



Abschlussbericht zum Verbundprojekt  
TraCy – Tray Cycling, Logistics for Urban Mining

im Leitthema  
Umwelt im Fokus

Ersteller  
Prof. Dr. Kathrin Hesse, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Projektlaufzeit  
01.07.2010 – 30.06.2014

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IC10L03A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



## Inhaltsverzeichnis

<b>I. Kurze Darstellung</b>	<b>1</b>
1. Aufgabenstellung	2
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	6
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	7
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	10
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	17
<b>II. Eingehende Darstellung</b>	<b>20</b>
1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse	20
2. Erläuterungen zum zahlenmäßigen Nachweis	42
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	42
4. Nutzen des Projektes	44
5. Fortschritte und Entwicklungen auf dem Gebiet des Projektes bei anderen Stellen	46
6. Veröffentlichungen	47

## I. Kurze Darstellung

Für den EffizienzCluster sind die Leitthemen Entwicklungspfade zur Logistik der Zukunft. Die Strategie des EffizienzClusters ist es, in den fünf inhaltlichen Leitthemen Technologieführerschaft und Marktführerschaft zu erlangen, den Cluster als Zentrum für Kompetenzentwicklung in der Logistik zu positionieren und die internationale Sichtbarkeit zu verbessern. Ein wesentlicher Beitrag zur Umsetzung der Strategie kommt der Verwertung der Ergebnisse aus den Verbundprojekten zu. Durch die Nutzung der Clusterstrukturen können die Ergebnisse rascher in den Markt gebracht werden und Innovationsprozesse in der Branche beschleunigen.

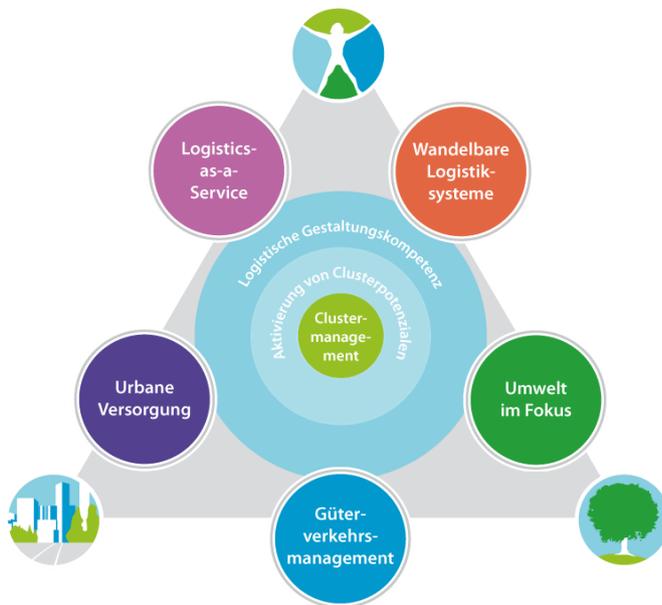


Abbildung 1 Die Verbundprojekte sind in fünf inhaltlichen Leitthemen und zwei Querschnittsleitthemen zusammengefasst.

Für die nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung in der Clusterregion steht das Leitthema „Umwelt“ insbesondere der Aspekt Ressourceneffizienz im Fokus. Der weltweite jährliche Ressourcenverbrauch wird vom World Resources Institute mit rund 5.600 Millionen Tonnen beziffert. Dabei handelt es sich einerseits um Rohstoffe zur stofflichen Weiterverarbeitung wie Eisenerz oder Edelmetalle andererseits um Energieträger wie Rohöl, Kohle oder Erdgas. Während dieser Rohstoffverbrauch der Weltwirtschaft ansteigt, steigen gleichzeitig die Preise für Rohöl, Edelmetall sowie Erze. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine intelligente Ressourcenwirtschaft an Bedeutung, die neben geschlossenen Rohstoffkreisläufen, eine Minimierung des Ressourceneinsatzes unter Einsatz effizienter Produktionstechnologien im Fokus hat.

Bislang werden für etablierte Rohstoffkreisläufe überwiegend Monofractionen, wie beispielsweise Altmetalle, Altglas und Altpapier genutzt, während Verbundmaterialien, trotz enthaltenen hochwertiger Rohstoffe, weitestgehend energetisch verwertet werden. Darüber hinaus sind die Logistikstrukturen für die Rückführung von Altprodukten (Behältersysteme, Informations- und Organisationsstrukturen) oft inkompatibel zur Beschaffungslogistik der produzierenden Unternehmen, da sie ihren Ursprung in den klassischen Strukturen der Entsorgungswirtschaft haben und nicht zur Rohstoffversorgung konzipiert wurden. Um den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu steigern, bedarf es einerseits robuster Logistiksysteme, die den hohen Qualitäts- und Lieferanforderungen der Abnehmer entsprechen, und andererseits der verstärkten Integration von Entsorgungsunternehmen in die Supply Chain Strukturen der Industrie.

Das Projekt TraCy unterstützt diesen Ansatz durch die Entwicklung ökonomisch tragfähiger Modelle zur Schließung von Kreisläufen für Stoffe, die heute noch nicht oder nur in geringen Mengen im Rohstoffkreislauf geführt werden. Daher wurden zu Projektbeginn die Abfallmärkte analysiert und die entsprechenden Abfallstoffe ausgewählt, die im weiteren Projektverlauf eingehender betrachtet wurden.

Daran schloss sich die Auswahl und Konzeption der Verfahren und Logistiksysteme für die ausgesuchten Ressourcen an, mit denen eine wirtschaftliche Rückgewinnung, heute sowie in der Zukunft, möglich sein sollte. Mit dem Feldversuch wurde ein Logistik- und Informationssystem für Inkontinenzabfälle zur Rückgewinnung von Biomasse, Kunststoff sowie Zellstoff entwickelt und erfolgreich getestet.

Darüber hinaus wurden mathematische Modelle für die Untersuchung des Demonstrators (Feldversuch) für die Verwertung von Inkontinenzsystemabfällen entwickelt, in dem die Daten des betrachteten Systems, des Stoffstroms sowie die für die Verwertung relevanten Ressourcen und Kosten eingeflossen sind. Abschließend erfolgte die Bewertung des IST-Zustands mit weiteren Szenarien, in denen die Randbedingungen des Demonstrators hinsichtlich der Koppelung von Ver- und Entsorgungsprozessen, Auslastungsmaximierung sowie Sekundärrohstoffpreisen verändert wurden. Dadurch wurden wesentliche Grundlagen für eine weitere Verbesserung der Ressourceneffizienz bzw. der Ressourcenproduktivität geschaffen.

## 1. Aufgabenstellung

Das Ziel des Forschungsvorhabens TraCy war, die Ressourceneffizienz bzw. Ressourcenproduktivität ausgewählter Wertschöpfungsketten, die bislang kaum im Fokus der Entsor-

gungswirtschaft stehen oder nicht optimal genutzt werden, zu steigern und damit zu einem nachhaltigen Wachstum der Wirtschaft beizutragen. Um dies zu bewerkstelligen, gibt es gemäß International Panel for Sustainable Resource Management folgende drei Möglichkeiten:

- die (verstärkte) Nutzung von Sekundärrohstoffen
- die Kaskadennutzung (von Produkten und Rohstoffen)
- die strategische Absenkung der Rohstoffintensität (in der Produktion)<sup>1</sup>

Im Rahmen von TraCy stand der erste Punkt für Verbundwerkstoffe im Fokus, für die aus Sicht der Kreislaufführung die Märkte oft unzureichend erschlossen sind, sofern nicht ein einzelner Stoff von der Werthaltigkeit klar dominiert, wie z. B. Platin in Automobilkatalysatoren. Auch ist der direkte Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion der Ausgangsprodukte ohne den Umweg über anonyme Massenmärkte so gut wie gar nicht anzutreffen. Darüber hinaus wird der Einsatz von Sekundärrohstoffen durch eine nicht garantierte Versorgungssicherheit, keine Einhaltung von erforderlichen Qualitäts- und Umweltstandards sowie eine unzureichende Einbindung von Sekundärrohstofflieferanten in die Beschaffungsstrukturen der Produzenten nahezu verhindert. Ebenso basieren die Logistikstrukturen für die Rückführung von Altprodukten (Behältersysteme, Informationsflüsse, Organisationsstrukturen) auf den klassischen Strukturen der Entsorgungswirtschaft und sind so nicht für die Rohstoffversorgung von Produzenten geeignet.

Daher mussten zu Projektbeginn die Abfallmärkte analysiert und die entsprechenden Abfallstoffe, wie PET, Papier und Inkontinenzsystemabfall ausgewählt werden, die im weiteren Projektverlauf eingehender betrachtet wurden. Daran schloss sich die Auswahl und Konzeption der Verfahren und Logistik- und IT-systeme für die ausgesuchten Ressourcen an, mit denen eine wirtschaftliche Rückgewinnung, heute sowie in der Zukunft, möglich sein sollte. Im Feldversuch mussten die ausgewählten Logistik- und Informationssysteme für einen Verbundabfallstoff auf deren Anwendbarkeit hinsichtlich Ver- und Entsorgung geprüft werden. Darüber hinaus musste eine Bewertung der Ressourceneffizienz anhand eines mathematischen Modells für den ausgewählten Verbundabfallstoff unter Berücksichtigung des IST-Zustands mit weiteren Szenarien erfolgen, in denen die Randbedingungen des Demonstrators hinsichtlich

---

<sup>1</sup> Prof. Ernst Ulrich von Weizsäcker: Nachhaltige Rohstoffbewirtschaftung als globale Herausforderung; Vortrag im Rahmen der Ressource 2009, Berlin 2009

der Koppelung von Ver- und Entsorgungsprozessen, Auslastungsmaximierung sowie Sekundärrohstoffpreisen zu variieren waren, um wesentliche Grundlagen für eine weitere Verbesserung der Ressourceneffizienz zu schaffen.



Abbildung 2 Reverse Logistics – Tracy im Detail

Für die Lösung der Aufgabenstellung waren die nachfolgend angeführten Partnerunternehmen mit ihren projektrelevanten Kompetenzen erforderlich. Auf Basis der Kompetenzen der Partner erfolgte die Aufgabenteilung im Konsortium, die Partner fokussierten im Rahmen des Projektes hauptsächlich auf die nachfolgend angeführten Aufgaben:

Tabelle 1 Kompetenzen und Aufgaben der Partner im Forschungsvorhaben TraCy

Name des Partners	Kompetenzen	Aufgabe im Vorhaben
<b>Biocycling: Entsorgungsunternehmen</b>	Dienstleistung im Bereich der Entsorgung von gewerblich anfallenden organischen Abfällen	operative und rechtliche Fragestellungen des Stoffstrommanagements, operative Logistik im Demonstrator

Name des Partners	Kompetenzen	Aufgabe im Vorhaben
<b>Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH (IFEU): An-Institut der Südwestfälischen Fachhochschule (FH-SWF)</b>	Entwicklung und der Bau EDV-gestützter Systeme zur Prozessoptimierung im Bereich der Entsorgungsl Logistik, Unterstützung der Normungsarbeit (national und europäisch)	Entwicklung von Hardware zur Behälterverfolgung, Schnittstellen, Standardisierung, Pilotbetrieb der Komponenten im Demonstrator
<b>Interseroh Dienstleistungs GmbH: Anbieter von Organisationslösungen für das Stoffstrommanagement</b>	Betreiber von Poolsystemen, Sekundärrohstoffhandel	Betrieb des Demonstratorstandortes, organisatorische und rechtliche Fragestellungen des Stoffstrommanagements
<b>Schoeller Allibert GmbH: Hersteller von Kunststoffmehrwegverpackungen</b>	Behälterentwicklung für die Ver- und Entsorgung	Entwicklung und Anpassung der Behälter für die Ver- und Entsorgung, Validierung der Eignung im Demonstrator
<b>tegos GmbH: Softwareunternehmen</b>	Anbieter eines ERP-Systems für die Entsorgungswirtschaft	Anpassung der ERP-Software (envis), Validierung der Software im Demonstrator
<b>zeitec Software GmbH: Softwareanbieter</b>	Realisierung von web-Datenbankapplikationen und GPS-Softwarelösungen	Realisierung des Behälterverfolgungssystems und SCM-Applikationen inklusive Testbetrieb im Demonstrator
<b>Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (Fraunhofer IML): Forschungsinstitut für Logistik</b>	Rücknahmesysteme für Altprodukte und Stoffströme, Supply Chain Management und Ressourceneffizienzbewertung	Modellierung von Supply Cycles (SCOR), Bewertung der Ressourceneffizienz, Standardisierung, Erweiterung von Methoden zur Bewertung von Lieferfähigkeit und Verfügbarkeit

Die nachfolgende Grafik skizziert die Einbindung der Partner im Projekt TraCy.

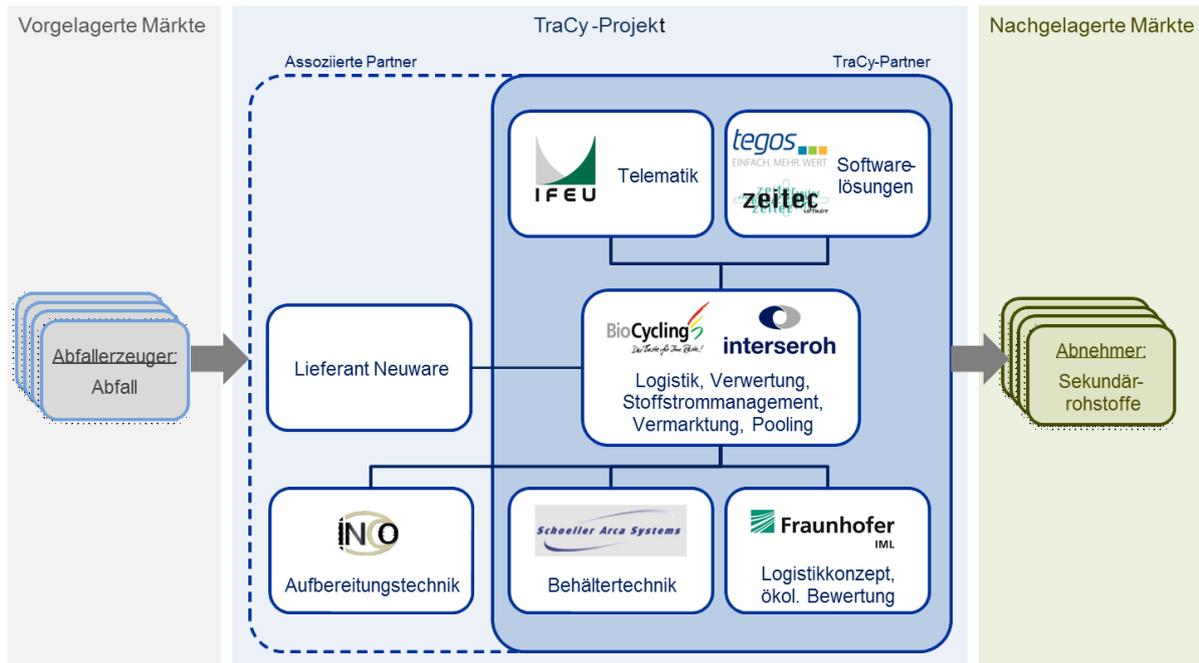


Abbildung 3 Verbundprojekt TraCy – die Partner und ihre Einbindung

## 2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt wurde im Rahmen des Spitzenclusterwettbewerbs, 2. Runde, als Teil des EffizienzCluster LogistikRuhr beantragt und durchgeführt. Während der Projektbearbeitung wurden Projekterfahrungen und Ergebnisse im Rahmen von Clustertreffen und Leitthemenworkshops mit anderen Projekten des EffizienzClusters ausgetauscht. Für die Verwertung der Projektergebnisse wurden die Einrichtungen, Gremien und Veranstaltungen des EffizienzClusters vorrangig genutzt. Das Clustermanagement der ECM GmbH unterstützt diese Prozesse über die Projektlaufzeit hinaus. Das BMBF fördert die Projekte des EffizienzClusters insgesamt mit bis zu 40 Millionen Euro. Die acht Partner dieses Projektes wurden gemäß Antrag mit bis zu 50% der Antragssumme gefördert.

Das Verbundprojekt TraCy stand im Rahmen der Clusterentwicklung vorrangig für die Ressourceneffizienz und das Leitthema Umwelt im Fokus. Dabei stand im Rahmen des TraCy-Projekts die Steigerung der Ressourceneffizienz durch eine verstärkte Nutzung von Sekundärrohstoffen im Vordergrund. Der Umgang mit Abfällen rückt immer stärker in den Fokus der Öffentlichkeit und der Gesetzgebung. So postuliert die Europäische Abfallrahmenrichtlinie, die

inzwischen in Deutschland über das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz in nationales Recht überführt wurde, den Vorrang der stofflichen Verwertung von Abfällen vor der energetischen Verwertung und der Beseitigung. Vor diesem Hintergrund sollte das Projekt TraCy einen Beitrag zur Nutzbarmachung bislang ungenutzter oder nicht optimal genutzter Sekundärrohstoffe leisten, indem ein für derartige Stoffströme geeignetes IT- und Logistikkonzept zur Erfassung entwickelt und erprobt wurden.

Die Projektpartner aus der Entsorgungs- und IT-Branche waren Biocycling, Interseroh Dienstleistungs GmbH, Schoeller Arca Systems GmbH, tegos GmbH und zeitec Software GmbH. Seitens der Forschung waren das Fraunhofer IML beteiligt und das Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH (IFEU). Die oben genannten acht Projektpartner stellen eine repräsentative Auswahl der TraCy-Interessengruppen dar. Jeder dieser Partner konnte mit seinem umfangreichen Wissen und den branchenbezogenen Erfahrungen sowie individuellen Business-Anforderungen zum Erfolg von TraCy beitragen.

### 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben Tracy untergliederte sich in sieben aufeinander aufbauende Arbeitspakete. Das achte Arbeitspaket (Verbreitung) lief während der gesamten Projektzeit. Hierin erfolgten die Verbreitung der Projektergebnisse sowie die Werbung für die Idee und Realisierungen für Supply Cycles.

In **AP1 Erfassung und Analyse IST Situation** wurde eine Bestandsaufnahme der Ver- und Entsorgungswege (im weiteren Verlauf "Wertschöpfungsketten" genannt) in Industrie, Handel und bei privaten Haushalten durchgeführt, wobei logistische Merkmale im Vordergrund der Betrachtung standen. Hierbei wurden ausgewählte Wertschöpfungsketten in ihren jeweiligen einheitlichen und standardisierten Ausprägungen erfasst, visualisiert und analysiert. Ebenso wurde ein standardisiertes Kennzahlensystem entwickelt, mit dem die Wertschöpfungsketten charakterisiert werden können. Dies schaffte die Basis für die gemeinsame Arbeit der Projektpartner untereinander und für die weiteren Arbeiten in nachfolgenden APs.

Im Rahmen des **AP2 Modellentwicklung** wurde ein Modellierungswerkzeug zur Gestaltung und zur Bewertung von neuen Wertschöpfungsketten erstellt. Dieses Modellierungswerkzeug baute auf den Vorlagen und Standards aus dem AP1 auf. Mit Hilfe des Werkzeugs wurden durch die Praxispartner die Wertschöpfungsketten hinsichtlich der Schließung von Supply Cycles erweitert. Diese Supply Cycle-Wertschöpfungsketten wurden so gestaltet, dass Stoffströme in Kreisläufen geführt und so wertvolle primäre Ressourcen geschont werden können.

Die entwickelten Wertschöpfungsketten wurden in einem ersten Schritt hinsichtlich ihrer praktischen Umsetzung und Machbarkeit aus logistischer Sicht überprüft.

Die in AP2 erarbeiteten Supply Cycle-Wertschöpfungsketten wurden in diesem Schritt (**AP 3 Evaluation und Machbarkeit der Wertschöpfungsketten**) detaillierter auf ihre grundsätzliche Machbarkeit hin geprüft. Neben der Logistik wurden hierbei die Ebenen Recht und Organisation und Technik betrachtet. Dabei wurden Kriterien zur Bewertung der Machbarkeit entwickelt und auf die Wertschöpfungsketten angewendet. Auf dieser Basis erfolgte eine Priorisierung und damit Auswahl derjenigen Wertschöpfungskette(n), die in den folgenden APs in einem Feinkonzept weiter ausgearbeitet wurden.

Das wesentliche Ziel des Projektes war die Entwicklung und Anpassung von Methoden zum so genannten Supply Cycle Management. Hierdurch in **AP 4 Generisches Supply Cycle Modell – TraCy Feinkonzept** wurden standardisierte Geschäftsprozesse in Form von Prozessketten für die Logistikprozesse des Urban Mining definiert. Diese wurden den Akteuren der Sekundärrohstoffwirtschaft in Form eines generischen Supply Cycle Modells zur Verfügung gestellt und anhand von exemplarischer Implementierung einzelner Methoden erprobt. In diesem Arbeitspunkt erfolgte eine Ausarbeitung der zuvor priorisierten Wertschöpfungsketten auf einer Detailebene (Prozesse), die eine hinreichende Bewertung hinsichtlich der Realisierung ermöglichte. Die Ausarbeitung der Detailkonzepte erfolgte in enger Verzahnung mit dem Verbundprojekt „Green Logistics“ und parallel mit dem AP5 Demonstrator.

Das Versuchsfeld in **AP 5 Demonstrator für Inkontinenzabfälle** diente in diesem Projekt zur Evaluation der im Arbeitspaket 4 erarbeiteten Wertschöpfungsketten für die Realisierung von Supply Cycles. So wurde im Rahmen eines Feldversuches exemplarisch ein Supply Cycle für einen Verbundstoff Inkontinenzsystemabfälle (ISA) aufgebaut und im Labormaßstab betrieben. Der Demonstrator beinhaltet alle erforderlichen Komponenten des Supply Cycles in Form von funktionalen Prototypen für Software, Behälter und Logistikkomponenten.

Im Rahmen dieses Arbeitspakets **AP 6 Bewertungsmethodik** wurde eine Vorgehensweise zur Bestimmung der Ressourceneffizienz in logistischen Netzwerken zur Ver- und Entsorgung (Supply Cycles) erarbeitet. Die Methodik erlaubte auch eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit. Dieses Arbeitspaket wurde in enger Verzahnung mit den Verbundprojekten „Green Logistics“ und „Sustainable Sourcing Excellence“ erarbeitet, in denen ebenfalls Bewertungsgrundlagen erarbeitet wurden.

Ziel des Gesamtarbeitspaketes **AP 7 Übertragbarkeit (Anwendung und Bewertung von TraCy auf weitere Stoffströme)** war, die Übertragbarkeit des TraCy Konzepts auf andere Stoffströme (PET und Papier) auf Basis der Erfahrungen des Feldversuchs sicherzustellen. Dazu wurden verschiedene Anwendungsszenarien aufbauend auf AP 4 entwickelt. Diese wurden anschließend mittels des in AP 6 entwickelten Kalkulationsmodells bewertet sowie Handlungsempfehlungen abschließend formuliert.

Nachfolgend werden die zeitlichen Anpassungen an den Projektplan angeführt und im Vergleich zum tatsächlichen Verlauf bewertet:

Da der Aufbau des Versuchsfeldes (Demonstrator) deutlich komplexer als zunächst angenommen war, wurde die Bearbeitung unter Einbeziehung aller dafür notwendigen Akteure und Technik des kompletten Arbeitspaketes 5 vorgezogen. Der Aufbau des Versuchsfeldes wurde durch einen nicht vorhandenen Standort verzögert. Interseroh hatte letztendlich einen Standort in Oberhausen bereitgestellt, der allerdings erst noch renoviert (Februar 2012) und für die Arbeiten des Versuchsfeldes hergerichtet werden musste. Daher wurde der Start der Versuchsaktivitäten auf Mitte Juni 2012 verschoben, die theoretischen Grundlagen wurden bereits vorher weitestgehend erarbeitet. Aufgrund der Schwierigkeiten beim Versuchsfeldaufbau, des unerwarteten Personalwechsels und einiger personeller Engpässe bei den Projektpartnern wurden die restlichen APs zum Ende des Projektes finalisiert und auf dem Treffen mit dem Projektträger in Dortmund am 18.06.2014 vorgestellt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den letzten Stand des mehrfach angepassten Projektplans des Forschungsvorhabens TraCy.



nahme nur dann von Vorteil für jedes Mitglied, wenn eine so genannte „Win-Win-Situation“ geschaffen wird und jedes einzelne Unternehmen Vorteile aus dieser Partizipation zieht. Im Supply Chain Management geht es in erster Linie um die Bildung von Netzwerken, in denen die Prozesse nahtlos vom Rohstoffhersteller bis zum Endkunden über alle Stufen hinweg gesteuert werden und um das ganzheitliche Management logistischer Strukturen und Abläufe.<sup>3</sup> Logistik umfasst letztendlich die alle Tätigkeiten der Planung, Steuerung und Kontrolle des Informations-, Material- und Werteflusses innerhalb eines Unternehmens und zwischen Unternehmen, Lieferanten und Kunden, mit dem Ziel, die richtige Ware zur richtigen Zeit in der richtigen Menge und Qualität zu den richtigen Kosten zur Verfügung zu stellen.<sup>4</sup>

### *Definition der Begriffe für die Entsorgungsprozesse*

Die klassischen Aufgaben der Logistik waren lange Zeit auf die Bereiche Beschaffung, Produktion und Distribution beschränkt. Obwohl die Logistik auf eine ganzheitliche Betrachtung der Problemsituation bedacht ist, blieb die Entsorgung als wesentlicher Faktor innerhalb der Wirtschaftsabläufe lange unberücksichtigt. Dieses Defizit wurde durch die Einbeziehung der Entsorgung in die inner- und außerbetrieblichen Abläufe beseitigt. Die Entsorgung hat sich somit nicht nur zu einer Querschnittsfunktion, sondern auch zum vierten Teilgebiet der Logistik im Gesamtablauf entwickelt. Die klassischen Materialflussfunktionen des Förderns, Lagerns und Handhabens sowie die informationstechnische Verknüpfung werden vielfach auf die Entsorgung übertragen.<sup>5</sup> Analog zu den klassischen Aufgaben der Logistik sind in der Entsorgung die Spiegelbilder zur Versorgungslogistik (Distribution) und zur Produktionslogistik zu installieren. Hierzu gehören die Rückführlogistik (Redistribution) sowie die Aufbereitungslogistik. Geeignete Redistributionsstrategien ermöglichen eine geordnete wirtschaftliche Erfassung und Bündelung ausgedienter Produkte; Verwertungsprozesse, hierzu gehören u. a. die Demontage und die Aufbereitung, schaffen die Voraussetzung dafür, Bauteile, Aggregate oder Werkstoffe im Wirtschaftskreislauf zu halten und nicht kreislauffähige Altproduktbestandteile einer geordneten Beseitigung zuzuführen. Die logistischen Prozesse in der Kreislaufwirtschaft umfassen demnach die Sammlung, den Transport, den Umschlag, die Lagerung, die

---

<sup>3</sup> Vgl. Brumme et al. (2010), S. 11 [Brumme, H., Schröter, N.; Schröter, I. (2010) Supply Chain Management und Logistik. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag, 2010.]

<sup>4</sup> Vgl. Schröter (2006), S. 36 [Schröter, M. (2006): Strategisches Ersatzteilmanagement in Closed Loop Supply Chains. - Ein systemdynamischer Ansatz-.Wiesbaden: Gabler Verlag, 2006.]

<sup>5</sup> Vgl. Hesse et al. (2008) [Hesse, K.; Clausen, U. (2008): Entsorgung und Kreislaufwirtschaft. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K.: Handbuch der Logistik. 3. Aufl. Berlin : Springer Verlag, 2008, S. 487-523.]

Verwertung (u. a. Demontage und Aufbereitung), die thermische Behandlung und die geordnete Beseitigung.<sup>6</sup>

Die Entsorgungslogistik ist als Bestandteil der Logistik besonders auf den Ressourcennutzen ausgerichtet. Sie bildet demnach die Grundlage für mögliche Recyclingprozesse sowie die Verwendung und Verwertung von Ressourcen und nimmt somit eine Verbindungsfunktion zwischen allen anderen Logistikbereichen wahr.

Um die gesetzlich vorgeschriebene Produktverantwortung sowie die Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung zu verwirklichen, muss die Entsorgung für Hersteller und Importeure ein zentraler Unternehmensbestandteil werden. Die Rückführungslogistik, auch Reverse Logistics genannt, ist somit ein wichtiger Baustein zur Realisierung der Kreislaufwirtschaft und stellt daher eine zentrale Managementaufgabe dar.<sup>7</sup> Letztendlich ist ohne die Entsorgungslogistik eine Schließung von Stoffkreisläufen nicht denkbar.

Die Kreislaufwirtschaft ist nach Morana<sup>8</sup> „eine Wirtschaftsform, die darauf abzielt, die im Wirtschaftsprozess entstehenden Abfälle, sofern sie nicht vermieden werden können, einer erneuten Nutzung zuzuführen“. Somit basiert die Kreislaufwirtschaft auf einem technischen Prozess, der darauf abzielt, möglichst viele Stoffe am Ende des Produktlebenszyklus einer erneuten Nutzung zuzuführen und den Bedarf an Ressourcen möglichst ökonomisch zu decken. Letztendlich orientiert sich die Kreislaufwirtschaft an einem zyklischen Produktlebensphasenkonzept, wonach verschiedene Recyclingoptionen nach der Produktnutzungsphase bestehen, durch die Abfälle erneut verwendet oder verwertet werden können.<sup>9</sup>

### *Closed Loop Supply Chain Management*

Der Begriff Closed Loop Supply Chain ist als eine Erweiterung des Supply Chain Begriffes anzusehen. Die Closed Loop Supply Chain endet nicht beim Kunden, sondern umfasst darüber hinaus alle Prozesse, die der Rückführung der (Alt-)Stoffe dienen. Dies verdeutlicht die Definition des Closed Loop Supply Chain Management (CLSCM) von Guide et al, wonach unter dem Begriff Closed Loop Supply Chain Management die Prozesse vom Hersteller bis

---

<sup>6</sup> Vgl. Hesse et al. (2009) [Hesse, K. (2009): Entsorgungslogistik. In Koschany, G. (Hrsg.): Handbuch für den Abfallbeauftragten August 2009. Beuth.]

<sup>7</sup> Vgl. Hantschk et al. (1996), S. 17 [Hantschk, A.; Jung, M. (1996): Rahmenbedingungen der Lebensentfaltung. Solingen: VNW Verlag Natur & Wissenschaft, 1996.]

<sup>8</sup> Vgl. Morana (2006), S. 48 [Morana, R. (2006): Management of Closed-loop Supply Chains. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2006.]

<sup>9</sup> Vgl. Wietschel (2002), S. 24 f. [Wietschel, M. (2002): Stoffstrommanagement. Frankfurt am Main: Lang Verlag, 2002.]

zum Kunden, sowie die Prozesse vom Kunden zurück zum Hersteller verstanden werden.<sup>10</sup> Daher kann die Closed Loop Supply Chain anschaulich als geschlossene Kette betrachtet werden, in der die Rohstoffe, die einmal in diesem Kreislauf sind, soweit möglich in diesem erhalten bleiben. Während in Closed Loop Supply Chains die in unterschiedlichen Prozessen behandelten Materialien wieder zurück an Hersteller des ursprünglichen Produkts fließen, verlassen diese Materialien in Open Loop Netzwerken die ursprüngliche SC und werden in eine, sich von der Ausgangs-SC unterscheidende SC eingebracht.<sup>11</sup> Sowohl in der Open Loop Supply Chain als auch in der Closed Loop Supply Chain kommen zusätzlich zu den Aktivitäten der klassischen Supply Chain die Aktivitäten der rückwärtsgerichteten Supply Chain oder Reverse Supply Chain hinzu. Charakteristisch für Closed Loop Supply Chains und Open Loop Supply Chains ist, dass die vom Kunden zurückgegebenen (Alt-)Produkte in irgendeiner Form wieder Eingang in den Wirtschaftskreislauf finden und auch wieder in einer Forward Supply Chain erscheinen. Somit haben sowohl Closed Loop Supply Chain und Open Loop Supply Chain einen Kreislauf gerichteten Ansatz.

Steht allerdings nur die rückwärtsgerichtete Supply Chain, also die Reverse Supply Chain, die sowohl Bestandteil einer Open Loop Supply Chain als auch einer Closed Loop Supply Chain sein kann, im Fokus, handelt es sich bei deren Management von Reverse Supply Chain Management oder auch von Reverse Logistics.<sup>12</sup>

### *Kopplung von Ver- und Entsorgungsströmen*

Die Kopplung von Ver- und Entsorgung ist nach wie vor Gegenstand von Forschungsprojekten aufgrund der zu hebenden Einsparungspotentiale sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Hinsicht. Hierzu hatte das Fraunhofer IML in der Vergangenheit zahlreiche Forschungsarbeiten durchgeführt, u.a. Ver- und Entsorgung von Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung sowie Untersuchungen zur Kopplung von Ver- und Entsorgung von Baustellen, in Einkaufszentren, für Gießereisande und Elektronikschrott. Im Zuge des For-

---

<sup>10</sup> Vgl. Guide et al. (2003), S. 3 [Guide, D., Harrison, T.; Van Wassenhove, L. (2003): The Challenge of closed-loop Supply Chains. Fontanbleau: Insead, 2003.]

<sup>11</sup> Vgl. Schröter (2006), S. 7 [Schröter, M. (2006): Strategisches Ersatzteilmanagement in Closed Loop Supply Chains. - Ein systemdynamischer Ansatz-.Wiesbaden: Gabler Verlag, 2006.]

<sup>12</sup> Vgl. Fleischmann et al. (1997), S. 1-17 [Fleischmann, M.; Bloemhof-Ruwaard, J. M.; Dekker, R.; van der Laan, E.; van Nuenen, J. A. E. E.; van Wassenhove, L. N. (1997): Quantitative models für reverse logistics. s.l.: European Journal of Operational Research, 1997.]

schungsvorhabens TraCy wurden Erfahrungen aus diesem Projekt für die Abfallsammlung analysiert und aufgenommen<sup>13</sup>.

### *Inkontinenzabfallverwertung*

Weitestgehend werden gegenwärtig die Inkontinenzabfälle als andienungspflichtige Abfälle (überlassungspflichtige Abfälle zur Beseitigung) eingestuft, die durch den von der öffentlichen Verwaltung beauftragten kommunalen Entsorgungsträger zu beseitigen sind. Diese Rohstoffe entstehen überwiegend in Alten- und Pflegeheimen, Krankenhäusern, Sozialstationen, Kitas und privat Haushalten.

Die Hygieneartikel Inkontinenzprodukte dienen der Aufnahme von Urin und Fäkalien von Personen, die unter Inkontinenz leiden. Sie werden sowohl in öffentlichen Einrichtungen, z.B. Pflege- und Altersheimen sowie Krankenhäusern, als auch in privaten Haushalten eingesetzt und fallen dort nach einmaligem Gebrauch als »Inkontinenz-System-Abfall« (ISA) zur Entsorgung an. Dieser Abfall setzt sich im Wesentlichen aus

- Zellulosefasern,
- Kunststoffen (LDPE, PP),
- Superabsorptionspolymer (SAP),
- Urin und Fäkalien

zusammen.

In Deutschland existieren derzeit keine Anlagen zur Aufbereitung und Verwertung des ISA. Er wird daher als Mischfraktion über den hausmüllähnlichen Gewerbeabfall bzw. über den Hausmüll selbst erfasst und beseitigt. Die Beseitigung erfolgt durch thermische Behandlung (mit und ohne energetischer Nutzung) sowie anschließender Deponierung bzw. durch unmittelbare Deponierung. Im Rahmen des Projektes wurde geprüft, ob die herrschende Rechtsauffassung zutrifft, dass Inkontinenzabfälle einen an die öffentliche Verwaltung andienungspflichtigen Abfallstrom (überlassungspflichtige Abfälle zur Beseitigung) darstellen oder ob insbesondere nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz dem Verwertungsweg Vorzug vor der Beseitigung einzuräumen ist.

---

<sup>13</sup> <http://www.logistik.uni-erlangen.de>

## Ressourceneffizienz

Der Begriff der **Ressource** findet sich in zahlreichen Handlungsfeldern in Wirtschaft und Wissenschaft und wird demzufolge je nach Aufgabenstellung in vielfältiger Weise genutzt. Zur Umsetzung eines nachhaltigen Ressourcenmanagements auf Unternehmensebene muss demzufolge zunächst geklärt sein, was der Begriff der Ressource in diesem Zusammenhang umfasst, welche Klassifizierung von Ressourcen vorgenommen wird und was somit Gegenstand des Ressourcenmanagements ist. *Abbildung 5* zeigt die Klassifizierung von natürlichen Ressourcen in Anlehnung an die von der United Nations Statistics Division erarbeiteten SEE-A-Methodik (System of Integrated Environmental and Economic Accounts).

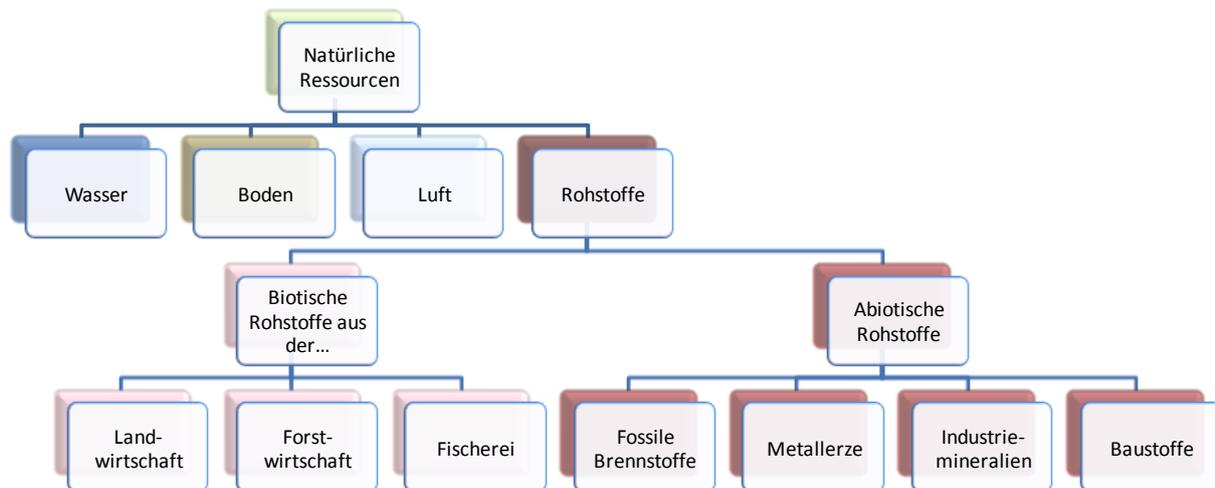


Abbildung 5: Klassifizierung von natürlichen Ressourcen<sup>14</sup>

In Europa ist der Bereich der Rohstoffe derzeit im Fokus der öffentlichen Diskussion, sowohl unter dem Aspekt der Versorgungssicherheit als auch der Umweltwirkungen von Abbau und Nutzung natürlicher Ressourcen, wohingegen in früheren Zeiten eher die Vermeidung schädlicher Emissionen in Wasser, Boden und Luft im Vordergrund standen.

Eine andere mögliche Sichtweise auf der Ebene der Rohstoffe unterscheidet nach der Art der Verwendung: Handelt es sich um Rohstoffe zur stofflichen Weiterverarbeitung oder um Energierohstoffe. Die korrekte Einordnung erneuerbarer Energieträger ist dabei derzeit noch Gegenstand der Diskussion.

Auch der Begriff des **Ressourcenmanagements** wird in vielfacher Weise genutzt und ist nicht eindeutig definiert. In der betrieblichen Praxis ist den meisten dieser Begriff wahrschein-

<sup>14</sup> <http://www.worldresourcesforum.org/issue>

lich am längsten aus dem Umfeld des Projektmanagements bekannt, in dem er die Disposition von Mitarbeitern, Maschinen und anderen Hilfsmitteln beschreibt. In Bezug auf die Nutzung natürlicher Ressourcen in Unternehmen lässt sich der Begriff des Ressourcenmanagements zunächst ganz allgemein als die im Unternehmen gelebte Praxis im Umgang mit den natürlichen Ressourcen, die zur Erfüllung des Unternehmenszwecks benötigt werden, beschreiben. Ein aktiv betriebenes Ressourcenmanagement trägt also dazu bei, den Umgang mit natürlichen Ressourcen im Unternehmen zu optimieren, d.h. die Ressourceneffizienz im Unternehmen zu verbessern. Die thematische Strategie für die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen der Europäischen Union definiert die Ressourceneffizienz in Analogie zur Arbeitsproduktivität als Mehrwert je genutzter Einheit Ressource.<sup>15</sup> Der Einteilung der Ressourcen nach ihrer Verwendung folgend, lässt sich die Ressourceneffizienz in die Teilgebiete der Materialeffizienz und der Energieeffizienz unterteilen.

Die Notwendigkeit zur Erhöhung der **Ressourceneffizienz** folgt aus ökonomischen Gründen (Kosten- und Versorgungssituation) sowie aus ökologischen Gründen (Umweltwirkungen des Abbaus und der Nutzung natürlicher Ressourcen). In Bezug auf die Kosten- und Versorgungssituation bestehen derzeit Bedenken in der Europäischen Wirtschaft bezüglich der mittel- bis langfristigen Verfügbarkeit so genannter strategischer Rohstoffe, bei denen es sich überwiegend um metallische Rohstoffe handelt.

Der weltweite jährliche Ressourcenverbrauch wird vom World Resources Institute mit rund 5.600 Millionen Tonnen beziffert. Dabei handelt es sich einerseits um Rohstoffe zur stofflichen Weiterverarbeitung wie Eisenerz oder Edelmetalle andererseits um Energieträger wie Rohöl, Kohle oder Erdgas. Dieser Rohstoffverbrauch der Weltwirtschaft steigt und gleichzeitig klettern die Preise für Rohöl, Edelmetall sowie Erze. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine intelligente Ressourcenwirtschaft an Bedeutung, die neben geschlossenen Rohstoffkreisläufen, eine Minimierung des Ressourceneinsatzes unter Einsatz effizienter Produktionstechnologien im Fokus hat.

Zu den Methoden zur Bewertung der Ressourceneffizienz gehören u.a. die von Friedrich Schmidt-Bleek entwickelte die Methode der "Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)" sowie die Bestimmung der "Ökologischen Rucksäcke" welche Waren und Dienstleistungen tragen, wenn sie beim Konsumenten ankommen<sup>16</sup>. Ein anderes, mittlerweile als etabliert an-

---

<sup>15</sup> Kommission der Europäischen Gemeinschaften: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DEN RAT UND DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT - Entwicklung einer thematischen Strategie für die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen, Brüssel, 2003

<sup>16</sup> <http://www.wupperinst.org>

zusehendes Instrument, welches u.a. in Nordrhein-Westfalen in kleinen und mittelständischen produzierenden Unternehmen zum Einsatz kommt, ist der PIUS Check. PIUS steht dabei für Produktionsintegrierten Umweltschutz. Der PIUS-Check ist eine prozessorientierte Stoffstromanalyse der Effizienz-Agentur NRW zur Bestimmung und Nutzung ökonomischer und ökologischer Potenziale in der Produktion<sup>17</sup>

Ein weiteres wichtiges Instrumentarium, welches Aufschluss über Ressourcenverbräuche in Produktion und Dienstleistung geben kann, ist die Ökobilanz. In der Praxis werden die Produkt- und die Betriebs-Ökobilanz unterschieden. Die Produkt-Ökobilanz bildet den vollständigen Lebensweg von der Rohstoffgewinnung über Transporte, Produktion, Gebrauch, Nachnutzung bis hin zur Entsorgung eines Produktes bzw. Prozesses ab und untersucht seine Umweltrelevanz. Dabei werden alle Stoffe und Energien, die in das Produkt oder den Betriebsprozess einfließen sowie die entstehenden Umweltbelastungen für jede Lebensphase erfasst. Diese Untersuchung kann auch für Dienstleistungen angewandt werden. Dagegen fokussiert die Betriebs-Ökobilanz ihre Analyse auf einen Produktionsstandort und stellt dessen Umweltbedeutung heraus<sup>18</sup>.

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Neben den Tätigkeiten des Projektmanagements war das Fraunhofer IML mit dem Projekt TraCy in die Entwicklung des **Leitthemas "Umwelt im Fokus"** des EffizienzClusters Logistik Ruhr eingebunden. Zudem fand ein kontinuierlicher Austausch zwischen dem Projekt TraCy mit anderen Projekten des EffizienzClusters, insbesondere „Green Logistics“ und Resource-Efficient Maintenance Logistics (ResIH), Sustainable Sourcing Excellence (SSE) und dem Forschungsprojekt "LogisticsMall", des Fraunhofer IML statt. Mit den Projekten des Leitthemas "Umwelt im Fokus" des EffizienzClusters Logistik Ruhr wurden Schnittstellen zwischen den Projekten erörtert und ein gemeinsamer Workshop zur Vertiefung des Themas CO<sub>2</sub>-Abschätzung von Produkten/Unternehmen (Umweltwirkungen) durchgeführt. Ebenso wurde die Internationalisierung des Leitthemas und der Projekte gemeinsam vorangetrieben. Hierzu wurde ein Fachaustausch mit Ministry of Public Works aus Indonesien und mit einer finnischen Delegation (CrisolteQ Ltd, Hamk University of Applied Sciences, Sykli Environmental

---

<sup>17</sup> <http://www.pius-info.de>

<sup>18</sup> FAßBENDER-WYNANDS, E. (2001) Umweltorientierte Lebenszyklusrechnung: Instrumente zur Unterstützung des Umweltkostenmanagements, Köln, Deutscher Universitäts-Verlag

School of Finland, Motiva, Laurea University of Applied Sciences, Ketek Technology Centre, Brightgreen Forsa Region) über solid waste management sowie wesentliche Inhalte des Forschungsprojektes TraCy geführt.

Darüber hinaus wurden auch Aktivitäten zur Vernetzung und zur Anschlussfähigkeit mit **Log4green** intensiviert.

Hinsichtlich der weiteren **Untersuchungen zu Trenn-, Aufbereitungs- und Verwertungs-technologien** des im Versuchsfeld gewonnenen aufbereiteten Materials wurden weitere Gespräche mit folgenden Forschungsprojekten geführt:

- **TFH Cottbus**

Verfahrensseitig fand ein gemeinsamer Fachaustausch über das „Thermo-Druck-Hydrolyse-Verfahren“ in dem Forschungsvorhaben „kombinierte stoffliche und energetische Verwertung von Inkontinenzmaterial“ der TFH Cottbus statt. Ziel dieses Verfahrens ist eine Auftrennung der Inkontinenzsystemabfälle in die Fraktionen Biomasse und in hygienisierte Kunststoffkugeln.

- **FH Mittelhessen**

Verfahrensseitig untersucht die FH Mittelhessen im Rahmen des Forschungsvorhabens ProFund die „energetische Verwertung der Inko-Abfälle“. Ziel dabei ist, die Planung eines Verfahrens zur Biogasgewinnung und -verwertung.

- **Fraunhofer ICT**

Im Versuchslabor des ICT Pfinztal wurden weitere Aufbereitungsverfahren zur Trennung des vorliegenden Sekundärmaterials angewandt, um die Marktfähigkeit zu prüfen. Ziel der weiteren Aufbereitungsschritte war, den Zellstoffanteil des Sekundärmaterials von der Folie abzutrennen. Eine erste Testreihe zeigte, dass ein sog. Schwimm-/Sink-Verfahren nicht zu einer gewünschten Auftrennung der Fraktionen führt. Die zweite Versuchsreihe zur Auftrennung des Sekundärmaterials mittels Windsichtung zeigt, dass sich die Fraktionen Folie und Zellstoff bis auf eine (geschätzte) Sortenreinheit von 95% voneinander separieren lassen.

Zur Abbildung der Versorgungsprozesse wurde das Unternehmen Teamcare (Inkontinenzproduktlieferant) nachträglich in das Forschungsvorhaben eingebunden. Teamcare bietet seinen Kunden zwei unterschiedliche Auslieferkonzepte für die Belieferung mit Inkontinenzprodukten an. Im Edeka-Rolli vorkommissioniert in Beuteln (nur im PLZ 49) und Rücknahme der Beutel, die nicht benötigt wurden. Im Karton auf einer Holzpalette und Rücknahme der Karto-

nagen sowie Paletten. Um die Kombination von Ver- und Entsorgung von Inkontinenzprodukten zu testen, gab es zwei Varianten, die diskutiert und geprüft wurden, die Direktbelieferung des Altenheims mit TraCybehälter sowie die Direktbelieferung „REPASACK“ und Weitertransport durch das Unternehmen Bolz zum Altenheim (unter Berücksichtigung der Hygieneanforderungen).

Für die Überprüfung der TraCybehälter zur Ver- und Entsorgung in Altenheimen erfolgten Tests im **Seniorenheim Gracht, Mülheim** sowie im **Vinzenzhaus, Oberhausen**.

Darüber hinaus flossen die Projektergebnisse in folgende Normen VDI 4070 Nachhaltiges Wirtschaften, DIN ISO 14067 Carbon Footprint von Produkten sowie DIN-Norm 30745 für den Transpondereinsatz in der Entsorgungswirtschaft.

## II. Eingehende Darstellung

### 1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

#### AP 1: Analyse und Darstellung der IST-Situation

Für definierte Wertschöpfungsketten wurden im Rahmen dieses Arbeitspaketes die Abfallsituation und Absatzmärkte für Produkte aus diesen Wertschöpfungsketten betrachtet. Zu Beginn des Projekts waren die folgenden Wertschöpfungsketten vorgesehen:

- Abfallsituation für ein Handelszentrum/Mall
- Abfallsituation für Konzerne, LEH
- Abfallsituation für Branchen/Industrien
- Abfallsituation für die haushaltsnahe Abfallentsorgung/Warenversorgung

Es wurde dabei eine Sichtweise ausgehend von der Anwendungsdomäne (Handel, Industrie, etc.) gewählt. Im Laufe der Bearbeitung von AP 1 erwies sich jedoch eine stoffstrombasierte Sichtweise als besser geeignet, so dass die anwendungsdomänenbasierte Sichtweise nicht weiter verfolgt wurde. Der Grund hierfür lag in der Anzahl der logistisch nicht kompatiblen Stoffströme, die in einer Anwendungsdomäne gemeinsam zu betrachten wären und somit die Komplexität unnötig erhöhen würden.

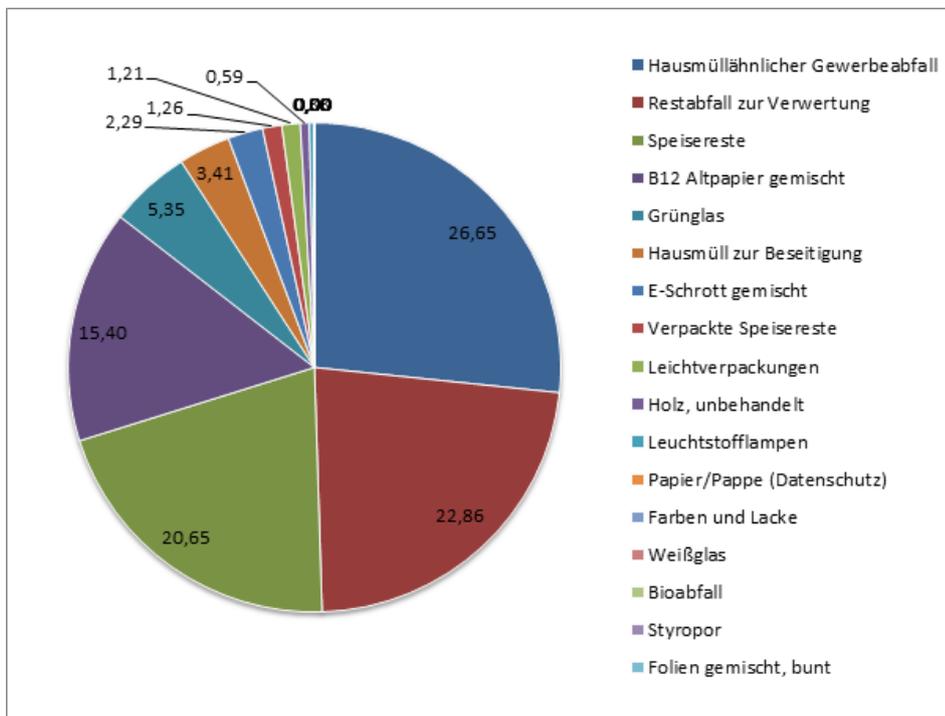


Abbildung 6: Abfallfraktionen einer Mall

Abbildung 6 stellt die Ergebnisse der ersten Analyse der aus Entsorgungssicht relevanten Stoffflüsse einer Mall dar. Die verschiedenen Fraktionen stellen dabei sehr unterschiedliche Anforderungen an die Logistik (Sammlung, Transport, Lagerung), so dass es sich aus Sicht des Projekts als sinnvoller darstellte, gleichartige Stoffströme aus verschiedenen Quellen (Stoffstromsicht) anstatt verschiedene Stoffströme aus gleichartigen Quellen (Domänensicht) zu betrachten.

Nach der ersten Analysephase wurden drei Wertschöpfungsketten ausgewählt, die im Laufe des Projekts weitergehend untersucht wurden (Papier, PET, Inkontinenzabfälle). Die Einschätzung der Wertschöpfungsketten erfolgte unter Einsatz des Expertenwissens der Partner aus der Entsorgungswirtschaft. Dazu wurden zunächst Stoffflussmodelle, die die Warenströme zwischen den beteiligten Akteuren beschreiben, entwickelt. Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch die Stoffflüsse und Prozesse bei Betrachtung eines Handels- und eines Entsorgungsunternehmens.

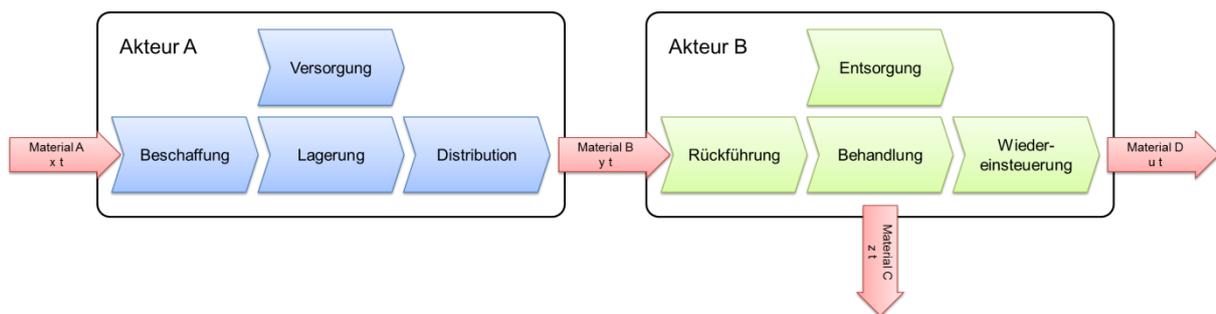


Abbildung 7: Prozesse eines Entsorgungs- und Handelsunternehmens (eigene Darstellung)

Jede der genannten Wertschöpfungsketten ist unter den folgenden drei Gesichtspunkten betrachtet worden: Behälter(pool)systeme, Rücknahme- und Sammelsysteme sowie Rohstoffe. In jeder Wertschöpfungskette erfolgte eine Analyse der Ver- und Entsorgungswege sowie der dafür eingesetzten Behälter- und Transportsysteme (sofern vorhanden). Ferner wurden in diesem Arbeitspaket auch über die betrachteten Wertschöpfungsketten hinaus gängige Behältersysteme analysiert. Weiterhin sind im Rahmen des Arbeitspakets 1 detaillierte Betrachtungen der in den Wertschöpfungsketten anfallenden (Sekundär-)Rohstoffe durchgeführt worden. Hierbei standen die Vermarktbarkeit und Marktentwicklung der Rohstoffe im Vordergrund, um ertragreiche Wertschöpfungsketten identifizieren zu können. Auf Basis der vorherigen Arbeiten in diesem Arbeitspaket wurde abschließend für jede der betrachteten Wertschöpfungsketten eine Schwachstellen- und Potenzialanalyse durchgeführt, um künftige Handlungsfelder zu identifizieren.

Das Fraunhofer IML hat im Rahmen von AP 1 dazu eine Vorlage zur einheitlichen Beschreibung und Bewertung der Wertschöpfungsketten entwickelt, die nachfolgende Abbildung stellt die Beschreibungsstruktur am Beispiel der Wertschöpfungskette Inkontinenzprodukte für den Demonstratorbetrieb dar.

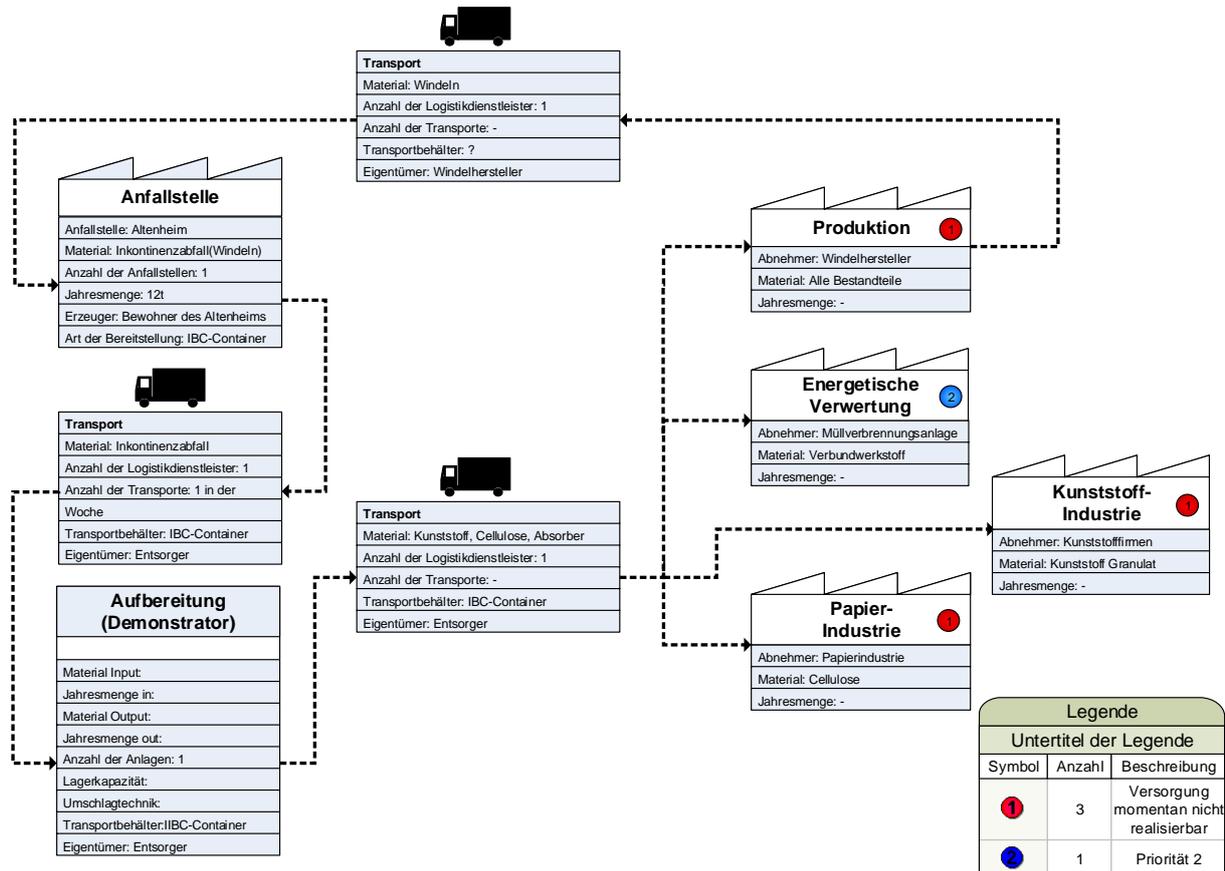


Abbildung 8: Beschreibende Elemente der Wertschöpfungskette Inkontinenzprodukte

## AP 2: Modellentwicklung (Grobkonzept)

Für die in Arbeitspaket 1 betrachteten Wertschöpfungsketten wurden in diesem Arbeitspaket Grobkonzepte erstellt, die eine tiefere Analyse der Ketten als in Arbeitspaket 1 geschehen ermöglichen. Zu diesem Zweck sind für alle Ketten zunächst die relevanten Akteure definiert und anschließend identifiziert worden, die einen Anteil an der Wertschöpfung haben. Für die Modellentwicklung wurden auf Basis der für jede Kette identifizierten Akteure Aufbau- und Ablauforganisation zunächst generell und anschließend für jede Kette einzeln erarbeitet, um die organisatorischen Voraussetzungen für eine Umsetzung der Wertschöpfungsketten zu schaffen.

Als geeignete Methode, alle benötigten Komponenten der Aufbau- und Ablauforganisation in ein Konzept für die Gestaltung des logistischen Netzwerks zu überführen, wurde das Supply Chain Operations Reference (SCOR) Modell angesehen. Das SCOR-Modell ist hierarchisch über vier Ebenen (Level) aufgebaut und fußt auf der Annahme einer integrierten Supply Chain. Diese Aufteilung über vier Ebenen ist notwendig für die Beherrschung der Supply Chain Komplexität. Hierbei stellt jede Ebene eine Konkretisierung der vorangegangenen Ebene dar und beschreibt einzelne, eng abgegrenzte Zusammenhänge. Während die ersten drei Ebenen generisch sind, ist die vierte Ebene (Implementierungsebene) unternehmensspezifisch. Demzufolge wurden im Rahmen des Projekts die SCOR-Modelle für die betrachteten Wertschöpfungsketten bis zur dritten Ebene aufgebaut.

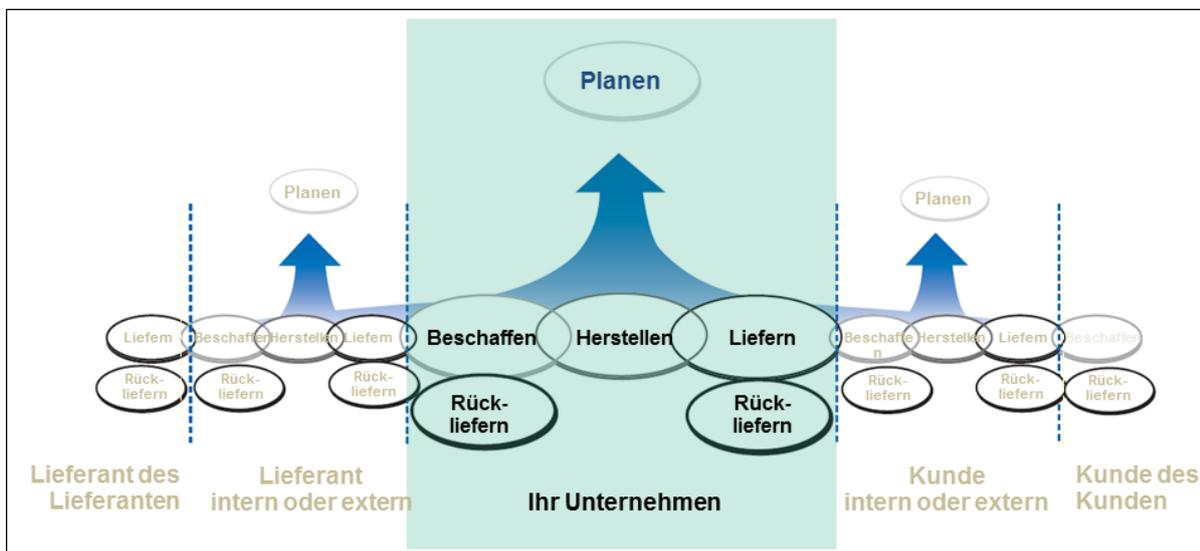


Abbildung 9: Kernelemente des SCOR-Modells

Zunächst wurde durch das Fraunhofer IML überprüft, ob für die Darstellung geschlossener Supply Chains mit Hilfe des SCOR-Modells die Nutzung der „Rückliefern“ Prozesse einen geeigneten Ansatz bietet oder ob eine Erweiterung der vorwärts gerichteten Prozesse um die entsprechenden Aktivitäten der Sammlung bis zur Wiedereinsteuerung in den Markt anzustreben ist.

Es stellte sich dabei heraus, dass die Nutzung der „Rückliefern“-Prozesse, die im ursprünglichen SCOR-Ansatz das klassische Retourenmanagement abbilden, für den gewählten Zweck nicht geeignet sind und statt dessen der Ansatz der Erweiterung der vorwärts gerichteten Prozesse gewählt wird. Ein entsprechendes generisches SCOR-Modell (Level-1-Modell) für Stoffkreisläufe wurde auf oberster Ebene entwickelt (s. nachfolgende Abbildung), dieses wurde in den folgenden Arbeitspaketen für die drei oben beschriebenen Wertschöpfungsketten weiter detailliert.

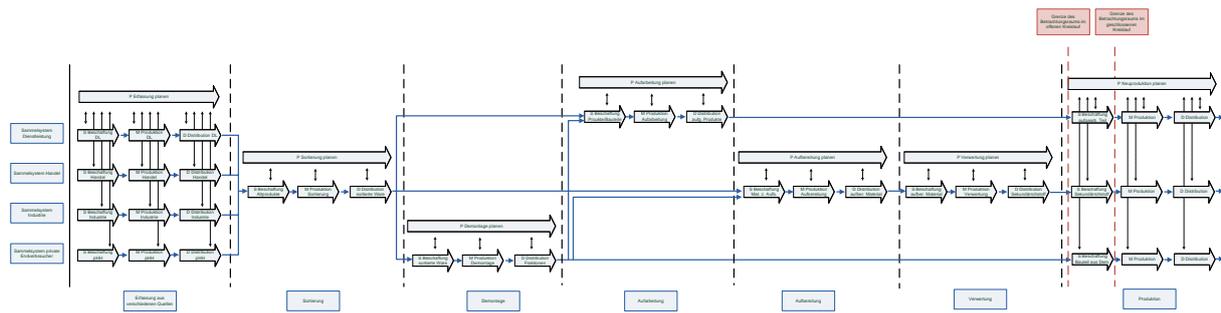


Abbildung 10: Process Map des generischen Level-1-SCOR-Modells für Stoffkreisläufe

Das generische Level-1-SCOR-Modell für Stoffkreisläufe beginnt bei der Erfassung aus vier möglichen Erfassungskanälen (Industrie, Handel, Dienstleistung oder privater Endverbraucher) und beinhaltet im weiteren Verlauf die möglichen Wertschöpfungsstufen der Sortierung, Demontage, Aufarbeitung, Aufbereitung, Verwertung und Wiedereinsatz in der Produktion. Dabei ist das generische Modell als Vorlage zu verstehen, aus der die für die jeweils betrachtete Wertschöpfungskette die benötigten Elemente genutzt und weiter detailliert wurden.

Ferner wurde die im Arbeitspaket 1 begonnene Betrachtung der Marktsituation für Sekundärrohstoffe, die aus den Wertschöpfungsketten gewonnen werden können, weitergeführt und bildet die Grundlage für eine Marktanalyse für die Sekundärrohstoffe. Weiterhin wurde in diesem Arbeitspaket die Marktsituation für Behältersysteme untersucht. Darauf aufbauend wurde ein (zunächst generisches) Kalkulationsmodell für den Finanzierungs- und Kostenplan entwickelt, welches im Anschluss auf die entwickelten Logistikmodelle angewendet wurde.

Der Finanzierungs- und Kostenplan hat die Aufgabe, die Investitions- und Betriebskosten eines nach dem TraCy-Konzept aufgebauten Wertstoffkreislaufs bereits frühzeitig abschätzen zu können und somit bereits in der frühen Planungsphase eine Aussage zur wirtschaftlichen Tragfähigkeit des Konzepts im Einzelfall treffen zu können. Die Grundlage des Finanz- und Kostenplans bilden das Level-1-SCOR Modell sowie der geplanten geographischen Ausgestaltung des Systems. Zu diesem Zweck wurde ein Kalkulationsschema entwickelt das für jede der sieben im generischen Level-1-SCOR Modell enthaltenen Stufen (Sammlung, Sortierung, Demontage, Aufarbeitung, Aufbereitung, Verwertung und Neuproduktion) angewendet werden kann. Dieses Kalkulationsschema berücksichtigt auf jeder Stufe die produktionstechnischen und logistischen Kostentreiber und umfasst die Kostenblöcke „Standorte“, „Transport“ und „Behälter“. Im Folgenden soll das Kalkulationsschema anhand der Wertschöpfungskette „Windeln“ (einstufiges Netzwerk) im Großraum Ruhrgebiet erläutert werden.

Die zu erwartenden **Gesamtkosten für die benötigten Standorte** setzen sich wiederum aus zwei Hauptkomponenten zusammen: Den Kosten für Flächen und Gebäude sowie den Kosten für Personal und Anlagen.

Kosten für Flächen und Gebäude können dabei entweder als Eigenbau über die spezifischen Kosten je m<sup>2</sup> für den Erwerb des Grundstücks sowie industrielle Bebauung oder als Miet- bzw. Leasingkosten für Fabrik- und Büroflächen abgeschätzt werden. Es kann auch eine gemischte Kalkulation vorgenommen werden. Für die Wertschöpfungskette „Windeln“ im Großraum Ruhrgebiet wurde ein gemischter Ansatz gewählt: Für die drei geplanten Aufstellungsorte der Waschmaschinen wurde der erste Ansatz gewählt, während die Kosten für die zugehörige Bürofläche als Miete angesetzt wurde. In der folgenden Abbildung sind die Kostenanteile für den Block „Flächen und Gebäude“ dargestellt.

Während die jährlichen Miet- oder Leasingkosten direkt in die Kostenkalkulation eingehen, werden die zu erwartenden jährlichen Kosten für eigene Gebäude über die Abschreibungsdauer auf Gebäude und die jährlichen Finanzierungskosten bestimmt. In die Finanzierungskosten gehen sowohl die Kosten für die Beschaffung von Fremdkapital als auch die interne Verzinsung (Kapitalbindung) ein.

*Tabelle 2: Kosten für Flächen und Gebäude (z. T. geschätzte Werte)*

<b>Fläche und Gebäude</b>	
Kosten für Grundstück [€/m <sup>2</sup> ]	15,00 €
Kosten für industrielle Bebauung [€/m <sup>2</sup> ]	300,00 €
Finanzierungskosten [%]	5,28
Abschreibungsdauer Gebäude [a]	14
Anzahl Objekte [Stck.]	3
Benötigte Fläche / Objekt [m <sup>2</sup> ]	300
davon bebaut [m <sup>2</sup> ]	150
Finanzierungskosten Grundstücke [€/a]	712,80 €
Kosten Gebäude [€/a]	9.642,86 €
<b>Flächen &amp; Gebäude I [€/a]</b>	<b>10.355,66 €</b>
<b>UND/ODER</b>	
Büromiete [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	277,39 €
Leasingkosten Fabrik [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	80,70 €
Fläche Büro [m <sup>2</sup> ]	35,00
Fläche Produktionsbetrieb [m <sup>2</sup> ]	0,00
Kosten Büromiete [€/a]	9.708,75 €
Kosten Fabrikleasing [€/a]	0,00 €
<b>Flächen &amp; Gebäude II [€/a]</b>	<b>9.708,75 €</b>
<b>Flächen &amp; Gebäude gesamt</b>	<b>20.064,41 €</b>

Der Block „Personal und Anlagen“ dient der Abschätzung der jährlich anfallenden Kosten für den Betrieb der Behandlungsanlagen. Im Fall der der WSK Windel sind dies in erster Linie die Windelwaschanlagen, Anlagen zur Entkeimung (durch chemische und/oder physikalische Verfahren wie z. B. Ozonisierung) sowie Anlagen zur Materialauftrennung (Zerkleinerung und Windsichtung).

Diese setzen sich zusammen aus den jährlichen Personalkosten, den Abschreibungskosten für Maschinen/Anlagen und Betriebs- und Geschäftsausstattung sowie den Kosten für Energie, Hilfs- und Betriebsstoffe.

*Tabelle 3: Personal- und Anlagenkosten (z. T. geschätzte Werte)*

<b>Personal &amp; Anlagen</b>	
Personalkosten / Mitarbeiter [€/a]	74.600,00 €
Investition Maschinen und Anlagen [€]	500.000,00 €
Abschreibungsdauer Maschinen/Anlagen [a]	14
Kosten Elektrizität [€/kWh]	0,13 €
Kosten Gas [€/m <sup>3</sup> ]	1,46 €
Sonstige Hilfs- und Betriebsstoffe [€/a]	1.000,00 €
Kosten Betriebs- und Geschäftsausstattung [€]	15.000,00 €
Abschreibungsdauer Betr.-/Geschäftsausstattung [a]	3
Anzahl Objekte	3
Anzahl Mitarbeiter	4
Verbrauch elektr. Strom [kWh/a]	20000
Verbrauch Gas [m <sup>3</sup> /a]	120
Personalkosten [€]	895.200,00 €
Abschreibungskosten [€]	122.142,86 €
Verbrauchskosten [€]	11.367,43 €
<b>Personal &amp; Anlagen gesamt</b>	<b>1.028.710,29 €</b>

Den Transportkosten liegt die geographische Ausgestaltung des Systems zugrunde. Ausgehend von der dort ermittelten optimalen Lage der gewünschten Anzahl von Standorten (Im Fall der WSK Windel mit dem Einzugsgebiet Ruhrgebiet 3 Standorte), wurden auf Basis eines Einwohnergleichwertes die jeweiligen Aufkommensmengen je dreistelliger Postleitzahl (Postleitbereich) abgeschätzt und deren jährliches Transportaufkommen zum jeweils nächstgelegenen Verwertungsstandort bestimmt. Mittels geeigneter Routing-Verfahren auf Basis durchschnittlicher Lkw-spezifischer Fahrgeschwindigkeiten wurde eine entsprechende Fahrzeiten- und Mengenmatrix erstellt, die die Basis für die weiteren Auswertungen im Bereich „Transporte“ darstellt. Ein Auszug dieser Matrix ist in

Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Auszug der Fahrzeiten und Mengenmatrix

Gebiet	Standort	Menge [kg/a]	Dauer [h]	Behälter [Stck./a]	Abholungen/a	Transportkosten [€/a]	Abschreibung [€/a]
441	441	429.257	0	4292,57	858,514	- €	14.930,68 €
442	441	401.687	0,2042742	4016,8744	803,37488	6.154,08 €	13.971,74 €
443	441	602.038	0,1146497	6020,3828	1204,07656	5.176,76 €	20.940,46 €
445	441	417.067	0,3022828	4170,6676	834,13352	9.455,41 €	14.506,67 €
446	441	411.972	0,3851258	4119,7204	823,94408	11.899,58 €	14.329,46 €
447	441	294.093	0,4545964	2940,932	588,1864	10.027,03 €	10.229,33 €
448	441	621.497	0,3931869	6214,9728	1242,99456	18.327,35 €	21.617,30 €
451	460	586.249	0,2407517	5862,4904	1172,49808	10.585,53 €	20.391,27 €

Neben den Transportmengen und Fahrzeiten sind noch die Spezifika des logistischen Systems, insbesondere der einzusetzenden Fahrzeuge und Behälter relevant (vgl.

Tabelle 5). Sind diese bekannt, können die entsprechenden Transportkosten für den Transport von Voll- und Leerbehältern bestimmt sowie die sich über die Abschreibung auf den Behälterpool ergebenden Behälterkosten pro Jahr bestimmt werden.

Tabelle 5: Parameter zur Berechnung der Transport- und Behälterkosten

Abholungen		Leerbehältertransporte	
Masse pro Behälter [kg]	100	Durchschnittl. Fahrzeit	0,424053806
Behälter pro Abholung [Stck.]	5	Leerbehälter pro Lkw	200
Tagessatz Fahrzeug [€]	300	Tagessatz Lkw	300
Betriebsstunden Fahrzeug [h/d]	8	Betriebsstunden [h/d]	8
<b>Summe Transportkosten [€]</b>	<b>468.380,83 €</b>	<b>Summe Leerbehältertransporte [€]</b>	<b>8.261,63 €</b>

Zur Bestimmung der jährlichen Gesamtkosten des logistischen Systems müssen noch weitere Kostentreiber berücksichtigt werden,

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die wesentlichen Parameter und Einflussgrößen, die die Gesamtkosten bestimmen. Eine wesentliche Größe des logistischen Systems ist dabei der Umlauffaktor. Dieser Faktor beschreibt, wie viele Behälter im System im Umlauf sein müssen, um einen Behälter an der Sammelstelle bereit stehen zu haben. Im Fall der WSK Windel ist dieser Faktor 3, soweit keine Maßnahmen getroffen werden, diesen zu reduzieren. Dies bedeutet konkret, dass für jeden Behälter an einer Sammelstelle zwei weitere Behälter im System vorzuhalten sind, einer davon befindet sich beim Logistiker, der diesen gegen einen Vollbehälter bei der Abholung tauscht. Dieser Vollbehälter wird wiederum an der Behandlungsanlage gegen einen Leerbehälter getauscht. Da die Behälterkosten einen signifikanten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines logistischen Systems haben (im Beispiel der WSK Windeln übersteigt die Summe der Behälterkosten deutlich die Summe der Transportkosten), sollte

untersucht werden, ob durch die Senkung des Umlauffaktors die Behälterkosten signifikant gesenkt werden können. Die Senkung des Umlauffaktors ist möglich, indem Leerbehälter zwischen den beteiligten Akteuren ausgetauscht werden. Es wird im Fall der WSK Windeln davon ausgegangen, dass eine Reduzierung auf einen Faktor von 2,3 möglich ist. Dies reduziert auf der einen Seite die Behälterkosten durch Kapitalbindung, führt jedoch zu zusätzlichen Transportkosten durch Leerbehältertransporte sowie zu höheren Abschreibungskosten (Behälter müssen schneller ausgetauscht werden) auf der anderen Seite. Hier gilt es in jedem logistischen System das jeweilige Optimum zu finden. Da die TraCy-Behälter klappbar sind (dies war eine grundlegende Anforderung an das Behältersystem), können deutlich mehr Leerbehälter mit einem Fahrzeug transportiert werden als Vollbehälter. Dies minimiert die Zusatzkosten durch Leerbehältertransporte. Durch die vergleichsweise hohen Behälterkosten der TraCy-Behälter die durch die prototypische Natur des Behältersystems und die Telematikausstattung bedingt sind, hat eine Senkung des Umlauffaktors an dieser Stelle bei einer Abholmengende von 5 Behältern pro Abholung sogar einen minimal negativen Effekt. Positive Effekte durch eine Reduzierung des Umlauffaktors würden sich erst bei einer Abholmengende von 9 Behältern je Abholung ergeben. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die Abholstellen (i. d. R. Altenheime) über die räumlichen Möglichkeiten verfügen, 9 Behälter zu lagern. Die Maßnahme der Reduzierung des Umlauffaktors muss in diesem Fall also als unwirksam angesehen werden.

Tabelle 6: Allgemeine Parameter des logistischen Systems

Anzahl Sammelstellen	800
Umlauffaktor	2,3
Kosten Behälter mit Telematik [€]	400,00 €
Kalk. Zins [%]	7%
Anzahl Umläufe je Behälter	50
Handlingskosten je Tausch [€]	2,00 €
Reinigungskosten je Umlauf [€]	3,50 €
Kapitalbindung [€]	257.600,00 €
Abschreibung [€]	516.306,80 €
Handling [€]	296.876,41 €
Reinigung [€]	519.533,72 €

Eine weitere wichtige Stellgröße des Logistiksystems ist die Anzahl der Behälter, die an den jeweiligen Sammelstellen platziert sind und die gemeinsam abgeholt werden. Eine größere Anzahl an Behältern je Sammelstelle reduziert die Transportkosten, erhöht jedoch die Behälterkosten durch Kapitalbindung und Abschreibung.

Abbildung 11 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Abholmenge je Abholung und den Gesamtkosten des Systems (inkl. der zu erwartenden Verkaufserlöse der gewonnenen Fraktionen) bei sonst unveränderten Parametern. Es zeigt sich, dass eine Abholmenge von 5-6 Behältern pro Abholung als wirtschaftlich optimal anzusehen ist.

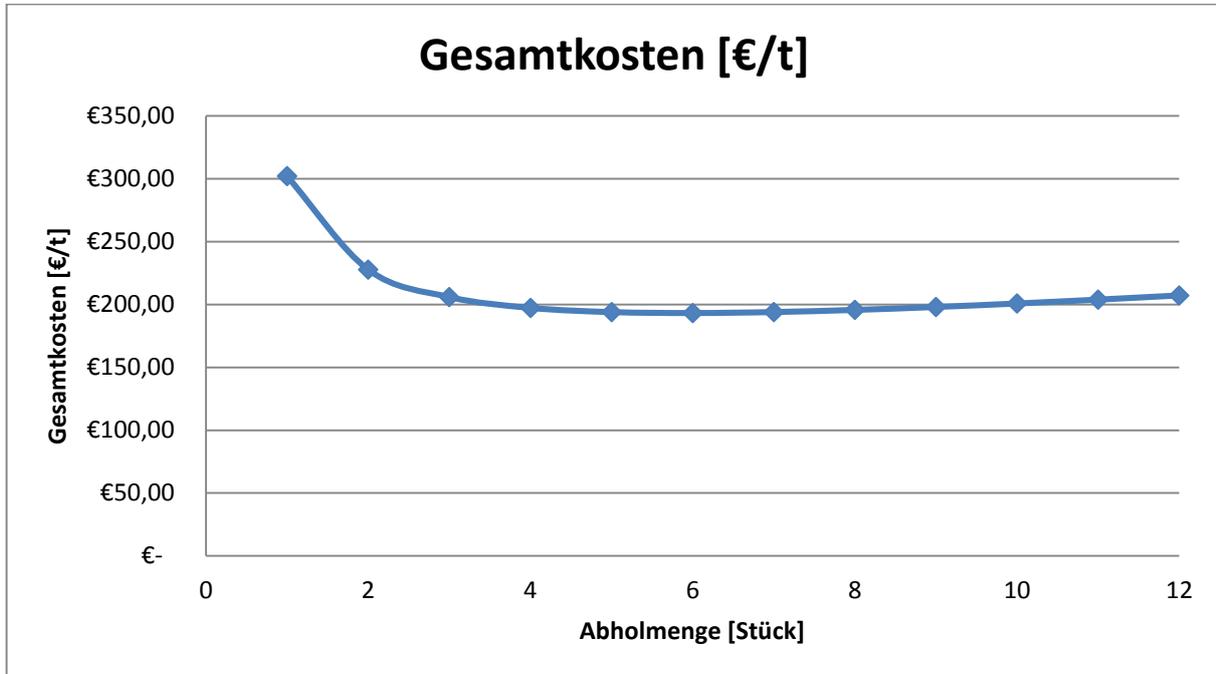


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Abholmenge und Gesamtkosten

Als Fazit lässt sich festhalten, dass das am Beispiel der Wertschöpfungskette Windel mit dem Sammelgebiet Ruhrgebiet betrachtete Logistiksystem weder auf die Veränderung des Umlauffaktors noch auf die Variation der Abholmenge (zumindest im Bereich ab 3 Behälter pro Abholung) reagiert. Eine deutliche Reduktion der hier bestimmten Logistikkosten kann durch die Serienreife des verwendeten Behältersystems erzielt werden. Die im Rahmen von TraCy eingesetzten Behälter in Verbindung mit der Telematikausstattung sind als prototypisch zu bezeichnen. Dies gilt selbstverständlich ebenfalls für alle anderen Wertschöpfungsketten, in denen die TraCy-Behälter zum Einsatz kommen können.

Auf Basis dieser Kalkulation kann festgestellt werden, dass der Preis für die Abholung der Inkontinenzabfälle bei ca. 200€/t liegen müsste, um unter den gegebenen Rahmenbedingungen einen wirtschaftlichen Betrieb des logistischen Netzes zu gewährleisten. Die Alternative zur stofflichen Verwertung ist die thermische Behandlung bzw. energetische Verwertung in einer Müllverbrennungsanlage. Hier lagen zur Zeit der Projektdurchführung die durchschnittlichen Annahmepreise bei ca. 50€/t. Auch wenn dies noch keine Logistikkosten beinhaltet, zeigt diese Diskrepanz dass das oben skizzierte Szenario unter den derzeitigen Rahmenbe-

dingungen (noch keine Serienreife von Komponenten des Logistik- und Verwertungssystems auf der einen Seite sowie Niedrigpreise in der Müllverbrennung auf der anderen Seite) noch nicht wirtschaftlich betrieben werden kann. Ein detaillierteres Kalkulationsmodell zur Nachkalkulation auf Basis von Ist-Kosten und tatsächlichen Stoff- und Energieflüssen wurde im Rahmen von AP 6 entwickelt.

### **AP 3: Machbarkeit Modelle**

In Arbeitspaket 3 wurden gemeinsam mit den Partnern die in Arbeitspaket 2 entwickelten Modelle für die betrachteten Wertschöpfungsketten einer Machbarkeitsuntersuchung unterzogen. Diese beinhaltete im Wesentlichen:

- Die rechtliche und organisatorische Prüfung
- Die logistische und technische Prüfung

Die ursprünglich vorgesehene Machbarkeitsprüfung auf Basis standardisierter Vorlagen auf einem einheitlichen Detaillierungsniveau hat sich im Laufe der Bearbeitung dieses Arbeitspakets als nicht praktikabel herausgestellt. Dies war einerseits in der Heterogenität der gesetzlichen Vorgaben, die für die jeweiligen Stoffströme Gültigkeit besitzen und andererseits in der Notwendigkeit einer wesentlich tiefergehenden (insbesondere rechtlichen) Prüfung für die Wertschöpfungskette Inkontinenzsystemabfälle als Voraussetzung für den Demonstrator begründet. Hierbei fokussierte das Fraunhofer IML im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung auf die Stoffströme, die nicht im Demonstrator realisiert wurden. Bezüglich der Ergebnisse der rechtlichen, organisatorischen, technischen und logistischen Prüfung sei an dieser Stelle auf den zusammenfassenden Abschlussbericht des Koordinators verwiesen.

### **AP 4: Generisches Supply Cycle Modell TraCy (Feinkonzept)**

Für die tiefergehende Betrachtung der Wertschöpfungsketten aus den vorherigen Arbeitspaketen war eine Darstellung als SCOR-Modell vorgesehen. Demzufolge wurde das entwickelte generische SCOR-Modell (vgl. AP 2) auf die Wertschöpfungsketten angewendet und hinsichtlich der Besonderheiten der einzelnen Ketten angepasst und die einzelnen Teilprozesse umfangreich dokumentiert. Im Ergebnis standen vollständig dokumentierte Level-2 und Level-3-SCOR Modelle für die Wertschöpfungsketten Inkontinenzprodukte, PET und Papier. Dabei wurden die SCOR-Modelle für die Inkontinenzprodukte und Papier durch die Schoeller Allibert GmbH ausgearbeitet und das Modell für PET durch das Fraunhofer IML.

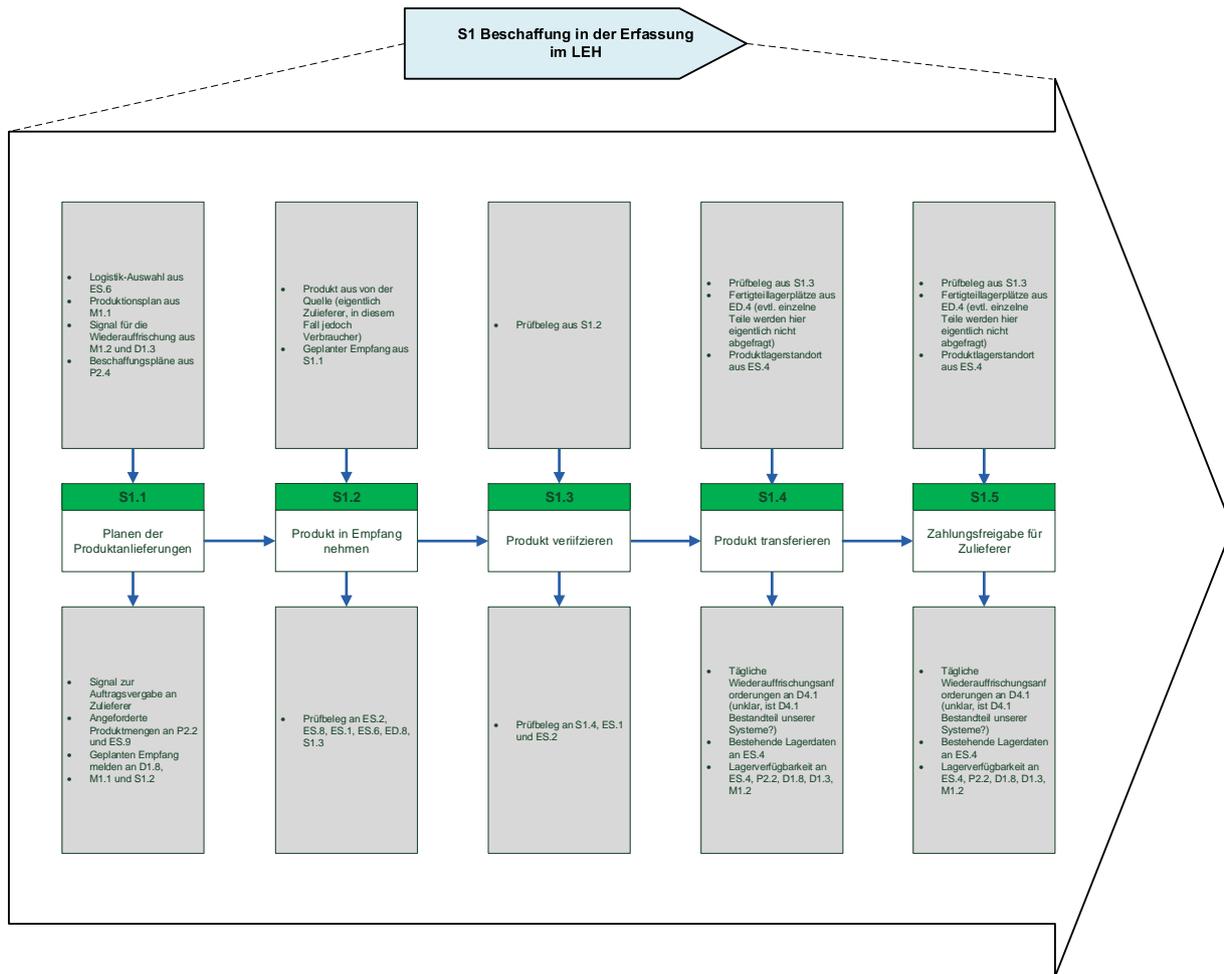


Abbildung 12: Prozesselement des Level-3-SCOR-Modells für PET

Im Zuge der Detaillierung der SCOR-Modelle werden die einzelnen Prozesselemente immer weiter spezifiziert, Abbildung 12 zeigt einen Ausschnitt (Prozesselement) aus dem Level-3-SCOR-Modell der Wertschöpfungskette PET am Beispiel der Beschaffung von PET-Flaschen aus dem Erfassungskanal Lebensmitteleinzelhandel (LEH). Dabei beinhaltet das Level-3-Modell für jedes Prozesselement (hier: S1-Erfassung aus dem LEH) die jeweils erforderlichen Einzelprozesse (hier: S1.1 bis S1.5) sowie die erforderlichen Verknüpfungen (Input und Output) zu anderen Prozesselementen.

Tabelle 7 Beschreibung der Prozesselements S1 im Level-2-SCOR-Modell für PET

<b>S1</b>	<b>Beschaffung im Lebensmitteleinzelhandel</b>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Im Rahmen dieses Prozesses werden die im Lebensmitteleinzelhandel aufgestellten Rücknahmeautomaten mit Behältern versorgt, um die Aufnahme, Volumenreduktion, Zwischenlagerung und den Abtransport der von Kunden eingeworfenen Flaschen zu ermöglichen.</p>	

Tabelle 8 Beschreibung der Prozesselements S1.1 im Level-3-SCOR-Modell für PET

<b>S1.1</b>	<b>Planen der Produktanlieferungen</b>	
<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Logistik-Auswahl aus ES.6</li> <li>• Produktionsplan aus M1.1</li> <li>• Signal für die Wiederauffrischung aus M1.2 und D1.3</li> <li>• Beschaffungspläne aus P2.4</li> </ul>	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signal zur Auftragsvergabe an Zulieferer</li> <li>• Angeforderte Produktmengen an P2.2 und ES.9</li> <li>• Geplanten Empfang melden an D1.8, M1.1 und S1.2</li> </ul>	
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Planung und Verwaltung der Ausführungen einzelner Produktlieferungen bezüglich einer Lieferung oder eines bestehenden Vertrages. Die Anforderungen an die Produktfreigabe werden durch einen detaillierten Beschaffungsplan oder anderen produktspezifischen Pull-Signale bedingt.</p> <p>Auf Basis der Beschaffungspläne sowie der Produktionspläne muss geplant werden, zu welchen Zeitpunkten und in welchem Umfang Behälter angeliefert werden, um damit die Rücknahmeautomaten ausstatten zu können.</p>		

Zusätzlich zur visuellen Darstellung gehört zum Umfang der SCOR-Modelle noch jeweils eine spezifische Beschreibung der Prozesselemente, Inputs und Outputs. Die oben stehenden Tabellen zeigen die Struktur der Beschreibungen am Beispiel der Prozesselemente S1 (Level-2-Modell) bzw. S1.5 (Level-3-Modell).

In diesem Zusammenhang wurden Unzulänglichkeiten des bestehenden SCOR-Modells für die Anwendung in einem Supply Cycle identifiziert und dokumentiert. Grundsätzlich wurde entschieden, die Rückführungslogistik für Altprodukte im Rahmen der SCOR-Systematik als Beschaffungsprozesse („source“) abzubilden und nicht als Rücklieferungen („return“, vgl. Abschnitt zu AP 2). Im Verlauf der Detaillierung der Modelle hat sich ferner herausgestellt, dass eine generische Darstellung, die alle theoretisch möglichen Erfassungskanäle und Wertschöpfungsstufen abbildet, nur auf Ebene des Level-1-Modells sinnvoll ist, um als Vorlage für detailliertere Modelle zu dienen. Auf Ebene der Level-2- und Level-3-Modelle wurde der generische Ansatz an dieser Stelle demzufolge verworfen und die Modelle dementsprechend spezifisch für die jeweiligen Wertschöpfungsketten erstellt.

Ein weiterer Teil der Arbeit am Arbeitspaket 4 betraf die Erstellung eines generischen Geschäftsmodells für Supply Cycles auf Basis der zuvor ausgewählten Wertschöpfungsketten. In diesem Zusammenhang sind konkrete Produkte und Produktnutzen aus den Wertschöpfungsketten identifiziert worden. Für diese Produkte wurde eine Wertschöpfungsarchitektur erarbeitet und ein Ertragsmodell für Produkte und Dienstleistungen aus den Wertschöpfungsketten erstellt. In diesem Zusammenhang wurden ebenfalls die mit den Dienstleistungen und Produkten verbundenen Risiken benannt und bewertet. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf dem Ertragsmodell für die Wertschöpfungskette „Inkontinenzabfall“, da die Wertschöpfungsketten „PET“ und „Papier“ bereits unter heutigen Bedingungen wirtschaftlich darstellbar sind, wohingegen für Inkontinenzabfälle diese Beurteilung noch aussteht. Dabei basiert das Ertragsmodell für Inkontinenzabfälle grundsätzlich auf der Verwertung und Vermarktung der folgenden Stofffraktionen:

- Recycling-Kunststoff: Durch die Verwertung von Windeln kann der in der Windel enthaltene Kunststoff zurückgewonnen werden. Kunststoff wird in vielen Varianten gehandelt, daher ist davon auszugehen, dass bei einer wirtschaftlich erfolgenden Produktion ein Absatzmarkt für diese Produkte vorhanden ist. Dieser Absatzweg wird auch durch das Unternehmen Knowaste bedient, sodass davon ausgegangen werden kann, dass es sich um einen wirtschaftlich realisierbaren Teil des Windelrecyclings handelt.
- Cellulose: Windeln bestehen durchschnittlich zu 62% aus Flockenzellstoff, der je nach Qualität des zurückgewonnenen Materials z. B. für die Produktion neuer Windeln oder als Rohstoff in der Papierherstellung eingesetzt werden kann.
- Superabsorber: Eine Wiederverwendung des einmal genutzten Superabsorbers in dieser Funktion ist ausgeschlossen. Dennoch kann anstelle einer energetischen Ver-

wertung die Anwendung als Dämm- oder Füllmaterial erfolgen.

- Energetische Verwertung zurückgewonnener Biomasse: Die in den genutzten Windeln enthaltene Biomasse kann für die Gewinnung von Gas in Biogasanlagen genutzt werden.

Darüber hinaus ist die Dienstleistung der Entsorgung der Inkontinenzabfälle bei den Anfallstellen ebenfalls vermarktbar und kann somit bepreist werden, da dem Abfallerzeuger heute auch hierfür Kosten entstehen. Das Ertragsmodell ist im Rahmen der ökonomischen Bewertung in AP 6 (Bewertungsmethodik) eingeflossen (siehe Abschnitt zu AP 6) und basiert auf den Ergebnissen von AP 2 (Grobmodell, Finanzierungs- und Kostenplan).

### **AP 5: Demonstrator**

Im Rahmen des Arbeitspakets 5 lag der Fokus des Fraunhofer IML auf unterstützenden Tätigkeiten. Hier waren die hauptsächlichen Aufgaben des Fraunhofer IML

- Die Unterstützung in der Planung des Versuchsaufbaus
- Die Auswahl von Komponenten des Logistik- und Managementsystems
- Die Einbindung externer Partner (insbesondere auf der Versorgungsseite zum Pilotbetrieb der Kopplung von Ver- und Entsorgung)

Im Laufe des Demonstrationsbetriebs haben sich weitergehende Fragestellungen in Bezug auf die Verwertung der gewonnenen Materialfraktionen ergeben, insbesondere hat sich die Notwendigkeit zu einer weiteren Materialauftrennung gezeigt. Entsprechende Versuche mittels Windsichtung, die am Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal durchgeführt wurden, wurden vom Fraunhofer IML begleitet. Die durchgeführten Versuche zeigten hierbei die grundsätzliche Eignung der Windsichtung zur Vorbereitung der weiteren Verwertung zu marktfähigen Sekundärfraktionen.

### **AP 6: Bewertungsmethodik**

Der in Arbeitspaket 6 entwickelten Bewertungsmethodik liegt die zuvor definierte Prozessabfolge der Behandlungsschritte für Stoffkreisläufe zugrunde (generisches Supply Cycle Modell, Arbeitspaket 4). Für die Entwicklung einer Bewertungsmethodik wurden die relevanten Kostenblöcke für die einzelnen Prozessschritte identifiziert und ein Kalkulationsmodell zur Berechnung der Transportkosten für die Materialtransporte zwischen den Prozessschritten ent-

wickelt. Die Kostenkomponenten des Modells wurden basierend auf vergleichbaren Kalkulationsmodellen für produktions- und entsorgungslogistische Fragestellungen entwickelt und definiert, um sicherzustellen, dass die verschiedenartigen Anforderungen aus beiden Bereichen sowie die damit verbundenen Kostenarten ausreichend berücksichtigt werden können und eine Vergleichbarkeit mit Modellen für die Bewertung von entweder Produktions- oder Entsorgungsketten gewährleistet ist. Das Modell soll die Bewertung von Wertschöpfungsketten, in denen eine Koppelung von Ver- und Entsorgung in entsorgungslogistischen Netzwerken über mehrere Stufen hinweg erfolgt, ermöglichen.

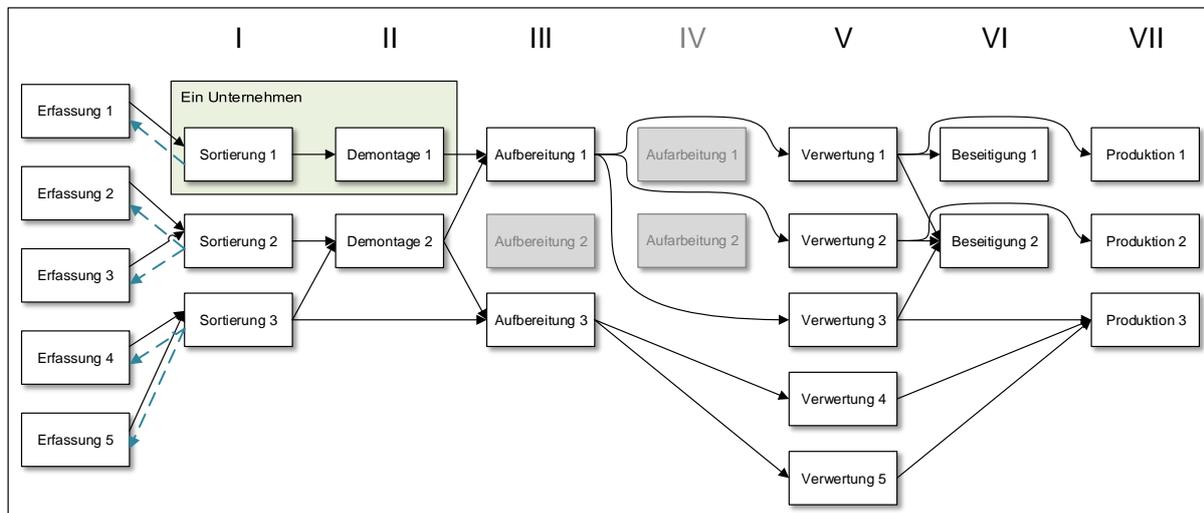


Abbildung 13: Beispielhafte Topologie eines logistischen Ver- und Entsorgungsnetzwerkes

Neben den Kostenbestandteilen werden mit Hilfe des im Rahmen des Projektes entwickelten Modells auch Ressourcenverbräuche den Prozessschritten zugeordnet. Hierfür erfolgte zunächst eine theoretische Annäherung an den Begriff der Ressourceneffizienz und eine Betrachtung der Allokationsmöglichkeiten für Ressourcenverbräuche in den betrachteten logistischen Netzwerken. In einem folgenden Schritt wurde festgelegt, dass die Ressourcenverbräuche entweder den Behandlungs- oder Transportprozessen zuzuordnen sind. Die Betrachtung von Ressourcenverbräuchen pro behandelter oder transportierter Menge Material erfolgt in dem entwickelten Modell im Nachgang der Behandlung bzw. des Transportes. Aus den Gesamtverbräuchen kann im Anschluss an den Prozessschritt ggf. ein Verbrauch pro Mengeneinheit errechnet werden. Die Komponenten der Zielfunktionen für Kosten und Ressourcenverbräuche sowie ihre hierarchische Einordnung in die Gesamtzielfunktion können der unten stehenden Abbildung 14 entnommen werden.

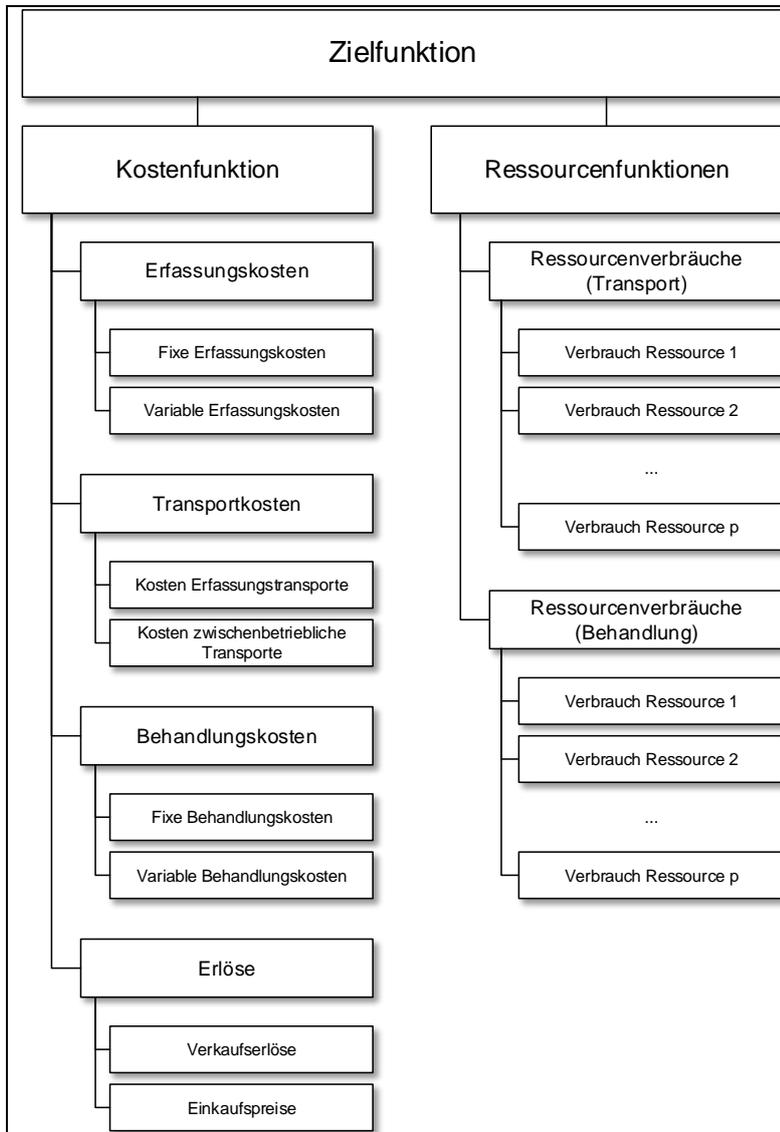


Abbildung 14: Allgemeine Darstellung der Zielfunktionskomponenten für das Bewertungsmodell

Ziel des Arbeitspaketes war neben der Entwicklung eines Bewertungsmodells die Anwendung des Modells auf den TraCy-Demonstrator mit Hilfe der während des Feldversuchs gewonnenen Daten. Die unten stehende Abbildung 15 verdeutlicht die logistischen Zusammenhänge des Demonstratorversuchs und zeichnet den Weg der Abfälle, Ressourcen und Sekundärrohstoffe (PE-LD) nach.

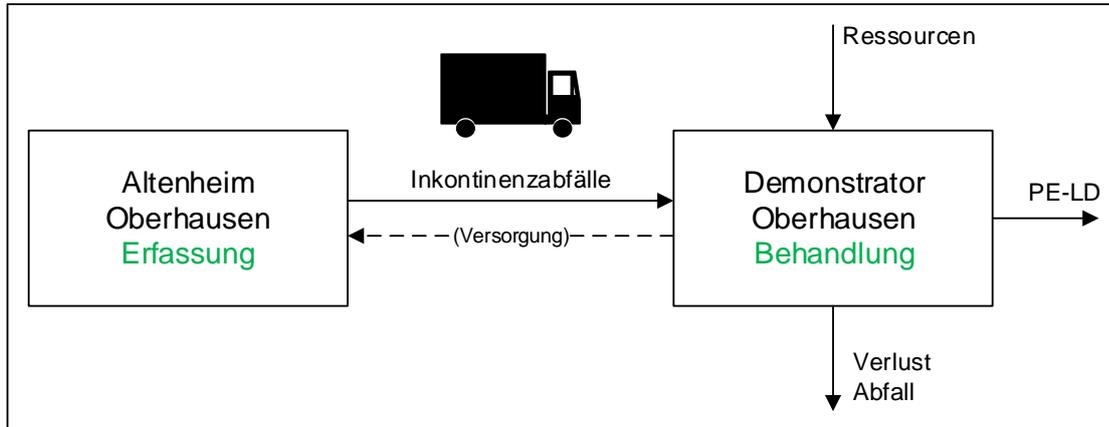


Abbildung 15: Logistische Kette des TraCy-Demonstrators

Hierfür wurden zunächst die gewonnenen Daten aus dem Feldversuch analysiert und anschließend diejenigen Kostenbestandteile aus dem Bewertungsmodell identifiziert, die auch im Rahmen des Demonstratorversuchs angefallen sind. So sind aufgrund der Konfiguration des Versuchs keine variablen Erfassungskosten und keine zwischenbetrieblichen Transportkosten angefallen. Auf der Seite der Ressourcen sind für die Bewertung des Demonstratorversuchs lediglich die Treibstoffe für den Transport sowie die für die Aufbereitung der Inkontinenzabfälle erforderlichen Reinigungsmittel und der Wasserverbrauch relevant. Eine entsprechende Darstellung der relevanten Bestandteile kann der unten stehenden Abbildung 16 entnommen werden. Die im Rahmen des Feldversuchs nicht berücksichtigten Kostenbestandteile sind ausgegraut.

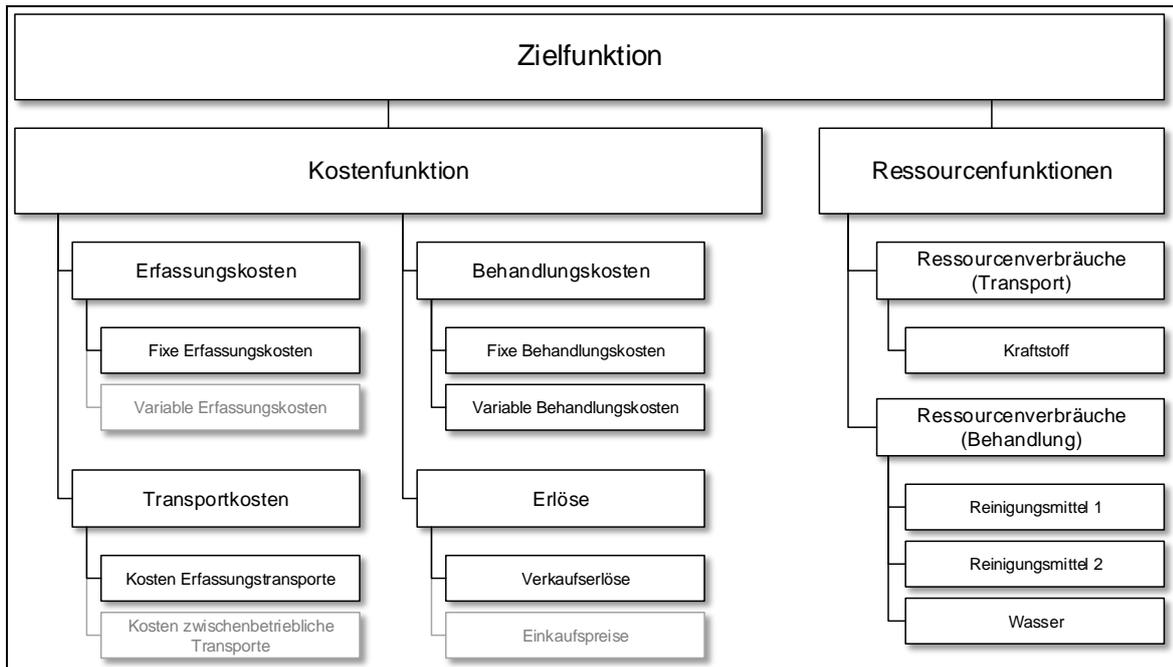


Abbildung 16: Für die Bewertung des Versuches berücksichtigte Kosten und Ressourcenverbräuche

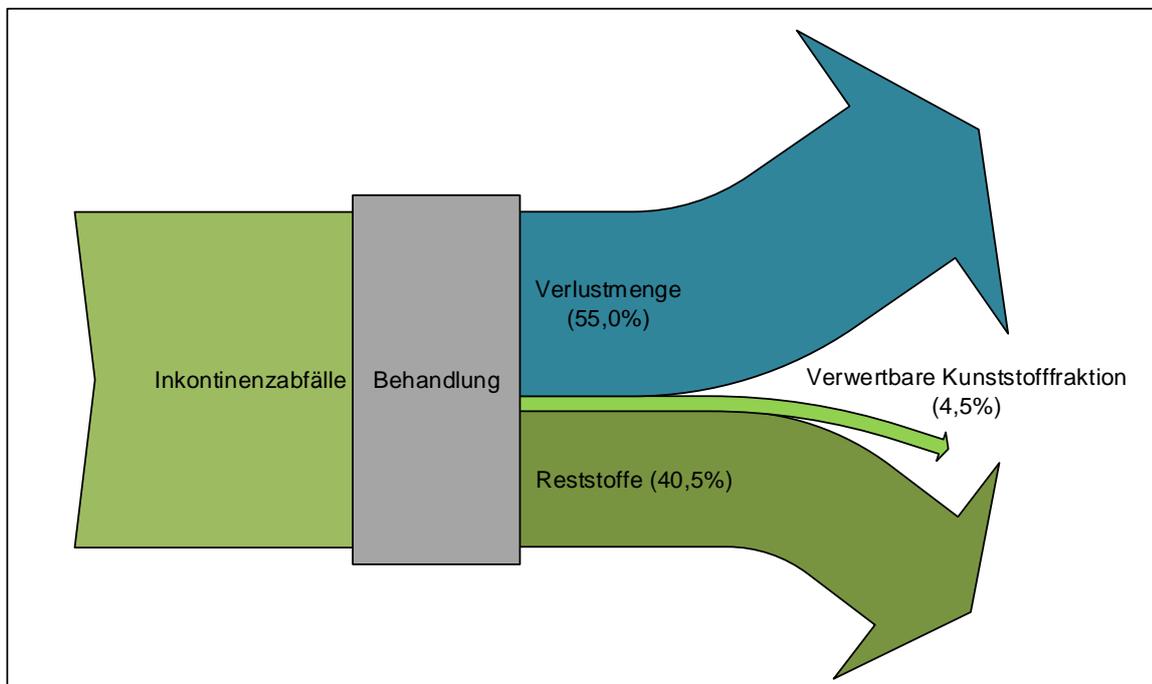


Abbildung 17: Stoffstrom der Abfallaufbereitung im TraCy-Demonstrator

Der TraCy-Demonstrator wurde auf Basis der im Versuchszeitraum gewonnenen Daten mit Hilfe des entwickelten Bewertungsmodells untersucht. Hierfür waren die Daten zum Stoffstrom von besonderer Bedeutung, da anhand dieser Erhebungen die realisierten sowie die theoretisch realisierbaren Sekundärrohstoffmengen identifiziert werden konnten, die die Basis für die Verkaufseinnahmen bilden.

Neben der Bewertung der IST-Ergebnisse des Demonstratorversuchs sind verschiedene Szenarien entwickelt worden, anhand derer die Grenzen eines wirtschaftlich effizienten Betriebs des Demonstrators bestimmt werden konnten. Bei den entwickelten und untersuchten Szenarien handelte es sich konkret um folgende:

- **Szenario 1:** Ist-Zustand des Systems. Betrachtung des Systems auf Basis der tatsächlich erhobenen Daten unter Berücksichtigung realer Marktpreise für die gewonnenen Sekundärrohstoffe.
- **Szenario 2:** Koppelung von Ver- und Entsorgung durch Verwendung der Behälter für die Versorgung der Pflegeeinrichtung. Reduktion der Kosten für Transport und Erfassung durch Einsatz der Behälter für mehrere Zwecke.
- **Szenario 3:** Auslastungsmaximierung der Aufbereitungsanlagen. Die Anlagen waren im Ist-Betrieb nicht vollständig ausgelastet, sodass von positiven Effekten bei einer Auslastungsmaximierung ausgegangen wurde.
- **Szenario 4:** Steigerung der Qualität der gewonnenen Sekundärrohstoffe zur Realisierung zusätzlichen finanziellen Spielraums für die Aufbereitungsprozesse.

Mit Hilfe der Szenarienberechnung konnte gezeigt werden, dass das Bewertungsmodell grundsätzlich für die Bewertung von IST-Zuständen geeignet ist und darüber hinaus die erforderlichen Grundlagen bietet, um mit Hilfe theoretischer Szenarien SOLL-Zustände eines Systems zu bestimmen. Auf diese Weise können z. B. Minimalerlöse für Sekundärrohstoffe bestimmt werden, ab denen sich ein Recycling lohnt. Somit ist das Modell auch für die in Arbeitspaket 7 formulierten Aufgaben geeignet. Auf Basis vereinfachter Kostenkennzahlen (fixe und variable Kosten für Logistik und Behandlung) aus dem Bewertungsmodell sowie anhand der spezifischen Ressourcenverbräuche von Prozessen ist ein Vergleich verschiedener Wertschöpfungsketten bzw. der Prozessabläufe innerhalb dieser Ketten auf hohem Aggregationsniveau durchführbar. Auf diese Weise können Schnelleinschätzungen der Wirtschaftlichkeit

und Ressourceneffizienz unterschiedlicher Wertschöpfungsketten oder verschiedener Verfahren durchgeführt werden.

### **AP 7: Übertragbarkeit**

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes sind zuvor in den Arbeitspaketen 1 und 3 untersuchte Wertschöpfungsketten erneut betrachtet und eine Auswahl dieser Ketten mit Hilfe des in Arbeitspaket 6 entwickelten Bewertungsinstrumentariums untersucht worden. Die Auswahl der für den TraCy-Anwendungsfall spezifizierbaren Wertschöpfungsketten fand u. a. auf Basis der Werthaltigkeit, Verfügbarkeit und des Stoffstromvolumens in der Wertschöpfungskette statt. Als Quelle für diese Informationen dienen wesentlich die Ausarbeitungen zu den Wertschöpfungsketten aus dem Arbeitspaket 1. Auch Zukunftsperspektiven hinsichtlich der Preisentwicklung und Rohstoffverfügbarkeit für die Wertschöpfungsketten und Produkte daraus sind in die Auswahl eingeflossen. Die ausgewählten Wertschöpfungsketten wurden geografisch in einem Teilbereich des Ruhrgebiets modelliert und anschließend bewertet. Die Bewertung erfolgte auf Basis statistischer und öffentlich zugänglicher Preisdaten sowie mit Hilfe Daten, die von den Projektpartnern bereitgestellt worden sind. Für die Modellierung der logistischen Abläufe wurde auf Basis von Entfernungsdaten ein Transportmodell entwickelt sowie eine Dimensionierung des erforderlichen Behälterpools vorgenommen, um die logistischen Kosten abzuschätzen. Ferner wurden die erforderlichen Maßnahmen für die Umsetzung eines Supply Cycles in den betrachteten Wertschöpfungsketten identifiziert. Analog zu der Bewertung des TraCy-Demonstrators in Arbeitspaket 6 wurden für die ausgewählten Wertschöpfungsketten IST- und SOLL-Szenarien berechnet, auf deren Basis die Wirtschaftlichkeit der Wertschöpfungsketten bewertet werden konnte. Auf Basis der durch die Bewertung gewonnenen Erkenntnisse wurden abschließend Handlungsempfehlungen formuliert und Einschätzungen abgegeben, wie und ob in den betrachteten Wertschöpfungskette Supply Cycles nach dem im Rahmen des Projektes entwickelten und im TraCy-Demonstrator erprobten Modell etabliert werden könnten und sollten.

Unten stehend findet sich eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Anwendung des Bewertungsmodells für die beiden weiteren untersuchten Wertschöpfungsketten Papier und PET.

#### **Wertschöpfungskette Papier**

Für die Wertschöpfungskette Papier wurde nur eine Aufbereitungsanlage in zentraler Lage des betrachteten Raumes angenommen, da eine Aufbereitung von Papier aufgrund der Ei-

genheiten des Prozesses (Prozessintegration von Aufbereitung des Altpapiers und Produktion von Frischware) in der Regel in großem Maßstab vorgenommen wird und daher entsprechend große Anlagen erforderlich sind. Diese Umstände haben auch zur Folge, dass die Möglichkeiten für eine Koppelung von Ver- und Entsorgung begrenzt sind, zumal die Sammlung von Altpapier entweder in der haushaltsnahen Sammlung oder in Depotcontainern erfolgt, sodass eine entsprechende Koppelung der Prozesse nur unter gewissen Umständen stattfinden kann. Die Fahrzeuge sind technisch sehr stark auf den Sammelzweck ausgerichtet und häufig nicht mit Mehrkammersystemen oder für den Behältertransport ausgelegt, sodass der Transport von Waren zu einem Sammelort nur als Ganzladungsverkehr realisiert werden kann oder nur dort möglich ist, wo die Sammlung des Altpapiers in Wechselbehältern möglich ist (z. B. Einkaufszentren, öffentliche Gebäude). Daher sind durch die Koppelung von Ver- und Entsorgung in dieser Wertschöpfungskette nur geringe positive Effekte feststellbar. Im Rahmen der Bewertung konnte gezeigt werden, dass die Koppelung von Ver- und Entsorgung in der betrachteten Wertschöpfungskette eine Reduzierung der Logistikkosten zur Folge haben kann, die z. B. dafür genutzt werden könnte, Preisschwankungen im Markt besser abzufangen oder in neue Technik zu investieren.

### **Wertschöpfungskette PET**

Für die Wertschöpfungskette PET wurden mehrere Anlagen für die erste Stufe der Aufbereitung (Sortierung und Zerkleinerung der Flaschen) im gesamten Betrachtungsraum angenommen, da die Kapazität der Anlagen besser skalierbar ist als bei der Wertschöpfungskette Papier. Auch ist eine Koppelung von Ver- und Entsorgung besser realisierbar, da die Stellen, an denen die Abfälle gesammelt werden, Geschäfte des Lebensmittel- oder Getränkeeinzelhandels, auch Senken für Güter unterschiedlicher Art sind. Die geringeren Transportmengen bei entsprechenden Abholrhythmen (eine Lagerung großer Mengen leerer Flaschen in den Geschäften ist u. a. aus Kostengründen nicht vorgesehen) begünstigen einen Transport mit kleineren, weniger spezialisierten Fahrzeugen und ermöglichen somit nicht nur den Einsatz eines Wechselbehältersystems sondern auch eine flexible und die zur Verfügung stehende Kapazität auslastende Belieferung der Geschäfte mit Waren.

Die Wertschöpfungskette PET hat sich als deutlich flexibler erwiesen als die in diesem Arbeitspaket ebenfalls untersuchte Wertschöpfungskette Papier. Die Kosten sinken durch die Koppelung von Ver- und Entsorgung im Vergleich deutlicher, da die Art des logistischen Netzes (viele Quellen und Senken, im Vergleich kurze Wege) und die Eigenschaften der Akteure (Behälterinsatz üblich, Standardisierte Umgebung) eine Koppelung begünstigen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse der Bewertung nicht überraschen, da beide betrachteten Wertschöpfungsketten bereits existieren und wirtschaftlich betrieben werden. Die Bewertung ähnelt daher mehr einem Proof of Concept, auch wenn über den Nachweis der grundsätzlichen Machbarkeit hinaus gewisse positive Effekte durch die Koppelung von Ver- und Entsorgung festgestellt werden konnten. Es ist allerdings auch deutlich geworden, dass für die Koppelung von Ver- und Entsorgung sehr spezifische Gegebenheiten vorhanden sein müssen und nicht alle Wertschöpfungsketten gleich stark von positiven Effekten durch Koppelung von Ver- und Entsorgung profitieren.

Die eingesetzte Bewertungsmethode erwies sich als geeignet für die Untersuchung der Wertschöpfungsketten, auch wenn für die Bestimmung der Kosten stark auf den Input der Partner zurückgegriffen werden musste und eine Bewertung auf nur Basis öffentlich zugänglicher Daten und Annahmen zu Kosten, etc. wenig belastbar erscheint. Für eine erste Indikation, um potenziell attraktive Märkte auf einem sehr grundlegenden Niveau zu betrachten und Märkte für eine intensivere Begutachtung zu identifizieren, ist die Methode durchaus geeignet.

## **2. Erläuterungen zum zahlenmäßigen Nachweis**

Das Fraunhofer IML hat die beantragten Mittel komplett abgerufen. Darunter entfiel der Großteil für Personalkosten, um die geplanten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchzuführen. Diese Kostenposition wurde etwas überzogen, um die selbst durchgeführten Arbeiten für die beantragten Telematik-Komponenten zu finanzieren. Darüber hinaus sind Reisekosten für die Projekttreffen, weitere Versuche beim Fraunhofer ICT und Veröffentlichungen (Vorträge auf Konferenzen) angefallen. Die sonstigen unmittelbaren Vorhabenkosten beinhalteten die Mieten für die Windelwaschmaschinen, die im Demonstrator zur Reinigung der Rohware dienen.

## **3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

In AP 1 wurden vom Fraunhofer IML umfangreiche Recherchen zur Analyse der Ist-Situation verschiedener relevanter Entsorgungsmärkte und deren Akteure mit dem Ziel einer weitgehend formalisierten Beschreibung von Anwendungsdomänen (Wertschöpfungsketten) durchgeführt. Die in AP 1 durchgeführten Arbeiten stellten einen bedeutenden Teil der Grundlage für die gesamte weitere Projektausrichtung dar und waren somit für das Gesamtprojekt von fundamentaler Bedeutung, wengleich die Notwendigkeit von einer domänenspezifischen zu einer stoffstrombasierten Sichtweise zu wechseln dazu führte, dass einige Teilanalysen neu durchgeführt werden mussten.

Im Rahmen der Arbeitspakete 2 bis 4 wurden das Logistikkonzept (Grobkonzept in AP 2 und Feinkonzept in AP 4) sowie die Machbarkeitsuntersuchung (AP 3) für die ausgewählten Wertschöpfungsketten erarbeitet. Obwohl die Arbeiten des Fraunhofer IML in ihrer inhaltlichen Tiefe über die im Antrag formulierten Arbeitsinhalte hinaus gingen, konnten die angestrebten Ziele im Sinne einer durchgängigen formalisierten (operativen, technischen und betriebswirtschaftlichen) stoffstromunabhängigen Konzeption im Rahmen der durchgeführten Tätigkeiten nur teilweise erfüllt werden. Während dies für die operativen Tätigkeiten auf Basis der SCOR-Methodik sowie für die betriebswirtschaftliche Konzeption gelungen ist, war dies aufgrund der Komplexität und Vielfalt der technischen Alternativen im Hinblick die technische Ausgestaltung nur eingeschränkt möglich. Die Arbeiten des Fraunhofer IML waren in der Summe notwendig und der Aufgabenstellung angemessen, allerdings kam es im Projektverlauf mehrfach zu Verschiebungen, da entgegen der ursprünglichen Zeitplanung die Erstellung der SCOR-Modelle wie auch das generische betriebswirtschaftliche Kalkulationsmodell bereits in AP 2 begonnen werden mussten (SCOR) bzw. komplett in dieses integriert werden mussten.

Im Demonstrationsbetrieb (AP 5) wurden vom Fraunhofer IML nur begleitende Tätigkeiten übernommen, der Schwerpunkt der Arbeiten wurde von den Konsortialpartnern durchgeführt. Die vom Fraunhofer durchgeführten Arbeiten in Bezug auf die wissenschaftliche Begleitung des Aufbaus des Demonstrators, der Einbindung externer Partner und der Technikauswahl waren in ihrem Umfang angemessen und erfolgreich.

In den Arbeitspaketen 6 und 7 wurde ein Kalkulationsmodell zur detaillierten Bewertung der Kosten- und Ressourceneffizienz von Supply Cycles durch das Fraunhofer IML entwickelt (AP 6) sowie dessen Übertragbarkeit im Einklang mit den in AP 4-6 entwickelten logistischen und betriebswirtschaftlichen Modellen sichergestellt.

Im Rahmen von AP 8 wurde die Wissensverbreitung durch das Fraunhofer IML im Rahmen von Publikationen, Fachvorträgen, Messeauftritten sowie Standardisierungsarbeiten unterstützt. Ursprünglich im Projektplan vorgesehene durch die Projektpartner zu erstellende und vom IML herausgegebene Leitfäden für die Übertragung des TraCy-Konzepts auf andere Wertschöpfungsketten konnten im Rahmen des zeitlichen und finanziellen Budgets nicht mehr realisiert werden.

#### 4. Nutzen des Projektes

Im Wesentlichen sind seitens des Fraunhofer IML folgende Ergebnisse erarbeitet worden:

- Abbildung und Charakteristik der logistischen Abläufe gemeinsam SAS (SCOR Modelle Ebene 1 bis 3) für die verschiedenen Wertschöpfungsketten PET, Papier und Inkontinenzsystemabfall
- Entwicklung von SCM Methoden für geschlossene Stoffkreisläufe analog zur Produktionsplanung (Modelle zur Verfügbarkeit und Lieferfähigkeit)
- Kalkulationsmethoden zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und der Ressourceneffizienz von Stoffkreisläufen auf verschiedenen Detaillierungsebenen
- Initiierung von Versuchen zur nachfolgenden Materialauftrennung mittels Windsichtung
- Wissenschaftliche Begleitung der Projektpartner im Demonstrator

Im Rahmen des Verbundvorhabens wurden bereits mehrere Bachelor und Masterarbeiten mit inhaltlichen Schwerpunkten durch das Fraunhofer IML betreut. Darüber hinaus sind seit April 2014 wesentliche Inhalte in die Lehre an der FH Köln eingeflossen und wurden mit Studierenden diskutiert.

Nach Projektende (November 2014) wurden auf einer gemeinsamen Veranstaltung der Netzwerke NiK und WFZ Ruhr die wesentlichen Inhalte der Öffentlichkeit und Entsorgungsunternehmen der Region Ruhr vorgestellt.

Aus den theoretischen und praktischen Untersuchungen im Versuchsfeld wurde ein generisches Modell zur operativen Schließung von Wertstoffkreisläufen ("generisches Supply Cycle Modell") abgeleitet, das den konzeptionellen Rahmen der Geschäftsprozesse von Wertstoffkreisläufen systematisiert und einheitlich darstellt. Dieses Modell kann auf viele zukünftige Anwendungsfelder (in diesem Fall Stoffkreisläufe) übertragen werden. Hierauf aufbauend wurden die entsprechenden Bewertungsmethoden (das "ob" und "wie" einer möglichen Umsetzung) entwickelt.

Das Modell und die Bewertungsmethoden berücksichtigten u.a. die folgenden Aspekte:

- Prozessbeschreibungen für Ver- und Entsorgungskonzepte (Erweiterung und Überprüfung von SCM Konzepten zur Schließung von Stoffkreisläufen (z. B. SCOR Modell))
- Akteurs- und Rollendefinitionen (wie ist die Zusammenarbeit der Prozessbeteiligten zu gestalten)
- Grundlagen für das Mengenstrom-/Stoffstrommanagement
- Informationsmanagement (ERP, Weblösungen, mobile Lösungen)
- Behältermanagement

Darüber hinaus ist in den folgenden 1 - 5 Jahre geplant, die erarbeiteten theoretischen Grundlagen (siehe oben) für die zukünftige Gestaltung und Umsetzung neuer Dienstleistungen und Verwertungsmodelle für Wertstoffe am Markt in die Beratungsdienstleistung aufzunehmen. Konkrete Ansätze werden durch das Fraunhofer IML derzeit im Bereich der Rücknahme von Heizungspumpen und in der Automobilindustrie verfolgt. Ebenso wurde auch das entwickelte Wissen in die Norm des VDI zum nachhaltigen Wirtschaften eingebracht.

**Horizon 2020 – Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials:  
Call for Ideas – Pilot- / demonstration projects**

Die Ergebnisse dieses Projektes sind in die wissenschaftliche Arbeit des Fraunhofer IML eingeflossen und wurden im Rahmen des Call for Ideas im Rahmen von Horizon 2020 für die Beschreibung eines groß angelegten multinationalen Demonstrationsprojektes für die Aufbereitung und Kreislaufführung von Abfällen als Innovationsprojekt verwendet. Im Rahmen des Calls wurden die Ergebnisse von TraCy genutzt, um die Chancen und Risiken des Recyclings von Inkontinenzabfällen besser einschätzen zu können. Ferner wurde aufgrund entsprechender Erfahrungen in Tracy darauf hingewiesen, dass die rechtzeitige Schaffung regulatorischer Sonderzonen erforderlich ist, um innovative Stoffkreisläufe erproben zu können. Auch muss die Aufbereitungstechnik im Rahmen eines solchen Projektes eine prägnantere Rolle (z. B. durch die Einbindung eines entsprechenden Anbieters als Konsortialpartner) einnehmen als in TraCy, um die Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Kreislaufes herstellen und bewerten zu können.

Aussichtsreiche Ideen für Innovationsprojekte werden durch die EU detailliert und zur Förderung ausgeschrieben. Seitens des Fraunhofer IML besteht die Absicht, sich mit einem Antrag an möglichen Ausschreibungen zu beteiligen.

## 5. Fortschritte und Entwicklungen auf dem Gebiet des Projektes bei anderen Stellen

Der **Fachtausch mit der TFH Cottbus** ergab zusätzliche Anhaltspunkte für die Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus Inkontinenzsystemabfällen. In dem Forschungsvorhaben wird mittels „Thermo-Druck-Hydrolyse-Verfahren“ eine kombinierte stoffliche und energetische Verwertung von Inkontinenzmaterial durchgeführt. Ziel dieses Verfahrens ist eine Auftrennung der Inkontinenzsystemabfälle in die Fraktionen Biomasse und in hygienisierte Kunststoffkugeln. Die seitens der TFH angewandte technische Konstellation beruht allerdings auf den vorhandenen örtlichen Infrastrukturen (Bezug von überschüssiger Energie aus einer Drittquelle für den Prozess, Ableitung der organischen Fracht in eine vorhandene Kläranlage mit freien Kapazitäten), so dass eine Bewertbarkeit dieses Ansatzes hinsichtlich der Anwendbarkeit in anderen für die Konstellation des TraCy Demonstrators in Oberhausen nicht in Frage kam.

Verfahrensseitig untersucht die **FH Mittelhessen** im Rahmen des Forschungsvorhabens ProFund die „energetische Verwertung der Inko-Abfälle“. Ziel dabei ist, die Planung eines Verfahrens zur Biogasgewinnung und -verwertung. Auch dieses Verfahren kam für den TraCy Demonstrator in Oberhausen nicht in Frage.

Die **Firma Knowaste BV**, eine in Kanada und den Niederlanden ansässige Gesellschaft mit beschränkter Haftung, beschäftigt sich mit der Aufbereitung und Verwertung von Hygieneartikeln, insbesondere von »Inkontinenzprodukten« aber auch von »Babywindeln«. Die Firma Knowaste BV hat hierzu ein innovatives Verfahren entwickelt und patentiert. Das Knowaste-Verfahren ist ein stoffliches Verwertungsverfahren zur Rückgewinnung von Zellstoff, Kunststoff und Biomasse. Das Unternehmen entwickelte zunächst eine Anlage in Toronto, Kanada. Die Anlage wurde als Forschungs- und Entwicklungseinrichtung errichtet und zeitweise als privatwirtschaftliche Anlage genutzt. Eine weitere, deutlich größer ausgelegte privatwirtschaftliche Anlage wurde ab 1999 in Arnheim, den Niederlanden, betrieben. Der Betrieb wurde eingestellt, da die erwarteten Mengen aus Deutschland aufgrund rechtlicher Probleme ausblieben. Die deutschen Inkontinenzabfälle wurden seinerzeit als andienungspflichtig eingestuft und waren daher nicht frei handelbar. Weitere Betreiber wie z.B. die Firma IncoSys haben

inzwischen eine rechtliche Begründung für eine Herausnahme der Inkontinenzabfälle aus der Andienungspflicht in der Praxis angewendet. Die **Fa. Knowaste** hat nach jüngsten Informationen die Verwertungsanlage von Inkontinenzsystemabfall in Birmingham, UK geschlossen und sucht derzeit einen neuen Standort.<sup>19</sup>

## 6. Veröffentlichungen

Titel:	Fahrzeugrechner – Systemintegration und Standardisierung auf dem Fahrzeug
Referent:	Hartmut Möllmann, IFEU
Veranstaltungstitel:	BDE-Logistikkongress
Datum, Ort:	24. September, 50669 Köln, Heumarkt 12 - Handwerkskammer
Veranstalter:	Bund deutscher Entsorger

Titel:	Tray Cycling – Logistics for Urban Mining Vom Müllkutscher zum Rohstofflieferanten
Referent:	Dennis Eisele, BioCycling GmbH
Veranstaltungstitel:	BDE-Logistikkongress
Datum, Ort:	24. September, 50669 Köln, Heumarkt 12 - Handwerkskammer
Veranstalter:	Bund deutscher Entsorger

Titel:	Innovationen in der Logistik bei der Wertstoffeffassung
Referent:	V. Fennemann, K. Hesse, IML
Veranstaltungstitel:	Ergebnispräsentation
Datum, Ort:	6. – 07. November 2013, Iserlohn (SASE)
Veranstalter:	SASE FORUM: Innovationen bei der Wertstoffeffassung – Von der Praxis für die Praxis

<sup>19</sup> Guardian: <http://www.theguardian.com/sustainable-business/recycling-used-disposable-nappies-scotland-sustainable-solution>, vierter Absatz: „Almost a year on from what was regarded a successful trial, domestic AHP is once again clogging up landfill. The recycling firm Knowaste closed the West Bromwich facility last May. However, both it and Zero Waste Scotland believe that with proof of concept now in place, a service for householders to recycle their AHP is only a matter of time.“

Titel:	„Tray Cycling – Logistics for Urban Mining (TraCy)“
Referent:	Michael Morch, Volker Fennemann, IML
Veranstaltungstitel:	Industrielle Symbiose, Schließung von Stoffkreisläufen, Verwertungskaskaden, Horizon 2020
Datum, Ort:	29. November 2013, Dortmund
Veranstalter:	Abteilung Umwelt und Ressourcenlogistik des Fraunhofer IML; Teilnehmer: finnische Delegation, Clustermanagement

Titel:	„Tray Cycling – Logistics for Urban Mining (TraCy)“
Autoren:	Hesse, K.
Veröffentlicht in:	In: Koschany, G: Handbuch für den Abfallbeauftragten. Beuth Verlag. Berlin, 2013 (Lose Blattsammlung).

Titel:	Vom Entsorger zum Rohstofflieferanten – eine Betrachtung aus Sicht des Supply Chain Management
Referent:	Michael Morch (IML)
Veranstaltungstitel:	Ergebnispräsentation TraCy auf den 13. Münsteraner Abfallwirtschaftstagen („Abfall als Ressource - Erkennen, Erfassen, Erschließen - 13. Münsteraner Abfallwirtschaftstage“)
Datum, Ort:	19. und 20. Februar 2013, Münster
Veranstalter:	LASU - Fachhochschule Münster INFA-ISFM e. V., Ahlen in Westf. ITU - Technische Universität Berlin AUF - Universität Rostock iswa - Universität Stuttgart TEER - Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen IWARU - Fachhochschule Münster

Titel:	Tray Cycling – Logistics for Urban Mining (TraCy) – eine Betrachtung aus Sicht des Supply Chain Management
Referent:	Michael Morch (IML)
Veranstaltungstitel:	Ergebnispräsentation TraCy auf dem 3. Wissenschaftskongress in Stuttgart („Abfall- und Ressourcenwirtschaft“)
Datum, Ort:	21. und 22. März 2013, Stuttgart
Veranstalter:	DGAW - Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Martin Kranert von der Universität Stuttgart

Titel:	Tray Cycling – Neue Logistikansätze für die Kreislaufwirtschaft
Referent:	Dennis Eisele (BIOCYCLING)
Veranstaltungstitel:	Innovative Kreislauftechnologien
Datum, Ort:	27. März 2013, Hamburg
Veranstalter	Veolia Campus

Titel:	„Tray Cycling – Logistics for Urban Mining (TraCy)“
Autoren:	Morch, M.; Fennemann, V.; Hesse, K. (IML)
Veröffentlicht in:	In: 3. Wissenschaftskongress Abfall- und Ressourcenwirtschaft am 21. und 22. März in Stuttgart, Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V., Hrsg. Bockreis, Anke; Faulstich, Martin; Flamme, Sabine; Kranert, Martin; Nelles, Michael; Rettenberger, Gerhard; Rotter, Vera Susanne. - Stuttgart : Abfall aktuell, 2013. - ISBN: 978-3-9815546-0-1, S. 163-169.

Titel:	Vom Entsorger zum Rohstofflieferanten – Eine Betrachtung aus Sicht des Supply Chain Management
Autoren:	Morch, M.; Fennemann, V. (IML)
Veröffentlicht in:	In: 13. Münsteraner Abfallwirtschaftstage (Tagungsband), Hrsg. Flamme, Gallenkemper, Gellenbeck, Rotter, Kranert, Nelles, Quicker; Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Münster : Band 15, 2013. - ISBN 978-3-9811142-3-2.

Titel:	TraCy – Logistics for Urban Mining
Autoren:	Fennemann, Verena
Veröffentlicht in:	In: Uwe Clausen, Michael ten Hompel und Matthias Klumpp (Hrsg.): Efficiency and Logistics, Springer Verlag, 2012.

Titel:	Informations- und Kommunikationstechnologien in der Entsorgungslogistik
Autoren:	Fennemann, Verena; Möllmann, Hartmut:
Veröffentlicht in:	In: Kurth/Oexle: Handbuch der Kreislauf- und Rohstoffwirtschaft, 2012.

Titel:	Windeln wandern in Wertstoffkreislauf
Autoren:	Bottler, Stefan (nach Interview von Verena Fennemann)
Veröffentlicht in:	In: DVV Media vom 11. Sep. 2012

Titel:	Logistik für Urban Mining
Referent:	Dennis Eisele (BIOCYCLING)
Veranstaltungstitel:	NiK 2012
Datum, Ort:	15.11.2012, Dortmund
Veranstalter	Fraunhofer IML

Titel:	Abfallmanagement – vom Kostenfaktor zum Erlös
Referent:	Michael Morch (Fraunhofer IML)
Veranstaltungstitel:	Modernes Abfallmanagement
Datum, Ort:	28.-29.11.2012, Berlin
Veranstalter	Gesellschaft T.A. Cook conferences, Leipzig am Veranstaltungsort Berlin

Darüber hinaus wurde das Forschungsvorhaben auf folgenden Messen vorgestellt:

- LogiMAT 2012 (Stuttgart, 13.-15.03.2012)
- IFAT ENTSORGA 2012 (München, 07.-11.05.2012)
- IFAT ENTSORGA 2014 (München, 05.-09.05.2014)