Schriftenreihe der Hochschulgruppe
für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V. (HAB)

Michael Schenk (Hrsg.)

Digital Engineering – Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation

GITO

Michael Schenk (Hrsg.)
Digital Engineering

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Michael Schenk
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Logistik und Materialflusstechnik
Lehrstuhl für Logistische Systeme
Universitätsplatz 2
D-39106 Magdeburg

ISBN 978-3-940019-80-6 GITO-Verlag 2009 Berlin

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

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

GITO mbH - Verlag für Industrielle Informationstechnik und Organisation
Detmolder Straße 62, 10715 Berlin
Tel.: (030) 41 93 83 64, Fax: (030) 41 93 83 67
E-Mail service@gito.de
www.gito.de

Vorwort

Digital Engineering ist heute im allgemeinen Verständnis der Überbegriff für die Digitale Fabrik, die Virtuelle Fabrik und das dazugehörige, integrierende Datenmanagement. Typische Werkzeuge des Digital Engineering sind z.B. alle CAe Techniken, Simulationswerkzeuge, sowie alle VR (Virtual Reality) und AR (Augmented Reality) Techniken. Digital Engineering zielt im Kern darauf ab, alle Engineering Prozesse im Lebenslauf einer Fabrik grundlegend und nachhaltig in Bezug auf Zeit, Qualität und Kosten durch den Einsatz von relevanten Modellen, Methoden und Werkzeugen zu verbessern. Das schafft vielfältige Aufgaben zur Entwicklung von Referenzmodellen, Referenzmethoden und praktischen Musterlösungen.

Digital Engineering wächst gleichzeitig mit den Anforderungen der Produkt- und Dienstleistungswelt. Kundenindividuelle Produktvarianten, erhöhte Produktqualität, paralleler Informationsgehalt, der Zwang zu kürzeren Entwicklungszyklen und vor allem der Kostendruck zwingen zu einem Umdenken in der Beherrschung von Anlauf-, Produktions-, Kontroll- und Umgestaltungsprozessen. Die Modellierung von sich stets verändernden Produktionssystemen und ihren Prozessen sowie deren Simulation (auch in Echtzeit) stellt eine Herausforderung des digitalen Engineering im Rahmen der Betriebs- und Arbeitsorganisation dar.

Dieser Tagungsband der Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation enthält eine Auswahl aktueller Forschungsergebnisse und praktischer Musterlösungen zum Digital Engineering. Ergebnisse und führende Technologien können im VDTC (Virtual Development and Training Centre des Fraunhofer IFF) www.vdtc.de, der anerkannten Forschungseinrichtung auf diesem Gebiet und gleichzeitig Tagungsort mit eigenen Augen besichtigt und erlebt werden. Hier werden die exzellenten Möglichkeiten zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme veranschaulicht. Es steht für die nächsten Jahre die Aufgabe, Digital Engineering zu einem wirklichen Handwerkszeug für den Arbeits- und Betriebsorganisator zu entwickeln.

Magdeburg, im Oktober 2009

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Michael Schenk

Inhaltsverzeichnis

Session 1: Modellierungskonzepte des Digital Engineerings

Unternehmensübergreifende Logistikmodelle zur Erhöhung der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz
Sihn, W.; Meizer, F.; Leitner, R. 3

Baukasten für wandlungsfähige Fabriksysteme
Müller, E.; Ackermann, J. 37

Situationsadäquates Projektmanagement als Schlüssel zum Projekterfolg
Kersten W.; Winter, M. 61

Technologieinduzierte Wirkungszusammenhänge in der Mikroproduktion
Scholz-Reiter, B.; Lütjen, M.; Brenner N. 81

Perspektiven in der Menschmodellierung als Werkzeug der digitalen Fabrikplanung
Zülch, G. 105

Bewertung und Auswahl digitaler Werkzeuge in der Fabrikplanung
Nyhuis, P.; Hirsch, B.; Klemke, T.; Wulf, S. 127

Virtuelle Ergonomie mittels digitaler Menschmodelle und anderer Softwarewerkzeuge
Spanner-Ulmer, B.; Mühlstedt, J. 151

Session 2: Das Digital Engineering als Planungstool

Integrierte Versorgungsplanung im Rahmen der Digitalen Logistik
Kuhn, A.; Toth, M.; Wagenitz A. 175

Axiomatic Customer Value Engineering – ein Werkzeug zur Systematischen Steigerung der Erfolgsquote in der Neuproduktenentwicklung
Matt, D. 195

Eine wissensbasierte Rescheduling-Heuristik für Job-Shops
Dangelmaier, W.; Aufenanger, M.; Lipka, N. 219

Verbesserte Planung durch Ablaufsimulation von Szenarien
Nedeß, C.; Friedewald, A.; Wagner, L. 239

Session 3: Das Digital Engineering in der Anwendung

Augmented Reality zur Planung und Absicherung von Mensch-Roboter-Kooperationsprozessen in der Produktion
Schlick, C.; Neuhöfer, J.; Kausch, B. 263

Ontologiebasiertes Digital Engineering für die Nutzung emergenter Technologien in der Produktentwicklung am Beispiel Nanotechnologie
Spath, D.; Lang-Koetz, C.; Heubach, D.; Laib, S.; Lentes, J. 287

Die Integration der Produktions- und Logistiksimulation in die Digitale Fabrik – Herausforderungen und Entwicklungstrends
Wenzel, S.; Bockel, B.; Deist F. 317

Augmented Reality basierte Werkerassistenz
Schenk, M.; Grubert, J.; Sauer, S.; Berndt, D.; Mecke, R. 341

Ein Referenzmodell für das Solution Data Management: Die integrierte Betrachtung von Produkt und Dienstleistung als Grundlage einer hybriden Arbeits- und Betriebsorganisation
Krcmar, H.; Schermann, M.; Langer, P.; Böhmann, T. **363**

Autorenverzeichnis **387**

Modellierungskonzepte des Digital Engineerings

Unternehmensübergreifende Logistikmodelle zur Erhöhung der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz
Sihn, W.; Meizer, F.; Leitner, R.

Baukasten für wandlungsfähige Fabriksysteme
Müller, E.; Ackermann, J.

Situationsadäquates Projektmanagement als Schlüssel zum Projekterfolg
Kersten, W.; Winter, M.

Technologieinduzierte Wirkungszusammenhänge in der Mikroproduktion
Scholz-Reiter, B.; Lütjen, M.; Brenner N.

Perspektiven in der Menschmodellierung als Werkzeug der digitalen Fabrikplanung
Zülch, G.

Bewertung und Auswahl digitaler Werkzeuge in der Fabrikplanung
Nyhuis, P.; Hirsch, B.; Klemke, T.; Wulf, S.

Virtuelle Ergonomie mittels digitaler Menschmodelle und anderer Softwarewerkzeuge
Spanner-Ulmer, B.; Mühlstedt, J.

Unternehmensübergreifende Logistikmodelle zur Erhöhung der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz

Wilfried Sihn
Felix Meizer
René Leitner

Univ.-Prof. Dipl. Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing. Wilfried Sihn
Dipl.-Ing. Felix Meizer
Dipl.-Ing. René Leitner
Technische Universität Wien
Institut für Managementwissenschaften - Betriebstechnik und Systemplanung
Theresianumgasse 27
A-1040 Wien
{sihn/meizer}@imw.tuwien.ac.at
rene.leitner@fraunhofer.at

1 Einleitung

1.1 Rahmenbedingungen

Infolge der fortschreitenden Globalisierung und des steigenden Kostendrucks in der Automobilindustrie werden sowohl Hersteller als auch Zulieferer gezwungen, sich verstärkt in Niedriglohnländern anzusiedeln. Die niedrigen Faktorkosten gepaart mit den Hoffnungen einer Absatzsteigerung infolge des Wachstums der lokalen Märkte haben viele Automobilhersteller veranlasst, Produktionsstätten in der Region Automotive Region Eastern Europe (AREE) aufzubauen. Zudem sorgt der steigende Kostendruck bei den Automobilherstellern für eine Fokussierung auf die Kernkompetenzen und eine Reduktion der Eigenleistungstiefe. So soll der Eigenfertigungsanteil der OEM bis 2015 auf durchschnittlich 20 bis 25 Prozent sinken (vgl. VDA 2004).Wesentlich profitieren von dieser Entwicklung konnte die Region AREE, wo in den letzten Jahren eine rasante Gründung neuer Produktionsstandorte festgestellt werden konnte (vgl. Sihn et al. 2006). Bei diesen neuen Werken, die zum einen aus Verlagerungen bestehender westeuropäischer Werke und zum anderen aus Gründen der Kapazitätssteigerung entsprangen, werden oftmals die Liefer- und Kundenstrukturen der Stammwerke übernommen bzw. aufgebaut. Dies zeigt sich in der folgenden Abbildung, die darstellt, dass 65% des anzuliefernden Volumens von Lieferanten aus den früheren EU15-Staaten stammen. Auch distributionsseitig konnte herausgefunden werden, dass 70% des Volumens in das alte Westeuropa transportiert wird (vgl. Sihn et al. 2009).

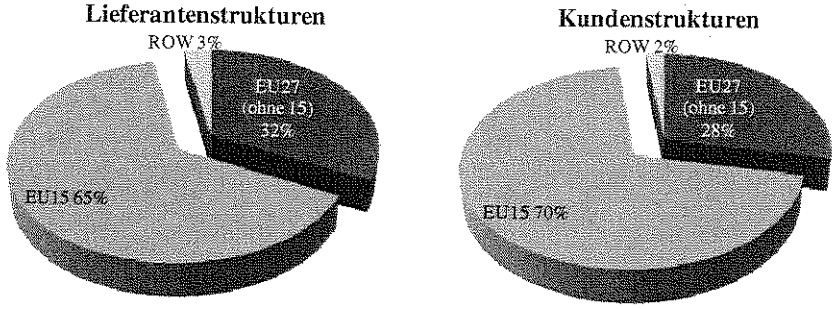

Abbildung 1: Darstellung der Lieferanten- und Kundenstrukturen von in der CEE-Region angesiedelten Zulieferbetrieben in Anlehnung an (Sihn et al. 2009)

Dadurch haben sich zwangsläufig Transportintensität und Umweltbelastung erhöht. Es wurde nachgewiesen, dass die Logistikkosten osteuropäischer Standorte oftmals deutlich höher als in deren Schwester-Werken in Westeuropa liegen (vgl. Sihn 2006). Anhand eines fiktiven Beispiels sind in der folgen-

den Abbildung die Auswirkungen von Koordinations- und Betreuungskosten für einen Produktionsstandort in CEE dargestellt. Im Gesamtkostenvergleich eines Standortes in CEE mit einem hinsichtlich der Strukturen und der Produktionsabläufe optimierten Standort in Westeuropa zeigt sich, dass die erwarteten Kostenvorteile deutlich geringer ausfallen. Insbesondere bei Berücksichtigung der notwendigen Betreuung gerät die Kostenstruktur der CEE-Standorte unter Druck.

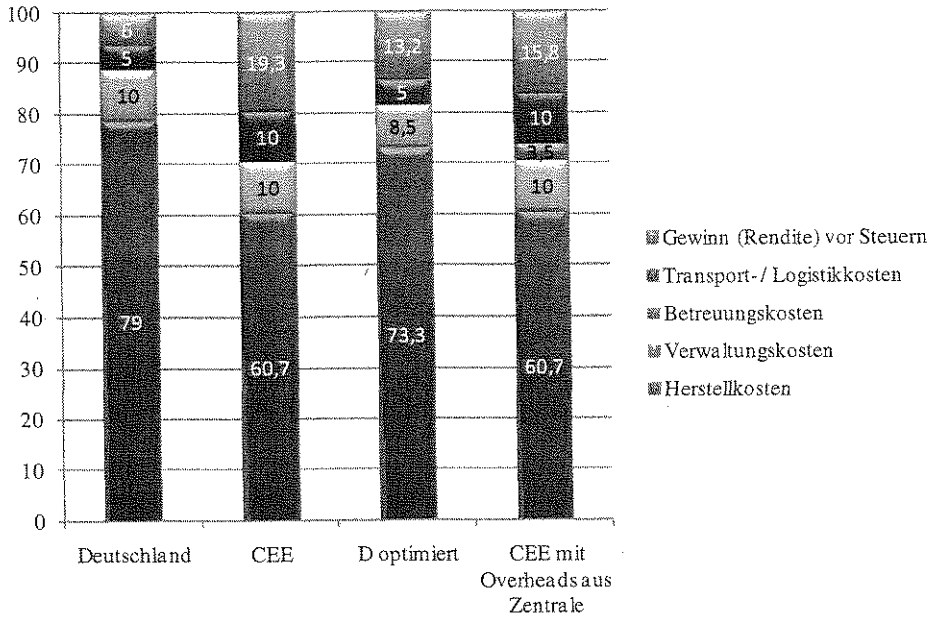

Abbildung 2: Vollkostenvergleich zu erwarteter Kostenstrukturen (fiktives Rechenbeispiel mit realistischen Modelldaten) in Anlehnung an (Kinkel/Zanker 2007)

Unter Berücksichtigung des hohen Transportvolumens zwischen Ost- und Westeuropa und einer vergleichbaren Rendite infolge der zu berücksichtigenden Betreuungskosten ausländischer Werke erscheint es umso wichtiger, Lösungen zu entwickeln, um möglichst effiziente Logistikabläufe zwischen Ost- und Westeuropa sicherzustellen. Des Weiteren haben speziell Transitländer wie Österreich durch das gestiegene Verkehrsaufkommen zwischen den neuen und den alten EU-Ländern mit stetig steigenden Emissionswerten und Straßenabnutzung zu kämpfen.

Einer der Schwerpunkte auf volkswirtschaftlicher Ebene der Logistik ist in diesem Kontext die Planung und Steuerung der Transportkapazitäten zur Bewältigung der Transportflüsse und die damit verbundene Planung und Steuerung von Logistiknetzwerken für Güter, Dienstleistungen und Informationen

(Engelhardt-Nowitzki/Oberhofer 2006). Die bisherigen Logistikprozesse erscheinen aus gesamtheitlicher Sicht noch nicht optimal. Defizite können beispielsweise teilausgelastete Direktrelationen, Verwendung kleiner Transportträger, Stückguttransporte mit langen Laufzeiten oder Mehrfachumschlägen sowie schlechte Transporttarife aufgrund geringer Mengen sein.
Ausgehend von dieser Situation wurde im Zuge des Forschungsprojekts Trans Austria ein neues Simulations- und Bewertungsmodell, das die Entwicklung und Bewertung neuer Logistikkonzepte unterstützt, entwickelt. Dieses wird für die Validierung und Bewertung unternehmensübergreifender Logistikmodelle eingesetzt. Aufgrund der ganzheitlichen, unternehmensübergreifenden Betrachtungsweise können Optimierungspotenziale in den Bereichen Emissionen, Kosten und logistische Wettbewerbsfähigkeit aufgezeigt und mit diesen Analyseergebnissen neue nachhaltige und energieeffiziente Logistikmodelle entwickelt werden.

1.2 Pilot-Region Timis

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde für empirische Untersuchungen und die erstmalige Erprobung neuer Modelle die Region Timis im Westen Rumäniens als geeignete Pilot-Region ausgewählt. Die Automobilzulieferindustrie ist in der Region mit etwa 25 produzierenden Unternehmen sehr stark vertreten, wobei ca. 15 dieser Unternehmen direkt in der Hauptstadt Timişoara in einem Umkreis von weniger als 20km angesiedelt sind.

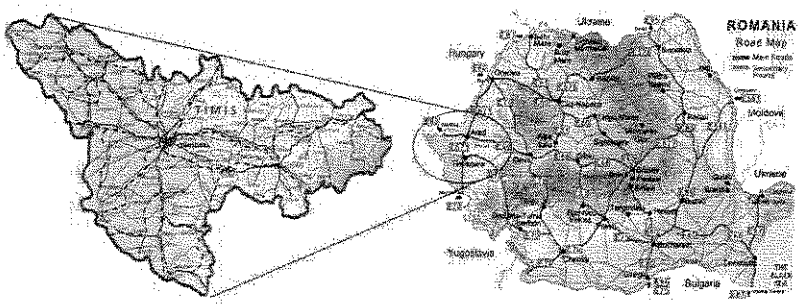

Abbildung 3: Region Timis, Rumänien

Im Zuge erster Diskussionen mit vertretenen Unternehmen konnten folgende Hypothesen gebildet werden:

- Viele Unternehmen weisen ähnliche Quell- und Absatzregionen auf, wodurch wesentliche Potentiale für eine Transportoptimierung gegeben sind.
- Transporte werden beinahe zur Gänze im Direktverkehr abgewickelt.
- Infolge begrenzter Transportlasten je Unternehmen werden ausschließlich LKW, d.h. kleine Verkehrsträger eingesetzt bzw. die Transporte nur teilausgelastet oder selten geführt.

- Optimierungen der Transporte finden individuell auf Unternehmensebene statt. Kooperationen finden kaum statt.
- Daraus ergibt sich ein hoher Lagerbestand und somit großes gebundenes Kapital.
- Die Flexibilität der Unternehmen ist nur gering, da jede kleine Änderung in den üblichen Bestellzyklen zu zusätzlichen Fahrten führen.

2 Unternehmensübergreifende Logistikmodelle

2.1 Logistik-Netzwerke

Für unternehmensübergreifende Logistikmodelle gibt es verschiedene Ansätze, welche dem allgemeinen Logistik-Netzwerkmodell entsprechen. Diese Modelle stellen Netzwerke dar, in denen Rechte, Güter, Finanzströme und Informationen fließen und somit Raum-, Mengen-, Informations- und Zeitdifferenzen als auch Unternehmensgrenzen überschreiten (Vahrenkamp 2007). Maßgebend sind die Parameter, welche die Struktur eines Logistiknetzwerkes definieren (Rösler 2003):

- Anzahl, Standorte und Funktion der Quellen (= Beladeorte, Güterbereitstellung)
- Anzahl, Standorte und Funktion der Senken (= Entladungsorte, Empfangspunkte, Güterverwendung)
- Anzahl, Standorte, Funktionen der Verbindungen bzw. Knoten zwischen den Quellen und Senken

Die Knoten in den Netzwerken werden als Umschlagpunkte (Transshipment Terminals) bezeichnet. Dies impliziert, dass nur der Umschlag jedoch im Allgemeinen keine Lagerung (kein Bestand) an diesen Orten vorgesehen ist. Umschlagpunkte haben die Funktion von Konsolidierungspunkten (Consolidation Terminals), an denen Güterströme gesammelt werden und/oder von Auflösungspunkten (Break-Bulk Terminals), an denen die Ströme wiederum verteilt werden (Rösler 2003).

Die **Grundstruktur** von Transportbeziehungen kann einerseits als **Direktverbindung** („point-to-point" Verkehr) als einfachste Form (eingliedrige, ungebrochene Transportkette) und als **mehrstufiges System** mit Vorlauf, Hauptlauf und Nachlauf mit Umschlagpunkten für Konsolidierung und Auflösung dargestellt werden.

Weiter unterteilt wird die mehrgliedrige Transportkette in den

- gebrochenen Verkehr, bei dem die Ladeeinheiten aufgelöst und gegebenenfalls wieder neu kombiniert werden und Zwischenlagerung üblich ist, und den

- kombinierten Verkehr, der ohne den Wechsel des Transportbehälters durchgeführt wird. Weiterhin zählen der
- Huckepackverkehr, bei dem das ganze Verkehrsmittel bzw. ein Teil davon verladen wird (Roll on-Roll off/ Swim on –Swim off, bimodaler Sattelanhänger etc.), und der
- Behälterverkehr, der, wie schon der Name indiziert, den Transportbehälter verlädt, zu den verketteten Systemen.

In der logistischen Netzwerkstrategie wird über die Zusammensetzung der logistischen Systeme aus den angegebenen Grundstrukturen entschieden. Mit der Überlagerung von den Logistikkapazitäten werden dann die Prozesse gestaltet. Die **Logistikkapazität** lässt sich in folgende Punkte untergliedern:

- Transport-/Umschlagkapazität
- Lagerkapazität
- Informationskapazität

Neben den Grundstrukturen der Systeme ist auch die Fließgeschwindigkeit der Ströme zwischen den einzelnen Punkten des Systems zu berücksichtigen (Pfohl 2004). Der Netzwerkstrategie liegen auch wirtschaftgeographische Überlegungen zu Grunde wie zum Beispiel die langfristige Entwicklung der Kundennachfrage oder der geforderten Lieferzeit.

Wichtige Punkte bei der Umsetzung und Bewertung von Logistikmodellen sind:

- Logistikkosten
- Liefer- und Versorgungsservice
- Anpassungsfähigkeit
- Störanfälligkeit
- Transparenz
- Zeit für die Planung und Errichtung des Systems (Pfohl 2004)

2.2 *Konsolidierung von Warenströmen*

Basierend auf den in der Ausgangslage beschriebenen Gegebenheiten geht hervor, dass die individuelle Optimierung der Transporte einzelner Unternehmer nicht den Idealzustand darstellt. Um diese Schwachstellen im Transportbereich zu umgehen, könnten sich Unternehmen zusammenschließen und ihre Transportmengen konsolidieren. Unter Konsolidierung wird dabei „die Zusammenfassung von Verkehrsströmen mit unterschiedlichen Zielorten zu einem einheitlichen Verkehrsstrom auf einem bestimmten Weg innerhalb einer bestimmten Zeitspanne“ verstanden (vgl. Voigt 1973). Damit impliziert eine Konsolidierung gegebenenfalls eine Abweichung von den bisherigen Transportprozessen bzw. –strecken, um die angestrebten Ziele der Nutzung von Synergieeffekten und des effizienten Ressourceneinsatzes zu verwirklichen (vgl. Ihde 1984).

Die Szenarien der Transportbündelung setzen an den einzelnen Parametern der Logistiknetzstruktur an. So werden sowohl **Quellenbündelung** oftmals nach dem Prinzip des „Milk-Run" (Die für eine Empfangsstelle bestimmten Sendungen von mehreren Versendern, von benachbarten Lieferstellen oder aus einen Sammelgebiet werden zusammen abgeholt und gemeinsam bearbeitet), **Senkenbündelung** (Sendungen einer Versandstelle, die für mehrere Empfangsstellen oder für ein Zustellgebiet bestimmt sind, werden gemeinsam bearbeitet und zusammen befördert) sowie **Transportbündelung**, bei denen die Ladungen auf einer Tour abgeholt und auch zugestellt werden, eingesetzt.

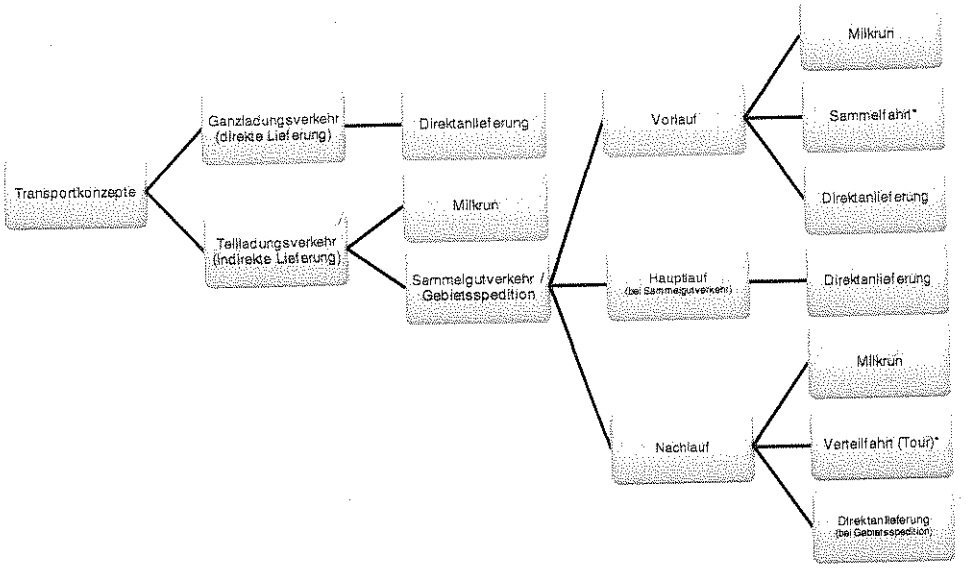

Abbildung 4: Übersicht berücksichtigter Transportkonzepte

Grundsätzlich ist zwischen der räumlichen und der zeitlichen Konsolidierung zu unterscheiden. Während es sich bei der zeitlichen Konsolidierung um ein hinauszögern von Transporten handelt (Bestandsbündelung), um Synergien durch das Abwarten auf weitere Aufträge erschließen zu können, stellt die räumlichen Konsolidierung eine Bündelung von Sendungen einer oder mehrerer Quellen zu einer oder mehreren Senken dar.
Die Anzahl unterschiedlicher Güterströme zwischen Quellen und Senken kann durch die Einrichtung eines Umschlagspunktes von m x n auf m + n reduziert werden, wie in Abb. 5a und 5b dargestellt wird. Sobald die Entfernung zwischen Quellen und Senken ein bestimmtes Maß übersteigt, ist es sinnvoll, einen zweiten Umschlagspunkt einzurichten (siehe Abb. 5c). Die Überbrückung dieser großen Distanz zwischen den beiden Umschlagpunkten mittels eines einzigen Güterstromes kann große Synergiepotentiale bieten. Zum einen

können auf dieser Strecke niedrigere Transportkosten realisiert werden, da Verkehrsträger effizienter eingesetzt werden bzw. effizientere Verkehrsträger genutzt werden. Zum anderen kann die Logistikleistung durch höhere Frequenzen wesentlich verbessert werden kann.

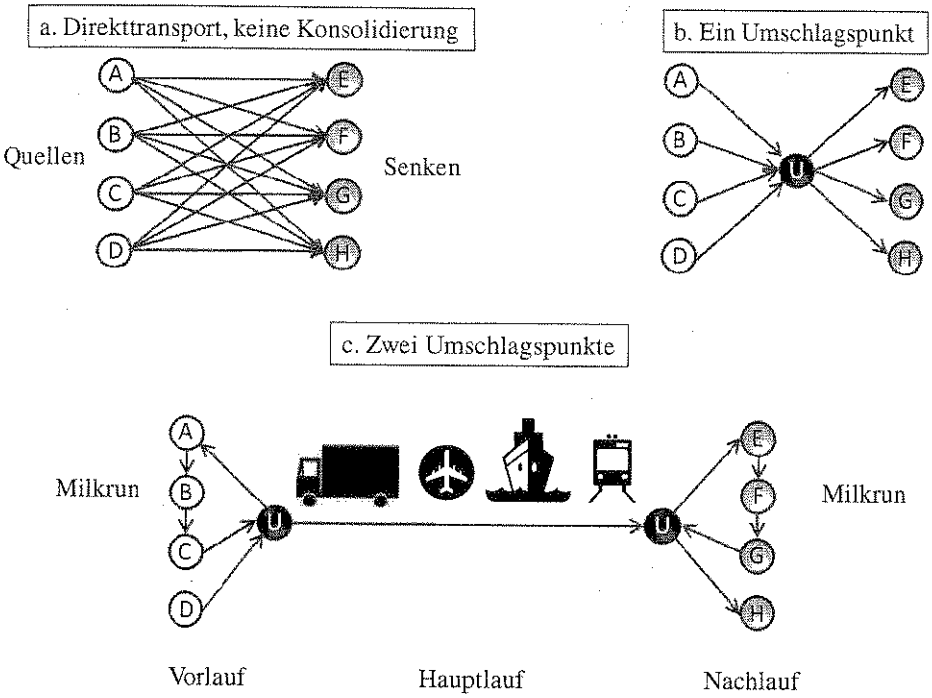

Abbildung 5: Beispiele räumlicher Konsolidierung von Güterströmen durch Umschlagspunkte in Anlehnung an (Brauer/Krieger 1982).

Insgesamt ist aber bei allen Bündelungsarten darauf zu achten, dass die Einsparungen durch die Konsolidierungs- und Synergieeffekte ausreichen, um die Betriebskosten der Umschlagpunkte und die gegebenenfalls höheren Transportkosten, durch längere Wege und Zeiten im Vergleich zu einer Direktverbindung, zu decken.

2.3 Potentielle Konsolidierungszenarien im Forschungsprojekt

Unter Berücksichtigung der geographischen Entfernung zwischen den Quellen der Region Timis in Rumänien und den sich vor allem in Deutschland befindlichen Senken ist die Nutzung von mehreren Umschlagpunkten anzudenken, wie dies in Abb. 5c dargestellt wurde.
In einem ersten Szenarion sollen die Transportlasten konsolidiert und in einem gemeinsamen Hauptlauf, der im LKW-Verkehrs abgewickelt wird, an ihre Bestimmungsorte befördert werden, um dort in einen Verteilverkehr überzu-

gehen. Durch die flexiblere Einteilung könnten die Waren zu dem frühmöglichsten Termin aus dem Werk ausgelagert und umgehend ausgeliefert werden. Die Flexibilität wird deutlich verbessert, da auch die Frequenz der Transporte um ein Vielfaches erhöht wurde. Die Soll-Kosten in diesem Szenario wären gleich bzw. im besten Fall niedriger als die Ist-Kosten. Die Durchlaufzeit würde in etwa gleich bleiben.
Ein weiteres vorstellbares Ergebnis der Optimierung zielt auf die intermodale Auslegung der Transportkette ab, um die Kostenvorteile anderer Verkehrsträger zu nutzen. Wie in Szenario 1 sollen die Transportvolumina gebündelt und in einem gemeinsamen Hauptlauf an ihre Bestimmungsorte befördert werden. Es wird in diesem Fall nicht in erster Linie auf die Erhöhung der Frequenz der Transporte geachtet, sondern die Massenfähigkeit, des auf langen Strecken bedeutend umweltfreundlicheren Verkehrsträgers, der Bahn, ausgenutzt.
Die Kosten sollten in diesem Fall geringer ausfallen. Obwohl der Hauptlauf gemeinsam mit dem Zug geführt wird, muss der Umschlag zwischen den Verkehrsträgern in die Kostenrechnung mit aufgenommen werden. Durch den Einsatz der Bahn kann eine beachtliche Einsparung bei den Emissionen, also dem ökologischen Modell, verzeichnet werden. Die Transportzeit wird sich im Vergleich zur Ausgangssituation nicht wesentlich verlängern. In Abhängigkeit des Sendungsvolumens wird die sich Frequenz des Hauptlaufs jedoch reduzieren, weshalb von einer stark erhöhten Durchlaufzeit auszugehen ist.
Falls keine gesamte Bündelung der Transporte über den Hauptlauf möglich ist, könnte ein weiteres Szenario interessant werden. Zulieferer, die an das gleiche Unternehmen liefern, können einen Gebietsspediteur einsetzen bzw. teilweise das Konzept des Milk-Run einsetzen. Diese beiden Ansätze setzen jedoch eine weitgehende Kongruenz der Senken voraus.

2.4 *Zusätzliche Erfordernisse zur Modellbildung*

Ein Logistik-Modell setzt aber nicht nur rein bei den Transporten an. Viele wirtschaftliche Überlegungen sind von Bedeutung und unter Einbeziehung des ganzen Bestellprozesses gibt es weitere Möglichkeiten zur Optimierung.
Um die Transparenz entlang der Lieferkette zu erhöhen und somit eine effektive Optimierung der Transporte zu erhalten, sollte nicht nur das Lieferavisc der Unternehmen in die Betrachtungen mit einbezogen werden, sondern e: sollte auf die spezifischen Kundenanforderungen eingegangen werden, un daraus eine Transportgestaltung zu schaffen, die ganzheitlich die Lieferkett berücksichtigt. Der Informationsfluss sollte sich über den gesamten Prozes erstrecken (Abb. 6).

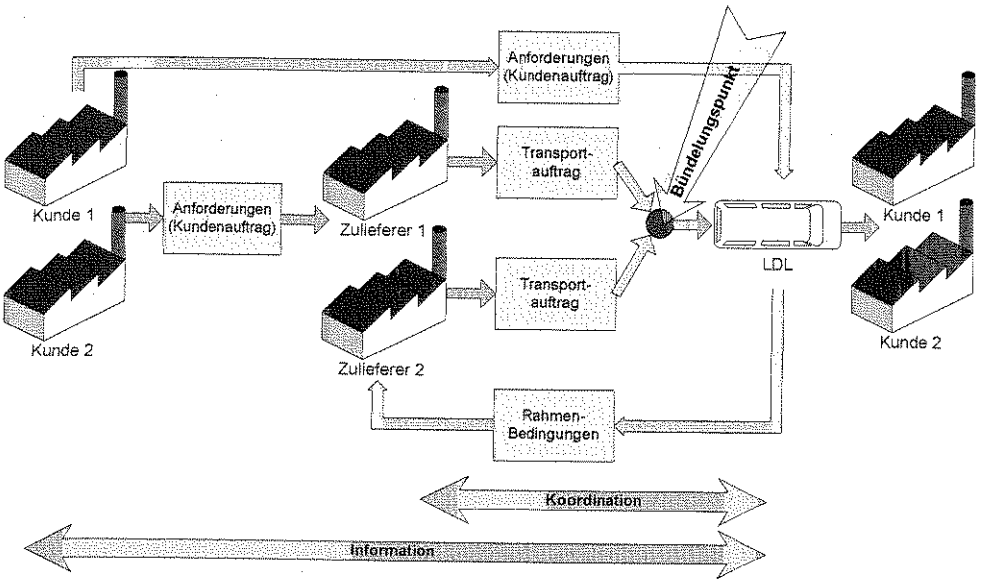

Abbildung 6: Soll-Informationsfluss

Die Transportaufträge kommen noch immer von den einzelnen Unternehmen, aber durch die Information des Logistikdienstleisters über genaue Kundenanforderungen kann dieser die Transportplanung effektiver durchführen. Es ist auch zu erkennen, dass im neuen Prozess unternehmensübergreifend gebündelt wird.
Ein weiterer denkbarer Ausbauschritt, der das Logistik-Modell nicht mehr in seiner eigentlichen Konfiguration modifiziert, wäre eine spätere Fertigung der bestellten Mengen, um Bestände einzusparen. Mit diesen Überlegungen soll die Ausrichtung der Transporte stärker auf die effiziente Erfüllung der Kundenanforderungen gehen.
Durch diesen höheren Kundenauftragsbezug werden gerade Unternehmen mit Produkten von hohem Warenwert bzw. Unternehmen mit einer hohen Anzahl von Varianten Einsparungspotentiale vor Augen geführt. Einziger Punkt ist natürlich, dass obwohl später geliefert bzw. gefertigt wird, die Liefertreue 100%ig gegeben sein muss, welche durch eine hohe Frequenz durch unternehmensübergreifende Bündelung von Transportvolumina aber durchaus gegeben wäre.

2.5 *Entwicklung eines Simulations- und Bewertungsmodells*

Um einen Transport nach ökonomischen, ökologischen und wettbewerbsfähigen Kriterien zu bewerten, sind die maßgeblichen Einflussfaktoren in der Prozesskette zu identifizieren. Die maßgeblichen Faktoren, wie beispielsweise die **Festlegung des Verkehrsträgers** und die **Streckenführung**, beeinflussen

sich gegenseitig und können auf die unterschiedlichen Zielkriterien gegenläufig wirken. So kann die Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit durch kurze Transportzeiten und hohe Zeitpuffer durch höhere Kosten erkauft werden.
Die Transportprozesse unterliegen zufallsbedingten Schwankungen, deren Ausprägungen die nachfolgenden Prozesse beeinflussen. Die Zusammenhänge sind nicht linear und können in der Folge sprunghaft auf Kosten, Umweltbelastung und Transportzeiten wirken. So unterliegen die Wartezeiten am Zoll hohen Schwankungen und bewirken beispielsweise zusätzliche Mautkosten, wenn aufgrund der verspäteten Weiterfahrt eine Nachtmaut zu entrichten ist. Die Wechselwirkungen sind mannigfaltig und erschweren eine mathematische Formulierung und deren analytische Lösung.
Aufgrund der dynamischen Zusammenhänge unter Berücksichtigung stochastischer Phänomene bietet sich die Simulation zur Bewertung an. Durch die Beschreibung des Verhaltens und der Möglichkeit, Prozesszeitschwankungen anhand von Verteilungsfunktionen zu hinterlegen, können durch eine Anzahl von Replikationen (Simulationsläufe mit einander unabhängigen Zufallszahlen) so genannte Vertrauensintervalle bestimmt werden, die eine Aussage ermöglichen, in welchen Bandbreiten sich die Zielgrößen bei einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit bewegen werden. Durch die Bandbreite der oberen und unteren Schranken der Ergebnisgrößen gewinnt der Anwender ein Gespür für die Robustheit der Lösung. Diese Aussage dient als Grundlage zum Vergleich mit anderen Transportketten auf Basis alternativer Verkehrsträger oder anderen Streckenführungen.

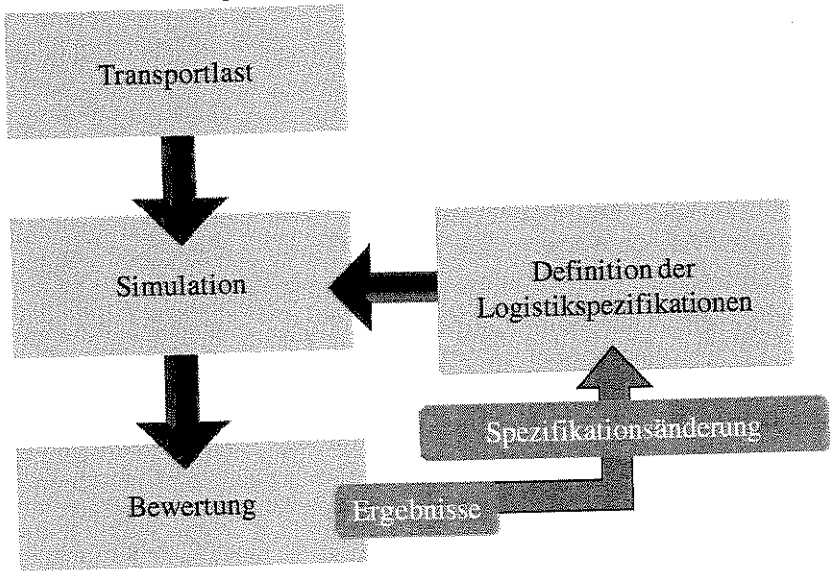

Abbildung 7: Simulationsmodell

Üblicherweise stehen für eine Transportaufgabe von A nach B nur wenige in Frage kommenden Alternativen zur Verfügung. Im Zusammenhang einer unternehmensübergreifenden Betrachtung von Transporten sind weitergehende Szenarien denkbar. Die Zusammenfassung von teilweiser oder durchgängiger Bündelung von Waren unternehmensfremder Gütertransporte rücken Verkehrsträgerkonzepte in den Vordergrund, die für die Einzelunternehmen allein zu unrentabel oder zu unflexibel wären. Mit dem Vergleich des Gesamtszenarios einer unternehmensübergreifenden Transportabwicklung mit den Einzelszenarien der Unternehmen sind Aussagen hinsichtlich Einsparpotentiale, Reduktion der Umweltbelastung sowie Auswirkungen auf die logistische Lieferfähigkeit und -flexibilität möglich.
Die Ermittlung der Ergebnisgrößen basiert auf verschiedenen Berechnungsschritten, deren zentrales Element die logistische (ereignisdiskrete) Simulation ist.
Die ökologische Bewertung erfolgt in der Ermittlung der Belastung mit CO_2 und NO_x sowie einer Abschätzung der an die Umwelt abgegebenen Partikelanzahl (Feinstaub). Als Basisinformationen gehen Daten über die Wegstrecke (Distanz, Höhenprofil), die Fahrzeit und dem Fahrverhalten ein. Die Simulation liefert die Informationen über die Auslastung der Verkehrsträger, womit der Verbrauch als grundlegendes Datum abgeleitet und in die Emissionsberechnung eingehen kann.
Der Verbrauch geht zudem als Teil der Transportkosten in die ökonomische Bewertung mit ein. Die Gesamtkosten ergeben sich aus der Summe von Transport-, Umschlags- und Bestandskosten. Die Transport- und Umschlagskosten errechnen sich aus den Prozessinformationen (Routen, Zeiten, Mengen) der Simulation, verknüpft mit den relevanten Kostensätzen der eingesetzten Verkehrsträger. Die Differenzkosten Lager berücksichtigen die Veränderungen der Lagerstände in den Werken, um den Vorteil niedrigerer Kapitalbindungskosten und Lagerhaltungskosten bei erhöhten Transportzyklen quantitativ aufzuzeigen.
Die Wettbewerbsfähigkeit misst sich an der Lieferfähigkeit und der Liefertreue. Letztere ist stark davon abhängig, welche logistischen Anforderungen an die Versorgung der Werke gestellt werden. Die logistischen Vorgaben des Transports sind zumeist statische Zeitvorgaben mit Sicherheitsreserven. Dies liegt darin begründet, dass sich die aktuell gewählten Transportzeiten und -mengen an die verfügbare Transportlogistik und -kosten orientieren und nicht an die tatsächlichen Bedürfnisse der Produktion. Dies führt einerseits aufgrund der Kostenoptimierung des Logistikdienstleisters zu einer hohen Transportauslastung, andererseits wird der Lieferant aufgrund drastischer Pönalen bei Lieferverzug einen hohen Pufferbestand vorhalten. Die Evaluierung von alternativen Transportkonzepten lassen nur dann hinreichende Optimierungspotentiale

erwarten, wenn die tatsächlichen logistischen Anforderungen der Zielwerke transparent aufgedeckt werden können.
Dann lassen sich die unterschiedlichen Szenarien anhand der Zielkriterien bewerten und vergleichen. Aufgrund der antagonistischen Zielgrößen sind die Ergebnisse als Kompromissvorschläge anzusehen, die als Entscheidungsgrundlage aufzufassen sind. Eine erhöhte Lieferfrequenz beispielsweise könnte zwar die Flexibilität erhöhen und die Störanfälligkeit aufgrund kurzfristiger Reaktionsfähigkeit mindern, müsste aber den damit verbundenen Kosten des Transports gegenübergestellt werden.
Ziel der Bewertung unterschiedlicher Szenarien ist die Ermittlung von robusten Transportlogistikketten, die in Abhängigkeit einer aktuell vorliegenden Transportsituation zur Auswahl stehen sollen. So kann in einer Woche die Anlieferung an die Werke durch die Lieferanten jeweils unabhängig voneinander erfolgen, in der darauf folgenden Woche ist die unternehmensübergreifende Nutzung eines alternativen Verkehrsträgers wie z.B. der Bahn aufgrund des Transportaufkommens sinnvoller. Die Entscheidung basiert auf die vorab untersuchten alternativen Logistikmodellen, die anhand der dynamischen Bewertung unter Berücksichtigung stochastischer Einflüsse den Faktor Zufall schon berücksichtigt haben. Diese Bewertung ist kontinuierlich durchzuführen, um Änderungen in den Kosten, Zeiten und sonstigen Grundlagen (z.B. Emissionsverhalten von Verkehrsträgern) nachzuführen und ihre Auswirkungen auf die Transportlogistikketten zu bewerten und um ggfs. neue alternative Logistikmodelle zu entwickeln.

2.6 *Modellerstellung mit Simulationsbausteinen*

Als Grundlage für das Simulationsmodell dienen einzelne Logistikbausteine (Werk, Umschlagspunkt, etc.), die für die Abbildung beliebiger logistischer Konzepte (Direktverkehr, Konsolidierungspunkt, Milk Run) miteinander kombiniert werden können. Ausgehend von den analysierten Transportströmen wurden diese Bausteine in der Simulationsumgebung Flexsim® erstellt und in einer Bibliothek gespeichert. Die Generierung des Simulationsmodells erfolgt somit automatisiert: auf Basis der in der Datenbank hinterlegten Struktur- und Lastdaten werden die Simulationsobjekte aus der Bibliothek erzeugt, parametrisiert und miteinander durch Transportbeziehungen verknüpft.
Die einzelnen Simulationsbausteine werden in verschiedenen Phasen, wie sie in Abb. 8 aufgezeigt sind, durchlaufen.

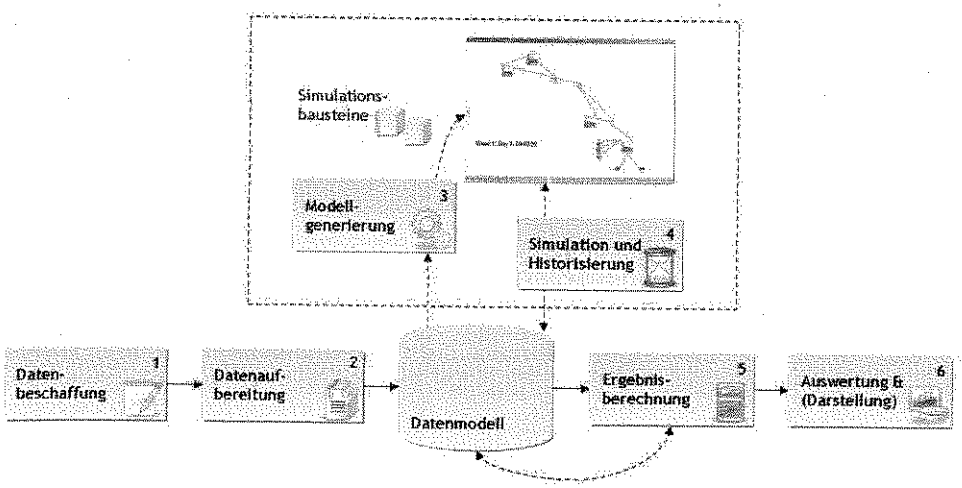

Abbildung 8: Phasen des Simulations- und Bewertungsprozesses

Zur Modellierung des Simulationssystems bedarf es struktureller, prozessoraler und ressourcenbezogener Daten. Durch die Modellierung von Bausteinen werden die Struktur sowie das Verhalten einzelner Ressourcenbausteine in sich als auch in der Wechselwirkung mit anderen Bausteinen beschrieben. Dieses inhärente Wissen der Einzelbausteine wird durch die Konfiguration von Bausteinen zu einem Gesamtmodell genutzt und erweitert.
Die Modellierung der Transportlogistikketten erfolgt interaktiv. Der Grundbaustein der Modellierung ist die Route, die ins Layout gezogen wird. Die nachfolgend angeführten Bausteine sind mit einer Route verknüpft und werden der Route zugeordnet und parametriert.

- Product: Dieser Baustein beschreibt die Systemlast in Form einer Zeitplantabelle, die angibt, wann welche Menge an Produkten im Startstandort verfügbar ist.
- Factory: Für jede Route sind der Start- und die Zielstandorte anzugeben.
- Vehicle: Die alternativ eingesetzten Transportressourcen sind der Route zuzuordnen.
- Handlingpoint: Dieser Baustein beschreibt einen Umschlagspunkt, bei dem eingehende Transporte komplett entladen und auf ausgehende Transporte verteilt werden.
- Processingpoint: Eine Route besteht aus einen oder mehreren Wegstrecken, die durch Bearbeitungspunkte mit Zeitverbrauch unterbrochen sein können. So wird beispielsweise die Weiterfahrt der beladenen Transportressource durch den Aufenthalt am Zoll verzögert.

Die Bausteine sind mit Vorgabewerten belegt, die sie durch die Verknüpfung mit einer Datenbank zum Konfigurationszeitpunkt auslesen. Der Anwender kann nun diese Werte übernehmen bzw. modifizieren.

Zur Simulation werden die Zeitplantabellen der Startwerke ausgewertet und anhand der hinterlegten Verhaltensregeln die Transporte determiniert. Dies soll anhand der allgemeinen Verfahrensregel erläutert werden (Abb. 9).

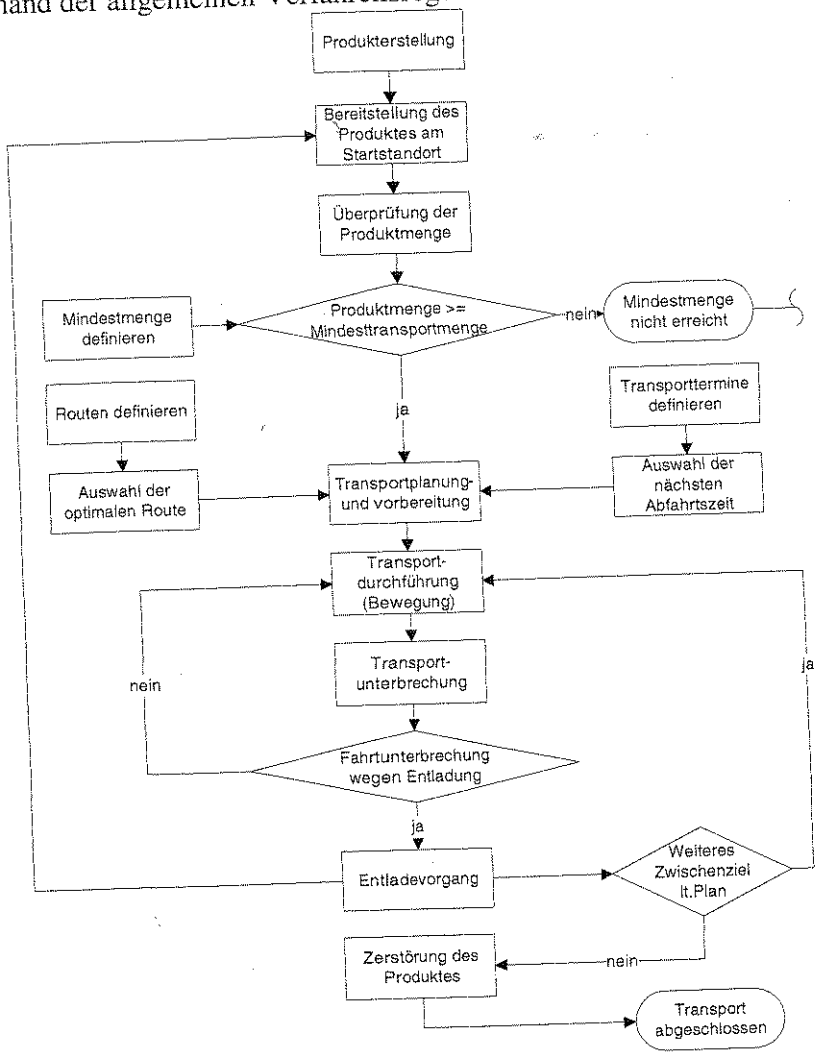

Abbildung 9: Modell des Prozesses „Transport durchführen"

Das Aufkommen von Produkten, die auf der ihr zugeordneten Route transpor tiert werden müssen, wird zu den Abfahrzeiten der Transportressourcen ge plant und geladen. Zudem kann ein Transport angeregt werden, sollte ein vorgegebene Mindestmenge überschritten werden. Nunmehr wird die Trans portressource über die konfigurierte Route simuliert, d. h. die Zeitanteile j Wegstrecke sowie die Zeitbedarfe in den Umschlags- und Prozesspunkte

werden berechnet. Dabei werden z.B. bei der Berechnung der Fahrzeit auf den Wegstrecken die Informationen zum Wegprofil (Distanz, Steigungs- und Straßenprofil) berücksichtigt. Das Modell sieht ebenfalls vor, dass an verschiedenen Zielwerken Produkte abgeladen werden können, sodass auch Konzepte wie beispielsweise Milk-Run abbildbar sind.
Zur Simulationszeit werden alle Daten kontinuierlich historisiert und in eine Datenbank geschrieben. Die in der Simulation gewonnenen (logistischen) Ergebniswerte können in der Folge durch die Verrechnung mit Datenquellen zum Emissionsverhalten, zur Kostenbewertung und zum Vergleich der logistischen Zielerreichung herangezogen werden. Aufgrund der einfach zu handhabenden Modellierung sind Änderungen an den Systemparametern (z.B. veränderte Transportzyklen, Einsatz unterschiedlicher Verkehrsressourcen und –trägern usw.) leicht durchzuführen und erlauben den Vergleich der Auswirkungen auf die drei Zielfelder von Ökonomie, Ökologie und Wettbewerbsfähigkeit.
Das mit Hilfe der beschriebenen Vorgehensweise entwickelte Simulations- und Bewertungsmodell ist in Abb. 10 dargestellt.

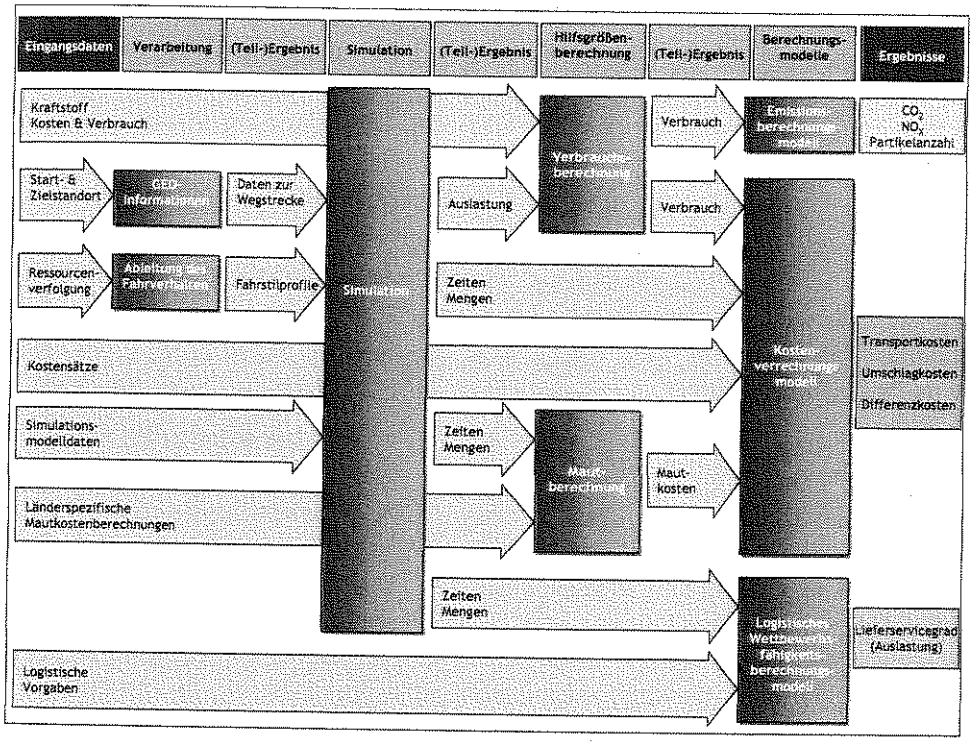

Abbildung 10: Aufbau des Simulations- und Bewertungsmodells

Als Ergebnis liegen mit jedem Szenario die Kennzahlen in den genannten Zielfeldern zur Ökologie, Ökonomie und Wettbewerbsfähigkeit vor. Aufgrund der gegenläufigen Zielrichtungen kann die Entscheidungsfindung nur durch Vergleich unterschiedlicher Szenarien und der Abwägung von Für und Wider der unterschiedlichen Kompromisslösungen erfolgen. So mag in einem Fall die Erfüllung der logistischen Anforderungen absolute Priorität haben, die zu Lasten betriebswirtschaftlicher und ökologischer Vorgaben gehen. Das Simulations- und Bewertungsmodell ermöglicht die transparente Darstellung des dynamischen Verhaltens und stellt somit eine Entscheidungsgrundlage für den Anwender dar.

2.7 *Bewertung von Logistikmodellen*

Für die Konzeption und Evaluierung neuer Logistikmodelle wurde zunächst der Stand der Technik in Bezug auf bereits bekannte Logistikmodelle und -strukturen, die eine ökologische Transportgestaltung beinhalten, berücksichtigt. Die Stellgrößen, um die Ziele (Minimierung der Emissionen, Reduktion der Logistikkosten und Erhöhung der logistischen Wettbewerbsfähigkeit) zu erreichen, sind:

- Verkehrsvermeidung: Verkehr effizienter gestalten (Verbesserung der Fahrzeugauslastung, Einsparen von Transportkapazitäten)
- Bündelung von Güterströmen: Konsolidierung um die Substitutionsbeziehung zwischen Transport- und Bestandskosten zu optimieren
- Verlagerung von Verkehren auf andere Verkehrsträger: Intermodalität

Langfristig ist es auch notwendig, das Ergebnis der Modellkonzeption zu validieren. Dieses soll nach den drei Hauptzielgrößen der Modelle - Emissionen, Kosten und Wettbewerbsfähigkeit – geschehen.

2.7.1 Emissionsmodell:

Bei der Bewertung dieser Zielgröße spielt vor allem die angestrebte Intermodalität der Modelle eine wichtige Rolle. Es werden in diesem Punkt nur eine Auswahl der schädlichsten Emissionen - CO_2, NO_x und die Partikelanzahl - ausgewertet, die sich vor allem bei dem vorherrschenden Verkehrsträger den Straßenverkehr niederschlagen. Abhängig sind die Emissionswerte zum einen von der Transportstrecke, also der Wegstrecke die auf dem vorgegebenen Streckenprofil zurückgelegt wird und der zugeordneten Transportressource. Zum anderen spielt bei dem Emissionsausstoß der Dieselverbrauch bzw. der Stromverbrauch die ausschlaggebende Rolle.

$$Emissionen = \sum_{i=1}^{n} EmissTransp_i = Emiss/tkm_{Transp_i} \times Masse_{Transp_i} \times Entfernung_{Transp}$$

$$Emiss/tkm = f(\mathrm{Re}ssource, Beladung, Steigung, Geschwindigkeit)$$

2.7.2 Kostenmodell:

Das Kostenberechnungsmodell stellt sich etwas umfangreicher dar und kann in drei verschiedene Posten unterteilt werden. Das Transportkosten, Umschlagkosten und Differenzkosten durch geringere Kapitalbindung bei der Reduktion von Lagerbeständen.
Bei den Transportkosten ist es wichtig, dass im Modell von den wirklichen Kosten, also Verbrauchskosten, Mautkosten, Zollabwicklung und Personalkosten ausgegangen wird und nicht von Transportpreisen, wie sie von Speditionsunternehmen angeboten werden. Vor allem die Mautkosten sind in dieser Berechnung durch die unterschiedlichen Systeme der einzelnen Länder schwierig zu ermitteln und spielen auch bei der Routenlegung eine beachtliche Rolle.

$$K_{Gesamt} = K_{Transport} + K_{Handling} + K_{Bestand}$$

$$K_{Transport} = K_{Transport(LKW)} + K_{Transport(Bahn)} + K_{Transport(Flugzeug)} + K_{Transport(Schiff)}$$

$$K_{Handling} = \sum_{i=1}^{n} Mengen_{Ressourcenwechsel_i} \times Umschlagskosten_{Ressourcenwechsel_i}$$

$$K_{Bestand} = K_{Kapitalbindung} + K_{Lagerhaltung}$$

2.7.3 Wettbewerbsfähigkeitsmodell:

Als drittes Kriterium zur Bewertung der Optimierungsmodelle steht die logistische Wettbewerbsfähigkeit, die sich aus **Lieferfähigkeit** (ist ein Maß dafür, inwieweit die vom Kunden geforderte Logistikleistung vom Unternehmen zugesagt werden kann. Wichtig für eine hohe Lieferfähigkeit sind vor allem kurze Lieferzeiten im Vergleich zu Wettbewerben) und **Liefertreue** (die Liefertreue bewertet die Leistungserbringung des Logistikprozesses. Sie gibt an, wie groß der Anteil der vollständig und pünktlich abgelieferten Aufträge an allen ausgelieferten Aufträgen ist) zusammensetzt (vgl. Wiendahl 1996).

2.7.4 Zusammenführung der Bewertungsmodelle

Die Bewertungsmodelle werden mit Daten aus realen Erhebungen bzw. teilweise aus Annahmen und Rechercheergebnissen befüllt und dann ausgewertet oder sind Ergebnis eines Simulationsmodells. Die Entwicklung eines ganzheitlichen Simulations- und Bewertungsmodells ist im folgenden Kapitel beschrieben.

3 Ergebnisse des Forschungsprojektes Trans Austria

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft GmbH (FFG) geförderten Forschungsprojektes wurden die im Kapitel 2 angeführten Schritte der Konzipierung eines neuen Logistikmodells und dessen Abbildung in einem Simulationsmodell samt Bewertung anhand der Pilotregion Timis in Rumänien durchgeführt. Die TU Wien und die Projektpartner V-Research GmbH, Gebrüder Weiss Holding AG und Positec GmbH forschten ausgehend von der bereits in der Einleitung erwähnten These der geringen Transporteffizienz bei ähnlichem Quell- bzw. Senkverhalten nach Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung durch unternehmensübergreifende Konsolidierung sowie der Nutzung intermodaler Transportkonzepte. Als Simulationsumgebung wurde dabei Flexsim® eingesetzt.
Da die Laufzeit des Forschungsprojektes noch nicht beendet ist, werden an dieser Stelle nur vorübergehende Ergebnisse vorgestellt.

3.1 Darstellung der Ist-Situation

Die Erfassung und Visualisierung der Struktur und der Anforderungen an die Transportkette erfolgte auf Basis von Interviews mit den beteiligten Partnern in der Region Timis. Die Analyse und Bewertung des Quell- und Senkverhaltens und der Logistikprozesse erfolgte auf durch Aufnahme und Dokumentation der folgenden Daten:

- Liefertermine bzw. -zeitfenster und Transportzyklen
- Sendungsmengen, -gewichte, -volumina
- Informationsflüsse
- Transportkonzept und Schnittstellen Lieferant – Spedition – Zulieferer

Zur Validierung der aufgenommenen Daten und Transportketten wurden anhand von Sendungsverfolgungen reale Daten aus den Transporten zwischen Rumänien und Westeuropa ermitteln. Dazu wurde die benötigte Hardware den unter Beobachtung stehenden Fahrzeugen installiert. Dies ermöglicht eine statistische und visuelle Abhandlung der Flottenbewegungen über ein von der Firma Positec zur Verfügung gestellte Oberfläche sowie die Auswertung und Bereitstellung dieser Ist-Daten über Schnittstellen.
Nach der erfolgten Analyse konnte die These bestätigt werden, dass viele Unternehmen der Region ähnliche Quell- und Absatzregionen aufweisen. Obwohl bei den Quellen und Senken keine totale Übereinstimmung sondern nur eine regionale Nähe festgestellt werden konnte, so sind unter Berücksichtigung des zugrundeliegenden Verkehrswegenetzes eindeutige Kongruenzen den tatsächlichen zurückgelegten Transportstrecken hervorgegangen, wie der folgenden Abbildung dargestellt ist.

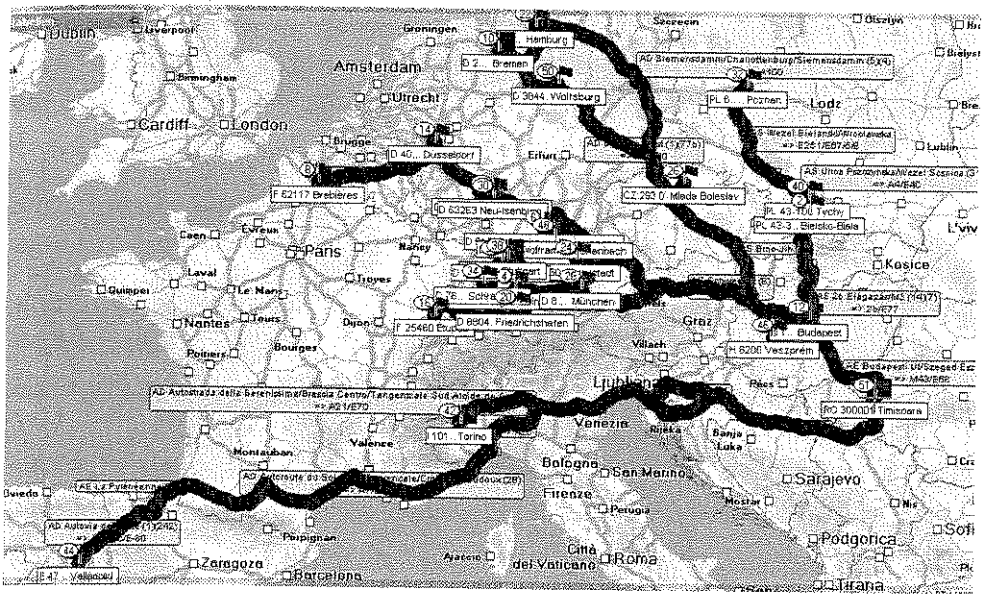

Abbildung 11: Darstellung der Senken und der Transportströme

Bei genauerer Betrachtung kann festgestellt werden, dass sich die Senken in der Region Deutschland auf die drei Zielgebiete Süd-, West- und Norddeutschland aufteilen. Nach Hinterlegung der anzuliefernden Transportlast je Senke ergibt sich zudem eine ungefähre Gleichverteilung der Lasten zwischen diesen Zielgebieten.

Auch hinsichtlich der Transportprozesse konnten die eingangs gebildeten Hypothesen großteils bestätigt werden:

- Die befragten Lieferanten fahren derzeit individuelle Lösungen hinsichtlich des Warenaustauschs mit ihren Sub-Lieferanten und Kunden
- Derzeitige Lösungen stellen gesamtheitlich betrachtet kein Optimum dar
    - z.B. teilausgelastete Direktrelationen
    - z.B. Verwendung von kleinen Transportträgern
    - z.B. Stückguttransporte mit langen Laufzeiten (mehrfache Umschläge)
    - z.B. schlechte Transporttarife aufgrund geringer Mengen
- Möglichkeiten der Logistik-Kooperation zwischen den Unternehmen in der Region nur wenig genutzt

3.2 Konzeptionierung neuer Logistikmodelle

Die im Rahmen der Ist-Analyse erworbenen Erkenntnisse erlaubten eine nachfolgende Kategorisierung und Zusammenfassung zu kompatiblen, unternehmensübergreifenden Transporten, welche einerseits eine Abschätzung von

Optimierungspotenzialen erlauben und in Folge die entsprechenden Daten für ein Simulationsmodell liefern. Grundlage bei der Entwicklung neuer Logistikmodelle war ein „Baukasten" standardisierter Logistikkonzepte (vgl. Kapitel 2.2.) Neben dem für die Simulation ausreichenden Belieferungs- und Transportkonzept müssten bei einer späteren Detailplanung auch das Ladungsträgerkonzept, die Betrachtung und Absicherung unterschiedlicher Notfallszenarien sowie die Beurteilung der Performance des Lieferanten und seiner Vorlieferanten einfließen.

Basierend auf dem Quell- und Senkverhalten und den hinterlegten Transportlasten wurden verschiedene Szenarien modelliert. Als Indizien für mögliche Optimierungen des Logistikmodells wurden folgende Parameter je Transportstreckenabschnitt herangezogen:

- Wöchentliche Transportlast je Streckenabschnitt
- Eingesetzte Verkehrsträger
- Auslastung der eingesetzten Verkehrsträger
- Transportfrequenz

Nachdem bei einer unternehmensübergreifenden Betrachtung die identifizierten, wöchentlichen Transportvolumina auf dem größten Teil der Transportstrecke die Kapazität zweier wöchentlicher Ganzzüge übersteigen, bietet sich bei der Neukonzeptionierung der Transporte der Einsatz multimodaler Logistikmodelle an. Bei der Gestaltung des Transportnetzwerkes wurden die Ziele verfolgt, die Logistikkosten bei gleichzeitiger Erhaltung bzw. Verbesserung der logistischen Qualität (Liefertermintreue, Lieferzeiten) zu senken. Um die tatsächlichen Auswirkung von Änderungen im Logistikmodell hinsichtlich Ökonomie, Ökologie und logistischer Wettbewerbsfähigkeit bewerten zu können, ist, wie schon in Abbildung 7, aufgezeigt eine iterative Vorgehensweise notwendig. Planungen wurden zum einen IT-gestützt und zum anderen auf Basis von Expertenwissen anhand der folgenden Punkte durchgeführt:

- Identifizierung von Streckenabschnitten, die aufgrund der Transportlas von effizienteren Verkehrsträgern bedient werden können
- Vorhandensein geeigneter Partner zur Transportbündelung auf einzelne Streckenabschnitten
- Möglichkeit der effizienten Auslastung eines Verkehrsträgers durch da einzelne Unternehmen
- Entfernung der Quellen und Senken von möglichen neuen Knotenpunkte unter Berücksichtigung der Auswirkung von Abweichungen von d Idealroute
- Priorisierung von Ladungen bei begrenzter Kapazität eines Verkehrstr gers im Hauptlauf aufgrund unterschiedlichen Auswirkungen auf die Zi kategorien
- Möglichkeit zur Änderung von Transportfrequenzen

Auf Basis dieser Planungsprämissen wurden mehrere Logistikmodelle konzipiert. Stellvertretend für diese sollen nun zwei dieser Szenarien näher vorgestellt werden.

Das Szenario 1 sieht den Einsatz eines Ganzzuges vor. Da in Timişoara kein geeigneter Frachtgüterbahnhof zur Verfügung steht, wird der Ganzzug ab Arad, das ungefähr 50 km nördlich von Timişoara situiert ist, geführt. Von diesem Bahnhof aus wird die Strecke Arad-Stuttgart-Frankfurt-Wolfsburg zweimal wöchentlich bedient. Diese Streckenführung scheint aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der Transportlasten auf Süd-, West- und Norddeutschland vorteilhaft für die späteren Verteilfahrten ab diesem Bahnhof. Diese werden im Modell ebenso wie die Sammelfahrten von Timişoara nach Arad im Direktverkehr durchgeführt. Bei der Planung des Direktverkehrs wurde – sofern möglich – durch den Einsatz andere Verkehrsträger oder einer Veränderung der Transportfrequenz eine möglichst effiziente Abwicklung angestrebt. Sobald die Kapazität des Ganzzuges überschritten wird, erfolgt die Belieferung der Senken ebenfalls im Direktverkehr. Senken in Italien, Spanien oder Polen, für die aufgrund ihrer geographischen Lage eine Nutzung der Bahnkapazitäten aus wirtschaftlicher Sicht keinen Sinn macht werden ebenfalls im Direktverkehr beliefert.

Im Szenario 2 wird ebenfalls ein Ganzzug eingesetzt, der zweimal wöchentlich die Strecke Arad-Frankfurt bedient. Sowohl die Sammel- als auch die Verteilfahrten werden in diesem Szenario aber - sofern sinnvoll - als Milkrun bzw. im Gebietsspeditionskonzept durchgeführt. Direktverkehre die effizient abgewickelt werden können und die auch durch Bündelung nicht zu einer weiteren Optimierung der Gesamteffizienz beitragen würden, werden auch weiterhin als solche durchgeführt. Ebenso wird bei einer Überschreitung der Bahnkapazitäten und bei den Senken in Italien, Spanien oder Polen der Einsatz von Milkruns und Sammelgutverkehren angestrebt, wenn dadurch eine Effizienzsteigerung erzielt werden kann.

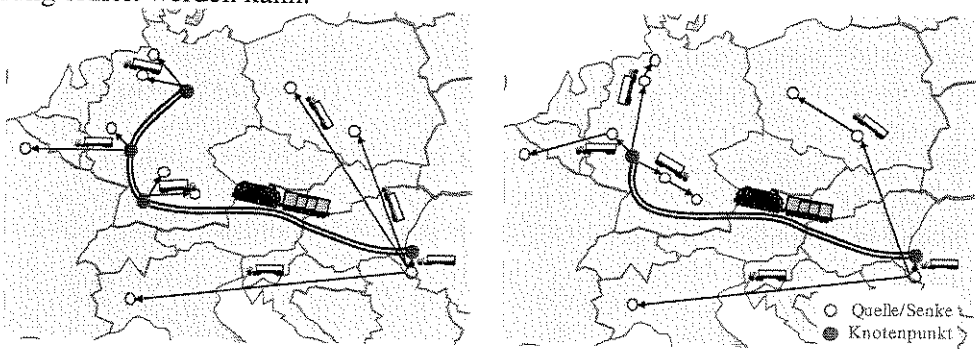

Abbildung 12: Schematische Darstellung der Szenarien 1 und 2

3.3 *Vorstellung der Ergebnisse*

Zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Beitrages ist das Forschungsprojekt nicht abgeschlossen. Es werden daher nur Teilergebnisse für zwei ausgewählte Szenarien im Vergleich zur Ist-Situation, in welcher die Transporte praktisch zur Gänze im Direktverkehr per LKW abgewickelt wurden, dargestellt. Dabei wurde wie im Kapitel 2.7 eine Auswertung hinsichtlich ökonomischer, ökologischer und logistischer Sicht durchgeführt.

Bei Betrachtung der Wirtschaftlichkeit dieser beiden Logistikmodelle kann bei effizientem Einsatz des Ganzzuges von einer Kostenneutralität im Vergleich zur Ist-Situation ausgegangen werden.

Aus logistischer Sicht ist im Wesentlichen eine verdreifachte Transport-Durchlaufzeit festzustellen. Diese ist dadurch bedingt, dass im Modell keine Anpassung der Produktionsplanung an die Restriktionen des Transportes durchgeführt wurde. So ergeben sich durch eine stetige Produktion der transportierten Waren in den Senken automatisch Wartezeiten, da der Ganzzug nur zweimal wöchentlich gefahren wird, während in der IST-Situation von einer zeitnahen Abholung der Ware per LKW auszugehen ist, sobald genügend Ware zur Auslastung des LKW zur Verfügung stand.

Hinsichtlich der Transporte konnte festgestellt werden, dass aufgrund des erhöhten Bedarfes an Sammel- und Verteilfahrten die Anzahl der Transporte zunimmt und dabei im Vergleich zur Ist-Situation der durchschnittlich zurückgelegte Weg je Transport abnimmt. In Summe führt dies zu einer Zunahme der zurückgelegten Tonnenkilometer. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass jener Anteil, der mit LKW abgewickelt wurde, erhebliche reduziert werden konnte, da eine Verlagerung auf die Schiene stattfand. Über diese werden in den beiden Szenarien mehr als ein Drittel der anfallenden Tonnenkilometer geführt.

Diese Reduktion auf Seiten des LKW führt zu einer Reduzierung des notwendigen Treibstoffverbrauches auf ungefähr die Hälfte. Diese Treibstoffeinsparung wirkt sich direkt auf die Emissionen aus, wobei hier in Folge der durch den Bahnbetrieb verursachten Emissionen eine gewisse Differenz zwischen Treibstoff- und Emissionseinsparungen festgestellt werden konnte.

Bei näherer Betrachtung der konkreten Auswirkungen auf Österreich, das wesentlich vom Transitverkehr betroffen ist, kann durch die Verlagerung von Transportlasten auf die Bahn eine enorme Reduktion der LKW-Fahrten erzielt werden. So können im Szenario 1 sechs bzw. im Szenario 2 acht von zehn LKW eingespart werden.

	IST-Situation	Szenario 1	Szenario 2
Durchlaufzeit der Produkte	2 Tage	+200%	+230%
Anzahl der Transporte	100%	+46%	+54%
Durchschnittliche Transportentfernung	100%	-62%	-67%
Summe Tonnenkilometer	100%	+15%	+13%
- **Anteil LKW**	100%	-53%	-55%
- **Anteil Bahn**	0%		
Treibstoffverbrauch (LKW)	100%	-48%	-50%
Emissionen (inkl. Bahn)			
- **CO_2**	100%	-48%	-50%
- **NO_x**	100%	-46%	-49%
- **PM10**	100%	-40%	-44%
Auswirkung auf Österreich			
- **Anzahl der Fahrten**	100%	-68%	-84%
- **Summe Tonnenkilomter**	100%	-62%	-81%
- **Treibstoffverbrauch**	100%	-64%	-83%
- **Emissionen CO_2**	100%	-64%	-83%

Abbildung 13: Vergleich der Ist-Situation mit den Szenarien 1 und 2

Abschließend ist festzustellen, dass sich die beiden Szenarien trotz der großen Unterschiede in den Prozessen der Sammel- und Verteilfahrten und der unterschiedlichen Komplexität der beiden Logistikmodelle hinsichtlich der Vor- und Nachteile nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Der Einsatz der Bahn auf dem Hauptlauf birgt die wesentlichen Potentiale.

4 Organisatorische Anforderungen unternehmensübergreifender Logistikmodelle

Nachdem die Potentiale einer Logistikkooperation mithilfe der Simulation und Bewertung dargestellt wurden, soll nun auf die Anforderungen zur organisatorischen Umsetzung unternehmensübergreifender Logistikmodelle eingangen werden. Wie sich aus dem Begriff „unternehmensübergreifend" ableiten lässt, erfordern solche Logistikmodelle die Zusammenarbeit bzw. Kooperation mehrerer Unternehmen. Unter dem Begriff der „Kooperation" wird die „gemeinsame Erfüllung von Aufgaben" (Langenscheidts Taschenwörterbuch Latein 1998) verstanden. Die bestimmenden Merkmale von Kooperationen bzw.

Kooperationsmerkmalen wurden von Wojda wie in Abbildung 14 dargestellt definiert.

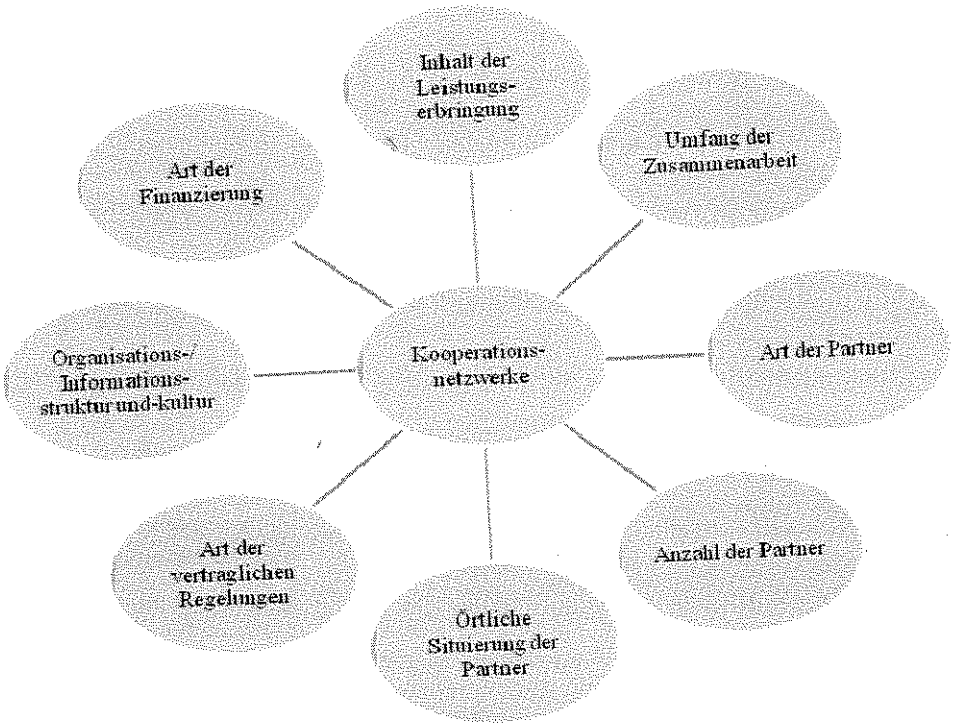

Abbildung 14: Bestimmende Merkmale von Kooperationen und Kooperationsnetzwerken (Wojda 2002)

Die Ausprägung der verschiedenen Merkmale ist dabei abhängig von der A der Kooperation. Zudem besteht eine Abhängigkeit der einzelnen Merkma untereinander. Auf Basis der vereinbarten Kooperationsziele kann der Inh der Leistungserbringung sowie der Umfang der Zusammenarbeit abgelei werden. Der daraus hervorgehende Grad der Komplexität spiegelt sich b spielsweise in der Ausprägung der Organisationsstruktur und den notwendig vertraglichen Regelungen wider.

4.1 Funktionsweise bestehender Kooperationsansätze in der Logistik

Die Ausprägungen der heutzutage in der Wirtschaft zutagetretenden Koope tionen lassen sich nach unterschiedlichen Gesichtspunkten gliedern. Ein hä ger Ansatz ist die Unterscheidung nach der Kooperationsrichtung in Rela zur Wertschöpfungskette.

Während man also bei einer engen Zusammenarbeit zwischen Logistikdienstleistern und Industriebetrieben von einer vertikalen Logistikkooperation spricht, so kennzeichnet die horizontale Logistikkooperation die Zusammenarbeit von Unternehmen der gleichen Stufe in der Logistikkette, sei es eine Kooperation von Industrie- oder Speditionsbetrieben (vgl. Kleer 1991). Eine Zusammenarbeit zwischen Logistikunternehmen ist nichts grundlegend Neues, da Spediteure schon in den 30er Jahren in Sammelgutgemeinschaften kooperierten (Weddewer 2007). Später fokussierte man sich in erster Linie auf die kooperative Zusammenarbeit bei Flächenverkehren. Die Kooperationsformen auf diesem Gebiet fanden seit den 90er Jahren im Rahmen von City-Logistik-Konzepten vor allem in Deutschland Eingang. Innerhalb dieser Konzepte wird eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens in Städten durch eine zentrale Optimierung der Transporte angestrebt. Bereits im Jahr 1999 konnten in einer Analyse des Umsetzungsstandes von City-Logistikaktivitäten in Deutschland in über 30 Städten ein realisiertes City-Logistikkonzept festgestellt werden und in vielen weiteren Städten fanden diesbezüglich Planungsaktivitäten statt (vgl. Stütz 1999).

Da horizontale Logistikkooperationen zwischen Industriebetrieben zum gegenwärtigen Zeitpunkt kaum anzutreffen sind, dienen die bestehenden Speditionsnetzwerke und insbesondere die diversen Realisierungen des City-Logistik-Konzeptes als Referenz für die Funktionsweise bestehender Kooperationen. Mögliche Ausprägungen von Speditionsnetzwerken werden in der folgenden Abbildung vorgestellt.

Kooperationsbezug → / Kooperationsbezeichnung ↓	Sendungsaustausch	Austausch von Fahrzeugen	Kooperation im Hauptlauf	Kooperatives Betreiben eines Umschlaglagers	Kooperation bei Sammel- bzw. Verteiltouren
Begegnungsverkehr	ja	ja, und von Wechselaufbauten oder Sattelauflieger	ja	nein	nein
Betriebsmittelgemeinschaft	ja, unbedingt	möglich	möglich	möglich	möglich
Ladungsaustauschgemeinschaften	ja	möglich, aber nicht üblich	möglich	möglich	möglich
Umschlaggemeinschaft	möglich	möglich, aber nicht üblich	möglich	ja	möglich
Spediteursammelgutverkehr	ja	möglich, aber nicht üblich	ja	möglich	ja

Abbildung 15: Ausprägung von Speditionsnetzwerken (Erdmann 1999)

Wesentliches Merkmal der Kooperation ist hinsichtlich der Organisations- und Informationsstruktur der Grad der Zentralität der Disposition. Während zentral disponierte Speditionskooperationen in gewisser Weise eine Hierarchie und ein einheitlich definiertes Zielsystem für ein effizientes Funktionieren aufweisen müssen, so sind dezentral disponierte Speditionskooperationen in der Regel durch marktähnliche Beziehungen gekennzeichnet, in denen Partner ihre individuellen Ziele verfolgen.

Hinsichtlich der Regelung der Kooperationspartner gegenüber Dritter und untereinander ist die rechtliche Ausgestaltung von großer Bedeutung. Wie in Abbildung 16 dargestellt, bewegt sich die Ausgestaltung der Vereinbarung bei Speditionskooperationen zwischen mündlichen Absprachen bis hin zum Gemeinschaftsunternehmen, wobei formlose Vereinbarungen in der Branche nur eine untergeordnete Bedeutung einnehmen und vertragliche abgesicherte Formen der Zusammenarbeit überwiegen (Friese 1998).

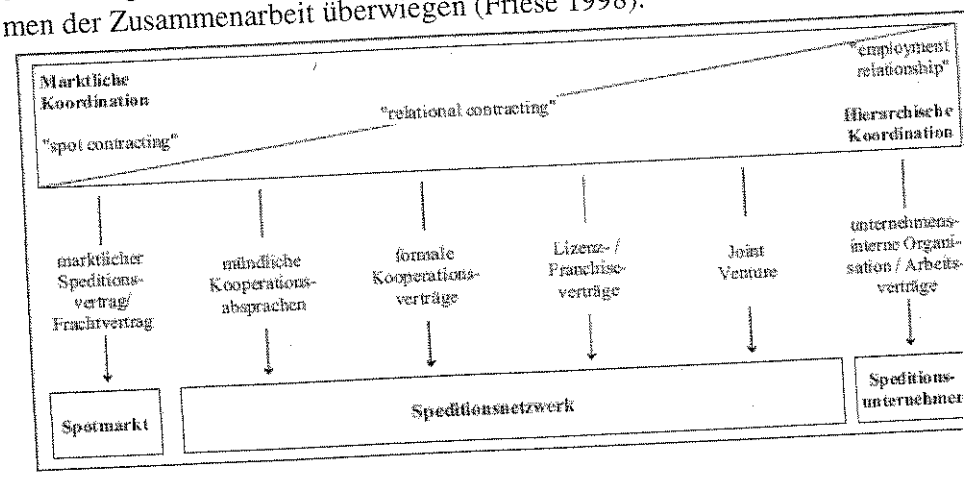

Abbildung 16: Vertragliche Ausgestaltungsmöglichkeiten von Speditionskooperationen (Weddewer 2007)

4.2 *Entwicklung eines Organisationsmodells für die Region Timis*

Wie anhand der Vorstellung der bestehenden Kooperationsansätze in der gistik zu erkennen ist, sind die möglichen Ausprägungen einer Kooperat äußerst vielfältig. Eine allgemein gültige Empfehlung zur Gestaltung der ganisation für unternehmensübergreifende Logistikmodelle kann aufgrund enormen Ausprägungsvielfalten der Kooperationsziele und –aufgaben n abgegeben werden. Es soll jedoch ein Gestaltungsrahmen für die Entwick eines Logistikmodelles vorgestellt werden, der die wichtigsten Punkte umf die bei der Ausgestaltung der Organisationsstruktur berücksichtigt we müssen.

Die Planungsprämissen, die bei der Entwicklung der Organisationsstruktur zu berücksichtigen sind, ergeben sich durch die im Rahmen der Ist-Analyse erhobenen Anforderungen der Zulieferbetriebe in der Region Timisoara an einen Kooperationspartner.

- Neutralität in der Behandlung bzw. Priorisierung von Aufträgen
- Vertraulichkeit hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Daten
- Gemeinsame Definition von „Spielregeln" und Prozessen
- Errichtung von Schnittstellen (EDV-Anforderungen)
- Verfügbarkeit eines Ansprechpartners bzw. einer lokalen Anlaufstelle
- Gerechte Kosten-Nutzen-Verteilung

Berücksichtigt man zusammen mit diesen allgemeinen Anforderungen die tatsächliche Aufgabe der Planung, Erbringung und Überwachung der logistischen Leistungen für die Transportanforderungen sämtlicher Unternehmen im Kooperationsnetzwerk, so ist zu überlegen, wie diese Koordinationsfunktion tatsächlich abgewickelt werden kann. Im Wesentlichen ist eine Koordination zwischen der gebündelten Transportnachfrage aller Unternehmen mit dem Kapazitätsangebot sämtlicher Spediteure bzw. Logistikdienstleister zu vollziehen.

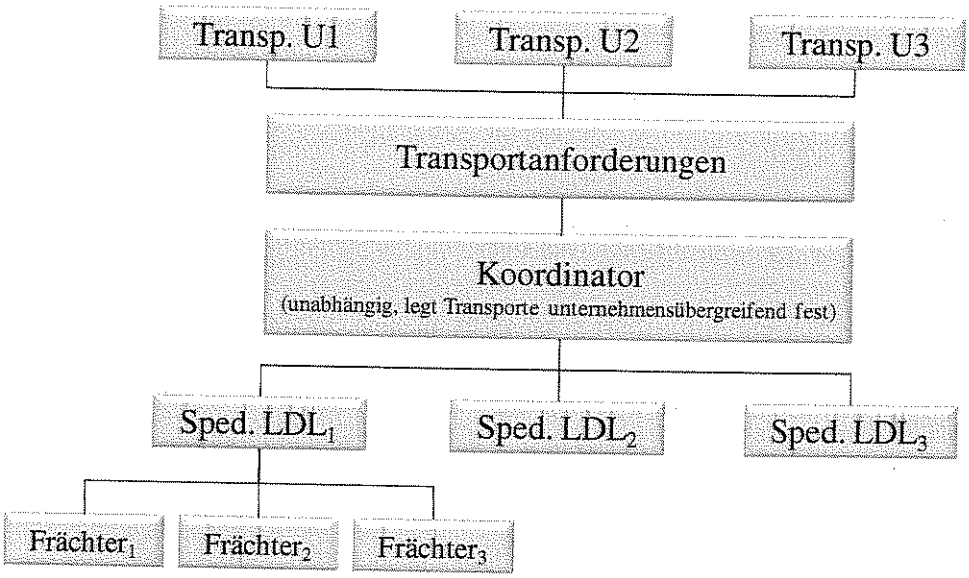

Abbildung 17: Rolle des Koordinators

Hinsichtliche der Erfüllung der Koordinationsfunktion wären generell mehrere Optionen anzudenken. So könnte ein oder mehrere Unternehmen, ein oder mehrere Logistikdienstleister oder auch eine neutrale Instanz, ohne wirtschaftlichen Interesse diese Funktion einnehmen, wobei in der folgenden Abbildung die Vor- und Nachteile der Ausprägungen vorgestellt werden:

	Ein Unternehmen	Mehrere Unternehmen	Unabhängige Stelle	Mehrere LDL	Ein LDL
Vorteile	–einfache Koordination	–Erforderliche Zusammenarbeit erfordert gute Gesamtlösungen	– Neutralität –Vertraulichkeit	–Know-How –erforderliche Zusammenarbeit	–Know-How –Einfachere Abwicklung bzw. Koordination
Nachteile	–Vertraulichkeit –Neutralität bei Planung und Priorisierung –Fehlendes Know-How	–Koordination der Planung und Priorsierung	–Kompetenz –Know-How –Fehlende Strukturen –Kosten durch zusätzlichen Partner	–Koordination	–Neutralität bei Spediteursauswahl –Informationsgewinn
Gefahren	–Kein gesamtheitliches Optimum; Vertreten der Eigeninteressen des Unternehmens	–Zuständigkeiten	–Verteilung des Risikos	–Preiskartell und zu wenig Wettbewerb	–Monopol –LDL hat Freiheit bei Preisgestaltung
Ähnliche, bestehende Konzepte	–Zentrale Logistikabteilung für Konzern	–Logistik-Joint Venture einzelner Unternehmen	–(Frachtenbörse)	–GVZ (Dresden)	–Netzwerk einzelner Logistikdienstleister

Abbildung 18: Mögliche Ausformungen der Koordinationsstelle

Da sich im Rahmen der Erhebungen der Anforderungen der Zulieferbetrieb und damit der potentiellen Kooperationspartner vor allem die Neutralität un Vertraulichkeit als wichtiger Schlüssel zum Funktionieren einer solchen Koo peration herausgestellt hat, eignet sich eine unabhängige Stelle in der Funktio des Koordinators besser als die anderen aufgezeigten Lösungen.
Die sich aus dem vorherrschenden Transportnetzwerk ergebenden Rahmenb dingungen vieler Sendungen mit unterschiedlichen Empfängern unter Berüc sichtung der unterschiedlichen Anlieferrestriktionen bergen einen hohen Di positionsaufwand in sich und erfordern daher eine zentrale Dispositionsstell Dafür ist Personal samt der für die Disposition notwendigen Hard- und So ware nötig. Die Koordinationsstelle hat folglich fixe und variable Kosten tragen, die es zu finanzieren gilt. Daher sind unter diesen Bedingungen unv bindliche Absprachen zwischen Unternehmen, Koordinationsstelle und Log tikdienstleistern nicht ausreichend, sonder es müssen detaillierte Vertr ausgearbeitet werden.
Da von der Koordinationsstelle Neutralität gefordert wird, ist seitens der lieferbetriebe nur eine Planung der logistischen Leistungen aber keine Erb gung dieser durch die Koordinationsstelle selbst erwünscht. Im Aufgaben reich der Koordinationsstelle würde sich aber idealerweise die Verhandl von Preisen und Rahmenverträgen wiederfinden. Der Einsatz eines Ganzz erhöht die Komplexität und die notwendigen Vertrags- und Bindungsinten der Zulieferbetriebe an das Kooperationsnetzwerk zusätzlich. Da Ganzzüg der Regel über einen bestimmten Zeitraum hin bewirtschaftet werden müs um wirtschaftliche konkurrenzfähige Preisangebote des Bahnbetreiber

erhalten, müssen diesem gegenüber bestimmte Verpflichtungen eingegangen werden. So werden in der Regel Rahmenverträge über vereinbarte wöchentliche Kapazitäten je Unternehmen geschlossen, die sich innerhalb eines bestimmten Schwankungsbereiches bewegen dürfen. So müsste die Koordinationsstelle zum einen ein Jahreskontingent mit dem Bahnbetreiber und zum anderen
Jahreskontingente mit den Unternehmen vereinbaren. Es ist daher ersichtlich, dass eine relativ hohe Bindungsintensität vorherrschen muss, da auch finanzielle Belastungen und Risiken zu berücksichtigen sind. Idealerweise könnte die Koordinationsstelle im Rahmen einer GmbH geführt werden, in der die Kooperationspartner die Kapitaleinlage aufbringen. Zwar bietet eine geringe Bindungsintensität den Kooperationspartnern Flexibilität und würde das Zustandekommen der Kooperation erleichtern, jedoch sind detaillierte Verträge mit den Partnern ab einem bestimmten Kooperationsgrad notwendig. Aus Sicht der Koordinationsstelle sind folgende Verträge anzudenken:

- Logistische Leistungsanforderungen bzw. Definition der Mindestanforderungen an eingesetzte Spediteure und Subunternehmer
- Verrechnungspreise bzw. Kosten-Nutzen-Verteilung
- Haftung und Versicherung
- Geheimhaltung und Neutralität
- Ausschließlichtkeitsvereinbarungen (alle relevanten Sendungen müssen in Kooperation eingebracht werden)
- Definiton von Sanktionsinstrumenten wie beispielsweise die Vereinbarung von Konventionalstrafen bei vorab definierten Vertragsverletzungen

Hinsichtlich der Verteilung von Aufwand und Ertrag sind verschiedene Modelle denkbar, wie beispielsweise:

- Empfehlungstarife vom BSL oder der DB in Abhängigkeit der Sendungsgröße und Entfernung (Anreiz zur effizienten Nutzung ist mittel, Verfahren ist sehr kostengünstig)
- Leistungsbezogener, eigener Tarif (Berücksichtigung von Abrechnungsbedingungen je Tour, Aufwand der Erstellung ist sehr groß)
- Abrechnung auf Palettenbasis + Dispositionspauschale (Preis je ausgelieferter Palette und Aufwandsentschädigung für Disposition)
- Tarif mit fixen und variablen Bestandteilen (ein Prozentsatz der Subunternehmerkosten wird pauschal auf alle Kooperationspartner aufgeteilt. Die restlichen Kosten werden auf Basis eines Verrechnungssatzes ermittelt, der von der tatsächlichen Transportlast abhängig ist)

Zu berücksichtigen ist außerdem, dass die gesamte Logistikkooperation nicht von einem einzelnen Partner abhängig sein darf, da diese Abhängigkeit von einem Partner im Fall dessen Ausfalls eventuell zum Scheitern der Kooperation führen könnte. Im konkreten Fall der Zulieferer in Timisoara wäre darauf zu achten, dass eine effiziente Bewirtschaftung des Ganzzuges auch bei Weg-

fall des größten Partners möglich sein muss. Ausschlaggebend für den Erfolg des Konzeptes ist nicht nur die Frage, ob es gelingt, die beteiligten Unternehmen dauerhaft von der Sinnhaftigkeit und Tragfähigkeit einer derartigen Initiative zu überzeugen, sondern auch davon, inwieweit das institutionalisierte Management die regionalen Unternehmen bei der Nutzung von Synergien durch zwischenbetriebliche Kooperation unterstützen kann. Dahingehend sind die Gestaltung der zentralen Kooperationsinstanz und der Regeln unter welchen die Koordination erfolgt entscheidend für den Erfolg.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der Automobilindustrie sind vermehrt kostengetriebene Produktionsverlagerungen von Zulieferern nach Osteuropa zu beobachten. Damit erhöhen sich zwangsläufig Transportintensität und Umweltbelastung. Vor diesem Hintergrund entwickelt das Forschungsprojekt Trans-Austria neue Ansätze, wie Transporte zwischen West- und Osteuropa durch Österreich optimiert werden können.

Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen in der Modell-Region Timis in Rumänien untermauern die Theorie, dass viele Zulieferer ein wesentliches Potential für eine unternehmensübergreifende Transport-Optimierung aufweisen, da eine hohe Ähnlichkeit der Quell- und Zielregionen der verschiedenen Unternehmen besteht.

In diesem Beitrag wurde der Aufbau eines Modells dargestellt, welches die Transportflüsse der untersuchten Unternehmen simuliert und Aspekte der logistischen Wettbewerbsfähigkeit und ökonomische und ökologische Einflussfaktoren bewertet, um daraus bessere Logistikprozesse abzuleiten.

Die Ergebnisse der Simulation zeigen ein großes Potential zur Emissionsreduktion bei annähender Kostenneutralität unter der Prämisse einer optimalen Abwicklungssicherheit von Bahntransporten. Unter Berücksichtigung der aktuellen Verlässlichkeit von Bahntransporten sind Ergebnisse in der vorgestellten Größenordnung zu relativieren.

Zudem erfordert die nachteilige Auswirkung auf die Transportdurchlaufzeit eine Anpassung der Produktionsplanung und –steuerung in der Automobilindustrie. So müssen im Zuge der Bestellung und der damit einhergehenden Terminierung der Produktionsplanung die Restriktionen des Transportes miteinfießen.

Im Forschungprojekt wurde ebenfalls erkannt, dass für eine Ermittlung der Potentiale von unternehmensübergreifenden Logistikmodellen der Aufwand sehr hoch ist. Um eine beschleunigte Analyse und Bewertung zu ermöglichen, ist in einem nächsten Schritt die Definition eines Assistenzsystems zur Erhöhung der Flexibilität und Geschwindigkeit bei der Erzeugung von Logistikmodellen geplant.

Literatur

Brauer, K.M.; Krieger, W. (1982): Betriebswirtschaftliche Logistik, Berlin

Engelhardt-Nowitzki C./Oberhofer, A.F (2006), Innovationen für die Logistik- Wettbewerbsvorteile durch neue Konzepte, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co Berlin

Erdmann, M. (1999): Konsolidierungspotentiale von Speditionskooperationen – Eine simulationsgestützte Analyse, Wiesbaden

Friese, M. (1998): Kooperation als Wettbewerbsstrategie für Dienstleistungsunternehmen, Wiesbaden

Ihde, G.B. (1984): Versorgungs- und Entsorgungskonzepte – logistische Lösungen heute und zukünftig, in: Transportabwicklung im Güternahverkehr, Report 3, Daimler Benz AG, Düsseldorf

Kinkel, S.; Zanker C. (2007): Globale Produktionsstrategien in der Automobilzulieferindustrie, Springer, Berlin

Kleer, M. (1991): Gestaltung von Kooperationen zwischen Industrie- und Logistikunternehmen. Ergebnisse theoretischer und empirischer Untersuchungen, Berlin

Langenscheidts Taschenwörterbuch Latein (1998)

Pfohl H.-C. (2004): Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004

Rösler O.M.(2003): Gestaltung von kooperativen Logistiknetzwerken, Wiesbaden

Sihn, W. (2006): Detroit des Ostens, Wien

Sihn, W.; Palm, D.; Matyas, K.; Kuhlang, P. (2006): Automotive Region Eastern Europe – AREE: Chancen und Potentiale des „Detroit des Ostens" für Automobilzulieferer, Wien

Sihn, W.; Palm, D.; Schmitz, K; Leitner, R. (2009): Automotive Region Central and Eastern Europe – Produktionsstrukturen von Automobilherstellern und ihrer Zulieferer, Wien

Stahl, D. (1995): Internationale Speditionsnetzwerke, in: Beiträge aus dem Institut für Verkehrswissenschaften an der Universität Münster, Heft 135, hrsg. v. Ewers, H.-J., Göttingen

Stütz, W. (1999): Entwicklung eines innovativen City-Logistik Konzepter unter Einbeziehung der schienengebundenen Infrastruktur für europäische Großstädte

Vahrenkamp, R. (2007): Logistik – Management und Strategien, 6. Auflage, München, Wien

VDA (2004): Future Automotive Industry Structure (FAST) 2015 – die neue Arbeitsteilung in der Automobilindustrie, Frankfurt

Voigt, F. (1973): Verkehr. Die Theorie der Verkehrswirtschaft, Erster Band, Berlin

Weddewer, M. (2007): Verrechnungspreissysteme für horizontale Speditionsnetzwerke, Wiesbaden

Wiendahl, H. –P. (1996): Erfolgsfaktor Logistikqualität. Springer, Heidelberg