



Projekt Kennzeichen:	19 G 1016A bis 19 G 1016F
Projekt Titel:	OPTRANS – Optimale Transporte in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft
Dokument Typ:	Abschlussbericht
Dokument Nummer:	keine
Titel des Dokuments:	Projekt Abschlussbericht
Teilprojekt(e):	TP1 bis TP6
Zuständiger Partner:	PTV
Zuarbeitende Projektpartner:	AWM, DKR, IFEU, LOCOM, LSR
Autoren:	Silke Cebulla, Florian Knappe, Robert Lindner, Efisio Marongiu, Jürgen Schulz, Mario Skupin, Johannes Wittmann.
Zusammenfassung:	Dieses Dokument fasst alle wesentlichen Erkenntnisse des Projekts OPTRANS zusammen. Zielsetzung dieses F&E-Vorhabens war die Optimierung von Transporten zwischen Recyclinganlagen, nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Dabei wurden Musterentsorgungsketten analysiert und ein optimierendes EDV-System auf verschiedenen Ebenen entworfen, entwickelt, installiert und im praktischen Einsatz erprobt.
Suchbegriffe:	Kreislaufwirtschaft, Abfallwirtschaft, Entsorgungswirtschaft, Entsorgung, Entsorgungskette, Recycling, Transportlogistik, Transportlogistiknetzwerk, Informationssysteme, Kommunikationssysteme, Transportauftragsgenerierung, Tourenoptimierung, Kunststoffe, Sortieren, Aufbereiten, Veredeln, Wiederverwerten, Verwertung, Duales System Deutschland.
Vertraulichkeitsniveau:	Öffentlich
Dokument ID:	OPTRANS/Abschlussbericht
Version:	1.0
Datum der Fertigstellung:	01. April 2004
Gesamtanzahl Seiten:	45
URL der Projekt WEB-Seite:	http://www.ptv.de/optrans
Projektleiter:	Efisio Marongiu PTV Planung Transport Verkehr AG Stumpfstr. 1 – 76131 Karlsruhe – Deutschland Tel: +49 (0)721 9651 170 Fax: +49 (0)721 9651 696 Efisio.Marongiu@ptv.de

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSCHLUSSBERICHT DES PROJEKTS OPTRANS	4
I. KURZE DARSTELLUNG ZU.....	4
1. Aufgabenstellung.....	4
2. Planung und Ablauf des Projekts	5
3. Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde.....	8
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere - Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des F&E-Auftrags benutzt wurden, - Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste.....	9
Grundlagen des Transportproblems	9
Lösungsverfahren für das Transportproblem	10
Verwendete Literatur	11
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	11
II. EINGEHENDE DARSTELLUNG	13
1. Das erzielte Ergebnis.....	13
Potentialanalyse und Transportoptimierung	14
Ökonomische und ökologische Bewertung.....	20
Das entwickelte I&K- bzw. Planungssystem	23
2. Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	29
Ökonomische und ökologische Bewertung.....	29
Das Teilsystem TAG	29
Das Teilsystem AMEDA	30
Das Teilsystem intertour/dispatch.....	30
3. Der während der Durchführung des F&E-Auftrags dem Auftragnehmer bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet des Auftrags bei anderen Stellen.....	31
4. Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des F&E-Ergebnisses nach § 11 der allgemeinen Bestimmungen. Wenn zur Wahrung berechtigter Interessen des Auftragnehmers oder Dritter oder aus anderen sachlichen Gesichtspunkten bestimmte Einzelheiten aus dem Bericht vertraulich zu behandeln sind (z.B. Wahrung der Priorität bei Schutzrechtsanmeldungen), so hat der Auftragnehmer den Auftraggeber ausdrücklich darauf hinzuweisen.....	33
III. KURZGEFASSTER ERFOLGSKONTROLLBERICHT	34

1. Das wissenschaftlich-technische Ergebnis des F&E-Auftrags, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen	34
3. Die evtl. wirtschaftlichen Erfolgsaussichten nach Auftragsende (mit Zeithorizont) - z.B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/-industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben, soweit die Art des Auftrags dies zulässt)	36
4. Die evtl. wissenschaftlichen und/oder technischen Erfolgsaussichten nach Auftragsende (mit Zeithorizont) - u.a., wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z.B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u.a. einzubeziehen	36
5. Die evtl. wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte.....	37
6. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	38
7. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer - z.B. Anwenderkonferenzen (Angaben, soweit die Art des Auftrags dies zulässt)	38
8. Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung.....	38
ANHANG A: BERICHTSBLATT UND „DOCUMENT CONTROL SHEET“	39
ANHANG B: PRESSEMITTEILUNGEN	42
ANHANG C: PROJEKTPOSTER.....	43

Abschlussbericht des Projekts OPTRANS

I. Kurze Darstellung zu

1. Aufgabenstellung

Nach dem Stand der Forschung vor OPTRANS, Ende des Jahres 2000, wurde im Umweltschutz vor allem versucht, die Emissionsintensität, das heisst die Schadstofffracht in Bezug auf die Fahrleistung, zu optimieren. Ansatzpunkte waren hier insbesondere die Frage der Abgasminderungstechnik, verbesserter Antriebe oder auch die Wahl eines umweltfreundlichen Transportmittels.

Eine Ursachenforschung zur Verkehrsnachfrage und das Thema Verkehrsvermeidung wurde bereits abgelaufenen Forschungsvorhaben intensiv erörtert. Mit dem Forschungsprojekt "Verkehrliche Auswirkungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes" (FE-Nr. 96470/97) konnte im Sinne einer Verkehrsauswirkungsprüfung gezeigt werden, welche Relevanz gerade seit der neuen Abfallgesetzgebung (KrW-/AbfG) den Abfalltransporten zukommt. Ebenfalls deutlich wurde jedoch, dass im Sinne des Gesetzgebers Transporte immer im Zusammenhang mit der gesamten Abfallentsorgung bzw. der Kreislaufwirtschaft gesehen werden müssen. Hohe Transportaufwendungen können ökologisch gerechtfertigt sein, wenn die hohen (Transport-)Aufwendungen bei der getrennten Erfassung der Abfälle und grosse Transportdistanzen zu den letztendlichen Verwertungsorten dazu führen, dass die Abfälle gemäss ihrem Wertschöpfungspotential hochwertig in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden können.

Vor diesem Hintergrund behandelt das BMBF-Forschungsprojekt OPTRANS das Thema, auf welche Weise Kreislauf- und Abfallwirtschaftsprozesse unter Einbeziehung der Transporte nach ökonomischen und ökologischen Kriterien bewertet und optimiert werden können. OPTRANS entwickelt im speziellen eine Informations- und Kommunikationslösung für die Transportoptimierung der Kunststofffraktionen im Haushaltsmüll aus ökologisch-ökonomischer Sicht. Durch weitgehenden Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnik auf taktischer und operativer Planungsebene wird eine optimale Transportabwicklung in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft erreicht.

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht hierbei in der

- Reduzierung des Transportaufwandes im Strassengüterverkehr
- Analyse der Rahmenbedingungen zur verstärkten Nutzung alternativer Verkehrsträger

Damit leistet OPTRANS einen Beitrag zu dem Forschungsfeld "Technologische und organisatorische Innovationen im Verkehr". In dem dort genannten Aufgabenschwerpunkt "Gegen den Trend: Mehr Güter auf Bahn und Schiff" entwickelt OPTRANS Lösungen, die zum Forschungsschwerpunkt "Optimierung von Transporttechnik und -organisation" beitragen. Anhand der in OPTRANS gebildeten Musterentsorgungsketten kann verifiziert werden, ob Potentiale zur Verringerung der Umweltauswirkungen sowie zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit vorhanden sind. Die Auswahl des Abfalls (Kunststoff) erfolgte so, dass ein repräsentatives Spektrum für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Abfallstoffe wie z.B. Glas gewährleistet ist.

Durch die involvierten Partner wurde erreicht, dass sämtliche Projektschritte durch aktiv im Markt tätige Akteure begleitet wurden und eine direkte Rückkopplung zur Umsetzbarkeit erfolgte:

- Zentrale Akteure in der Verwertungskette
DKR Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH
- Dezentrale Akteure entlang der Verwertungskette wie Transporteure, Sortierer, Aufbereiter, Verwerter
ALBA Wertstoffmanagement GmbH
LSR Recycling-Zentrum Dingelstädt GmbH

➤ Systementwickler und Systemintegrator für die Bereitstellung und Einführung von Transportplanungssystemen auf taktischer und operativer Ebene
PTV Planung Transport Verkehr AG

➤ Experten zur Optimierung von Transportprozessen sowie zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Lösungsansätzen
LOCOM Consulting GmbH
ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem bvse Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (Bonn), als assoziierten Projektpartner, durchgeführt.

2. Planung und Ablauf des Projekts

Der Ablauf des Projekts kann in vier übergeordnete Phasen unterteilt werden, die in der Projektlaufzeit nacheinander durchlaufen wurden:

1. Analyse (Zeitraum: 03/2001 bis 12/2001)
2. Forschung und Konzepterstellung (Zeitraum: 09/2001 bis 06/2002)
3. Systementwicklung und –demonstration (Zeitraum: 07/2002 bis 11/2003)
4. Verwertung der Ergebnisse (Zeitraum: 08/2003 bis 12/2003).

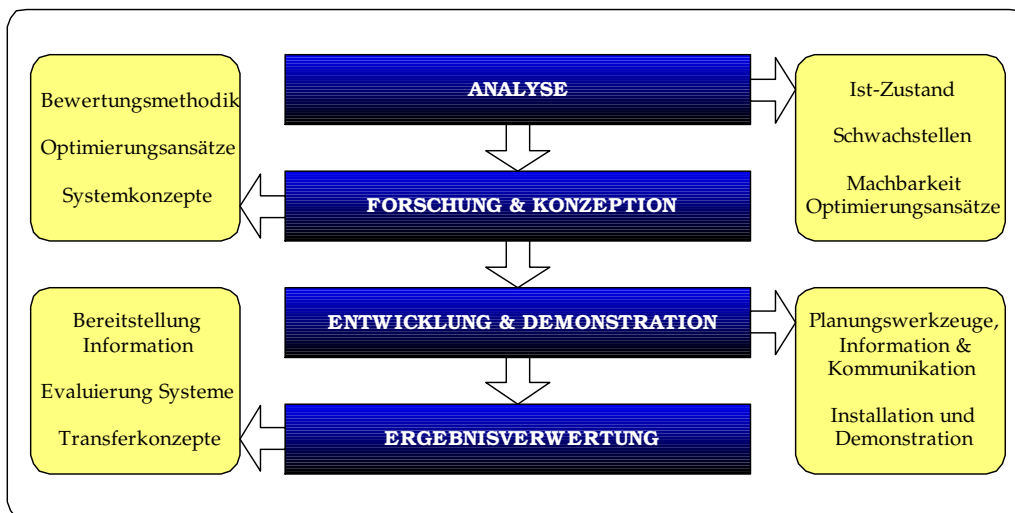


Abbildung 1: Projektphasen und -aktivitäten

Die erste Phase war durch eine intensive Zusammenarbeit zwischen den demonstrierenden Partnern DKR, AWM, LSR und den Partnern LOCOM, IFEU und PTV charakterisiert. Dabei wurde der Ist-Zustand bei den Demonstratoren erfasst und analysiert; es wurden Schwachstellen genau bestimmt, bewertet und Ansätze zur Optimierung (aus logistisch/organisatorischer, ökonomischer und ökologischer Sicht) erdacht. Die Optimierungsansätze wurden zum Abschluss der Phase überprüft. Inhaltlich federführend in dieser Phase waren die Firmen LOCOM und IFEU.

Die zweite Phase war geprägt von durch das IFEU-Institut vorangetriebenen Forschungsaktivitäten in Bezug auf eine umfassende quantitative Beschreibung der von Transportprozessen ausgehenden

Umweltwirkungen mittels Kriterien und daraus abgeleitet das Herausarbeiten repräsentativer Wirkungskategorien. Im Kolloquium mit LOCOM und PTV wurde dann eine Vorgehensweise entworfen, zur sinnvollen Positionierung ökologischer Optimierungsansätze neben der ökonomischen Sicht. Die verschiedenen Alternativen wurden mit dem betroffenen demonstrierenden Partner DKR abgestimmt. Es folgte eine Konzeptphase, in der (unter Rücksichtnahme der zuvor erarbeiteten Studienergebnisse) das Systemkonzept für die verschiedenen Teilsysteme der demonstrierenden Partner (siehe Abbildung 2) entwickelt wurde. Dabei ging es um

- a) eine Anwendung zur Generierung von ökologisch/ökonomisch optimalen Transportaufträgen (TAG-Tool),
- b) eine Anwendung zur Bildung von optimalen Transportumläufen ausgehend von einfachen Transportaufträgen (intertour/dispatch),
- c) ein Teilsystem zur elektronischen Kennzeichnung, Registrierung und lückenlosen Verfolgung von durch Sortieranlagen produzierten Kunststoffballen. Dieses Teilsystem wurde im Rahmen eines parallel zu OPTRANS ablaufenden, durch DKR vorangetriebenen industriellen Projekts mit dem Namen AMEDA entworfen, entwickelt und installiert.

Federführend bei dieser Arbeit war die Firma PTV.

In der dritten Phase ging es um die praktische Umsetzung der erarbeiteten Konzepte, die Installation der Teilsysteme und deren Demonstration. Für die Umsetzung des TAG-Tools war die Firma LOCOM, für die Umsetzung der Anwendung zur Transportumlaufplanung die Firma PTV zuständig. Das AMEDA-System wurde durch DKR bei LSR umgesetzt. Alle Teilsysteme sind mindestens zwei Monate bei den demonstrierenden Partnern erprobt worden. Es wurden Planungsdaten für spätere Analysezwecke gespeichert.

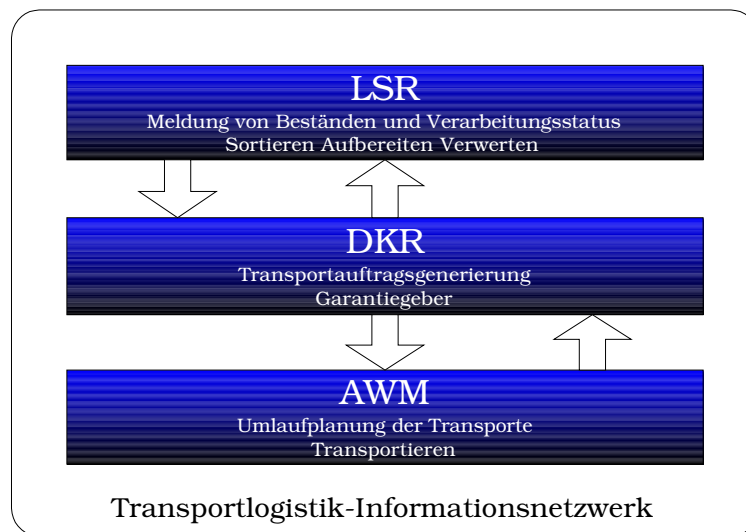


Abbildung 2: Prozesse bei den demonstrierenden Partnern

Die vierte Phase hatte zum Ziel, anhand einer Analyse der Planungsergebnisse und anhand von Interviews mit den Anwendern, Erkenntnisse aus den einzelnen Demonstrationen zu gewinnen. Die Analysen der Daten wurden durch PTV und LOCOM vorgenommen. IFEU war federführend für die gesamte Evaluierung. Zusätzlich wurden Gespräche mit anderen Akteuren aus der Entsorgungsbranche mit dem Ziel geführt, alternative Anwendungsfälle für die OPTRANS-Teilsysteme zu finden bzw. Transferkonzepte zu erarbeiten. Diese Aktivität wurde durch PTV, in Zusammenarbeit mit LOCOM und IFEU, durchgeführt.

Zwei Aktivitäten, die übergreifend waren und über die gesamte Projektlaufzeit liefen, waren Projektkoordination und -aussendarstellung. Hierbei war PTV federführend; bei der letzten wurde PTV

durch den BVSE unterstützt. Im Rahmen dieser Aktivität fanden einige Präsentationen zu OPTRANS auf grösseren Veranstaltungen statt. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Im Laufe des Projekts fanden in regelmässigen Abständen, zur Abstimmung und zur Bearbeitung von bestimmten Themen, Arbeitstreffen statt. Etwas weiter auseinanderliegend waren die offiziellen Konsortialtreffen, deren Zielsetzung es war, den Kommunikationsfluss innerhalb des Konsortiums zu gewährleisten und die weiteren Aktivitäten zu planen. Eine Liste der stattgefundenen Konsortialtreffen ist unten angegeben.

Projekttreffen	
Projektstart (offizieller Projektstart war der 01.03.2001, kommuniziert im Bewilligungsbescheid vom 27.06.2001)	21.02.2001
Nutzeranforderungen	31.07.2001
Ist-Analyse	21.09.2001
Machbarkeitsanalyse Optimierung	21.02.2002
1. Zwischenstand Systementwicklung	09.07.2002
2. Zwischenstand Systementwicklung	12.12.2002
Abschluss Systementwicklung, Zwischenstand Systemeinführung	30.04.2003
Abschlusstreffen Evaluierung, Transferkonzepte, Projektergebnisse	10.12.2003

Tabelle 1: Projekttreffen

Präsentationen		
Auftakt des Forschungsschwerpunkts in Karlsruhe	23.01.2002	Durch PTV
Vorstandssitzung des BVSE zum 5.Internationalen Altkunststofftag in Hamburg	29.04.2002	Durch PTV und IFEU
Vorstandssitzung des BVSE zum Forum Sonderabfall in Raunheim	20.02.2003	Durch LOCOM
Auftakt des 8.DKR Kongress in Bad Neuenahr	11.06.2003	Durch PTV und LOCOM
Vorstandssitzung des BVSE zum 4.Europäischen Recyclingtag in Potsdam	11.09.2003	Durch IFEU
Statusseminar des Forschungsschwerpunkts in Dresden	27.11.2003	Durch PTV

Tabelle 2: Projektpräsentationen

Internet	
Offizielle Projektpräsenz	www.ptv.de/optrans
Präsenz des Forschungsschwerpunkts	www.kreislaufwirtschaft.net
BVSE: Verweis unter Forschungsprojekte	www.bvse.de

Tabelle 3: Internetpräsenz

3. Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde

Die Entsorgung der Leichtfraktion aus Haushalten entspricht in den Rahmenbedingungen in vielen Bereichen der von (hausmüllähnlichen) Gewerbeabfällen; diese haben eine große Mengenrelevanz. Forschungserkenntnisse aus einer Transportoptimierung in der Entsorgung der Leichtfraktion sollten deshalb prinzipiell auf die gewerblicher Abfälle übertragbar sein. Die Problematik der Entsorgung und des Transportes der Leichtfraktion stellt aber auch für sich allein gesehen einen interessanten Ansatz der Untersuchung zur Transportoptimierung dar.

Die Verträge von DSD mit ihren einzelnen Garantiegebern (DKR, GGA, Interseroh, IPK, DAVR, GEBR etc.) wurden im Jahre 1993 über eine Laufzeit von 10 Jahren abgeschlossen. Ähnlich gestaltet wurden ebenfalls die Verträge der Garantiegeber mit den einzelnen Entsorgungsunternehmen. Vor diesem Hintergrund wurden im Jahr 2003 sämtliche Verträge neu ausgeschrieben. Damit ergab sich die Chance zur Evaluierung und Reorganisation des vor der Neuausschreibung bestehenden Logistiksystems.

Für das Projekt konnten demonstrierende Partner aus der Entsorgungswirtschaft gewonnen werden. Deren abfallwirtschaftliche Situation und die bestehenden Randbedingungen stellten einen wichtigen Beitrag, auch für das Teilprojekt des ifeu-Instituts, dar. Das gilt insbesondere für den Projektpartner DKR. Auf der Basis der realen abfallwirtschaftlichen Kenndaten eines Referenzjahres erfolgte die Methodenentwicklung zur ökologischen Bewertung von Transporten innerhalb von Entsorgungssystemen sowie die Analyse der Machbarkeit der Verlagerung von Transportketten auf alternative Transportträger. Alle Projektpartner aus der Entsorgungswirtschaft waren zudem für die Sicherstellung der Ausrichtung der Methodenentwicklung an den realen Gegebenheiten der Entsorgungswirtschaft bedeutend.

Zur Anbindung an die realen abfallwirtschaftlichen Verhältnisse diente auch die vertragliche Einbeziehung des Entsorgerverbandes bvse (Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., Bonn) und Möglichkeiten zur Diskussion der Methodik und der Lösungen vor allem im Rahmen von Sitzungen der einzelnen Fachausschüsse.

Generell zeigt sich, dass die Ökologie nicht mehr den Stellenwert vergangener Jahre hat. Entscheidungen werden sehr stark auf Kosteneffizienz ausgerichtet. Tendenziell nur noch bei Beauftragungen durch die Öffentliche Hand stellt die Ökologie ein Vergabekriterium dar. Ökologische Aspekte spielen dann auch weiterhin eine wichtige Rolle, wenn Akteure aus der Abfallwirtschaft auf ein entsprechendes Image in der Öffentlichkeit angewiesen sind. Dies führte in Verbindung mit einem derzeit starken wirtschaftlichen Wettbewerb dazu, dass mit der Aufgabenstellung des Teilprojekts nur verhaltenes Interesse geweckt werden konnte.

Dieser Wettbewerb in der Abfallwirtschaft führt jedoch unter anderem auch zu zunehmenden Konzentrationsprozessen, verbunden mit einer Konzentration abfallwirtschaftlicher Tätigkeiten auf weniger und grössere Standorte. Dies führt zu grösseren Massenflüssen zwischen Anlagenstandorten über grössere Distanzen und damit zunehmend in Randbedingungen hinein, die eine Verlagerung von Verkehren auf alternative Verkehrsträger interessant machen. Eine Bewertung nicht nur von Strassentransporten sondern auch von gebrochenen kombinierten Verkehren über die entwickelte Software fand daher grosses Interesse.

Zusätzlich gab es aus technischer Systemsicht einige Besonderheiten zu beachten:

Aktivität Transportauftragsgenerierung (TAG)

Bei DKR ist bereits das Warenwirtschaftssystem von BaaN im Einsatz. Zur Zeit werden hiermit die Sortierer (Sender) in BaaN bestimmten Veredlern (Empfänger bzw. Sender) und diese bestimmten Verwertern (Empfänger) quasi statisch zugeordnet. Die Zuordnung obliegt einer Prioritätenvergabe von DKR. Meistens sind die Faktoren Nähe sowie Produktqualität ausschlaggebend. Das BaaN-System berücksichtigt bei der Planung diese Prioritäten und maximale/minimale Mengen für die jeweiligen Empfänger und liefert Vorschläge, indem es in einer vordefinierten, priorisierten Zuordnungstabelle nach Sendern sucht, die den Bedarf des jeweiligen Empfängers befriedigen können. Aufgrund dieser Zuordnung werden die Mengen von den Sendern zu den Empfängern verplant und folglich Aufträge für die Folgewoche erzeugt. Reicht die dem Empfänger zugeordnete Menge innerhalb dieser Struktur nicht

aus um den Bedarf zu decken, greift der Disponent manuell ein.

Die TAG-Anwendung soll somit den Disponenten bei der Findung optimaler Zuordnungen unterstützen und manuelle Eingriffe auf ein Minimum reduzieren. Das bestehende System sollte auch mit dem Einsatz einer TAG-Anwendung weiter bestehen und genutzt werden. Die für den Nachweis der Transportströme benötigten Daten werden weiter aus dem BaaN-System entnommen.

Aktivität Tourenoptimierung

Bei AWM (ehemals WVS) ist ein Warenwirtschaftssystem von SAP im Einsatz, in dem nebst anderem Daten zu Kunden der ALBA Gruppe und den mit ihnen abgeschlossenen Kontrakten gespeichert sind. Über eine Schnittstelle zum Sales&Distribution-Modul werden (vor allem für die Fraktionen Holz und Papier) Transportaufträge zur Anwendung intertour/dispatch übertragen. Diese sollen zusammen mit den durch DKR für AWM ermittelten Transportaufträgen für die Fraktion Kunststoff zu optimalen Transportumläufen verarbeitet werden.

Aktivität Transportlogistik-Informationsnetzwerk

Es handelt sich hauptsächlich um das System AMEDA, das durch DKR exemplarisch bei LSR während der Projektlaufzeit eingeführt wurde. Hierbei wurden an der Sortieranlage produzierte Kunststoffballen gewogen und mit Transpondern ausgestattet; diese dienen zur Identifikation der einzelnen Ballen. Der Anlagenbetreiber hatte einen genauen Überblick über die produzierten Ballen und meldete DKR in regelmässigen Abständen die aktuellen Bestände an Kunststoffen, die zum Abtransport bereit standen. Die bei den verarbeitenden Anlagen eingehenden Kunststoffballen wurden am Wareneingang registriert; somit konnte genau nachvollzogen werden, wann welche Ballen verarbeitet wurden.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere

- Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des F&E-Auftrags benutzt wurden,

- Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Grundlagen des Transportproblems

Bei der sich der TAG stellenden Optimierungsaufgabe handelt es sich um ein einstufiges, kapazitiertes Transportproblem, denn jeder Transport erfolgt direkt von einem Anbieter zu einem Nachfrager (ohne Zwischenknoten) und es sind Kapazitätsbeschränkungen der Anlagen und Spediteure zu berücksichtigen.

Das klassische Transportproblem [vgl. hierzu DOM89, S. 88] ist dadurch gekennzeichnet, dass von mehreren Ausgangsorten A_i ($i = 1, \dots, m$) a_i Mengeneinheiten (ME) eines Gutes angeboten werden, die zu mehreren Bestimmungsorten B_j ($j = 1, \dots, n$) mit dem Bedarf von b_j ME transportiert werden müssen. Das Gesamtangebot entspricht dabei dem Gesamtbedarf. Ferner sind die Kosten c_{ij} für den Transport einer ME von A_i nach B_j bekannt. Bezeichnet x_{ij} die Transportmenge, die vom Ort i zu Ort j befördert wird, so kann das Problem mathematisch folgendermassen formuliert werden:

$$\text{Minimiere } Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$$

unter den Nebenbedingungen

$$(1) \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad \text{für alle } i = 1, \dots, m$$

$$(2) \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad \text{für alle } j = 1, \dots, n$$

$$(3) \quad x_{ij} \geq 0 \quad \text{für alle } i \text{ und } j$$

Stimmt nun das Gesamtangebot nicht mit dem Gesamtbedarf überein, können zwei Fälle unterschieden werden [vgl. WAL97, Kap 2 S. 42]:

1. Fall:

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j, \text{ d.h. das Gesamtangebot ist grösser als der Gesamtbedarf.}$$

In diesem Fall wird ein fiktiver Bedarfsort B_{n+1} eingeführt, der einen Bedarf von

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \text{ aufweist.}$$

2. Fall:

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j, \text{ d.h. das Gesamtangebot ist kleiner als der Gesamtbedarf.}$$

Tritt dieser Fall ein, wird ein fiktiver Angebotsort A_{m+1} hinzugenommen, der ein Angebot von

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i \text{ aufweist.}$$

Mit der Einführung eines fiktiven Bedarfs- bzw. Angebotortes wird erreicht, dass die beiden oben beschriebenen Fälle durch das klassische Transportproblem dargestellt werden können.

Im Kunststoffrecycling ergibt sich für jede Kunststofffraktion ein eigenständiges Transportoptimierungsproblem. Die Fraktionen werden von mehreren Quellen angeboten und von mehreren Senken nachgefragt. In der Regel entspricht dabei das Angebot nicht dem Bedarf. Um einen Ausgleich herzustellen, können entweder Läger als Sender bzw. Empfänger hinzugefügt werden oder es werden bestimmte Regeln definiert. Die Relationen wiederum werden mit einem Kostenwert bewertet. Im Vergleich zum klassischen Transportproblem erfordert dieser Fall allerdings nicht die Optimierung der transportierten Menge zwischen den Sendern und Empfängern, sondern der Anzahl der Transporte. Als zusätzliche Nebenbedingung muss dann die Teilbarkeit der transportierten Menge durch die fraktionsabhängige Komplettladungsmenge gewährleistet sein.

Es wird deutlich, dass das Transportoptimierungsproblem im Kunststoffrecycling grundsätzlich für jede Fraktion in Form des klassischen Transportproblems abgebildet werden kann. Dementsprechend kann man dafür auch die im nächsten Abschnitt vorgestellten Lösungsverfahren anwenden.

Lösungsverfahren für das Transportproblem

Das Transportproblem gehört zu den linearen Optimierungsproblemen und kann daher prinzipiell mit den dafür verfügbaren Algorithmen, wie z.B. der Simplex-Methode, gelöst werden [vgl. DOM89, S. 75]. Des Weiteren ist es möglich, das Problem in ein Flussproblem umzuwandeln, auf das anschliessend entsprechende Flussalgorithmen angewandt werden können [vgl. MÜL85, S.266]. Auf Grund der Struktur des Transportproblems existieren allerdings spezielle Lösungsverfahren, die auf dieses Problem zugeschnitten sind [vgl. ZIM99, S. 90].

Im Folgenden wird kurz auf die Simplex-Methode und einige spezielle Lösungsverfahren für das Transportproblem eingegangen.

Das Simplex-Verfahren stellt das wichtigste Verfahren der linearen Optimierung dar und kann universell eingesetzt werden. Für eine genaue Beschreibung der Funktionsweise des Simplex-Algorithmus sei an dieser Stelle auf [ZIM99, S. 53-54] verwiesen. Eine Anwendung der Simplex-Methode auf das Transportproblem ist zwar theoretisch möglich, aber nicht zweckmässig, da im Vergleich zu den speziellen Lösungsverfahren ein erhöhter Rechenaufwand erforderlich ist [vgl. MÜL85, S. 174]. Eine

spezielle Version der Simplex-Methode ist die für das Umladeproblem entwickelte Netzwerk-Simplex-Methode. Da das Transportproblem wiederum einen Spezialfall des Umladeproblems darstellt, kann diese Methode auch für die Transportoptimierung eingesetzt werden [vgl. NEU93, S. 301].

Um die speziell auf das Transportproblem zugeschnittenen Lösungsverfahren anwenden zu können, ist zunächst die Bestimmung einer Ausgangslösung mit einem sogenannten Eröffnungsverfahren notwendig. Dafür existieren zahlreiche heuristische Verfahren, wie z.B. das Nord-West-Ecken-Verfahren, das Matrixminimumverfahren oder das Vogelsche Approximationsverfahren [vgl. ZIM99, S. 94-96]. Die verschiedenen Eröffnungsverfahren unterscheiden sich im Wesentlichen durch den benötigten Rechenaufwand und das Niveau ihrer Ausgangslösung. Die Lösung ist dabei im Allgemeinen um so besser, je mehr Rechenaufwand benötigt wird. Je näher diese Lösung an der optimalen Lösung liegt, desto weniger Iterationen sind mit Hilfe der anschließenden Optimierungsverfahren durchzuführen [vgl. DOM89, S. 93].

Anhand der Ausgangslösung ist zu prüfen, ob diese Lösung bereits optimal ist bzw. wie man aus dieser Ausgangslösung die optimale Lösung, d.h. diejenige Lösung, die die Gesamtkosten minimiert, ermitteln kann. Dafür existieren zwei verschiedene Verfahren, die Stepping-Stone-Methode und die MODI-Methode (Modifizierte Distributionsmethode) [vgl. ZIM99, S. 96-97]. Diese beiden Verfahren sind im Wesentlichen Spezialisierungen der Simplex-Methode [vgl. DOM89, S. 75]. Die MODI-Methode stellt dabei eine leicht abgeänderte Version der Netzwerk-Simplex-Methode dar [vgl. NEU93, S. 331]. Diese beiden eng miteinander verwandten Optimierungsverfahren verbessern Schritt für Schritt eine vorher bestimmte Ausgangslösung, bis die (oder eine) optimale Lösung ermittelt ist [vgl. DOM89, S. 92].

Verwendete Literatur

- [BAL96] Balzert, H. (1996): Lehrbuch der Software-Technik, Software-Entwicklung. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford 1996.
- [DOM89] Domschke, W. (1989): Logistik: Transport. Grundlagen, lineare Transport- und Umladeprobleme, 3. erg. Aufl., Oldenbourg Verlag, München 1989.
- [DOM90] Domschke, W. (1990): Logistik: Rundreise und Touren, 3. Auflage Oldenbourg Verlag, München 1990.
- [MÜL85] Müller-Merbach, H. (1985): Operations Research. Methoden und Modelle der Optimalplanung, 3. durchges. Aufl., 8. Nachdruck, Verlag Franz Vahlen, München 1985.
- [NEU93] Neumann, K.; Morlock, M. (1993): Operations Research, Carl Hanser Verlag, München, Wien 1993.
- [WAL97] Waldmann, K.-H. (1997): Einführung in das Operations Research I, II. Skript zur Vorlesung im WS 97/98 und SS 98, Karlsruhe 1997.
- [ZIM99] Zimmermann, W. (1999): Operations-Research: quantitative Methoden zur Entscheidungsvorbereitung, 9. überarbeitete Auflage, Oldenbourg Verlag, München 1999.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Im Rahmen von OPTRANS wurde bei der Ermittlung der Zielgrösse für den Optimierungsalgorithmus keine Verrechnung von ökologischen Wirkungskategorien mit ökonomischen Kenngrößen vorgenommen. Es gibt jedoch innerhalb des Forschungsschwerpunkts ein Projekt (ETIENNE, Uni Dresden) in dem eingehender untersucht wird, inwiefern dies möglich ist. Das ifeu-Institut ist mit der Uni Dresden in Kontakt und wird mit den Erkenntnissen aus OPTRANS zu dieser Untersuchung beisteuern.

Das ifeu-Institut ist in einer Arbeitsgruppe von DIN/CEN, deren Schwerpunkt die standardisierte ökologische Bewertung von technischen Prozessen ist, vertreten. Zur Thematik der standardisierten Ökobilanzierung ist ein VDI-Merkblatt erschienen.

Durch die Zusammenarbeit mit dem bvse (Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.) als assoziiertem Projektpartner war es möglich, den Kontakt zu den Entsorgern (Anlagenbetreibern, Spediteuren) aufrecht zu halten und diese über den aktuellen Stand der Erkenntnisse aus OPTRANS zu informieren; dies geschah hauptsächlich durch Präsentationen im Rahmen von Vorstandssitzungen. Die Rückmeldungen waren jedoch recht verhalten.

Ausgehend von Pressemitteilungen am Ende jeder Phase des Projekts sind mehrere Artikel in verschiedenen Fachzeitschriften aus den Bereichen Transportlogistik und Entsorgung erschienen. Es gab einige Rückmeldungen der Presse, die gezeigt haben, dass den Themen „ökologische und ökonomische Optimierung von Transporten zwischen Recyclinganlagen“ und „Verlagerung von Transporten auf alternative Verkehrsträger“ eine grosse Bedeutung beigemessen wird.

II. Eingehende Darstellung

1. Das erzielte Ergebnis

Das Recycling von Kunststoffen (wie auch das von Altpapier, Glas oder Blech) kann grundsätzlich in vier Hauptprozesse unterteilt werden:

- Sammlung
- Sortierung
- Aufbereitung (Veredelung)
- Verwertung.

Zwischen diesen Bearbeitungsschritten werden, zur Beförderung des zu bearbeitenden Wertstoffes (Altproduktes), Transporte durchgeführt. Die Optimierung dieser Transporte (nämlich der Transporte von der Sortierung zur Aufbereitung und von der Aufbereitung zur Verwertung bzw. von der Sortierung zur Verwertung) nach ökologischen bzw. ökonomischen Kriterien ist das Hauptziel von OPTRANS. Als Garantiegeber (für die Kunststofffraktionen) gegenüber dem DSD (Dualen System Deutschland AG) ist die Firma DKR (Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH) für die Organisation dieser Transporte zuständig.

Bei den Sortierern erfolgt eine Trennung der Kunststoffabfälle in verschiedene Fraktionen, die dann zu den Aufbereitern oder direkt zu den Verwertern transportiert werden. Die Aufbereiter behandeln die Kunststoffabfälle entsprechend den Anforderungen der Verwerter und stellen sie diesen zur Verfügung. Einen weiteren Akteur entlang der Entsorgungskette stellen die Läger dar. Zum einen existieren spezielle Läger, in denen die sortierten Kunststoffabfälle auf ihre Qualität hin überprüft werden. In bestimmten zeitlichen Abständen werden von jeder Sortieranlage ein oder zwei Kunststoffballen je Fraktion in einer Sammeltour zu diesen Lägern transportiert und es wird untersucht, ob diese Ballen den Qualitätsanforderungen genügen. Andere Läger (z.B. Agglomeratläger) erfüllen die Funktion des Ausgleichs von Angebots- und Nachfrageschwankungen.

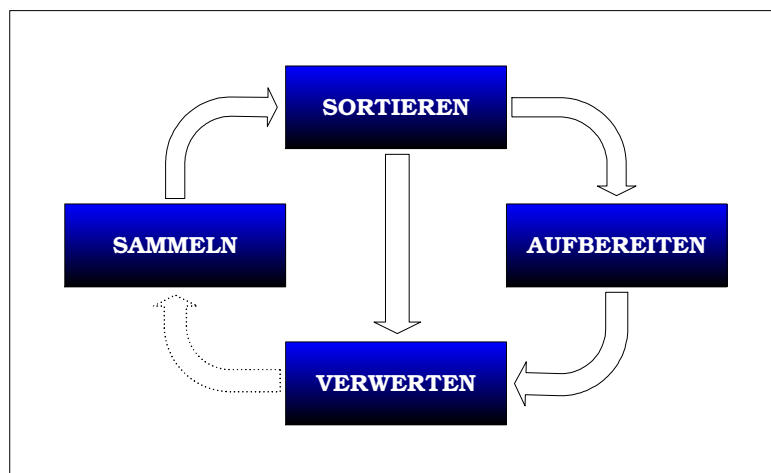


Abbildung 3: Übergeordnete Prozesse beim Recycling von Wertstoffen

Die Firmen AWM (ALBA Wertstoffmanagement) und LSR (LSR Recyclingzentrum Dingelstädt) sind zwei konkrete Akteure des von DKR aufgespannten Transportlogistik-Informationsnetzes. Die ersten sind für das Beauftragen von Transporten zuständig und somit indirekt als Spediteure, die zweiten als Anlagenbetreiber und in eingeschränkter Form auch als Transporteure tätig.

Entsprechend des in Abschnitt 1.2 besprochenen Projektablaufs wurden inhaltlich die folgenden Themenblöcke bearbeitet:

- Potenzialanalyse und Transportoptimierung
- ökonomische und ökologische Bewertung
- Entwicklung des Informations- und Kommunikations- bzw. Planungssystems.

Dabei waren hauptsächlich die Firmen PTV (PTV Planung Transport Verkehr AG) LOCOM (Locom Consulting) und IFEU (Ifeu-Institut) für die Bearbeitung zuständig. Die folgenden Abschnitte fassen die Erkenntnisse aus diesen Aktivitäten zusammen.

Potentialanalyse und Transportoptimierung

Das System DKR: Datenanalyse

Transportierte Kunststofffraktionen im Jahr 2000

Die transportierten Kunststoffabfälle lassen sich prinzipiell in sechs Hauptfraktionen untergliedern. Folien, Flaschen, Becher, EPS (Expandiertes Polystyrol) und Mischkunststoffe entsprechen dabei den sortierten Fraktionen, während die Agglomerate und Mahlgüter die aufbereiteten Kunststoffabfälle darstellen.

Die folgende Abbildung gibt die Anteile der einzelnen Hauptfraktionen an der gesamten transportierten Menge wieder. Die Fraktionen Becher und EPS werden in dieser Abbildung auf Grund ihres geringen Mengenumfanges zusammengefasst.

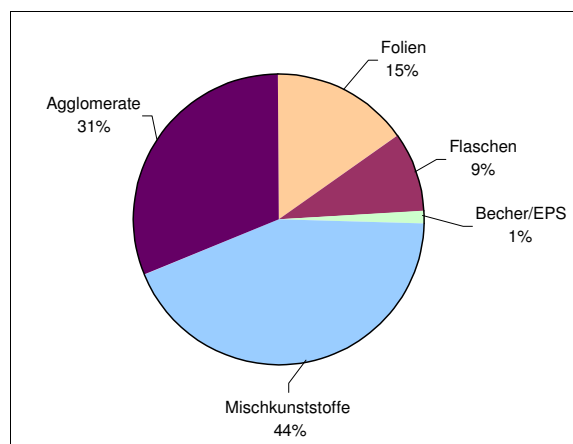


Abbildung 4: Anteile der Hauptfraktionen an der gesamten Transportmenge (Jahr 2000)

Die sechs Hauptfraktionen lassen sich weiter in mehrere Untergruppen unterteilen, so dass insgesamt über 30 verschiedene Kunststofffraktionen unterschieden werden können. Bei den sortierten Kunststoffabfällen ist allerdings jeweils eine Unterfraktion so dominierend, dass die anderen Unterfraktionen mengenmässig von geringer Bedeutung sind.

Die aus der Fraktion Mischkunststoffe aufbereiteten Agglomeratgruppen Mischkunststoff-(MK)-Agglomerat, MK-Pellets und MK-Briketts weisen den grössten Anteil an der transportierten Menge innerhalb der Agglomerate auf.

Mengenströme im Jahr 2000

Nach Bereinigung der Datenbasis ergaben sich als Grundlage für die weiteren Analysen die im folgenden Sankey-Diagramm dargestellten Mengenströme im Jahr 2000. In dieser Abbildung werden nur Mengenströme dargestellt, die grösser als 1.000 Tonnen sind. Trotzdem können damit insgesamt 99,5% der transportierten Kunststoffmengen abgebildet werden. Es wird deutlich, dass die meisten Mengen von

den Sortieren über die Aufbereiter zu den Verwertern bzw. direkt von den Sortierern zu den Verwertern bewegt werden.

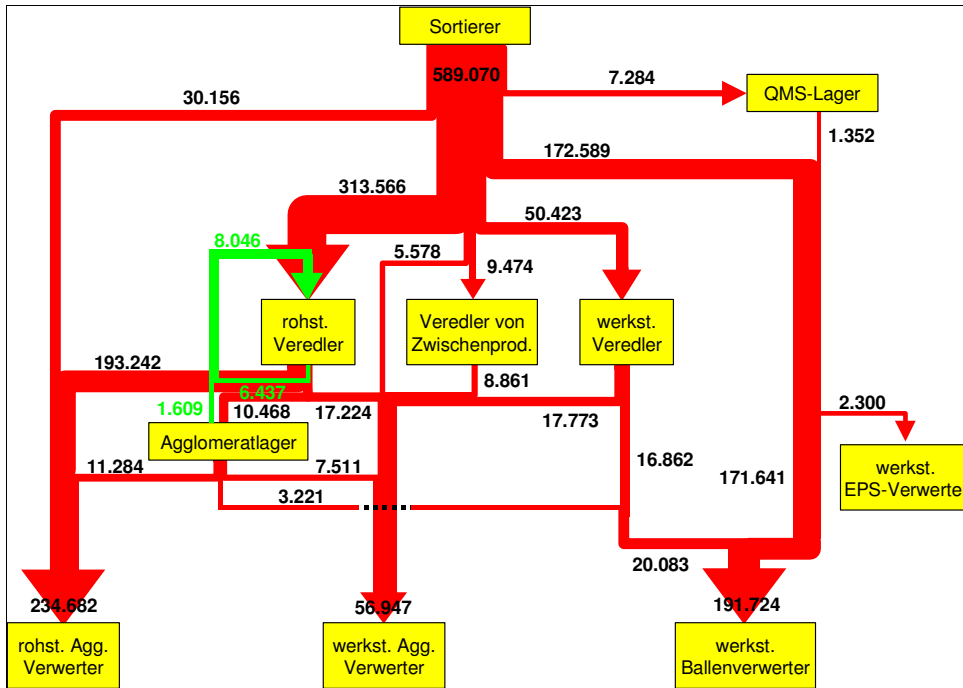


Abbildung 5: Sankey-Diagramm der Mengenströme des Jahres 2000 bei DKR

Entfernungsstruktur im Jahr 2000

Betrachtet man die Transporte innerhalb Deutschlands, so ergibt sich die in der folgenden Abbildung dargestellte Entfernungsstruktur. Hierzu wurden acht verschiedene Entfernungsklassen gebildet, nach denen die einzelnen Transporte klassifiziert wurden. In der folgenden Abbildung sind allerdings diejenigen Transporte, bei denen Mengen intern bewegt werden (z.B. wenn Sortierer und Verwerter räumlich direkt nebeneinander liegen oder identisch sind), nicht enthalten.

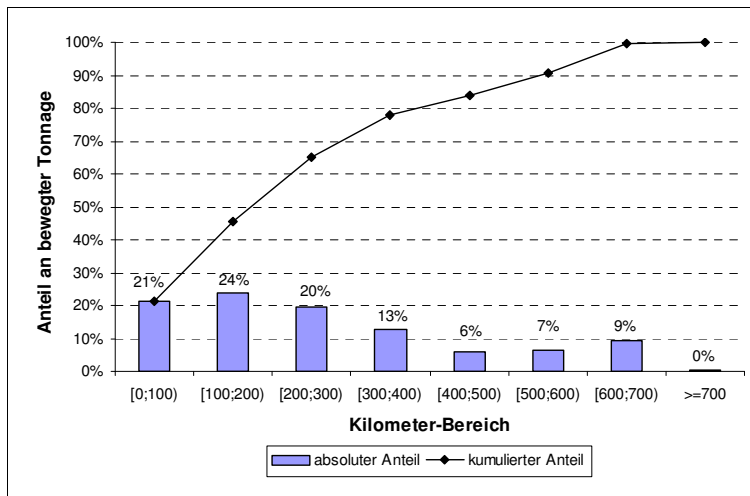


Abbildung 6: Entfernungsstruktur für das Jahr 2000

Die Balkendarstellung verdeutlicht dabei den jeweils absoluten Anteil an bewegter Tonnage innerhalb einer Entfernungsklasse und die darüber aufgetragene Summenfunktion spiegelt den kumulierten Anteil der transportierten Gesamtmenge wider. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass 65 Prozent der Gesamttransportmenge weniger als 300 km bewegt wird. Im Bereich zwischen 500 und 700 km wird 16 Prozent der Tonnage transportiert. Dies ist durch die weiten Transportentfernungen zu den wichtigsten Aufbereitern und Verwertern (v.a. SVZ Schwarze Pumpe und Stahlwerke Bremen) an den Randgebieten Deutschlands zu erklären.

Überblick über transportrelevante Kennzahlen

In der folgenden Tabelle wird für jede Kunststoffgruppe ein Überblick über die transportrelevanten Kennzahlen gegeben. Da die internen Transporte teilweise kumulierte oder sehr geringe Mengen pro Transport aufweisen und daher eine Vergleichbarkeit mit den übrigen Transporten nicht zulassen, werden sie bei der Bestimmung dieser Kennzahlen nicht berücksichtigt. Somit beziehen sich die Berechnungen auf 44.077 Transporte bei einer insgesamt transportierten Menge von 785.086 Tonnen Kunststoffabfällen.

Fraktion	Transporte [#]	transportierte Menge [t]	zurückgelegte Last-km [km]	Ø-km pro Transport [km]	Ø-Gewicht pro Transport [t]	Summe Transportleistung [tkm]
Folien	5.631	130.368	1.416.910	252	23,2	32.866.706
Flaschen	5.922	72.315	1.273.607	215	12,2	15.944.722
Becher	561	8.326	148.341	264	14,8	2.266.346
EPS	3.931	3.060	586.361	149	0,8	647.660
Mischkunststoffe	17.253	347.172	3.378.233	196	20,1	67.088.582
Agglomerate	10.709	223.845	4.489.652	419	20,9	96.112.040
Gesamt	44.007	785.086	11.293.104	257	17,8	214.926.056

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich, wird bei den Agglomeraten die höchste durchschnittliche Entfernung pro Transport zurückgelegt. Dies resultiert insbesondere aus der im Vergleich zu den sortierten Kunststofffraktionen deutlich kleineren und weniger gleichmässig verteilten Anzahl von Sendern und Empfängern. Dementsprechend ergibt sich trotz einer geringeren transportierten Menge als bei den Mischkunststoffen eine deutlich höhere Transportleistung. Bei EPS werden dagegen im Durchschnitt die wenigsten Kilometer gefahren. Dies liegt daran, dass diese Fraktion fast ausschliesslich im Süden Deutschlands sortiert und verwertet wird. Betrachtet man die durchschnittlichen Transportgewichte je Fraktion, so zeigt sich bei EPS auf Grund seiner geringen Dichte (im Gegensatz zu den anderen Fraktionen) eine enorme Abweichung. Grundsätzlich kann die Feststellung getroffen werden, dass das durchschnittliche transportierte Gewicht um so höher ist, je besser die entsprechende Fraktion komprimiert werden kann.

Schwachstellenanalyse

Auf Grundlage der durchgeführten Analysen konnten folgende Schwachstellen identifiziert werden:

- Momentan werden in dem Dispositionsprozess der DKR keine ökologischen Kriterien berücksichtigt.
- Wegen der geographischen Lage der Hauptverwerter im Kunststoffrecycling werden teilweise sehr hohe Transportentfernungen zurückgelegt.
- Auf lediglich einer Relation wird bereits ein alternativer Verkehrsträger (Bahn) genutzt.
- Bei allen anderen Transporten wird der Einsatz von alternativen Verkehrsträgern aus ökonomischen Gesichtspunkten nicht berücksichtigt.
- Die Disposition bei DKR erfolgt teilweise noch manuell und viele Entscheidungen werden auf Grund des Erfahrungsreichtums des Disponenten getroffen.
- Teilweise werden konventionelle Kommunikations- und Informationssysteme (Fax, Telefon, etc.) eingesetzt. Allerdings hat DKR bereits eine DV-gestützte Informations- und Kommunikationsplattform im Einsatz.

- Bei DKR erfolgt nur eine Transportauftragsgenerierung und keine konkrete Transport- oder Tourenplanung.
- Fehlende Pflichtfelder mit Bereichs- und Plausibilitätsprüfung beeinflussen die Datenqualität.
- Die Trennung von Transportauftragsgenerierung (DKR) und Transportdurchführung (Speditionen) führt zu Informationsdefiziten (Informationen über Leerfahrtanteile, Fahrzeugtypen, etc.).

Transportoptimierungsansätze

Bewertungsmethodik

Um das Problem der Transportoptimierung im Kunststoffrecycling zu verdeutlichen, wurde dies in Form eines mathematischen Modells abgebildet. Die Zielfunktion des Transportoptimierungsmodells minimiert dabei die Summe der Produkte aus einem Kostenwert und der entsprechenden Anzahl der getätigten Transporte pro Relation zwischen Sender und Empfänger. Der Kostenwert für jede Relation setzt sich aus einem ökonomischen und einem ökologischen Kostenanteil zusammen, die mit einem entsprechenden Gewichtungsfaktor verbunden, oder über eine Bewertungsvorschrift (bspw. Entscheidungsbaum) gegeneinander abgewogen werden müssen.

Um das mathematische Modell im Sinne von OPTRANS verwenden zu können, muss versucht werden, die Ökonomie und die Ökologie zu verbinden, wozu eine Bewertungsmethodik (s.o.) notwendig ist. Die Bewertungsmethodik soll allerdings nicht nur die ökonomischen und ökologischen Kosten eines jeweiligen Transportes beurteilen, sondern möglichst auch die ökonomischen und ökologischen Kosten der gesamten Prozesskette. Noch zu klären ist, inwieweit die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen nachgelagerter Prozessschritte (z.B. Substitutionseffekte der Abfallfraktionen) bereits bei den vorgelagerten Prozessschritten berücksichtigt werden können bzw. sogar berücksichtigt werden müssen.

Das folgende Schaubild zeigt die ökonomischen und ökologischen Kosten entlang einer Transportkette zur Aufbereitung von Mischkunststoffen zu MK-Agglomerat beispielhaft auf.

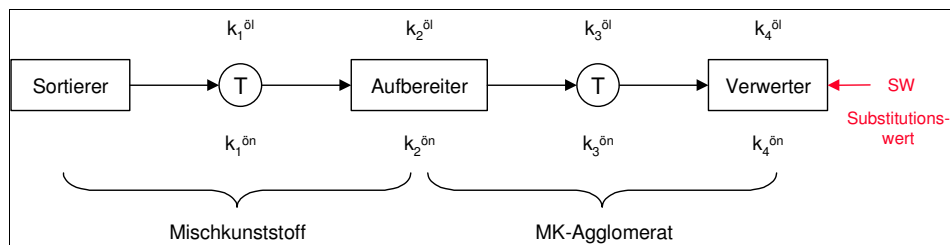


Abbildung 7: Darstellung der ökonomischen und ökologischen Kosten entlang der Transportkette

Ansätze zur Verkehrsvermeidung

Da eine integrierte ökologische und ökonomische Bewertung von Relationen auf Grund fehlender Informationen nicht möglich war, diente für die Optimierung der Transporte im Jahr 2000 als Bewertungskriterium einzig die Entfernung zwischen Sender und Empfänger. Bei einer optimalen Zuordnung von Sendern und Empfängern ergibt sich für alle Kunststofffraktionen zusammen ein Einsparungspotential von fast 20 Prozent an Lastkilometern. Bestehende technische, vertragliche, gesetzliche oder politische Restriktionen wurden dabei jedoch nicht berücksichtigt. Die folgenden Abbildung zeigt das (unter diesen Voraussetzungen ermittelte) Optimierungsergebnis für die Fraktion Folien.

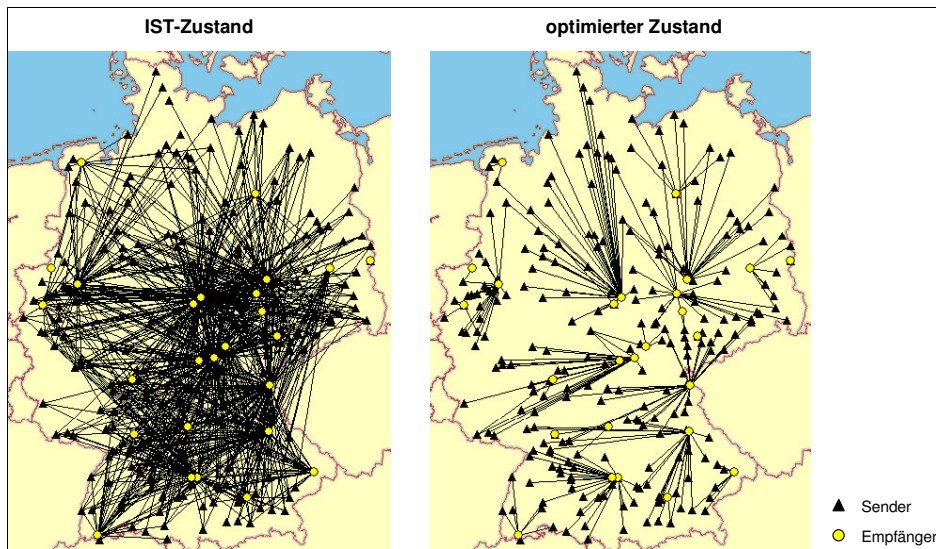


Abbildung 8: Grafische Gegenüberstellung des Ist-Zustands und des optimierten Zustands für das Jahr 2000

Zu der Optimierung ist allerdings anzumerken, dass die knapp 20% nur eine theoretisch mögliche maximale Obergrenze darstellen. Auf Grund der Tatsache, dass die über das Jahr 2000 kumulierten Mengen und nicht die wöchentlich (Dispositionszeitraum von DKR) angebotenen Mengen optimiert werden, wird vorausgesetzt, dass die Mengen jederzeit zur Verfügung stehen. Wird z.B. bei der Optimierung die gesamte Angebotsmenge eines Senders einem bestimmten Empfänger zugeordnet, so wäre es bei einer wöchentlichen Betrachtung durchaus denkbar, dass dieser Sender zwar in einer ausgewählten Woche eine gewisse Menge anbietet, der entsprechende Empfänger aber keinen Bedarf hat.

Ansätze zur Verkehrsverlagerung

Im Rahmen der Analyse von Einsatzmöglichkeiten alternativer Verkehrsträger im Kunststoffrecycling wurden Anfragen an mehrere Anbieter von Bahn- und Schifftransporten gestellt. Die Rückmeldungen bezüglich der Transporte per Binnenschiff ergaben, dass ein Transport nur dann sinnvoll ist, wenn die zu transportierende Kunststofffraktion als Schüttgut transportiert werden kann. Bei einer Verladung in Container ergibt sich nämlich das Problem, dass die leeren Container zurücktransportiert werden müssen. Die Analysen haben allerdings ergeben, dass sich ein Transport der Kunststoffabfälle als Schüttgut den anderen Transportalternativen gegenüber ebenfalls als deutlich teurer erweist. Aus diesem Grund wurden die Ansätze zu einer Verlagerung auf das Binnenschiff nicht weiter verfolgt.

Bezüglich der Bahntransporte ergab sich lediglich eine konkrete Rückmeldung der Firma Kombiverkehr. Diese wies allerdings darauf hin, dass die in konkreten Fahrplänen angebotenen Bahnrelationen (Kombi-Netzplan 2000+) nicht alle gewünschten Relationen abdecken. Auf Grund dieser Tatsache beschränkte sich die Analyse von Einsatzmöglichkeiten alternativer Verkehrsträger auf eine Untersuchung, inwieweit die im Jahr 2000 durchgeführten realen Relationen an das Kombi-Netz 2000+ der Firma Kombiverkehr angepasst werden. Für eine Bewertung werden diese einem reinen LKW-Transport gegenübergestellt.

Es stellte sich heraus, dass theoretisch ca. 80 Relationen für eine Verlagerung in Frage kommen. Insgesamt wurde im Jahr 2000 auf diesen Relationen fast 20% der Gesamtmenge transportiert. Neben vielen weiteren Ansätzen sei hier beispielhaft ein Ansatz für die Bewertung dieser Relationen aus der Diskussion im Projekt dargestellt. Versucht wurde hier ein Vergleich zwischen den „Gesamt-Aufwendungen“ (ökologisch/ökonomisch) für einen reinen LKW-Transport und einem gemischten Transport unter Nutzung des KV (Kombinierten Verkehr). Die Grundlage für die ökologischen Kosten bilden dabei die externen Kosten. In diesem Vergleich kann man sehen, dass sich ab einer Entfernung von 350 km die Vorteile des kombinierten Verkehrs auch in den Gesamt-Aufwendungen zeigen.

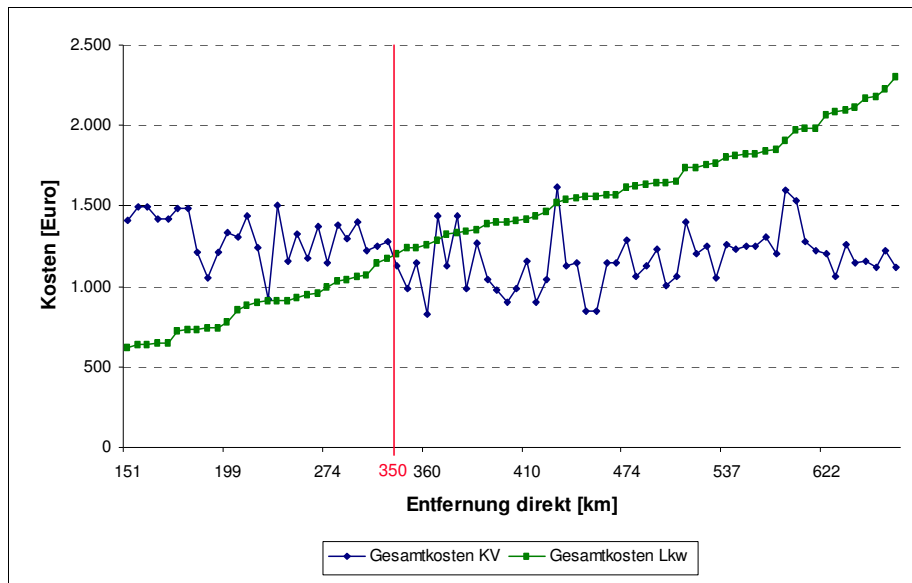


Abbildung 9: Vergleich der Gesamtaufwendungen bei LKW- und kombiniertem Verkehr

Das System AWM (ehemals WVS): Datenanalyse

Auf Grund einer unvorteilhaften Aggregation der Daten von ALBA Werststoffmanagement mussten zahlreiche Bereinigungsschritte durchgeführt werden. Um eine Vergleichbarkeit mit den DKR-Daten zu erhalten, beschränkte sich die Analyse auf einen Zeitraum von vier Monaten (März 01 – Juni 01). Die Mengenströme der Papier- und Reststoffströme sowie der Kunststoffströme (DKR-Bereich) sind in folgendem Sankey-Diagramm dargestellt.

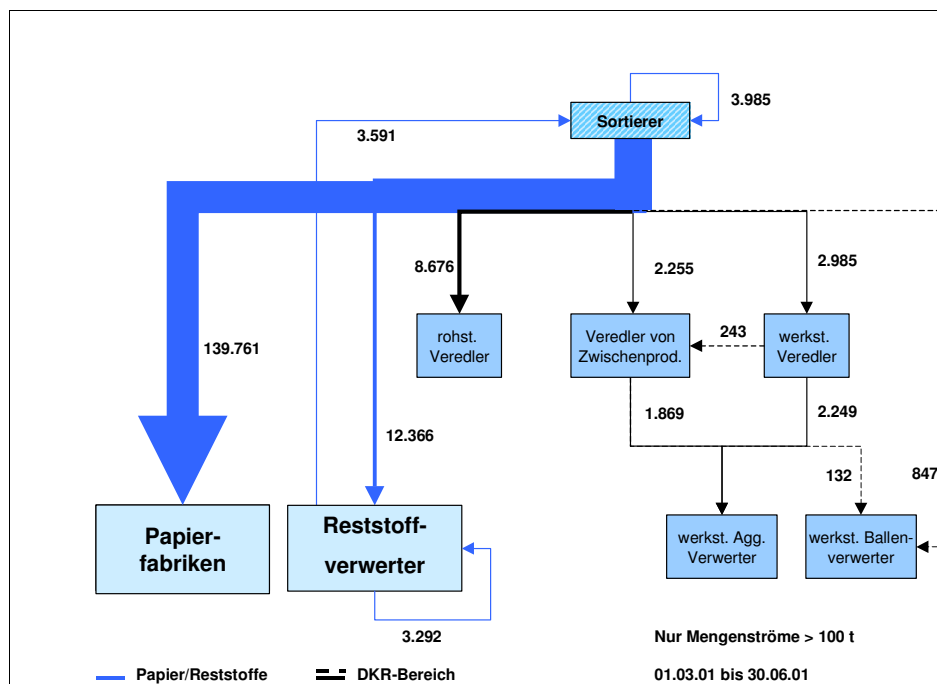


Abbildung 10: Sankey-Diagramm der Mengenströme des Jahres 2001 (März-Juni) bei AWM

Schwachstellenanalyse

Folgende Ansätze zur Verbesserung der logistischen Abläufe bei AWM sind denkbar:

- Vereinheitlichung der Verladeart (lose und Ballen, Altpapier-Ballenverdrahtung); dies ist leider zur Zeit nicht anders machbar, dadurch würden jedoch mehr Freiheitsgrade bei der Zuordnung von Sendern zu Empfängern zustande kommen.
- Auflösung gewachsener Sortierer-Aufbereiter-Beziehungen und Reorganisation.
- Standardisierung der Informationssysteme und Nutzung bzw. Vorgaben von Pflichtfeldern.
- Erfassung aller prozessrelevanten Leistungen und Kosten (Transparenz für Planer, Disponenten und Controller) auch bei Handelsgeschäften.
- AWM ist gezwungen unterschiedliche Rollen (im ALBA-Umfeld, in Kooperation mit DKR, Handelsgeschäfte) einzunehmen, was einer „durchgängigen“ Abwicklung nicht zuträglich ist.
- Stark divergente Anforderungen aus den unterschiedlichen Rollen hinsichtlich Lieferservice und Fristen.
- Güte und Verfügbarkeit der Information aus dem System beim Disponenten.

Empfehlungen im Hinblick auf eine Unterstützung durch Software

Die Unterstützung für AWM durch Planungswerkzeuge sollte sich auf die Dispositions- und Abwicklungsunterstützung konzentrieren:

- Dispositionsunterstützung für die
 - „Typischen“ Relationen, d.h. durch sich immer wiederholende Zuordnungen „lernt“ das System und macht dem Disponenten Vorschläge (z.B. Zuordnung von Sender-Empfänger und Spediteur)
 - Wochenplanung (für Rahmenverträge, Kontraktmengenprüfung) ggf. mit Fahrzeugzuordnung.
- Umlaufplanung: unter Einbeziehen von Mengen aus Folgetagen kann dies ein sinnvoller Ansatz sein, vorausgesetzt dieses Vorgehen wird zwischen AWM und den Kunden abgestimmt/akzeptiert. Allerdings wird dies durch fehlende Rückladungen und geographische Struktur erschwert.
- Auswahl alternativer Verkehrsträger ist nicht von herausragender Bedeutung, da
 - Sender und Empfänger weit gestreut und zum grössten Teil in abgelegenen Regionen ohne bedeutende andere Verkehrsaufkommen liegen.
 - das Hauptprodukt Altpapier sehr spezifische Anforderungen aufweist, die durch Bahn oder Binnenschiff nicht zu erfüllen sind (Fristen, Schnelligkeit, etc.).
- Tourenplanung ist nicht von grosser Bedeutung, da
 - bereits immer Komplettladungen gefahren werden.
 - die AWM-Mengen unpaarig sind, d.h. es fehlen Rückladungen.

Ökonomische und ökologische Bewertung

Die Ergebnisse des Teilprojekts sind in einem gesonderten Bericht umfassend dargestellt, auf das an dieser Stelle verwiesen wird. Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend deshalb nur kurz genannt:

Erstmalige Ausarbeitung von weiteren Kriterien zur quantitativen ökologischen Bewertung von Transporten

Zu Lärm wurde eine Bewertungsvorschrift ausgearbeitet, die zugeschnitten auf die Aufgabenstellung des Projekts, vereinfachend gleichrangig für Transporte auf der Strasse und Schiene die Transportdistanz in

Streckenlänge innerorts ist. Für Binnenschiffverkehr wurde demgegenüber eine Beeinträchtigung über Lärm ausgeschlossen.

Die Entwertung von Landschaft als Lebens- und Erholungsraum erfolgt vor allem über die zerschneidende Wirkung von Verkehrsstrassen ausserorts, entweder über die Bauwerke selbst unabhängig von ihrer tatsächlichen Nutzung (bspw. Bundesautobahn), oder aber in Abhängigkeit von der tatsächlichen Verkehrsbelastung. Geht man davon aus, dass unzerschnittene verkehrsarme Räume im Sinne eines Lebensraumpotentials als Schutzgut anzusehen sind, sind alle Verkehre auf Bauwerken, die nicht schon an sich als Barriere wirken, sondern deren Effekte sich vor allem aus der Nutzungsintensität ergeben, negativ einzuordnen. Unterschreiten die Fahrzeugbewegungen bspw. auf Strassen eine Frequenz von 1000 Fahrzeuge/Tag, trägt diese Trasse nämlich nicht mehr zur Zerschneidung bei. Eine Bündelung der Verkehre auf Hochleistungsstrassen wie Bundesautobahnen, Haupttrassen der Bahn oder Kanälen führt zu einer Entlastung kleinerer Verkehrswege und überführt diese tendenziell in verkehrsarme Räume. Dies entspricht auch den Grundsätzen der neuen Naturschutzgesetzgebung. Transporte auf Binnenschiffen schlagen sich nicht negativ nieder, da die Intensität der Nutzung keine Auswirkungen auf Barriereeffekte hat.

Geht man vereinfachend davon aus, dass das Verhältnis der transportierten Masse zu Fahrzeuglänge und damit auch zur Zeitdauer der Nutzung einer Verkehrsstrasse für Transporte auf der Strasse wie auch auf der Schiene ähnlich ist, wird diesbezüglich keine Unterscheidung unter den Verkehrsträgern gemacht. Die Barrierewirkung einer Schienentrasse ist wegen geringerer Naturferne weniger einschneidend. Bewertet wurde daher die zusätzliche Raumbeanspruchung als Transportdistanz ausserorts, ausgedrückt in Streckenkilometern Strasse unterhalb der Kategorie Bundesautobahn und für die Schiene unterhalb der Kategorie Hochleistungsnetz, für die Schiene mit einem Minderungsfaktor. Transporte mittels Binnenschiff sind grundsätzlich ohne zusätzliche Landschaftsbeeinträchtigung.

Diese beiden oben genannten Umweltwirkungskategorien sind nicht über den KEA (kumulativer Energieaufwand) abbildbar. Weitere Umweltwirkungskategorien, die im Rahmen des Projektes über Kriterien für den Projektzweck quantitativ beschreibbar gemacht wurden, werden hier nicht weiter dargestellt.

Methode zur verknüpften Abwägung von Ökologie und Ökonomie (Entscheidungsbaum)

Zur Abwägung ökologischer Vorteile gegenüber ggf. erhöhten Kosten durch zu beurteilenden alternativen Transportoptionen dient innerhalb der Abfallwirtschaft die Abfallgesetzgebung als Richtschnur. Diese setzt eine eindeutige Priorität der Ökologie gegenüber der Ökonomie: „Vorrang hat die besser umweltverträgliche Verwertungsart“. Dies ist für jeden Abfallbesitzer und –erzeuger verpflichtend und solange einzuhalten, wie dies im Einzelfall wirtschaftlich zumutbar ist. Innerhalb gewisser ökonomischer Grenzen hat demnach die ökologische Optimierung der Abfallentsorgung und damit auch der Transportketten absolute Priorität.

In einem ersten Schritt gilt es daher abzuprüfen, welche Handlungsoptionen die gegebenen spezifischen Randbedingungen und Anforderungen der einzelnen Betriebe grundsätzlich erfüllen, d.h. auch technisch machbar sind. Diese grundsätzlich möglichen Alternativen werden in einem nächsten Schritt dahin überprüft, mit welchen finanziellen Lasten diese verbunden sind. Nur diejenigen Transport(optionen) können als realistische Handlungsoptionen gelten, welche die Grenzen der finanziellen Belastbarkeit einzelner Betriebe nicht übersteigen. Die Branchenüblichkeit ist dabei zu beachten.

Alle Transportoptionen, die auch diese Randbedingungen erfüllen, sind im Weiteren darauf hin zu überprüfen, inwieweit die als ökologisch am sinnvollsten ermittelten Optionen die Betriebskosten im Einzelfall signifikant beeinflussen. Mit welchen Randbedingungen Betriebskosten signifikant beeinflusst werden, kann nur aus Sicht eines einzelnen Betriebes bzw. eventuell für jede einzelne Branche getrennt bestimmt werden. Diese Signifikanzschwelle sollte in einer entsprechenden Software (z.B. TAG-Tool) durch den Anwender individuell einstellbar sein; als Grundeinstellung wird 5% angenommen. Wird die

Signifikanzschwelle nicht erreicht bzw. überschritten, so ist von den handelnden Akteuren zwingend und ohne Einschränkung die ökologisch beste Alternative zu wählen.

Wird die Signifikanzschwelle von 5% im Einzelfall überschritten, ist eine ökologische Optimierung nur dann wirtschaftlich zumutbar und sinnvoll, wenn diese Optimierung auch entsprechend umfassend und mit vergleichsweise hoher Tragweite verbunden ist. Eine signifikante negative Beeinflussung der Abfallentsorgungskosten ist nur dann wirtschaftlich zumutbar, wenn Transporte einen hohen Anteil am ökologischen Gesamtergebnis (>10%) haben und zugleich die ökologisch optimale Handlungsoption mit deutlichen Minderungen (>25%) der durch Transporte verursachten Umweltwirkungen führt.

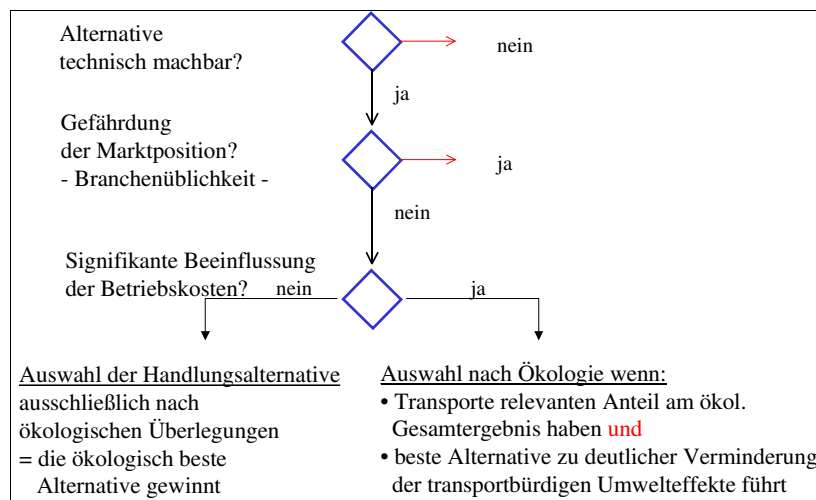


Abbildung 11: Entscheidungsbaum für die Auswahl von Transportoptionen

Dieser starke Bezug auf die einzelbetriebliche Situation ergibt sich aus den Vorgaben des KrW-/AbfG. Mit dieser Herangehensweise ist aber auch gewährleistet, dass prinzipiell jeder Akteur in die Pflicht genommen ist. Gerade bei Transporten, die in Summe unter vielen Gesichtspunkten (Umweltwirkungskategorien) einen hohen Anteil an der bestehenden Umweltbelastung aufweisen, ist eine positive Beeinflussung immer nur über sehr kleine „Stellschrauben“ möglich. Auch kleinste Umweltentlastungseffekte im Einzelfall sind notwendig, um in Summe relevante Entlastungseffekte für die Gesamtsituation zu erreichen.

Die Bewertungsvorschrift wurde anhand einiger exemplarischer Transportketten aus dem Referenzjahr des Projektpartners DKR überprüft. Verglichen wurden reine Strassentransporte mit verschiedenen Alternativen des kombinierten Verkehrs, die auf der Basis von Marktanalysen als technisch machbar ermittelt wurden und auch mit Kosten belegt werden konnten. Es zeigte sich die prinzipielle Umsetzbarkeit dieser Bewertungsvorschrift auch anhand realistischer Ergebnisse.

Ermittlung von Lösungen zur Nutzung alternativer Verkehrsträger

Zusammen mit dem Projektpartner LOCOM wurde eine Analyse der Transportketten von DKR für das Referenzjahr vorgenommen. In einem ersten Schritt wurden die aufbereiteten Daten des Projektpartners zu den Massenströmen bzw. den Transportbeziehungen aufbereitet und ausgewertet. Ziel war es die Transportbeziehungen zu erkennen, die mit möglichst grossen Transportmengen verbunden sind und über grössere Distanzen erfolgen und damit wesentliche klassische Voraussetzungen zu einer Verlagerung auf alternative Verkehrsträger erfüllen. Diese Analyse erfolgte unabhängig von der Frage der Art des zu transportierenden Gutes (Sortierfraktion, aufbereitete Agglomerate). Ermittelt wurden vor allem Transportbeziehungen mit grossem Mengenaufkommen bei grossen Transportdistanzen.

In einem zweiten Schritt wurden diese auf diese Weise herausgearbeiteten Transportbeziehungen mit der entsprechenden Verkehrsinfrastruktur abgeglichen. Gerade für den Umschlag von der Strasse auf die Schiene unterliegen die Standorte einem starken Wandel innerhalb vergleichsweise kurzer Zeiträume. So werden bestehende Terminals auf Industriegelände auch Dritten zum Umschlag geöffnet. Andere Terminals wiederum müssen stillgelegt werden, da die Bedienungen aufgrund eines zu geringen Aufkommens eingestellt werden. Die für das Projekt recherchierte Situation stellt daher nur eine Momentaufnahme dar und liefert sicherlich auch kein vollständiges Bild.

Auf dieser Basis wurden in einem nächsten Schritt die Quellen und Ziele von Transportbeziehungen den nächstgelegenen KLV-Terminals für den Umschlag Strasse/Schiene bzw. entsprechenden Häfen für den Umschlag Strasse/Binnenschiff zugeordnet. In einem zweiten Schritt wurde dann überprüft, inwieweit den ermittelten Beziehungen zwischen einzelnen KLV-Terminals Strasse/Schiene noch weitere nahegelegene kleinere Massenströme zugeordnet werden konnten. Erarbeitet wurde in groben Zügen ein erstes Logistikkonzept für einen kombinierten Ladungsverkehr.

Nur in den wenigsten Fällen ergab eine Grobanalyse der infrastrukturellen Voraussetzungen an den Quellen und Zielen die prinzipielle Möglichkeit einer kompletten Verlagerung von Transporten auf die Schiene, ohne entsprechenden Vor- oder Nachlauf auf der Strasse. In vielen Fällen sind auch bei grösseren Standorten keine entsprechenden Schienenanschlüsse mehr vorhanden. Ermittelt wurden daher insbesondere die benötigten Vor- und Nachläufe auf der Strasse bzw. Identifikation von möglichen Direktbedienungen auf der Schiene.

In einem letzten Schritt wurde für die Frage der Verlagerung von Transporten auf die Schiene auf der Basis der so ermittelten Transporte überprüft und abgefragt, inwieweit hieraus nicht für bestimmte Räume regionale Teilnetze entwickelt werden könnten. Grundidee hierbei war, aufbauend auf den erarbeiteten Transportbeziehungen zwischen KLV-Terminals und Direktanschlüssen, zu überprüfen, inwieweit weitere räumlich benachbarte Quellen und Ziele mit deutlich geringerem Transportaufkommen in ein Gesamtlogistikkonzept eingebunden werden könnten. Da diese weiteren Quell- und Zielorte nicht über eigene Anschlussgleise verfügten bzw. diese nicht wirtschaftlich betrieben werden könnten, wurden für diese Transporte anhand einer ersten einfachen Analyse der Schieneninfrastruktur nächstgelegene Bahnhöfe bzw. Umschlagpunkte Strasse/Schiene ermittelt. Ermittelt wurden so regionale Bedienungskonzepte auf der Schiene als Vor- und Nachlauf von KLV-Terminals.

Die Rückmeldungen zu Machbarkeit und Kosten zu diesen verschiedenen abgefragten Konzeptionen waren unterschiedlich. Die entsprechenden Informationen sind in den daraus abgeleiteten optimierten Netzen, getrennt nach Binnenschiff und Schiene beispielhaft dargestellt und unter den Aspekten Ökologie und Ökonomie dem bestehenden Status-Quo gegenübergestellt worden (s.o.). In Konsequenz aus diesen Ergebnissen des Planspiels soll ausserhalb und im Nachgang zum eigentlichen Projekt ein präziseres und auf aktuellen Daten basierendes Logistikkonzept erarbeitet werden und mit einzelnen Speditionen und Bahnen konkrete Bietergespräche durchgeführt werden.

Das entwickelte I&K- bzw. Planungssystem

Das im Rahmen des Projekts realisierte Gesamtsystem, das sowohl I&K- als auch Planungsfunktionalitäten in sich vereint, besteht im wesentlichen aus den folgenden Einzelkomponenten und verteilt sich über die folgenden drei Ebenen (siehe Abbildung 12):

- Das TAG-Tool: Generierung von Transportaufträgen bei DKR
- Das Teilsystem AMEDA: Kennzeichnung und lückenlose Verfolgung von Einheiten bei LSR
- Die Anwendung intertour/dispatch: Bildung von optimalen Umläufen bei AWM

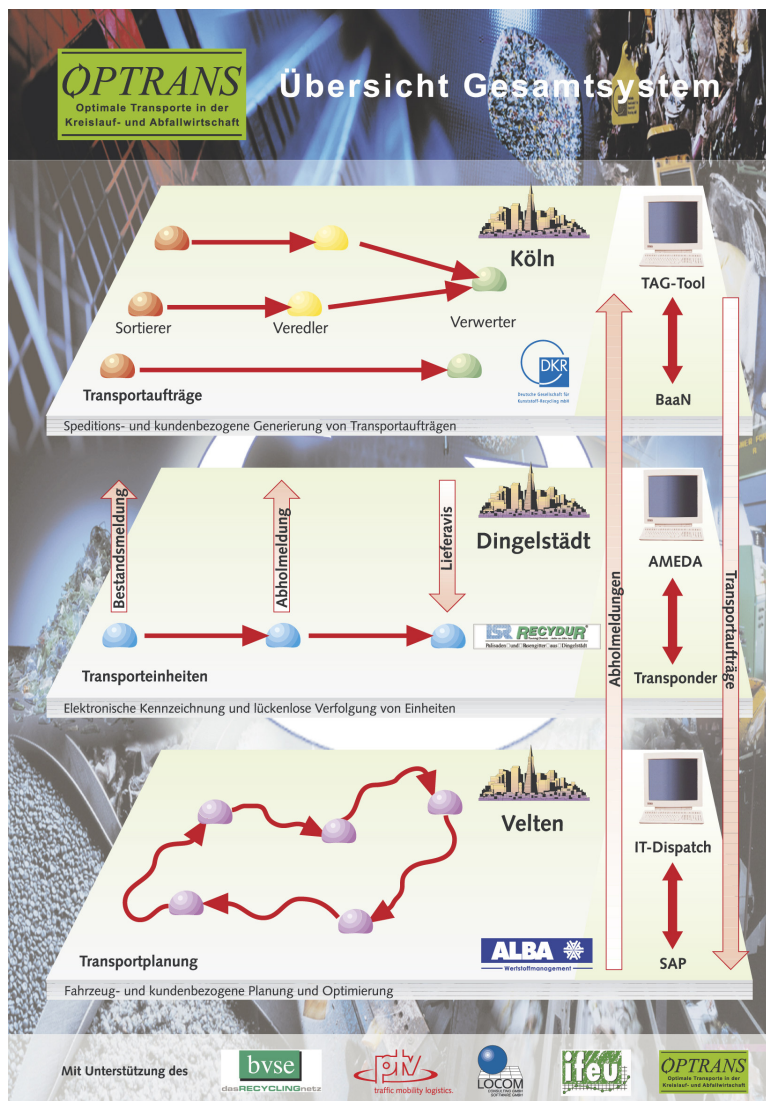


Abbildung 12: Übersicht des OPTRANS Gesamtsystems

Das TAG-Tool: Generierung von Transportaufträgen (im Einsatz bei DKR)

Durch die Projektpartner LOCOM und PTV wurde im Rahmen des Projekts mit dem TAG-Tool eine Anwendung für die optimierte Zuordnung von Sendern zu Empfängern von Waren entwickelt. Die Entwicklung von diesem Teilsystem bestand aus einer Analysephase, in der u.a. die einzelnen Anforderungen an die Anwendung anhand von Interviews mit dem demonstrierenden Partner DKR gesammelt wurden; diese wurden in einem Nutzeranforderungskatalog zusammengefasst. Es erfolgte eine Untersuchung der realen Transportströme von DKR auf Basis der Daten des Jahres 2000. Die Methodik, Herangehensweise, sowie die Ergebnisse sind ausführlich in dem separaten Bericht für Teilprojekt 1 nachzulesen. Dieser Phase folgte eine ausführliche Designphase, in der durch PTV das Konzept für das TAG-Tool erarbeitet wurde. Nutzeranforderungskatalog und Systemkonzept sind in dem Bericht für Teilprojekt 3 beschrieben. Im Anschluss an diese Aktivität fand ein Wissenstransfer zum Projektpartner LOCOM zur Realisierung der Anwendung statt.

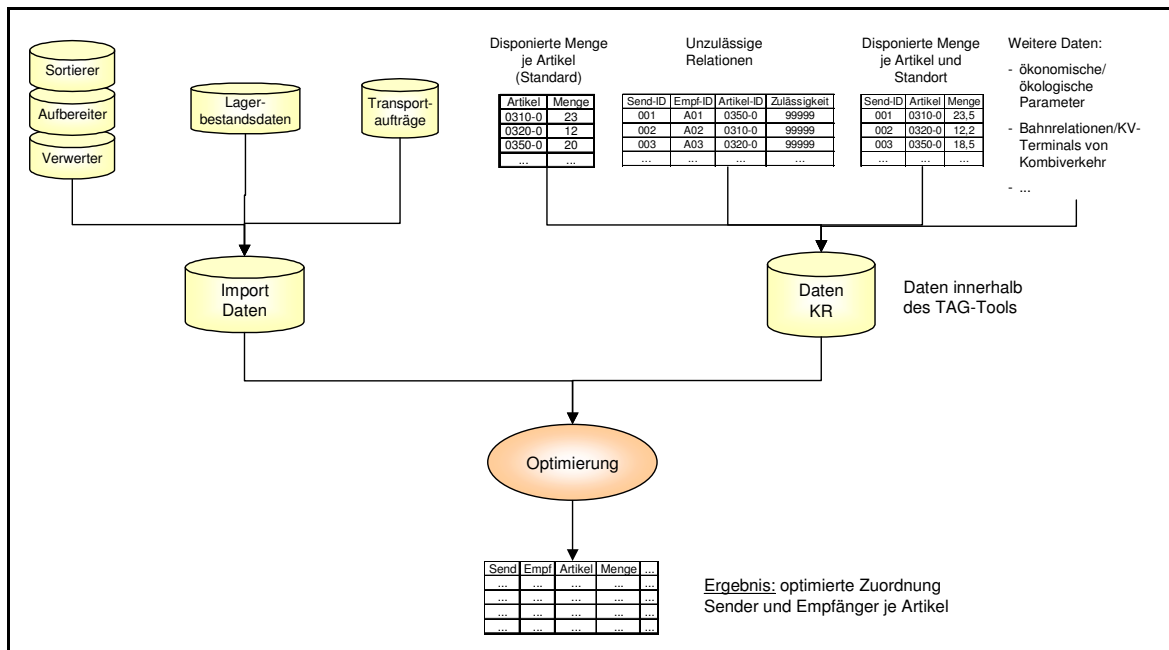


Abbildung 13: Funktionsweise des TAG-Tools

Das TAG-Tool übernimmt zunächst die Grundinformationen zu den an die einzelnen Anlagen (Sortier-, Aufbereitungs- und Verwertungsanlagen) zu versendenden oder benötigten Mengen, getrennt nach den einzelnen Artikeln. Diese Informationen werden als Transportaufträge bezeichnet.

Innerhalb des TAG-Tools sind im sogenannten Konditionenrahmen weitere Daten in Form von Tabellen und Matrizen gespeichert, die für eine Optimierung der Zuordnung von Sendern zu Empfängern von Bedeutung sind. Dazu gehören Informationen über die Standard-Dispositions menge je Artikel und Transport sowie die sender-spezifischen Komplettladingsmengen je Artikel und Sortieranlage.

Des Weiteren können für jeden Artikel Transportrelationen hinterlegt werden, die aus qualitativen, strategischen oder technischen Gründen unzulässig sind. Der Konditionenrahmen kann zudem Informationen bspw. in Form von Fahrplänen enthalten, die eine Einbeziehung von kombinierten Verkehren über Binnenschiff bzw. Bahnverkehr erlauben. Zu diesem Zweck können Informationen über bestehende Fahrplantrassen zwischen den einzelnen Umschlagpunkten des KLV und zu beachtende Randbedingungen wie Zeitfenster zur Bereitstellung und Abholung der Wechselbrücken oder Container an den Terminals zur Verfügung gestellt werden. Dies ist im entwickelten Konditionenrahmen angelegt, im Rahmen dieses Forschungsprojektes war es jedoch nicht möglich, alle dazu benötigten Informationen einzupflegen.

Die für die ökonomische und ökologische Bewertung der Transporte relevanten Parameter sind prinzipiell ebenfalls in diesem Konditionenrahmen enthalten. So ist eine Bewertung der Transportrelationen nicht nur unter ökonomischen sondern auch über ökologische Parameter möglich. Eingepflegt zur ökologischen Bewertung ist der KEA als kumulierter Energieaufwand. Da im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes nicht die komplette Verkehrsinfrastruktur (Strasse, Schiene und Binnenschiffahrtswege) eingebunden werden konnte, war eine zur ökologischen Bewertung von Transporten zusätzlich gewünschte Information über die gewählten Routen bzw. Ortsklassen und Trassencharakteristik nicht möglich. Die Anwendung ist jedoch zur Verarbeitung dieser Informationen prinzipiell problemlos in der Lage.

Die Optimierung erfolgte in der Demonstrationsphase noch nicht unter Beachtung aller Entwicklungen aus dem Projekt. Insbesondere kann eine Optimierung durch eine Verlagerung auf alternative Verkehrsträger nicht abgebildet und diskutiert werden. Wie die Ergebnisse aus der Demonstrationsphase zeigten, waren

grössere Erfolge durch eine optimierte Zuordnung nach dem Prinzip der Nähe möglich. Angesichts der damit meist erreichten relativ kurzen Distanzen, hat eine Verlagerung auf alternative Verkehrsträger nicht mehr diesen Stellenwert. Bei einer Diskussion ausschliesslich von Transporten auf der Strasse decken sich jedoch Bewertungsergebnisse der Ökonomie (Zeit und Distanz) mit denen der Ökologie (vor allem Treibstoffverbrauch), wenn man die ökologische Bewertung zunächst allein auf KEA beschränkt.

Das entwickelte TAG-Tool konnte bei DKR nicht in den täglichen Dispositionsablauf integriert werden. Die Erprobung fand im Nachgang der faktischen Dispositionen statt, indem einige ausgewählte, über das bisherige System disponierte und tatsächlich durchgeführte Transportaufträge ein weiteres Mal mit Hilfe des neuen TAG-Tools bewertet wurden. Ausgewählt wurden hierfür ausschliesslich Transporte ab Sortieranlage, d.h. keine Transporte von Agglomeraten mit ihren tendenziell grossen Mengenströmen über grosse Distanzen. Im Rahmen dieser Nachdisponierungen wurden ebenfalls wesentliche Restriktionen aus der Praxis nicht beachtet, die eine Zuordnung von Sendern zu Empfängern beeinflussen.

Dieses Vorgehen ermöglicht günstige Voraussetzungen für eine Gegenüberstellung der nach den verschiedenen Ansätzen disponierten Transportaufträge und ihre Bewertung. Trotzdem lässt sich deutlich und bestimmt festhalten, dass die entwickelte Anwendung selbst auf diesem prototypischen Entwicklungsstand den Ansprüchen gerecht wird, denn es waren in der Demonstrationsphase bei DKR deutliche Optimierungserfolge gegenüber dem Status Quo zu verzeichnen.

Erkannt wurden die umfangreichen Möglichkeiten des TAG-Tools, Restriktionen (z.B. unerwünschte Relationen pro Artikel) zu hinterlegen. Diese wurden im Rahmen der Demonstrationsanwendung nicht in vollem Umfang genutzt. Das entwickelte Konzept und die prinzipielle Ausgestaltung der Anwendung werden den Benutzeranforderungen voll gerecht.

Die Bewertung der Auftragsvorschläge erfolgte mit der installierten Version des TAG ausschliesslich auf Entfernungsbasis. Möglichkeiten des Einsatzes eines kombinierten Ladungsverkehrs wurden nicht ausgewiesen und wären für DKR entgegen der Situation bei Projektbeginn auch weniger von Interesse. Auch im möglichen späteren Anwendungsbetrieb soll die Anwendung nur für einen Ausschnitt von möglichen Transporten eingesetzt werden und insbesondere nicht für die grossen gleichmässigen Massenströme über grössere Distanzen zwischen wenigen Sendern und Empfangsorten beurteilen. Für diese Transporte müssen sich kaum wöchentlich ändernde Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, so dass über die Sinnfälligkeit bspw. von Verlagerungen auf alternative Verkehrsträger nicht durch den Disponenten sondern eher strategisch entschieden werden kann.

Ein Verlagerungspotenzial von Transporten wird am ehesten für den Schienen- und nicht für den Binnenschiffverkehr gesehen, aber auch hier eher skeptisch beurteilt. Dies basiert auf Versuchen in der Vergangenheit, in der Transporte im kombinierten Verkehr über Wechselbrücken erprobt wurden. Probleme traten zum einen hinsichtlich der mangelnden Auslastungs- bzw. Zuladungsmöglichkeiten der Wechselbrücken auf. Die Zuladungshöhen sind gegenüber Strassenfahrzeugen und hier insbesondere gegenüber Tautlinern deutlich niedriger. Da Transportvolumen und nicht Transportgewicht limitierend wirkt, hat dies bedeutende Auswirkungen auf die Transportprozesse und damit auch die –kosten. Probleme traten zudem dadurch auf, dass derartige Transporte zeitlich enge Umläufe der Wechselbrücken erfordern, was in der Praxis dazu führen kann, dass diese zu Zeitpunkten bereitgestellt werden müssen, zu denen Be- oder Entladungsprozesse noch nicht abgeschlossen sind. Beschränkt man allerdings kombinierte Verkehre auf die genannten zentralen Beziehungen, dürfte dies nicht mehr in diesem Masse zum Tragen kommen.

Eine zusätzliche Bewertung nach weiteren (z.B. ökologischen) Kriterien/Bewertungsmerkmalen war nicht implementiert, würde aber grundsätzlich begrüsst. Die Zuordnung der ökonomischen und ökologischen Kennzahlen, insbesondere die für den Abwägungsprozess über den Entscheidungsbaum notwendigen Bedingungen, erfolgen am besten durch den Nutzer des Tools selbst. Die dazu notwendigen Informationen über die gesamten Verwertungssysteme stehen in vollem Umfang zur Verfügung.

Die Erwartungen an die Systemlösung wurden erfüllt.

AMEDA: Kennzeichnung und lückenlose Verfolgung von Einheiten (im Einsatz bei LSR)

Über die Fa. LSR als Projektpartner aus der Entsorgungswirtschaft sollte die Einbindung vieler im Ansatz vergleichbarer kleinerer Entsorgungsunternehmen bzw. Entsorgungsstandorte in derartige Gesamtsysteme abgebildet und bewertet werden. Hierbei stand die Frage der Datenübermittlung und der Einsatz des im Rahmen des AMEDA-Projekts zu entwickelnden Systems im Vordergrund.

Das System AMEDA sieht folgenden Ablauf vor: Die Ballen, die aus der Sortieranlage kommen, werden mit einem Transponder versehen, auf dem eine eindeutige Identnummer gespeichert ist. In einer lokalen Datenbank wird diese mit der die Art des Abfalls und die Einheit Ballen, sowie den Erzeuger als Information gespeichert. Die Meldungen der Mengen (Tonnagen und ggf. Stückzahlen) an DKR erfolgen täglich, so dass die oberste Systemebene immer täglich über den aktuellen Warenstand informiert ist.

DKR erzeugt eine Disposition bzw. einen Transportauftrag. Gemäss diesem Auftrag werden die Ballen im nächsten Schritt auf LKW verladen und über die Waage gefahren. Die Ladung geht danach zum Aufbereiter oder Verwerter.

Beim Input in den Aufbereitungsprozess, d.h. bei der Zerstörung der Ballen als Einheiten, werden die Transponder vorher abgenommen und in Summe an die erzeugten Zwischen- und Fertigprodukte wieder zugefügt. Dieses ist möglich, da immer komplette Dispositionschargen verarbeitet werden und die Zuordnung zum Input daher vergleichsweise einfach ist.

Die Vorteile einer derartigen Optimierung wurden mit einer Automatisierung der Meldetätigkeiten an DKR gesehen. Für derart kleine Betriebe wie LSR sind die daraus zu erzielenden Erfolge jedoch eher marginal. Die Vorteile einer Systemeinführung liegen eindeutig bei der höchsten Ebene, d.h. in diesem Projektbeispiel bei DKR. Neben einer Optimierung des Informationsstands, war eine Vergleichsmässigung der Mengenströme und der Qualitäten zu erwarten. Mit Einführung von AMEDA sind die Handlungsspielräume für die Anlagenstandorte zeitlich beschränkt.

Seit März 2001 ist der Informationsfluss zwischen den Akteuren weiter optimiert worden und man ist weiter von der Nutzung von Faxgeräten etc. abgerückt. Wegen der fehlenden operativen Erprobung von AMEDA konnten jedoch im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts keine Erfahrungen oder Informationen zur Verfügung gestellt werden.

In der Anfangsphase des Projekts fand eine Analyse statt, in der unter anderem auch die Dispositionssituation bei LSR erörtert wurde. Eine kurze Beschreibung ist in dem Bericht für Teilprojekt 3 enthalten.

intertour/dispatch: Bildung von optimalen Umläufen (im Einsatz bei AWM)

Die von DKR (aus dem Kunststoffbereich) erhaltenen Aufträge werden beim Projektpartner AWM zusammen mit den für die gesamte ALBA-Gruppe auszuführenden Transportaufträgen aus einem vorhandenen Warenwirtschaftssystem gelesen und unter Berücksichtigung sämtlicher Restriktionen wie z.B. Kundenöffnungszeiten, Fahrzeugkapazitäten, Fahrzeugeinsatzzeiten, Fahrzeugausstattung und Fahrzeugverfügbarkeit zu optimalen Transportumläufen verarbeitet. Für die Relationen, für die es möglich ist, werden vom Disponenten definierte Bahnverbindungen in die Betrachtung mit einbezogen, wobei der Vor- bzw. Nachlauf weiter per LKW über die Strasse läuft. Die im Rahmen des Forschungsprojekts weiterentwickelte Software intertour/dispatch übernimmt dabei auch Aufgaben der Auftrags- und Fahrzeugverwaltung.

Generell gibt es in diesem System die Möglichkeit, die Dispositionsplanung interaktiv oder automatisch durchzuführen. Bei der interaktiven Planung kann der Anwender Aufträge zu Fahrten verplanen und diesen Fahrzeuge zuordnen, wobei das Programm auf die Einhaltung bestehender Restriktionen achtet. Ausserdem besteht die Möglichkeit, Aufträge zu „splitten“ bzw. wieder zu verschmelzen und einem

Auftrag die beste Tour zuzuordnen. Im Intertour/dispatch gibt es aber auch verschiedene automatische Planungsfunktionen. Mit Hilfe einer um das Frachtmodul Cargo erweiterten Lösung ist dann auch eine Kostenabrechnung bzw. Rechnungsstellung möglich. Ebenso ist eine Erweiterung zur Disposition von Containertransporten möglich, d.h. in die disponierten Fahrzeugumläufe werden Rückholungen der Container einbezogen.

Der Anwender soll die zuvor ausgewählten Transportaufträge zu kostengünstigen Fahrten verplanen und anschliessend kostengünstige Einsätze bilden können, d.h. den Fahrten Fahrzeuge zuordnen. Bei der Einsatzplanung kann sowohl die Kilometerzahl als auch die zeitliche Dauer des Einsatzes optimiert werden. Es besteht auch die Möglichkeit mittels der Planungsfunktion „sequentiell“ diese beiden Schritte in einem zu erledigen. Häufig wiederkehrende Aufträge können durch eine Rahmentourenplanung automatisch verplant werden. Ausserdem kann der Anwender bestehende Fahrten und Einsätze nachoptimieren.

Dieses aus Intertour weiterentwickelte System wurde beim Projektpartner AWM probeweise angewendet. Im Gegensatz zur Erprobung des TAG-Tools stand hierbei weniger die Frage der Funktionsfähigkeit einer neu entwickelten Software im Vordergrund, als vielmehr Erkenntnisse darüber, inwieweit eine so angestrebte Umlaufoptimierung auch in der Entsorgungswirtschaft von Bedeutung sein kann. Auch im Falle AWM wurde die Software nicht im realen täglichen Ablauf eingesetzt. Bereits disponierte Aufträge wurden zum Zweck der Nachoptimierung oder zur Kontrolle der manuellen Disposition automatisch nacherfasst.

Wie die Ergebnisse aus der Demonstrationsphase zeigten, lassen sich grundsätzlich durchaus Optimierungserfolge auch im Sinne einer Verminderung der Gesamtentfernungen und Leerkilometer erzielen. Problematisch erwies sich die Aufgabenstellung der Bildung von Fahrzeugumläufen beim Projektpartner AWM dadurch, dass die zu disponierenden Transporte in grossem Umfang unpaarig auftreten und Sortierfraktionen aus Papier/Pappe/Kartonagen den weitaus grössten Mengenanteil ausmachen, für diese Waren jedoch kurzfristige Dispositionen notwendig sind.

Dispositionsplanungen lassen sich täglich oder auch wöchentlich durchführen. Unterstellt man eine bis dato fehlende Optimierung der Disposition von Fahrzeugumläufen, ergeben sich deutliche Optimierungserfolge, gerade bei einer Umstellung auf wöchentliche Planung. Sowohl Last- als auch Leerkilometer liessen sich deutlich mindern, vor allem auf eine Verbesserung der Umlaufbildung und damit eine Verminderung der eingesetzten Fahrzeuge zurückzuführen.

Die Erwartungen an die Systemlösung wurden grundsätzlich erfüllt.

Die Entwicklung von diesem Teilsystem fing mit einer Analysephase an, in der anhand von Interviews die seitens AWM an das System gestellten Nutzeranforderungen gesammelt wurden. Das Ergebnis war ein Katalog von Anforderungen. Dieser Phase folgte eine ausführliche Designphase, in der ein Konzept für die geplanten Erweiterungen von intertour/dispatch beschrieben wurde. Sowohl Anforderungskatalog als auch Konzept sind in dem Bericht für Teilprojekt 3 enthalten. Darüber hinaus entstand ein Pflichtenheft, welches recht genau mit AWM abgestimmt wurde. Beide Dokumente sind nur für den internen Gebrauch gedacht und nicht für die Öffentlichkeit zugänglich. In nahe Anlehnung an das Konzept wurden die Anpassungen an intertour/dispatch vorgenommen und das Teilsystem anschliessend beim demonstrierenden Partner AWM installiert. Die Anwendung wurde parallel zum normalen Dispositionsablauf mehrere Wochen eingesetzt und die für einen repräsentativen Zeitraum von drei Wochen erhaltenen Daten wurden ausgewertet. Dabei entstand ein kurzer Evaluierungsbericht, der Teil des Berichts für Teilprojekt 2 ist.

2. Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse

Ökonomische und ökologische Bewertung

Auf die Aspekte der Verwertbarkeit der Ergebnisse aus dem Teilforschungsvorhaben „Ökonomische und ökologische Bewertung“ über das Vorhaben hinaus wurde bereits an anderer Stelle ausführlicher eingegangen. Im wesentlichen handelt es sich um folgende Aspekte:

Direkt aus den Randbedingungen des Projektbeteiligten DKR zeigten sich in relevantem Umfang prinzipiell vielversprechende Potenziale, Teile der Transporte über kombinierte Verkehre abwickeln zu können. Um die Realisierbarkeit konkret überprüfen zu können, ist angedacht, auf Basis neuer Mengengerüste ein Logistikkonzept soweit auszubauen, dass es als Grundlage für eine Angebotsabfrage und Bietergesprächen genutzt werden kann. Dies soll möglichst in der ersten Jahreshälfte 2004 erfolgen.

Der eigentliche Erkenntnisgewinn aus dem Teilprojekt liegt allerdings in der Herausarbeitung einer Methode zur umfassenden quantitativen Bewertung der Umweltauswirkungen von Transporten auf den unterschiedlichen Verkehrsträgern, daraus abgeleitet in der Herleitung des KEA als Repräsentanten und letztendlich in der Methodenentwicklung zur verknüpften Bewertung von Ökologie und Ökonomie (Ökoeffizienz) über eine Bewertungsvorschrift in Form eines Entscheidungsbaums. Die Arbeiten griffen Vorarbeiten aus anderen Projekten sowie den allgemeinen wissenschaftlichen Diskussionsstand dazu auf, führten ihn entsprechend weiter und wurden über die gesamte Laufzeit an vielen Stellen immer wieder mit anderen Stellen kommuniziert. Die Erkenntnisse aus dem Projekt werden daher nicht nur dem ifeu-Institut für weitere Projekte als Grundlage dienen können sondern auch anderen Stellen.

Das Teilsystem TAG

Die Anwendung bietet umfangreiche Möglichkeiten, Restriktionen (z.B. unerwünschte Relationen pro Artikel) zu hinterlegen; diese wurden nicht in vollem Umfang genutzt. Die Berücksichtigung der aktuellen individuellen Ladungsgrößen (pro Sender und Artikel), ist eine sehr gute Unterstützung und hat einen Einfluss auf die optimale Mengenverteilung.

Die Anwendung wurde nicht im Echtbetrieb von der Disposition bei DKR eingesetzt. Zu Demonstrationszwecken wurde eine nachträglich Betrachtung bzw. Optimierung der Dispositionen durchgeführt. Dabei wurden bereits abgearbeitete bzw. erteilte Aufträge jeweils eines Tages über mehrere Wochen, mit den Beständen des jeweiligen Vortages "neu disponiert". Es wurde dabei vorab eine bestimmte Anzahl von Aufträgen ausgeschlossen, da hier z.B. aufgrund vertraglicher Restriktionen eine Veränderung der Sender/Empfängerstruktur unzulässig ist. Ausserdem wurden nur die Aufträge in den Optimierungslauf übergeben, die sich auf LKW-Einheiten bezogen (interne Bedarfe, die sich z.B. auf eine Monatsmenge beziehen, waren somit nicht vorhanden). Auf diese Weise kamen etwa ein Drittel bis die Hälfte der jeweiligen Wochenaufträge in die nachträgliche Betrachtung.

Eine grösstmögliche Optimierung für die zu bedienenden Relationen der DKR lässt sich bekanntermassen nur dann erzielen, wenn alle Bedarfe gesammelt und den vollständigen Beständen gegenübergestellt werden können. Tatsächlich findet aber einmal, teilweise sogar mehrfach täglich sowohl eine Bestands- als auch eine Bedarfsänderung statt. Eine Kombination mit dem bei LSR installierten Transpondersystem AMEDA fand, unter operativen Gesichtspunkten, nicht statt.

Da sich das Optimierungspotential gegenüber dem Vergleichszeitraum (Jahr 2000) eher verringert hat, wurde der Erprobung der Software im Echtbetrieb (gegenüber der Verfolgung der anderen Projekte und Massnahmen) nicht mehr die höchste Priorität eingeräumt. Grund hierfür sind auch die strukturellen Änderungen, die sich momentan im gesamten Umfeld des Kunststoff-Recyclings vollziehen. Der Einsatz im (operativen) Echtbetrieb ist für April/Mai 2004 vorgesehen. Die Ergebnisse/Erkenntnisse daraus werden über den weiteren Einsatz im Tagesgeschäft, sowie Weiterentwicklung der Software für die aktuellen Anforderungen im DKR-Geschäftsumfeld entscheidend sein. Ein Einsatz als strategisches Planungsinstrument ist zunächst nicht vorgesehen.

Das Teilsystem AMEDA

Nach Auswertung aller Daten und Prozessabläufe hat sich folgender Ablauf als praxisnah ausgezeichnet:

- (1) Die Ballen werden an der Ballenpresse erfasst, mit einem Transponder versehen und mit einem Lesegerät für die aktuelle Fraktion eingelezen.
- (2) Die Ballen werden im Sortierer-Lager eingelagert.
- (3) Der Ballenbestand des Sortierer-Lagers wird mittels Bereitstellungsmeldung an die DKR übermittelt.
- (4) Die DKR disponiert mit der Bereitstellungsmeldung die Lieferungen und vergibt hierzu eine Ergänzungsauftragsnummer. Diese Nummer kennzeichnet für die Fa. LSR die Lieferung einer disponierten Ladung vom Sortierbetrieb an den Verwerter durch den entsprechenden Spediteur. Alle drei Betriebe werden durch LSR verkörpert.
- (5) Die Ballen werden in zwei Durchgängen verwogen und die Wiegescheine der Disposition zugeordnet. Die Summe der beiden Wiegescheine wird als Gewicht für die Disposition festgelegt.
- (6) Die Ladung wird nach dem Verwiegen abgeladen.
- (7) Es wird in der AMEDA Access Software eine interne Disposition angelegt.
- (8) Das AMEDA System überträgt automatisch die Dispositionsdaten an das Handlesegerät.
- (9) Am Handlesegerät wird das Entladen/Eingang Menü aufgerufen. Die eingegebene Dispositionsnummer wird ausgewählt.
- (10) Die Transponder der Ballen werden mit dem Handlesegerät als Wareneingang für den Verwerter erfasst.
- (11) Die Ballen werden getrennt nach Dispositionen in das Verwerter-Lager gestellt.
- (12) Beim Abarbeiten der Dispositionen zur Verwertung werden die Transponder der Ballen am Verwerterbedienpult erfasst.
- (13) Die entfernten Transponder werden wieder für die Erfassung an der Presse des Sortierers bereitgestellt.

Durch die zeitnahe Aufnahme der Ballenbestände beim Sortierer LSR und deren Bereitstellung auf elektronischem Wege bei dem Garantiegeber DKR ergibt sich ein klarer Vorteil für die Disposition bei DKR, die ansonsten auf ungenaue und nicht zeitnahe Bestände angewiesen ist. Vor diesem Hintergrund hat der Einsatz einer Transponderlösung grosse Bedeutung.

Aus der zeitnahen und standortbezogenen Information über die Verfügbarkeit resultieren Einsparungspotentiale in der Transportdisposition der DKR, sowie bei anderen Anwendern aus der Recyclingbranche.

Aus DKR-internen Gründen wurde die weitere Entwicklung und Einführung des AMEDA-Systems im normalen Betrieb Ende des Jahres 2003 eingestellt.

Das Teilsystem intertour/dispatch

intertour/dispatch ist, allgemein betrachtet, ein Transportmanagementsystem für Spediteure und Verloader, das im Rahmen des Projekts zur Bildung von optimalen Umläufen bei ALBA Wertstoffmanagement eingesetzt wurde. Die Erweiterungen, die an intertour/dispatch im Rahmen des Projekts vorgenommen wurden, werden aus Sicht von PTV mit Sicherheit zum festen Bestandteil der intertour-Produkte und helfen dabei, diese Produktfamilie weiter am Markt zu etablieren. Die Erweiterung zur Berücksichtigung von Bahnverbindungen bei der Umlaufplanung ist ein ganz neues, sinnvolles Feature, das jedoch noch weiter verfeinert werden muss, um eine Marktreife Anwendung entstehen zu lassen.

Bei AWM ist ein Einsatz von intertour/dispatch im Dispositionsablauf, über das Ende der Demonstrationsphase von OPTRANS hinaus, nicht geplant. Wie bereits in den Zwischenberichten aufgezeigt, könnte eine Erweiterung der Aufgabenstellung in Richtung Transportauftragsgenerierung sinnvoll sein. Dies ist das eigentliche Dispositionsgeschäft und wird derzeit von den Disponenten ohne

jegliche Software-Unterstützung gemacht. Das nachgelagerte Transportgeschäft liegt nicht primär im Verantwortungsbereich von AWM, da keine eigenen Fahrzeuge eingesetzt werden. Es werden Expeditionen beauftragt, die selbst auf eine Optimierung der Touren achten, bzw. Aufträge von AWM nur annehmen, wenn diese auch in die Umlaufplanung der einzelnen Fahrzeuge passen.

Der Einsatz von intertour/dispatch als Tourenoptimierungssoftware erscheint generell für Speditionsfirmen mit eigenem Fuhrpark als zweckmässig. Für Entsorger wie AWM, die das Problem der Umlaufoptimierung weitgehend auf Subunternehmer auslagern, ist eher eine TAG-Lösung angezeigt, welche die Disponenten beim Stoffstrommanagement unterstützt und aus Bestands- und Bedarfskontingenten flexibel ökonomisch sinnvolle Transportrelationen (ggf. unter Berücksichtigung von ökologischen Gesichtspunkten) ermittelt. Der Gesamtnutzen einer kombinierten Lösung aus TAG und Tourenoptimierung erschliesst sich jedoch erst bei Firmen, die eigenständig Transportaufträge generieren und einen eigenen Fuhrpark (bspw. für Werksverkehre) einsetzen. In der Entsorgungswirtschaft gilt dies insbesondere für die grössten in der Branche; darüber hinaus könnte dies auch in anderen Branchen, z.B. der Automobilbranche, von Interesse sein.

Kombinierte Verkehre sind weiterhin ein Thema für AWM, nicht zuletzt wegen der Anforderungen in verschiedenen öffentlichen Ausschreibungen. Klar ist, dass die Alternativen zur Strasse derzeit preislich nicht mithalten können. Hinzu kommen Schwierigkeiten, z.B. hinsichtlich der Verladetechnik.

Nach den Erfahrungen von AWM werden ökologische Aspekte bislang nur bei der Vergabe von Aufträgen der öffentlichen Hand explizit berücksichtigt; hier existieren u.a. Bonus- bzw. Malus-Regelungen und z.T. auch Faktoren, für die aus ökologischer Sicht nicht nur die Art der Verwertung (bzw. Entsorgung) bewertet wird (z.B. ein verfahrenstechnischer Prozess), sondern auch die Art des Abfalltransports. Dies alles geht mit unterschiedlichen Gewichtungen in die Angebotsbewertung mit ein.

Grundsätzlich hat eine Berücksichtigung der Ökologie innerhalb der ALBA-Gruppe einen hohen Stellenwert; allerdings gilt auch hier das Primat der Wettbewerbsfähigkeit. Ein von der Wirtschaft und öffentlichen Auftraggebern honoriertes „Gütesiegel“ für aus ökologischer Sicht optimierte Transporte, könnte gegebenenfalls die Bereitschaft zu mehr Umweltbewusstsein im Speditions Gewerbe verstärken.

3. Der während der Durchführung des F&E-Auftrags dem Auftragnehmer bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet des Auftrags bei anderen Stellen

Innerhalb des Forschungsverbundes wurde ein Austausch, vor allem über Umweltbewertung von Transporten, durch das erste Status-Seminar in Karlsruhe angestossen und durch den Projektträger in Bonn im Rahmen eines Workshops sichergestellt. Darüber hinaus fand auch eine Diskussion zu diesem Thema mit dem Projekt EBK an der Universität Stuttgart (Herrn Wacker), in Form einer Arbeitsbesprechung statt. Zur Frage der verknüpften Bewertung von Ökologie und Ökonomie fand bislang ein Austausch auf dem zweiten Statusseminar mit dem Projekt ETIENNE statt, der im April über ein Arbeitstreffen ausgeweitet und vertieft werden soll.

Zur Bewertung der Ökoeffizienz wurde ein eigener Ansatz in Abgrenzung zu anderen Ansätzen und Diskussionen gewählt. Grundsätzlich lassen sich Umweltauswirkungen auch als externe Kosten ausdrücken. Dieser methodische Ansatz hat zunächst den Vorteil, dass sich sowohl ökonomische als auch ökologische „Kosten“ über einen Indikator d.h. € ausdrücken lassen, was dem Projektbedürfnissen entgegen kommen würde.

Es gibt dabei verschiedene Ansätze einer Diskussion externer Kosten:

➤ Bezifferung des Schadensausgleichs

Aufgezeigt werden die Kosten, die zur Beseitigung von Schäden eingesetzt werden müssen, um bspw. durch Emissionen verursachte Umweltschäden zu beseitigen. Beziffern lassen sich so bspw. die Kosten für eine Aufkalkung der Waldböden, die zum Ausgleich versauernder Effekte, verursacht durch SO₂, benötigt wird.

➤ „willingness to pay“

Mit diesem Ansatz werden die Kosten beziffert und bewertet, welche die Gesellschaft bereit wäre, für den Umweltschutz zu bezahlen. Hierbei geht es um grundsätzliche Ziele und Massnahmen zur Reduktion bestehender negativer Umweltwirkungen.

➤ Bezifferung der Kosten für emissionsmindernde Massnahmen

Mit diesem Ansatz werden die Kosten beziffert und bewertet, die notwendig sind, um gezielt durch technische Massnahmen und Einrichtungen Schadstoffe an Anlagen zurückzuhalten. Ein Beispiel hierfür ist die Investition und der Betrieb von Abgasreinigungsanlagen.

Bei allen diesen oben angeführten Ansätzen besteht grundsätzlich das Problem, Kosten beziffern zu müssen, ohne dass ein konkreter räumlicher Bezug gegeben wäre. Nicht nur die ökonomischen Randbedingungen dürften sich aber je nach Region deutlich unterscheiden, selbst wenn (wie im vorliegenden Beispielfall) der Bezugsraum die Bundesrepublik Deutschland ist. Die absoluten Kosten, sowie auch deren relative Bedeutung, unterscheiden sich angesichts der jeweiligen wirtschaftlichen Situation selbst innerhalb Europas deutlich.

In vielen Fällen werden gerade bei der Beurteilung von Verkehr oder Transport in die externen Kosten neben Lärm und Luftverschmutzung auch Kosten miteinbezogen, die durch Stau und Unfälle entstehen. Abgesehen von oben genannten Problemen werden in die externen Kosten somit nicht nur „Umweltkosten“ miteinbezogen. Über Staukosten wird der (volks-)wirtschaftliche Schaden bewertet, der durch die Aufenthaltszeit im Stau im Sinne entgangener Arbeitszeit etc. ausgedrückt wird. Unfallkosten werden ebenfalls als volkswirtschaftlicher Schaden bewertet, indem die Kosten für die Gesellschaft beziffert werden, die durch Unfälle erwerbsfähiger Personen entstehen, die teilweise oder ganz für die Wirtschaft ausfallen. Angaben zu externen Kosten lassen sich so schwer auf die Ökologie beziehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass man noch mehr als in dem klassischen „Ökobilanzansatz“ mit der Bezifferung externer Kosten nicht dem grundsätzlichen Bewertungsproblem entkommt, unterschiedlichste Gesichtspunkte bilanzieren und abwägen zu müssen. Davon abgesehen, werden in den externen Kosten nicht nur Umweltkosten sondern auch gesellschaftliche und andere Kosten miteinbezogen.

Dazu kommt, dass sich selbst eindeutig als Umweltauswirkungen beschreibbare Effekte kaum in Kosten beziffern lassen. Um Kosten bzw. Schaden beziffern zu können, muss man konkret die Wirkung von Schadstoffemissionen prognostizieren können, was jedoch kaum möglich ist. Zur Beurteilung der Auswirkungen von Emissionen auf das Klima existieren zahlreiche Prognosemodelle, die Ursache und Wirkung kalkulierbar machen sollen. Dies ist bislang wissenschaftlich noch nicht befriedigend gelöst. Um wie viel schwieriger ist es darüber hinaus, Kosten für Umweltwirkungen zu prognostizieren, die sich selbst nicht konkret quantitativ benennen und deren (Aus)Wirkungen sich zudem auch nicht konkret verorten lassen, wie dies bei der Bewertung von Transporten vielfach auftritt.

Der gewählte Ansatz einer ökologischen Bilanzierung hat demgegenüber den Vorteil, immer nur potentielle Umweltwirkungen bspw. von Schadstoffemissionen als Versauerungs-, Eutrophierungs- oder Krebsrisikopotenzial bewerten zu können. Diese potenziellen Wirkungen von freigesetzten Stoffen sind wissenschaftlich relativ unumstritten; man bewegt sich in der Diskussion sehr nahe an der (Emissions-)Quelle und prognostiziert nicht die Immissionen d.h. räumlich verortet die konkreten Folgen bzw. Umweltwirkungen. Die Aussagekraft ist mit diesem Ansatz entsprechend sicherer.

Dies schliesst nicht aus, dass die Anforderungen aus der Methodenanwendung dazu führen werden, ein Modell zu entwickeln, dass eine verknüpfte Bewertung von Ökologie und Ökonomie als „gegeneinander Verrechnen“ ermöglichen wird, ohne Abstriche an der wissenschaftlichen Aussagekraft des Ergebnisses. Dies ist derzeit allerdings noch nicht erreicht.

4. Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des F&E-Ergebnisses nach § 11 der allgemeinen Bestimmungen. Wenn zur Wahrung berechtigter Interessen des Auftragnehmers oder Dritter oder aus anderen sachlichen Gesichtspunkten bestimmte Einzelheiten aus dem Bericht vertraulich zu behandeln sind (z.B. Wahrung der Priorität bei Schutzrechtsanmeldungen), so hat der Auftragnehmer den Auftraggeber ausdrücklich darauf hinzuweisen.

Neben dem vorliegenden Dokument existieren drei Teilprojektberichte, von denen jedoch nur eines (mit kleinen Abstrichen) öffentlich zugänglich ist. Die anderen beiden enthalten einen detaillierten Überblick über Firmeninterna der demonstrierenden Projektpartner und über die entwickelten Systeme; somit sind diese nur für Projektzwecke zu verwenden und nicht für das öffentliche Auge bestimmt.

Berichte		
Teilprojekt 1: Ist-Analyse der Mengenströme und Transportvorgänge, Schwachstellenanalyse und Transportoptimierungsansätze (DKR und WVS)	November 2002	Vertraulich
Teilprojekt 2: Ökonomische und ökologische Bewertung; Entwicklung von Transferkonzepten	Dezember 2003	Öffentlich, bis auf einige Anhänge
Teilprojekt 3: Systemkonzepte Information und Kommunikation – Analyse und Design der zu entwickelnden Systeme bei den Demonstratoren	Oktober 2002	Vertraulich

Tabelle 4: Verfasste Projektberichte

Pressemitteilungen		
Bekanntgabe Projektstart	05.09.2001	Durch PTV
Ergebnisse der Analysephase	01.04.2003	Durch PTV, Übersetzung ins Englische erfolgt
„Analyse und Bewertung von Transportketten in der Entsorgungswirtschaft“	29.04.2003	Durch IFEU, Müllmagazin 02/03
Systeminstallation und erste Tests	22.09.2003	Durch PTV, Übersetzung ins Englische erfolgt
Leitartikel „Sauber gelöst: Trends aus der Entsorgungsbranche“	25.11.2003	Durch PTV, Firmenzeitschrift „Compass“ 04/03

Tabelle 5: Veröffentlichte Pressemitteilungen

III. Kurzgefasster Erfolgskontrollbericht

1. Das wissenschaftlich-technische Ergebnis des F&E-Auftrags, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen

Die aus dem Aufgabenschwerpunkt „Potentialanalyse und Transportoptimierung“ hervorgegangenen Ergebnisse lassen sich durch die folgenden Kernhypothesen zusammenfassen:

Zum Thema Verkehrsverlagerung:

- Aus ökologischer und ökonomischer Sicht lohnt es sich, zumindest ab einer Entfernung von ca. 350 km zwischen Sender und Empfänger über eine Verlagerung von Transporten auf alternative Verkehrsträger nachzudenken.
- Infrage kommt vor allem der kombinierte Ladungsverkehr (z.B. das schienengestützte Netz der Kombiverkehr AG in Deutschland).
- Eine Nutzung des Binnenschiffs ist aufgrund der Standorte der Akteure und aufgrund der spezifischen Probleme der Binnenschifffahrt (z.B. Wasserstandsabhängigkeiten) nicht möglich, auch kostenseitig keine Alternative.

Zum Thema Verkehrsvermeidung:

- Das realistische Einsparungspotential durch optimierte Zuordnung von Sendern und Empfängern bei der DKR liegt im Mittel bei ca. 20% der heutigen Lastkilometer.
- Bei grösseren Freiheitsgraden (bei der Vertragsgestaltung zu definieren) sind ggf. höhere Transportkilometerreduktionen erzielbar.

Neben diesen Kernhypothesen sind weitere wichtige Erkenntnisse zu Tage gekommen, die hier aufgezählt werden:

- Durch die Unpaarigkeit des Transportaufkommens sind der systemimmanenten Reduktion von Transportleistungen deutliche Grenzen gesetzt (speziell bei AWM).
- Es ist keine weitere, signifikante Reduktion der Tonnenkilometer durch Auslastungsverbesserungen erzielbar.

Eine wesentliche Fragestellung des Projekts bestand in der Methodenentwicklung zur ökologischen Bewertung von Transportlösungen, im Gesamtzusammenhang der Verwertung der diskutierten Kunststoffabfälle, vor allem aber im Gesamtzusammenhang auch mit einer ökonomischen Bewertung. Das Projekt hat dabei wesentliche Erkenntnisse gebracht bzw. fundiert.

Mit Hilfe des Projekts wurden zahlreiche Umweltwirkungen der verschiedenen Transportmittel erstmalig über quantifizierbare Kriterien beschrieben. Die entsprechenden Erkenntnisse fanden Eingang in entsprechende wissenschaftliche Kreise über Vorträge, Fachartikel und Teilnahme bspw. an dem vom Projektträger veranstalteten Workshop zur Frage der ökologischen Bewertung. Die Erkenntnisse aus dem Projekt haben die diesbezügliche wissenschaftliche Diskussion sicherlich befruchtet. Dazu dient auch die aktive Mitarbeit des ifeu-Instituts in verschiedenen Gremien. IFEU ist Mitglied im nationalen Standardisierungsgremium des DIN im Bereich Umweltmanagement (DIN/NAGUS AA3). Hier leitet es die Arbeitsgruppe zu Impact Assessment (AA3/UA2) mit dem Ziel, Umweltindikatoren im Bereich der Umweltbewertung von Produkten zu standardisieren.

Weitere zentrale Aufgabenstellung des Projektes war es, für die identifizierten von Transporten ausgehenden Umweltwirkungen möglichst ein oder zumindest wenige Repräsentanten zu finden. Nur so war es möglich, das im Rahmen des Projekts entwickelte bzw. konzipierte Dispositionstool auch derartige Informationen verarbeiten zu lassen. Es zeigte sich, dass der kumulierte Energieaufwand KEA eine derartige Grösse darstellen kann. Er vermag es, bis auf die Umwelteffekte Landschaftsentwertung und Lärm von Transporten ausgehende Umweltwirkungen weitgehend abzubilden. Mit den Projekterkenntnissen wurden so wesentliche Erkenntnisse aus ähnlichen Fragestellungen für eine vereinfachte Umweltbewertung fundiert.

Aus Entwicklungssicht wurden einige Konzepte für Anwendungen erarbeitet:

- ein allgemeines Konzept zur Lösung der Problematik der Transportauftragsgenerierung (TAG), im Hinblick auf die Systemlandschaft der PTV-Produkte,
- ein spezifisches Konzept zur Lösung der Problematik der Transportauftragsgenerierung (TAG) im Kontext von DKR, als Vorarbeit für die durch LOCOM erfolgte Entwicklung. Dieses beinhaltet die Auswahl eines geeigneten Optimierungsalgorithmus, die Definition eines internen Datenmodells auf abstrakter Ebene, die Definition von Schnittstellen zum Datenaustausch mit dem vorhandenen Warenwirtschaftssystem und das Design von einigen Dialogen für die grafische Oberfläche des Moduls,
- ein Konzept für die Erweiterungen an der PTV-Software intertour/dispatch, unter Rücksichtnahme der Nutzeranforderungen von AWM. Neben dem Konzept mit Beschreibung der Funktionalität und der Schnittstellen zum vorhandenen Warenwirtschaftssystem ist in Zusammenarbeit mit AWM ein Pflichtenheft entstanden, in dem alle wichtigen Vereinbarungen (daten- und schnittstellenbezogene, funktionale, vertragliche, nutzungsbezogene) festgehalten wurden.

Aus Sicht der praktischen Umsetzung sind einige Anpassungen an der PTV-Standardsoftware intertour/dispatch vorgenommen worden. Es ist eine besondere Funktionalität entstanden, bei der Bahnrelationen definiert und in der Tourenplanung miteinbezogen werden. Dabei werden für Vor- und Nachlauf weiter die vorhandenen Ressourcen (LKW's) des Frachtführers verplant.

Innerhalb des Geschäftsbereichs Logistik der PTV ist eine signifikante Sensibilisierung für die Integration von alternativen Verkehrsträgern in Transportplanungsprozessen induziert worden. Da Projekte innerhalb der PTV traditionell sehr marktbezogen sind, beschränken sich die zur Zeit vorhandenen Planungsanwendungen meistens noch auf Strassentransporte. Das Projekt hat, so gesehen, auf lange bis mittlere Sicht, einen Beitrag zur umweltgerechteren Planung und Abwicklung von Transporten geleistet.

Das Einbeziehen von ökologischen Kennwerten bei der Optimierung, neben den zumeist betrachteten ökonomischen Kennwerten, entspricht einer essentiellen Erweiterung der Sichtweise bei der Ermittlung von Zielfunktionen. Dass sich beide Sichtweisen generell nicht ausschliessen, hat sich sowohl theoretisch als auch praktisch, bei der Umsetzung des TAG gezeigt, denn einige Kennwerte korrelieren. Es ist z.B. recht plausibel, dass ein geringerer Verbrauch an Kraftstoff auch eine geringere Schadstoffemission bedeutet. Es wurde jedoch im Rahmen von OPTRANS, nach ersten ernüchternden Versuchen, nicht weiter probiert, ökologische Kenngrößen zu ökonomischen Kennwerten zu „übersetzen“ und somit beide Sichtweisen miteinander zu „vermengen“, denn dies ist bei vielen Kenngrößen, die durch einen KEA (Kumulativer Energieaufwand) repräsentiert werden, nicht angebracht.

Zur Planung von Transporten zur Sammlung von Abfällen von Haushalten und Gewerbe wurde vor einigen Jahren bei PTV ein Produkt mit dem Namen intertour/Entsorgung entwickelt. Dieses Produkt wird auch weiter vertrieben. Mit der Transportlogistikkette nach der Sortierung war aber PTV vor OPTRANS noch nie in Berührung gekommen. Aus diesem Grund konnte das Projekt dazu genutzt werden, diesen Bereich der Transportlogistik, anhand der Situation des Recyclings von Kunststoffen, recht ausführlich kennen zu lernen. Anhand der Phase der Entwicklung von Transferkonzepten konnten einige Kontakte zu anderen (mit DKR vergleichbaren) Transporte organisierenden Unternehmen geknüpft werden, die bei Folgeprojekten involviert werden könnten.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass es nicht wenige Möglichkeiten gibt, eine Anwendung zur Lösung eines Transportplanungsproblems (auf taktischer oder operativer Ebene) einzusetzen, auch ausserhalb der Abfall- und Entsorgungswirtschaft. Dies haben die im Rahmen der Entwicklung der Transferkonzepte geknüpften Kontakte vermittelt. Das gezeigte Interesse von Presse und Akteuren des Recyclinggeschäfts auf die veröffentlichten Pressemitteilungen beweist zudem, dass auch innerhalb dieses wirtschaftlichen Zweigs genügend Ansätze bestehen, um die in OPTRANS erarbeiteten Lösungen in anderen Kontexten umzusetzen.

2. Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte die vom Auftragnehmer oder von am Auftrag Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, ggf. auch deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u.a.)

Im Rahmen des Projekts wurde ein Zusammenarbeitsvertrag gemeinschaftlich ausformuliert und von jedem Projektpartner unterschrieben, in dem u.a. die Benutzungsrechte an den im Rahmen des Projekts und für die Dauer des Projekts eingesetzten Teillösungen geregelt wurden. Zusätzlich dazu wurde eine Vereinbarung über die Benutzungsrechte an den Arbeitsergebnissen und ausservertraglichen Ergebnissen des Projekts nach Ablauf der Projektlaufzeit gemeinschaftlich erarbeitet und von jedem Projektpartner unterschrieben.

Darüber hinaus wurden keine Erfindungen und Schutzrechte angemeldet, bzw. keine Schutzrechte in Anspruch genommen.

3. Die evtl. wirtschaftlichen Erfolgsaussichten nach Auftragsende (mit Zeithorizont) - z.B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/-industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben, soweit die Art des Auftrags dies zulässt)

Dem Auftragnehmer ist kein Konkurrenzprodukt bekannt, dass die Funktionalität der TAG auf diese Art und Weise erfüllt. Durch die allgemeine Definition der restriktiven Bedingungen innerhalb des Tools ist es ohne weiteres möglich, es durch Anpassungen in anderen Kontexten einzusetzen. Somit ist das TAG-Tool recht flexibel einsetzbar. Im Fokus einer möglichen Transferstrategie stehen insbesondere die Grundstoffindustrien und Massengüter.

Derzeit liegt keine erfolgreiche Akquisition neuer Anwender vor; kurz vor Projektabschluss gab es jedoch bereits zwei interessierte Firmen.

Für weitere Aspekte siehe Punkt 4.

4. Die evtl. wissenschaftlichen und/oder technischen Erfolgsaussichten nach Auftragsende (mit Zeithorizont) - u.a., wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z.B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u.a. einzubeziehen

Die Ergebnisse sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand auf die Unternehmen aus dem Kreise des Dualen System Deutschland übertragbar.

Das Konzept eines TAG-Tools in dieser Form, als funktionales Bindeglied zwischen einem Warenwirtschaftssystem und einem Tourenoptimierungssystem ist, innerhalb der PTV, eine Neuheit und wurde bisher in keinem anderen kommerziellen oder F&E-Projekt vor OPTRANS in Angriff genommen. Diese Entwicklung ist jedoch, wie sich bereits während der Laufzeit von OPTRANS gezeigt hat, unabdingbar. Das allgemeine Konzept für die TAG hat Verwendung in einem anderen, rein kommerziellen Projekt des Geschäftsbereichs Logistik der PTV gefunden und wurde hierbei praktisch umgesetzt. Dabei handelt es sich um die Generierung von Aufträgen zum Transport von Vieh von Mastbetrieben zu Schlachthöfen. Auch bei diesem Problem sind Angebot und Nachfrage gegenüberzustellen und Transportmengen zu definieren, die anhand von geeigneten Transportmitteln, einem festen Verarbeitungsplan gerecht und unter Berücksichtigung von verschiedenen Restriktionen, zu befördern sind.

Das Produkt intertour/dispatch ist mit der Funktion zur Berücksichtigung von Schienentransporten bei der

Planung aus Kundensicht durchaus interessanter geworden. Diese Funktionalität ist jedoch zur Zeit noch im prototypischen Stadium und es bleibt abzuwarten, ob Folgeprojekte (kommerzielle oder F&E) definiert werden können, die diese weiter verfeinern. Grundsätzlich ist die Thematik der Planung von Transporten mit alternativen Verkehrsträgern interessant und wird aus strategischer Sicht als mögliche Weiterentwicklung in Betracht gezogen, es fehlt jedoch an praktischen Umsetzungsmöglichkeiten bzw. an Projektpartnern.

Der Einsatz eines TAG-Tools in Kombination mit dem Produkt intertour/dispatch (unter Berücksichtigung alternativer Verkehrsträger) wäre bei zwei Unternehmen aus der Abfall- und Entsorgungswirtschaft, zu denen man im Laufe der Entwicklung der Transferkonzepte Kontakt geknüpft hat, möglich und könnte im Rahmen von zukünftigen F&E-Projekten in Angriff genommen werden.

Die Reduktion der Komplexität der Umweltbewertung ist Grundvoraussetzung für eine Verknüpfung der ökologischen mit einer ökonomischen Bewertung. Diese Aufgabenstellung einer verknüpften Bewertung hat im letzten Jahr eine hohe Bedeutung in nationalen wie auch internationalen Zusammenhang erhalten. Unter anderem über die aufgezeigten Netzwerke werden die Projekterkenntnisse Eingang in die wissenschaftliche Diskussion finden. Im Rahmen des Verbundvorhabens erfolgte ein wissenschaftlicher Austausch mit Frau Prof. Günther (TU Dresden, Professur zu Betrieblicher Umweltökonomie, Forschungsprojekt ETIENNE) zur Methode der verknüpften Bewertung von Ökologie und Ökonomie.

Die diesbezüglichen Erkenntnisse des Projektes werden darüber hinaus auch Eingang in aktuelle Projekte für das Umweltbundesamt finden (Thema: Nachhaltigkeit in der Abfallwirtschaft). Die Europäische Kommission setzt im übrigen verstärkt die Cost-Benefit-Analyse als Instrument ein, eine Methode zur Verknüpfung von Ökologie und Ökonomie. Durch die aktive Mitarbeit in der „International Expert Group on LCA in Waste Management“ werden die Erkenntnisse aus dem OPTRANS-Projekt auch in der internationalen Diskussion zur Verfügung gestellt. Eine unmittelbare Umsetzung von Teilergebnissen findet im Rahmen eines Vortrages an der Universität Leiden/NL (03.04.2004) in der Konferenz „Eco-Efficiency for Sustainability“ statt. Herr Giegrich (ifeu-Institut) referiert hier über: „A Comparison of Different Approaches of Eco-Efficiency and Cost-benefit-Analysis for Packaging Waste Recycling“.

5. Die evtl. wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte

Zur effektiven automatischen Planung von Transporten mit alternativen Verkehrsträgern ist das Vorhandensein von Netzdaten (Netzdatenbank) mit intermodalen Terminals und Fahrplänen von primärer Wichtigkeit. Diese Netzdaten müssen von verschiedenen Quellen (Netzbetreiber, Seehäfen, Terminalbetreiber, usw.) in mühevoller Kleinarbeit zusammengeführt werden. Leider

- a) ist nicht immer Verlass auf die Richtigkeit der vorhandenen Daten und
- b) ändern sich die Daten regelmässig.

Das führt dazu, dass ein Netz sehr intensiv gepflegt werden muss, um Fehler auszumerzen und um auf dem neuesten Stand zu bleiben. Vorausgesetzt es finden sich nach OPTRANS Interessenten für ein intertour/dispatch mit der Funktionalität der intermodalen Planung, stünde der Definition von Folgeprojekten nichts im Wege; es bliebe jedoch der Pflegeaufwand für das intermodale Netz und der müsste kontinuierlich getragen werden. Dies wäre nur wirtschaftlich tragbar, wenn genügend Kunden das Produkt nutzen.

Die gemeinsame Weiterentwicklung einer Anwendung zur Planung von Transporten für den kombinierten Verkehr, mit Integration von Ökobewertungsfunktionalitäten wurde gegen Ende des Projekts innerhalb des Konsortiums ausführlich diskutiert und ist vor allem seitens der Firma Locom gewollt und geplant.

6. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Am Anfang der Konzeptphase wurde untersucht, ob das Problem der optimalen TAG anhand eines Simulationstools, das versucht Angebot und Nachfrage überein zu bringen, gelöst werden kann. Dabei wurden die Eigenschaften eines käuflichen Softwareprodukts analysiert. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass ein solches Tool viel zu mächtig und für zukünftige Erweiterungen viel zu unflexibel wäre, so dass von einer Verwendung für das TAG-Tool abgesehen wurde.

7. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer - z.B. Anwenderkonferenzen (Angaben, soweit die Art des Auftrags dies zulässt)

PTV und LOCOM sind gerne bereit, Präsentationen der Produkte intertour/dispatch und TAG-Tool in Karlsruhe für Interessenten durchzuführen. Dazu kann recht flexibel ein Termin vereinbart werden.

Das ifeu-Institut ist seinerseits jederzeit und gerne bereit, Vorgehen und entwickelte Methode einer breiten wissenschaftlichen Öffentlichkeit, aber auch anderen Kreisen, vor- und zur Diskussion zu stellen.

8. Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Insgesamt hat sich das Projekt gegenüber der ursprünglichen Zeitplanung um etwa sechs Monate verzögert, wodurch eine Verlängerung bis Ende des Jahres 2003 nötig wurde. Innerhalb dieser verlängerten Projektlaufzeit konnten dann alle noch ausstehenden Arbeiten erfolgreich zu Ende geführt werden. Eine zusammenfassende Aussage zur Einhaltung der Kostenplanung ist nach Teilprojekten angegeben.

- Teilprojekt 1: „Potentialanalyse und Transportoptimierung“ (Locom)
Durch die Verzögerung und Schwierigkeiten bei der Lösungsfindung und Algorithmusentwicklung ist es zu einer deutlichen Überschreitung des geplanten und bewilligten Kostenrahmens gekommen.
- Teilprojekt 2: „Ökonomische und ökologische Bewertung“ (ifeu)
Die Kostenplanung konnte eingehalten werden.
- Teilprojekt 3: „Systementwicklung und Projektmanagement“ (PTV)
Die im Rahmen des Projekts angefallenen Kosten übersteigen eindeutig die zugrunde liegende Kostenplanung. Dies ist vor allem auf die für die konzeptionelle Phase (Analyse, Algorithmusuche, Methodenentwicklung) investierte Zeit zurückzuführen. Darüber hinaus wurde einige Zeit für die Aussendarstellung des Projekts aufgebracht, wofür bei der Planung kaum Budget vorgesehen worden war.
- Teilprojekt 4: „Anwendung Transportauftragsplanung“ (DKR)
Die Kostenplanung wurde leicht unterschritten.
- Teilprojekt 5: „Anwendung Tourenplanung“ (AWM)
Die Kostenplanung wurde deutlich überschritten, da die Bereitstellung der Schnittstelle vom SAP-System zu intertour/dispatch arbeitsintensiver als geplant war.
- Teilprojekt 6: „Anwendung Transportlogistik-Informationsnetz“ (LSR)
Die Kostenplanung konnte eingehalten werden.

Anhang A:
Berichtsblatt und „Document Control Sheet“

Berichtsblatt

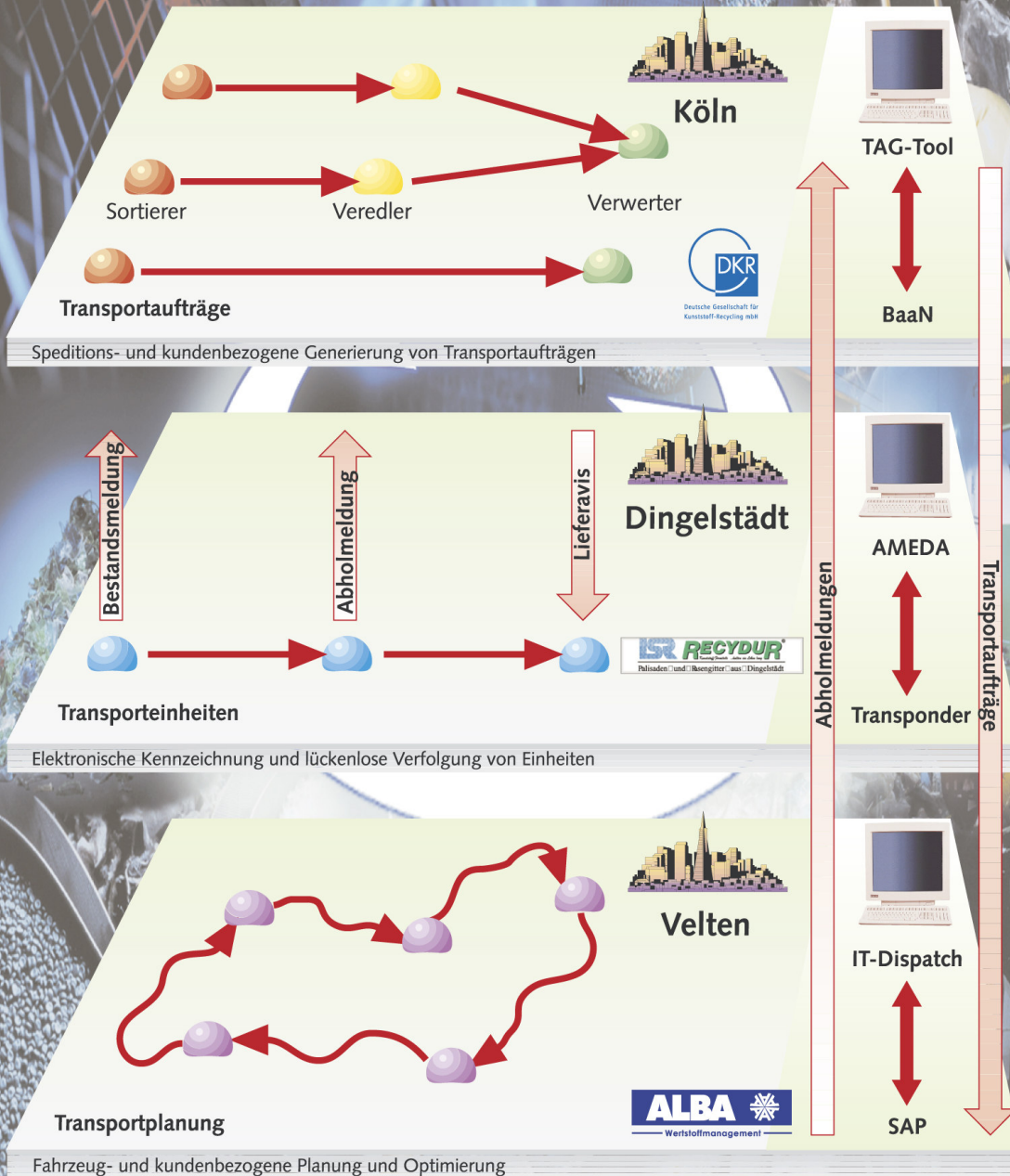
1. ISBN oder ISSN keine	2. Berichtsart Abschlussbericht
3a. Titel der Berichts OPTRANS Abschlussbericht	
3b. Titel der Publikation OPTRANS Abschlussbericht	
4a. Autoren der Berichts (Name, Vorname(n)) Cebulla, Silke; Knappe, Florian; Lindner, Robert; Marongiu, Efisio; Schulz, Jürgen; Skupin, Mario; Wittmann, Johannes.	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.Dezember 2003
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n)) Cebulla, Silke; Knappe, Florian; Lindner, Robert; Marongiu, Efisio; Schulz, Jürgen; Skupin, Mario; Wittmann, Johannes.	6. Veröffentlichungsdatum 01.April 2004
	7. Form der Publikation
	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) <ul style="list-style-type: none"> ➤ PTV AG, Stumpfstr. 1, 76131 Karlsruhe ➤ Locom Consulting GmbH, Stumpfstr. 1, 76131 Karlsruhe ➤ ifeu Institut GmbH, Wilckenstr. 3, 69120 Heidelberg ➤ DKR gmbH, Frankfurter Strasse 720-726, 51145 Köln ➤ ALBA Wertstoffmanagement GmbH, Franz-Josef-Schweitzer-Platz 1, 16727 Velten ➤ LSR GmbH, Wachstedter Str. 1-5, 37351 Dingelstädt 	10. Förderkennzeichen 19 G 1016A bis 19 G 1016F
	11a. Seitenzahl Bericht 45
	11b. Seitenzahl Publikation 45
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. Literaturangaben 7
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 13
16. Zusätzliche Angaben Keine	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Dieses Dokument fasst alle wesentlichen Erkenntnisse des Projekts OPTRANS zusammen. Zielsetzung dieses F&E-Vorhabens war die Optimierung von Transporten zwischen Recyclinganlagen, nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Dabei wurde eine Musterentsorgungskette analysiert und ein optimierendes EDV-System auf verschiedenen Ebenen entworfen, entwickelt, installiert und im praktischen Einsatz erprobt.	
19. Schlagwörter Kreislaufwirtschaft, Abfallwirtschaft, Entsorgungswirtschaft, Entsorgung, Entsorgungskette, Recycling, Transportlogistik, Transportlogistiknetzwerk, Informationssysteme, Kommunikationssysteme, Transportauftragsgenerierung, Tourenoptimierung, Kunststoffe, Sortieren, Aufbereiten, Veredeln, Wiederverwerten, Verwertung, Duales System Deutschland.	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN None	2. Type of Report Final report
3a. Report Title OPTRANS Abschlussbericht	
3b. Title of Publication OPTRANS Abschlussbericht	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Cebulla, Silke; Knappe, Florian; Lindner, Robert; Marongiu, Efisio; Schulz, Jürgen; Skupin, Mario; Wittmann, Johannes.	5. End of Project December 31, 2003
	6. Publication Date April 1, 2004
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s)) Cebulla, Silke; Knappe, Florian; Lindner, Robert; Marongiu, Efisio; Schulz, Jürgen; Skupin, Mario; Wittmann, Johannes.	7. Form of Publication
	9. Originator's Report
8. Performing Organization(s) (Name, Address) <ul style="list-style-type: none"> ➤ PTV AG, Stumpfstr. 1, D-76131 Karlsruhe ➤ Locom Consulting GmbH, Stumpfstr. 1, D-76131 Karlsruhe ➤ ifeu Institut GmbH, Wilckenstr. 3, D-69120 Heidelberg ➤ DKR GmbH, Frankfurter Strasse 720-726, D-51145 Köln ➤ ALBA Wertstoffmanagement GmbH, Franz-Josef-Schweitzer Platz 1, D-16727 Velten ➤ LSR GmbH, Wachstedter Str. 1-5, D-37351 Dingelstädt 	10. Reference No. 19 G 1016A to 19 G 1016F
	11a. No. of Pages Report 45
	11b. No. of Pages Publication 45
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. No. of References 7
	14. No. of Tables 5
	15. No. of Figures 13
16. Supplementary Notes None	
17. Presented at (Title, Place, Date)	
18. Abstract This document summarises all essential results of the project OPTRANS. The main objective of this R&D project was the optimisation of transports taking place between recycling facilities, according to economical and ecological points of view. Exemplary waste disposal chains for the distribution of waste plastics were analysed and an optimising computer-supported system distributed over different actors has been developed, installed and tested in the operational environment.	
19. Keywords Waste recycling, computer-supported transport optimisation, economical and ecological optimisation, transport order generation, waste disposal chain, waste facilities, electronic identification system, transport logistics, transport logistics network, information and communication system, round trip optimisation, planning system, select, refine, recycle, Duales System Deutschland.	
20. Publisher	21. Price

**Anhang B:
Pressemitteilungen**

**Anhang C:
Projektposter**



Das TAG-Tool: Generierung von Transportaufträgen (DKR)

Aus einem bestehenden Warenwirtschaftssystem werden in regelmässigen Abständen Angebote von produzierenden Anlagen und Bedarfe von verarbeitenden Anlagen ausgelesen und gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung von technischen und vertraglichen Restriktionen wird eine ökologisch/ökonomisch optimale Zuordnung von Angeboten zu Bedarfen ermittelt und es werden Mengen, entsprechend dem was eine Wagenladung ausmacht, gebildet. Anschliessend werden passende Spediteure ausgesucht, an die die Transportaufträge gegeben werden.

AMEDA: Kennzeichnung und lückenlose Verfolgung von Einheiten (LSR)

An der Sortieranlage werden produzierte Kunststoffballen automatisch gewogen und mit Transpondern ausgestattet; diese dienen zur Identifikation der einzelnen Ballen. Der Anlagenbetreiber hat einen genauen Überblick über die produzierten Ballen und meldet der DKR in regelmässigen Abständen die aktuellen Bestände an Kunststoffen, die zum Abtransport bereit stehen. Die bei den verarbeitenden Anlagen eingehenden Kunststoffballen werden am Wareneingang registriert; somit kann genau nachvollzogen werden, wann welche Ballen verarbeitet wurden.

IT-Dispatch: Bildung von optimalen Umläufen (AWM)

Die von der DKR (aus dem Kunststoffbereich) erhaltenen Transportaufträge werden zusammen mit den für die gesamte ALBA-Gruppe auszuführenden Transportaufträgen aus einem vorhandenen Warenwirtschaftssystem gelesen und zu optimalen Transport-Umläufen verarbeitet. Diese Umläufe werden an die Frachtführer zur Durchführung der Transporte weitergereicht.