planning by transport chains under inclusion of characteristic curves.

Outgoing from the basic aspects of the bulk freight logistics are discussed the planning by transport chains and the application of characteristic curves in the logistics planning. In this connection the characterization of transport chains and the parameter of transport chain planning. In the background of changing transport chains by the use of relations in the combined transport the systemization of typically and container-based transport chains are presented.

In the logistics planning transport chains alternatives must be valued. Moreover it requires suitable plan values and logistic characteristics. For example, identification numbers and identity lines belong to the logistic characteristics. Their systematization serves as a base for the created planning methodology based on characteristic curves for the choice of transport chains. With the help of an approach for the planning methodology the general validity is established. With the explanation of the implementing the approach would cross in the processes of the enterprise. The methodology is verified by the exemplary application of the planning methodology in a practically oriented planning approach.

In the planning approach characteristic curves are constructed with the help of a two-stage, logistic optimization model from before defined scenarios and the results are interpreted. Finally the borders of the methodology are discussed and a result is drawn.

Catchwords:

Bulk freight logistics, bulk freight container, identity lines, planning methodology based on characteristic curves, two-stage model of the supply and disposal logistics

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis .....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	XIII
Symbolverzeichnis.....	XV
Formelverzeichnis .....	XVII
Bildverzeichnis.....	XIX
Tabellenverzeichnis.....	XXIII
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung und Zieldefinition .....	1
1.2 Betrachtungsbereich .....	2
<b>2 Schüttgut – Anforderungen an die Logistik .....</b>	<b>5</b>
2.1 Begriffsbestimmung .....	5
2.2 Planung von Transportketten .....	11
2.2.1 Charakterisierung von Transportketten.....	11
2.2.2 Einflussgrößen der Transportkettenbildung .....	16
<b>3 Kenngrößen in der Logistikplanung .....</b>	<b>23</b>
3.1 Kennzahlen und Kennzahlensysteme .....	23
3.2 Kennlinien und Kennlinientheorie.....	31
3.2.1 Kennlinientheorie .....	33
3.2.1.1 Produktionskennlinie.....	34
3.2.1.2 Transportkennlinie .....	37
3.2.1.3 Lagerkennlinie .....	38
3.2.2 Kennliniendefinition.....	40

---

3.3	Kennlinienbildung in der Logistikplanung .....	41
4	Entwicklung einer kennlinienorientierten Planungsmethodik .....	47
4.1	Konzeptioneller Ansatz .....	47
4.2	Implementierung .....	51
4.2.1	Kennliniensystematik .....	51
4.2.1.1	Transportmittelkennlinien.....	53
4.2.1.2	Transportobjektkennlinien.....	61
4.2.1.3	Transportprozesskennlinien.....	62
4.2.1.4	Nachbarsysteme.....	65
4.2.2	Berechnungs- und Optimierungsmodell.....	67
4.2.3	Szenariengestaltung .....	68
5	Praxisorientierter Planungsansatz.....	71
5.1	Logistische Einordnung.....	71
5.2	Planungsumfeld .....	72
5.3	Zielstellung und Entscheidungsfelder.....	76
5.4	Anwendung der Kennliniensystematik .....	77
5.5	Optimierungsmodell .....	78
5.6	Modellbildung in MPL.....	82
5.6.1	Index-Bereich.....	83
5.6.2	Datenhaltung.....	86
5.6.3	Variablendeklaration .....	87
5.6.4	Macro und Model .....	89
5.6.5	Nebenbedingungen und Bounds.....	91
5.7	Szenarien- und Ergebnisdarstellung .....	96
5.7.1	Steigerung von Abfallrohstoffmengen.....	98
5.7.2	Lkw-Preissteigerung .....	113

---

5.7.3 Senkung der Nachfragemengen .....	124
5.7.4 Kapazitätserhöhung Lkw.....	133
6 Grenzen der Methodik .....	141
7 Fazit.....	143
Schrifttum .....	145
Anhang .....	151
Formelkurzzeichen im Anhang .....	166



**Abkürzungsverzeichnis**

ALSA	Aluminiumsalzschlacke Aufbereitung
BKT	Betriebskalendertag
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
ERP	Enterprise Resource Planning
FEM	Fédération Européenne de la Manutention
HL	Hauptlauf in KV-Relationen
ISO	International Organization for Standardization
KPM	kennliniengestützten Planungsmethodik
KV	Kombinierten Verkehr
NL	Nachlauf in KV-Relationen
MPL	Mathematical Programming Language
OTTER	Optimierte TransportTechnologie & Realisierung
PSLT	Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
tkm	Tonnenkilometer
TUL	Transport, Umschlag, Lagerung
VL	Vorlauf in KV-Relationen





## Symbolverzeichnis

Ala	Lastfahrtenanteil in %
$A_m$	Mittlere Auslastung in %
$BI_{min}$	Idealer Mindestbestand in Std.
$B_m$	Mittlerer Bestand in Std.
Bm	Bedarfmengen „Kunden“
cLe	Lagerkostensätze „Erzeuger“
cLs	Lagerkostensätze Standorte
cLTa	Lagerkostensätze Transportketten, Stufe 1
cLTb	Lagerkostensätze Transportketten, Stufe 2
cP	Produktionskostensätze der Standorte
cTa	Transportkostensätze, Stufe 1
cTb	Transportkostensätze, Stufe 2
$lael_{[w=E1..E9,m=1]}$	Lagerbestand zu Periodenbeginn
Le	Lagermengen Erzeuger
$Le_{[w=E1..E9,m]}$	Menge Erzeugerlager (Erzeuger E1 bis E9)
$L_m$	Mittlere Leistung in Std/BKT
$L_{max}$	Maximal mögliche Leistung in Std/BKT
Ls	Lagermengen Standorte
Lsa	Lagermengen Rohstofflager Standorte
Lsb	Lagermengen Distributionslager Standorte
LTa	Lagermengen Transportketten, Stufe 1
LTb	Lagermengen Transportketten, Stufe 2
m	Periode
$MaxFa\_D\_Ii_{[s,w=E1..E9,m,t=LKW..BIS]}$	Maximale Fahrten, 1. Stufe
Me	Binärvariable
$MinAusl\_D\_Ii_{[s,w=E1..E9,m,t=LKW..BIS]}$	Mindestauslastung, 1. Stufe

MinFa_D_li <sub>[s,w=E1..E9,m,t=LKW..BIS]</sub>	Mindestanzahl an Fahrten, 1. Stufe
MinKap_D_li <sub>[s,w=E1..E9,m,t=LKW..BIS]</sub>	Mindesttransportmenge, 1. Stufe
Mx_D <sub>[s,w=E1..E9,m,t=LKW..BIS]</sub>	Binärvariable Direktverkehr, 1. Stufe
Mx_VL <sub>[w=E1..E9,m,t=KV11..KV3]</sub>	Binärvariable Vorlauf, 1. Stufe
n	Anzahl Transportaufträge
NI_D_li <sub>[s,w=E1..E9,m,t=LKW..BIS]</sub>	Nutzlast Direktverkehr, 1. Stufe
oc	Abfallrohstoffmenge der Erzeuger der Gesamtperiode
p	Produkte
P	Produktionsmengen
Pe	Preis Recycling „Erzeuger“
Pv	Preis Produkte „Kunden“
s	Standorte
t	Transportkettenalternative
Ta	Transportmengen, Stufe 1
Tb	Transportmengen, Stufe 2
TBI <sub>min</sub>	Idealer Mindesttransportbestand in min.
Tmdr_li <sub>[w=E1..E9,m]</sub>	Transportmenge Direktverkehr, 1. Stufe
VLKV_li <sub>[w=E1..E9,m]</sub>	Transportmenge Vorlauf, 1. Stufe
w	Kunden
ZL <sub>i</sub>	Leerfahrtzeit eines Transportauftrages i in min.
ZT <sub>i</sub>	Transportzeit des Transportauftrags i in min.
ZT <sub>s</sub>	Standardabweichung der Transportzeit in min.
α <sub>1</sub>	Streckfaktor

**Formelverzeichnis**

Formel 1: Mittlerer Auftragsbestand abhängig von der Auslastung .....	36
Formel 2: Mittlerer Auftragsbestand abhängig von der Leistung .....	36
Formel 3: Mindesttransportbestand .....	37
Formel 4: Transportkosten je Tonnenkilometer .....	54
Formel 5: Transportkosten je Sendung .....	54
Formel 6: Transportmittelnutzungsgrad I .....	54
Formel 7: Transportmittelnutzungsgrad II .....	55
Formel 8: Max. volumen- und masseabhängige Zuladung .....	55
Formel 9: Zielfunktion des Optimierungsmodells .....	80
Formel 10: Zielfunktion .....	89
Formel 11: Lagerbilanz .....	91
Formel 12: Transportgleichung I, 1. Stufe .....	92
Formel 13: Transportgleichung II, 1. Stufe .....	92
Formel 14: Mindestkapazität .....	93
Formel 15: Maximale Fahrtenanzahl .....	94
Formel 16: Mindestfahrten .....	94
Formel 17: Mindestkapazitäten .....	94



## Bildverzeichnis

Bild 1: Darstellung Umfang relevanter Begriffe.....	8
Bild 2: Einflussgrößenebenen der Transportkettenbildung.....	17
Bild 3: Übersicht der Kennzahlenarten.....	24
Bild 4: Kennzahlensysteme.....	29
Bild 5: Kennlinien in Logistikfachrichtungen.....	32
Bild 6: Kennliniensystematik der Detaileinflüsse.....	43
Bild 7: Konzept zur kennliniengestützten Transportkettenplanung.....	48
Bild 8: Systematisierungsschema der Kennlinien.....	52
Bild 9: Füllhöhen in Abhängigkeit von der Schüttgutart.....	53
Bild 10: Maximale volumen- und masseabhängige Zuladung.....	56
Bild 11: Idealtypische Transportkostenkurven von LKW, Bahn und Schiff.....	60
Bild 12: Produktivität und Durchlaufzeit eingliedriger Transportketten.....	64
Bild 13: Anlieferfrequenz Best-/ Worst-Case-Betrachtung.....	65
Bild 14: Grundfläche in Abhängigkeit vom Volumen.....	66
Bild 15: Transportbeziehungen.....	73
Bild 16: Verteilung und Standortzuordnung der Erzeuger und Kunden.....	75
Bild 17: Anwendungsrelevante Segmente der Kennliniensystematik.....	77
Bild 18: Prozessdarstellung des zweistufigen Modells.....	79
Bild 19: Schüttgutcontainer auf Basis ISO-Standard.....	85

---

Bild 20: Steigerung der Abfallrohstoffmengen .....	98
Bild 21: Lagermenge Abfallrohstoff der Erzeuger .....	100
Bild 22: Auslastung Transportketten, Teilperiode 1, Erzeuger 9, Standort „Mun“ ....	100
Bild 23: Kumulierte Transportmengen, 1. Stufe .....	101
Bild 24: Steigung der Transportmengen, 1. Stufe.....	102
Bild 25: Transportmengen Direktverkehr zum Standort „Han“, 1. Stufe.....	103
Bild 26: Transportmengen Direktverkehr zum Standort „Dor“, 1. Stufe .....	103
Bild 27: Transportmengen Direktverkehr zum Standort „Mun“, 1. Stufe .....	104
Bild 28: Transportmengen Kombiniertes Verkehr zum Standort „Mun“ .....	104
Bild 29: Kumulierte Umschlaglagermenge der KV-Alternativen.....	105
Bild 30: Kumulierte Rohstofflagermenge der Aufbereiterstandorte, 1. Stufe .....	106
Bild 31: Aufbereitungsmenge der Standorte .....	107
Bild 32: Kumulierte Produktionsmenge der Standorte .....	108
Bild 33: Gesamttransportmengen erste und zweite Modellstufe.....	108
Bild 34: Kumulierte Transportmengen, 2. Stufe .....	109
Bild 35: Transportmengen Direktverkehr Standort „Han“, 2. Stufe .....	109
Bild 36: Transportmengen Direktverkehr Standort „Dor“, 2. Stufe .....	110
Bild 37: Transportmengen Direktverkehr Standort „Mun“, 2. Stufe .....	111
Bild 38: Transportmengen Kombiniertes Verkehr, 2 Stufe .....	111
Bild 39: Lagermengen Umschlagpunkte A und B, 2. Stufe.....	112
Bild 40: Verkaufsmengen, 2. Stufe .....	113

---

Bild 41: Kumulierte Lagermenge Erzeugerstandorte, 1. Stufe.....	114
Bild 42: Kumulierte Mengen ein- und mehrgliedriger Transportketten, 1. Stufe.....	115
Bild 43: Modal-Split der Transportmittel am Standort „Dor“, 1. Stufe.....	115
Bild 44: Modal-Split der Transportmittel am Standort „Han“, 1. Stufe.....	116
Bild 45: Modal-Split der Transportmittel am Standort „Mun“, 1. Stufe.....	116
Bild 46: Transportmengenverteilung KV-Relationen, 1. Stufe.....	117
Bild 47: Kumulierte Lagermengen Umschlagpunkte, 1. Stufe.....	118
Bild 48: Kumulierte Mengen ein- und mehrgliedriger Transportketten, 2 Stufe.....	119
Bild 49: Modal-Split der Transportmittel am Standort „Dor“, 2. Stufe.....	119
Bild 50: Modal-Split der Transportmittel am Standort „Han“, 2. Stufe.....	120
Bild 51: Modal-Split der Transportmittel am Standort „Mun“, 2. Stufe.....	121
Bild 52: Kumulierte Mengen der mehrgliedrigen Transportkette, 2. Stufe.....	121
Bild 53: Kumulierte Lagermengen der Umschlagpunkte, 2. Stufe.....	122
Bild 54: Kumulierte Verkaufsmengen.....	122
Bild 55: Veränderung der kumulierten Distributionslagermengen.....	123
Bild 56: Kumulierte Lagermengen der Erzeugerstandorte, 1. Stufe.....	124
Bild 57: Kumulierte Mengen Transportketten, 1. Stufe.....	125
Bild 58: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Dor“.....	125
Bild 59: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Han“.....	126
Bild 60: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Mun“.....	126
Bild 61: Kumulierte Transportmengen der mehrgliedrigen Transportkette.....	127

---

Bild 62: Kumulierte Lagermengen der Umschlagpunkte, 1. Stufe .....	128
Bild 63: Kumulierte Aufbereitungsmengen der Standorte .....	128
Bild 64: Kumulierte Mengen ein- und mehrgliedriger Transportketten, 2. Stufe.....	129
Bild 65: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Dor“ .....	130
Bild 66: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Han“ .....	130
Bild 67: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Mun“ .....	131
Bild 68: Kumulierte Mengen der mehrgliedrigen Transportketten, 2. Stufe .....	131
Bild 69: Kumulierte Lagermengen der Umschlagpunkte, 2. Stufe .....	132
Bild 70: Gesamtdistributionsmenge .....	133
Bild 71: Kumulierte Lagermengen der Erzeugerstandorte, 1. Stufe.....	134
Bild 72: Kumulierte Mengen Transportketten, 1. Stufe .....	135
Bild 73: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Dor“ .....	135
Bild 74: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Han“ .....	136
Bild 75: Modal-Split der Transportmengen am Standort „Mun“ .....	136
Bild 76: Kumulierte Transportmengen der mehrgliedrigen Transportkette .....	137
Bild 77: Kumulierte Lagermengen der Umschlagpunkte, 1. Stufe .....	138
Bild 78: Kumulierte Mengen ein- und mehrgliedriger Transportketten, 2. Stufe.....	138
Bild 79: Kumulierte Mengen nach Transportmittel, 2. Stufe.....	139
Bild 80: Kumulierte Lagermengen der Umschlagpunkte, 2. Stufe .....	139



**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Grundkennwerte Transportmittel des Verkehrsträgers „Straße“ .....	58
Tabelle 2: Grundkennwerte Transportmittel des Verkehrsträgers „Schiene“ .....	58
Tabelle 3: Grundkennwerte Transportmittel des Verkehrsträgers „Wasser“ .....	58
Tabelle 4: Ermittlung von Kostensätzen für die Kennlinienbestimmung .....	59
Tabelle 5: Entfernungsmatrix Kunden/ Erzeuger und Standorte.....	74