

Fraunhofer IML,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Name der Forschungsstelle

13237N / 7

AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.06.2002 bis 31.05.2003

Bewilligungszeitraum

Abschlussbericht für den Zeitraum: 01.06.2002 bis 31.05.2003

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



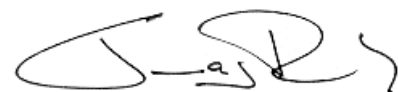
geförderten Forschungsvorhaben

Forschungsthema:

**Erarbeitung eines Konzeptes zum Einsatz
der Regionalbahnen im Rahmen der Kreislaufwirtschaft**

Dortmund, 22. September 2003

Ort, Datum

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'T. Rauh', written over a horizontal line.

Thomas Rauh

Berichtersteller:

Thomas Rauh
Dipl.-Kfm., Projektleiter

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Projektzentrum »Verkehr, Mobilität und Umwelt«
83209 Prien am Chiemsee

Telefon + 49 (0)8051 / 901 - 110
Telefax + 49 (0)8051 / 901 - 111

E-mail rauh@prien.Impl.fraunhofer.de
Internet www.prien.Impl.fraunhofer.de

I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis	II
II	Abbildungsverzeichnis	IV
III	Tabellenverzeichnis	V
IV	Abkürzungsverzeichnis	VI
1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	6
2	Güter- und Mengenstromanalyse	8
2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	8
2.2	Kreislauf- und Abfallwirtschaft	10
2.3	Abfallarten	14
2.4	Abfallmengen	16
2.5	Entsorgungslogistik	16
2.5.1	Sammeln	16
2.5.2	Transportieren	18
2.5.3	Umschlagen	22
2.5.4	Lagern	23
2.6	Raum- und Anlageninfrastruktur	24
3	Anforderungen der Entsorgungsdienstleister	27
3.1	Einleitung	27
3.2	Wirtschaftlichkeit	28
3.3	Anforderungsprofil	29
3.3.1	Qualitative Anforderungen	29
3.3.2	Quantitative Anforderungen	30
3.3.3	Zeitliche Anforderungen	30
3.3.4	Anforderungen an den Verkehrsträger Schiene	31
3.3.5	Zusatzleistungen	32
3.4	Fazit	33
4	Leistungsprofil der Regionalbahnen	35
4.1	Regionalbahnen	35
4.2	Aktuelle Praxisbeispiele	36
4.3	Technische Möglichkeiten beim Bahntransport	38

4.3.1	Transportsysteme	38
4.3.2	Container	39
4.3.3	Tragwagen	40
4.4	Zusatzleistungen von Regionalbahnen	42
5	Organisation und Kalkulation	44
5.1	Rahmenbedingungen	44
5.1.1	Technische Rahmenbedingungen	44
5.1.2	Abfallaufkommen und Entfernung	45
5.1.3	Infrastruktur	46
5.1.4	Gestaltung und Lage der Umschlaganlagen	46
5.2	Abwicklung und Organisation der Schienentransporte	47
5.2.1	Bahntransport	47
5.2.2	Beladung	48
5.2.3	Entladung	48
5.2.4	Container	49
5.2.5	Rückführung der Container	49
5.3	Kostenarten und Kostenstellen	50
5.3.1	Kostenarten	51
5.3.2	Kostenstellen	53
5.4	Modell zur Ermittlung der Selbstkosten	64
6	Umsetzung der Erkenntnisse in Brandenburg	78
6.1	Das Land Brandenburg	78
6.2	Abfallwirtschaft im Land Brandenburg	79
6.3	Schienengebundene Abfalltransporte	80
6.4	Analyse der derzeitigen Sammelstruktur	81
6.5	Analyse der Sammelstruktur ab 2005	82
6.6	Szenarienbildung	83
6.7	Ermittlung der optimalen Umschlagsorte	88
6.8	Ressourcenermittlung	91
6.9	Kalkulation	94
6.10	Umsetzung der Ergebnisse	96
7	Zusammenfassung	98
8	Quellenverzeichnis	99
8.1	Literatur	99
8.2	Webseiten	101
8.3	Gesetze	102
9	Anhang	104
10	Glossar	111

II Abbildungsverzeichnis

Haushaltsabfälle und Verwertungsquote	4
Verkehre bei der Entsorgung von Haushaltskühlgeräten	5
Aufbau und Hierarchie des Umweltrechtssystems	9
Pflichtenhierarchie des KrW-/AbfG	10
Leitbild der Kreislaufwirtschaft	12
Überblick über die wesentlichen Abfallarten	14
Gestaltungsmöglichkeiten des Sammelns	17
Gliederung von Transportketten	18
Gliederung des Güterverkehrs	19
Gliederung der Straßentransportfahrzeuge	20
Gliederung der Schienentransportfahrzeuge	21
Gestaltungsmöglichkeiten des Transportierens	21
Gestaltungsmöglichkeiten des Umschlagens	22
Gestaltungsmöglichkeiten des Lagerns	23
Abfallaufkommen und Entsorgungsanlagen	26
Kostenvergleich von Lkw und Bahn	29
Anlieferzeitpunkt	31
Zusatzleistungen bei der Bahnanlieferung	33
Regionalbahnen in Deutschland	36
Bahnverladung von ACTS Containern	41
Flachwagen mit zwei 30' Presscontainern der Firma Max Aicher	42
Zusatzleistungen Eisenbahnverkehrsunternehmer	43
Kalkulatorische Kostenarten	52
Teilprozesse der Entladung mit Zwischenlagerung	75
Sammelstruktur in Brandenburg heute	81
Transportentfernung der Entsorgungsträger zu den Deponien	82
Sammelstruktur in Brandenburg im Jahr 2005	83
Einsatzmöglichkeit der Bahn beim Transport zur Verwertungsanlage	84
Einsatzmöglichkeit der Bahn beim Transport des Output	85
Stand der Ausschreibungen in Brandenburg	86
Stand der Entscheidungen über Entsorgungsverfahren in Brandenburg	87
Ausgewähltes Szenario	91
Sammelzugkonzept	93

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: Verkehrsleistung und Modal Split	1
Tabelle 1.2: Behandlungsanlagen und Deponien	3
Tabelle 4.1: Technische Daten gängiger Container	40
Tabelle 5.1: Kostensätze von Sammelfahrzeugen	54
Tabelle 5.2: Standardkostensätze beim Umschlag	55
Tabelle 5.3: Kostensätze für Umschlaganlagen bei Lkw-Transport	55
Tabelle 5.4: Anschaffungskosten verschiedener Lkw Typen	56
Tabelle 5.5: Übersicht über die Kfz-Steuer Einstufung	57
Tabelle 5.6: Höhe der Lkw und Nutzfahrzeug KFZ-Steuer	58
Tabelle 5.7: Kostensätze für Lkw-Versicherung	58
Tabelle 5.8: Grundpreis der Steckenkategorien	61
Tabelle 5.9: Produktfaktoren der Güterverkehrstrassen	61
Tabelle 5.10: Anschaffungskosten und Nutzungsdauer	63
Tabelle 5.11: Tabellenblatt Sammlung	66
Tabelle 5.12: Tabellenblatt Umschlag	68
Tabelle 5.13: Richtige Auswahl der Bauvariante	69
Tabelle 5.14: Kriterienauswahl für Umschlaganlage bei Lkw-Transport	70
Tabelle 5.15: Kriterienauswahl für Umschlaganlage bei Bahn-Transport	70
Tabelle 5.16: Kalkulation des Trassenpreises	72
Tabelle 5.17: Aktivierung und Dimensionierung der Anlagen	73
Tabelle 5.18: Festlegung der Vertragslaufzeit und der Nutzungsdauer	73
Tabelle 5.19: Angaben zu Fahrdracht, Länge und Nutzungsdauer	74
Tabelle 5.20: Beispiel zur Kostenaufteilung auf Entsorgungsträger	76
Tabelle 5.21: Kostenaufteilung auf mehrere Entsorgungsträger	77
Tabelle 6.1: Optimale Umschlagstandorte verschiedener Landkreise	88
Tabelle 6.2: Entfernungen zu den Umschlagsstandorten	89
Tabelle 6.3: Tonnenkilometer zu den Umschlagstandorten	90
Tabelle 6.4: Ermittlung der Restlaufzeit der Deponie Schöneiche	92
Tabelle 6.5: Ermittlung der erforderlichen Anzahl an Bahnwaggons	92
Tabelle 6.6: Fahrplan des Sammelzugs	94
Tabelle 6.7: Gegenüberstellung der Transportkosten	94

IV Abkürzungsverzeichnis

ACTS	Abroll-Container-Transport-System
BImSchV	Bundesimmissionsschutz-Verordnung
BNatSchG	Bundesnaturschutz-Gesetz
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Ew.	Einwohner
kalk. Zins	Kalkulatorischer Zins
kmU	Kleine mittelständische Unternehmen
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
MEAB	Märkische Entsorgungsanlagen- Betriebsgesellschaft mbH
NE-Bahnen	Nicht-bundeseigene Eisenbahnen
NiK	Netzwerk Innovative Kreislaufwirtschaft
OHE	Osthavelländische Eisenbahn AG
RSS	Roland Straße-Schiene
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
TASi	Technische Anleitung Siedlungsabfall
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WAS	Wechselbehälter auf Schiene

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

»9.000 km für einen Erdbeerjoghurt« - diese Schlagzeile sorgte in den neunziger Jahren für viel Gesprächsstoff. Stefanie Böge hatte in ihrer Arbeit die Transportprozesse bei Herstellung, Vertrieb und Konsum eines 150-Gramm-Bechers Erdbeerjoghurt untersucht und damit das hohe Transportaufkommen in der Wirtschaft verdeutlicht.¹ Der Transportaufwand für die Herstellung eines Nahrungsmittels, das im Wesentlichen aus heimischen Produkten gewonnen wird, ist überraschend hoch. Es stellt sich die Frage, wie transportintensiv Herstellung, Vertrieb, Konsum aber auch Entsorgung in einer Industriegesellschaft insgesamt sind.

Die bedeutendsten Verkehrsträger im Güterverkehr sind Straße, Schiene und Wasser. Im Zeitraum von 1991 bis 1998 stieg der Straßengüterverkehr um 30 % an, der Schienengüterverkehr ging um 8 % zurück und der Güterverkehr in der Binnenschifffahrt verzeichnete einen Zuwachs von 15 %. Bei einer Gesamtverkehrsleistung dieser Verkehrsträger von rund 455 Milliarden Tonnenkilometern entfielen 70 % des Transportes auf die Straße, 16 % auf die Schiene und 14 % auf die Binnenschifffahrt (Tabelle 1.1). Hochrechnungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) gehen davon aus, dass die Verkehrsleistung im Güterverkehr bis zum Jahr 2015 um 64 % (Bezugsjahr: 1997) steigt.²

Tabelle 1.1:
Verkehrsleistung
und Modal Split

Verkehrsleistung	1991	1998	
Verkehrsleistung	398	469	Mrd. tkm
Modal Split	1991	1998	
Straßenverkehr	61,8 %	67,4 %	(+5,6 %)
Schienenverkehr	20,2 %	15,7 %	(- 4,5 %)
Binnenschifffahrt	14,1 %	13,7 %	(- 0,4 %)
Rohrfernleitungen	3,9 %	3,2 %	(- 0,7 %)

¹ Böge 1992

² Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen 2000

Insgesamt wächst der Straßengütertransport zu Lasten der Bahn, kurz die Straße verdrängt die Schiene. Ähnlich äußerte sich Staatssekretärin Angelika Mertens in einer Presseinformation des BMVBW. Ihrer Ansicht nach droht »Die Straße [...] zum Engpass der logistischen Prozessketten zu werden«.³

Aus diesem Sachverhalt lassen sich Probleme für Wirtschaft und Umwelt ableiten: Die Belastung der Straßenverkehrsinfrastruktur verursacht durch zunehmende Transportzeiten erhebliche volks- und betriebswirtschaftliche Schäden. Darüber hinaus ist trotz technischer Innovationen und einer Senkung des Kraftstoffverbrauchs im Personenverkehr der verkehrsbedingte CO₂-Anteil bis 1998 auf über 20 % gestiegen.

Ohne stabilisierende Eingriffe droht diese Entwicklung das Verkehrssystem in Deutschland an die Grenzen der Leistungsfähigkeit zu bringen. Dies hat auch die Politik erkannt. So soll der Bundesverkehrswegeplan von 1992 überarbeitet und den veränderten Anforderungen und Bedürfnissen angepasst werden. Vorrangig verfolgtes Ziel ist die Bereitstellung einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur. Im Fokus stehen u. a. die Stärkung der Wettbewerbsposition der Schiene, die Stärkung des kombinierten Verkehrs und die Schaffung fairer Wettbewerbsbedingungen zwischen konkurrierenden Verkehrsträgern.

Aber auch die Gesellschaft wird einen Teil dazu beitragen müssen, den drohenden Verkehrsinfarkt abzuwenden. So sind in Zukunft ausgefeilte Logistikkonzepte zur konsequenten Vernetzungen aller Verkehrsträger notwendig, um Ressourcen optimal zu nutzen. Diese Situation betrifft auch die Kreislauf- und Abfallwirtschaft.

Die Kreislauf- und Abfallwirtschaft hat sich in den vergangenen Jahren zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig in Deutschland entwickelt. Rund 300.000 Beschäftigte erwirtschaften dort heute einen Umsatz von rund 40 Milliarden Euro pro Jahr.⁴ Wesentliche Impulse für die zukünftige Entwicklung und Orientierung dieses Wirtschaftszweiges gehen von dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG), respektive von den untergesetzlichen Regelwerken aus. Der Gesetzgeber folgt damit der Intention, Stoffkreisläufe zu schließen, um dadurch sowohl zu einem effektiven und gleichsam effizienten Umgang mit Ressourcen als auch zu einer Minimierung des Schadstoffeintrags in die Umwelt zu gelangen. Die Schließung der Stoffkreisläufe soll dabei unter der Prämisse einer wirtschaftlichen Ausrichtung erfolgen.

³ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen 2001

⁴ Kemper 2002

Als Folge der Gesetzgebung werden die in der Vergangenheit zumeist linearen Entsorgungswege zur Beseitigung von Abfällen zusehends durch komplexe Kreislaufwirtschaftsnetzwerke (KrW-Netzwerke) zur Verwendung, Verwertung und Beseitigung abgelöst. Speziell die Beseitigung durch Verbringung auf Deponien wird dabei zunehmend zentralisiert. Gab es in der Bundesrepublik Deutschland der sechziger Jahre noch über 50.000 Ablagerungsstellen für Siedlungsabfälle, waren es im Jahr 1993 noch 562. Diese Zahl ist im Jahr 1999 weiter auf 376 gesunken. Nach Schätzungen werden im Jahr 2005 noch 150 Deponien und 75 Müllverbrennungsanlagen betrieben (Tabelle 1.2).⁵

Tabelle 1.2:
Behandlungsanlagen und Deponien

Jahr¹⁾	Anzahl MVA²⁾	Anzahl MBA³⁾	Anzahl Deponien⁴⁾
1990	48		8.273
1991			1.870
1992	50		
1993	49		562
1995	52		472
1998	53		
1999			376
2000	61	29	
2005 ⁵⁾	75		150

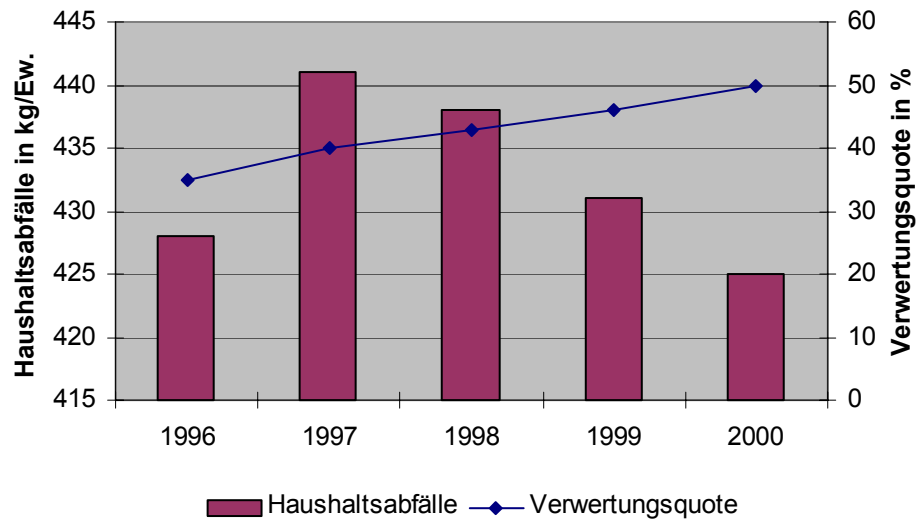
Anmerkungen:
 1) Aus nicht aufgeführten Jahren liegen keine Daten vor
 2) Thermische Behandlungsanlagen für Rest-Siedlungsabfälle
 3) Mechanisch Biologische Behandlungsanlagen für Rest-Siedlungsabfälle
 4) Hausmülldeponien ohne Klärschlamm-, Sonderabfall-, Bauschutt-, Erdaushub-, Mono-, Flugasche-, Untertage- und Armeedeponien (Angabe für neue und alte Länder)
 5) Schätzung

Das Aufkommen an Abfällen aus privaten Haushalten inklusive der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle, die über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt werden, blieb dabei nahezu konstant. Es ist jedoch seit Jahren ein Rückgang der Abfallmengen festzustellen, die der Beseitigung zugeführt werden und ein Anstieg der Abfallmengen, die in die Verwertung gehen (Abbildung 1.1).⁶

⁵ Bart/Johnke/Butz 2001 und website Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

⁶ Statistisches Bundesamt/Umweltbundesamt 2002

Abbildung 1.1:
Haushaltsabfälle
und Verwertungs-
quote

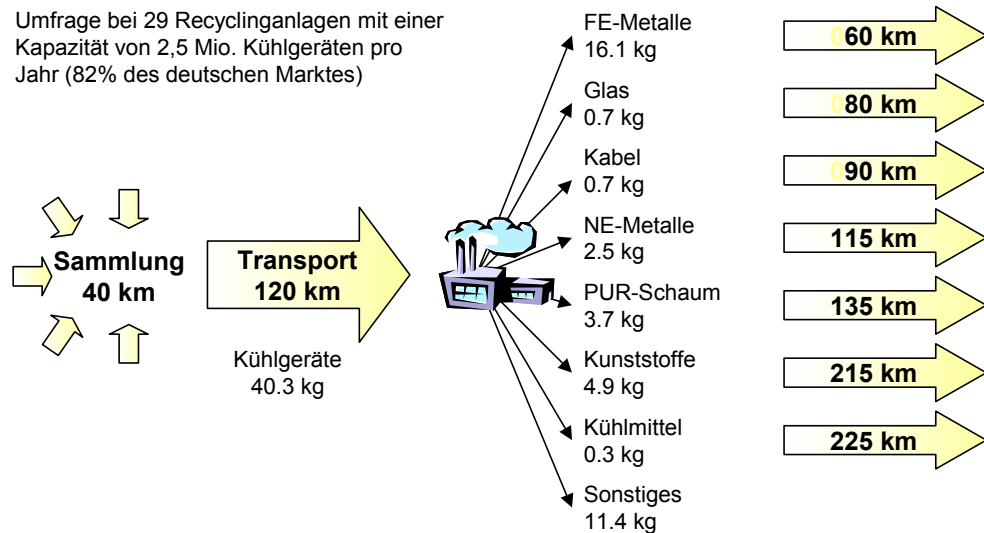


Als Konsequenz bleibt festzuhalten, dass bei gleichbleibender Abfallmenge die zunehmende Abfalltrennung und -verwertung sowie die Schließung von Deponien in Verbindung mit der künftig generellen thermischen oder mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen zu einer Veränderung des Transportaufwandes und damit zu einer Veränderung der Verkehrsbelastung auf der Straße führt. Damit steht dem umweltentlastenden Schließen von Stoffkreisläufen auf der einen Seite eine zunehmende Belastung der Umwelt infolge der Zunahme des Straßengüterverkehrs auf der anderen Seite gegenüber.

Bereits kurz nach Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes hat die Abteilung Entsorgungslogistik des Fraunhofer IML anhand von Fallstudien (z. B. anhand der Entsorgung von Computern, Haushaltskühlgeräten, PUR-Schaumdosen etc., Abbildung 1.2) die Auswirkungen der Kreislauf- und Abfallwirtschaft auf den Verkehr untersucht. Die Ergebnisse dieser Studien ergaben, dass die Entsorgungsverkehre um den Faktor 3 bis 14 steigen.⁷

⁷ Hansen/Meyer 1999

Abbildung 1.2:
Verkehere bei der
Entsorgung von
Haushaltskühl-
geräten



Statistisch gesehen werden in Deutschland täglich mehr als 2 Millionen Fahrzeugkilometer für die Entsorgung anfallender Abfälle zurückgelegt. Sollte sich der Faktor drei bis 14 in allen Bereichen der Kreislauf- und Abfallwirtschaft etablieren, würde dies unweigerlich zu einer weiteren, drastischen Verschärfung der Verkehrsproblematik führen. Das erwartete Wachstum des Verkehrs, insbesondere des Straßengüterverkehrs, erfordert folglich das Aufzeigen neuer Wege auch in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft.

Auf den Erkenntnissen der Fallstudien aufbauend hat die Abteilung Entsorgungslogistik des Fraunhofer IML in Forschungs- und Industrieprojekten frühzeitig innovative Logistik- und Entsorgungskonzepte erarbeitet. Ein Lösungsansatz lag dabei in der Integration von Regionalbahnen (auch Nicht-bundeseigene Bahnen, NE-Bahnen) in die Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Erstmals vom Fraunhofer IML angestoßen wurde dieses Thema durch den Workshop »Kreislaufwirtschaft auf der Schiene« im Jahr 1999. Vertreter aus Kommunen, Wirtschaft und Wissenschaft diskutierten damals nutzbringend Chancen und Risiken der zukünftigen Entwicklung.

Vom 1. Juni 2002 bis zum 31. Mai 2003 bearbeitete die Abteilung Entsorgungslogistik des Fraunhofer IML in Dortmund gemeinsam mit dem Projektzentrum »Verkehr, Mobilität und Umwelt« des Fraunhofer IML in Prien im Auftrag der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. ein Forschungsvorhaben zum Thema »Erarbeitung eines Konzeptes zum Einsatz der Regionalbahnen im Rahmen der Kreislaufwirtschaft«. Das Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« (AiF) e.V. gefördert.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Das Ziel war es, kleinen und mittleren Regionalbahnen, Entsorgungs- und Beratungsunternehmen eine Planungshilfe zur Gestaltung, Organisation und Kalkulation von schienengebundenen Güterverkehren der Kreislauf- und Abfallwirtschaft an die Hand zu geben. Teilziele lagen in der Identifikation eines gemeinsamen Aktionsfeldes für kommunale und private Entsorgungsdienstleister sowie für Regionalbahnen, in der Quantifizierung des damit verbundenen Verlagerungspotenzials, in der Skizzierung zukünftiger Entwicklungen sowie in der Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen. Abschließendes Ergebnis war eine Planungshilfe zur Gestaltung schienengebundener Güterverkehre der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Im Rahmen der Vorgehensweise wurden folgende Phasen durchlaufen:

Phase 1: Güter- und Mengenstromanalyse

Die Phase 1 umfasst sowohl die systematische Analyse wesentlicher Güter der Kreislauf- und Abfallwirtschaft als auch die Ermittlung der Anfallmengen. Die Güter werden systematisiert und quantifiziert. Zur Eingrenzung des Untersuchungsraumes wird ein Gut (Siedlungsabfall bzw. Hausmüll) ausgewählt. Darüber hinaus werden rechtliche Rahmenbedingungen und Raumstrukturen untersucht. Im Ergebnis ist bekannt, welche Güter existieren, in welcher Menge sie anfallen und auf welches sich das Forschungsvorhaben konzentriert. Gleichzeitig werden Ausprägungen der logistischen Prozesse diskutiert.

Phase 2: Ermittlung der Anforderungen der Entsorgungsdienstleister

Die Phase 2 dient der Ermittlung der Anforderungen der Entsorgungsdienstleister an Sammlung, Transport, Umschlag und Lagerung. Hierzu werden Forschungsumfragen, Expertengespräche und Workshops durchgeführt. Sie zielen u. a. auf die Anforderungen der Entsorgungsdienstleister bezüglich erforderlicher Infrastruktur (z. B. Gleisanschlüsse, Umschlag- und Lagervorrichtungen) sowie bezüglich der Transportmengen, -entfernungen -intervalle und -kosten.

Phase 3: Ermittlung der Leistungsprofile der Regionalbahnen

Die Phase 3 dient der Ermittlung der Leistungsprofile der Regionalbahnen. Hierzu werden ebenfalls Forschungsumfragen und Expertengespräche durchgeführt. Darüber hinaus werden Angebote von Regionalbahnen analysiert. Die Ermittlung zielt u. a. auf die vorhandene Technik (z. B. Lokomotiven, Tragwagen und Container) sowie auf Zusatzleistungen (z. B. die Erstellung von Entsorgungskonzepten, die Reinigung der Transportgefäße etc.).

Phase 4: Organisation und Kalkulation

Die Phase 4 legt den Schwerpunkt auf die Organisation und die Kalkulation schienengebundener Güterverkehre der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Hierzu werden die Rahmenbedingungen erläutert, Arten der Abwicklung und Organisation diskutiert sowie Kostenarten und Kostenstellen ermittelt. Anschließend wird ein Modell zur Ermittlung der Selbstkosten aufgestellt.

Im Anschluss an die Arbeitsphasen werden die Ergebnisse verifiziert. Hierzu erfolgt die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in Brandenburg.

Im Ergebnis werden den Entsorgern Einsatzmöglichkeiten der Regionalbahnen innerhalb ihrer Logistiksysteme präsentiert. Der Nutzen liegt in der Zeitersparnis sowie in der erhöhten Sicherheit bei Angebotseinholung und Auftragsvergabe. Den Regionalbahnen hingegen werden Wege aufgezeigt, neue Geschäftsfelder zu erschließen. Das Vorhaben ermöglicht ihnen die effiziente Planung der zu erbringenden Leistungen und den effizienten Einsatz der dafür benötigten Ressourcen. Gleichzeitig befähigt es sie zur Erstellung maßgeschneiderter Angebote. Beratungsunternehmen erhalten darüber hinaus eine Planungshilfe, mit der ökonomische Vorteile schienengebundener Güterverkehre einfach und aufwandsarm überprüft werden können.

2 Güter- und Mengenstromanalyse

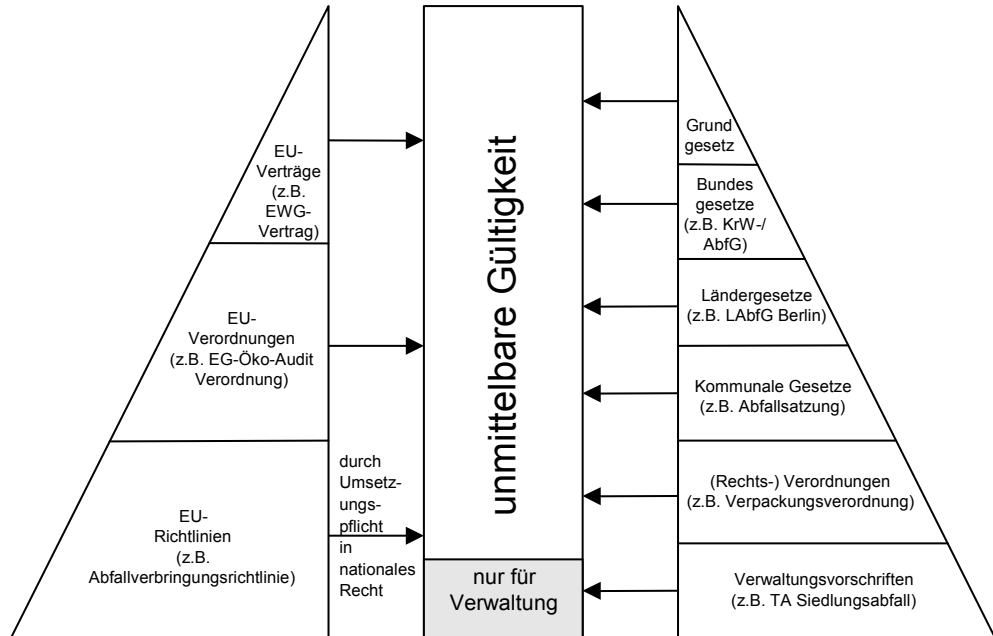
Einleitend zur Güter- und Mengenstromanalyse werden sowohl die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch die charakteristischen Eigenschaften der Kreislauf- und Abfallwirtschaft erläutert. Anschließend werden die Güter der Kreislauf- und Abfallwirtschaft identifiziert, systematisiert und quantifiziert. Da einzelne Güter entsorgungslogistisch auf jeweils unterschiedliche Art und Weise gehandhabt werden, werden die Ausprägungsformen der Sammlung, des Transportes, des Umschlages und der Lagerung definiert. Abschließend werden Raum- bzw. Anlageninfrastruktur diskutiert.

2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen bestimmen den Handlungsspielraum der Akteure in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Der Aufbau des Abfallrechts folgt einer streng hierarchischen Ordnung (Abbildung 2.1).⁸ Zum einen unterscheidet man innerhalb der Entscheidungsebene in Rechtsquellen mit Verfassungs-, Gesetzes-, Verordnungs- oder Vorschriftencharakter, zum anderen besteht eine Ordnung auf territorialer Ebene (EU, Bund, Länder, Gemeinden). Als Gesetze bezeichnet man Rechtsvorschriften, die durch ein förmliches, verfassungsmäßig vorgeschriebenes Gesetzgebungsverfahren von der Legislative beschlossen werden. Regelungen, die nicht durch die gesetzgebende, sondern durch die ausführende Gewalt der Bundes- oder Landesregierung (Exekutive) erlassen werden, bezeichnet man als (Rechts-)Verordnungen. Verwaltungsvorschriften beschäftigen sich mit Fragen der Gesetzesanwendung und der Verwaltungsorganisation. Sie werden auf übergeordneter Hierarchieebene der Exekutive für nachgeordnete Behörden erlassen.

⁸ Hermann et al. 1995: 50 und Hansen 1995: 20

Abbildung 2.1:
Aufbau und Hierarchie des Umweltrechtssystems



Die gesetzlichen Neuerungen beginnen mit § 3 KrW-/AbfG und der darin verankerten Neudefinition des Abfallbegriffes gemäß der europäischen Auslegung. Abfälle sind demnach alle bewegliche Sachen, die im Anhang I zum KrW-/AbfG aufgeführt werden »und deren sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss«. Dabei wird differenziert in Abfälle zur Verwertung und in Abfälle zur Beseitigung. Die Grundsätze und Grundpflichten der Kreislauf- und Abfallwirtschaft werden in den §§ 4 und 5 KrW-/AbfG beschrieben. Hieraus geht eine »vermeidungsorientierte Pflichtenhierarchie« (Abbildung 2.2) hervor, wonach die Abfallvermeidung Priorität vor der stofflichen oder energetischen Abfallverwertung hat und an letzter Stelle die Beseitigung steht. Der grundsätzliche Vorrang der Verwertung kann aber entfallen, wenn die Beseitigung die umweltverträglichere Alternative darstellt.⁹

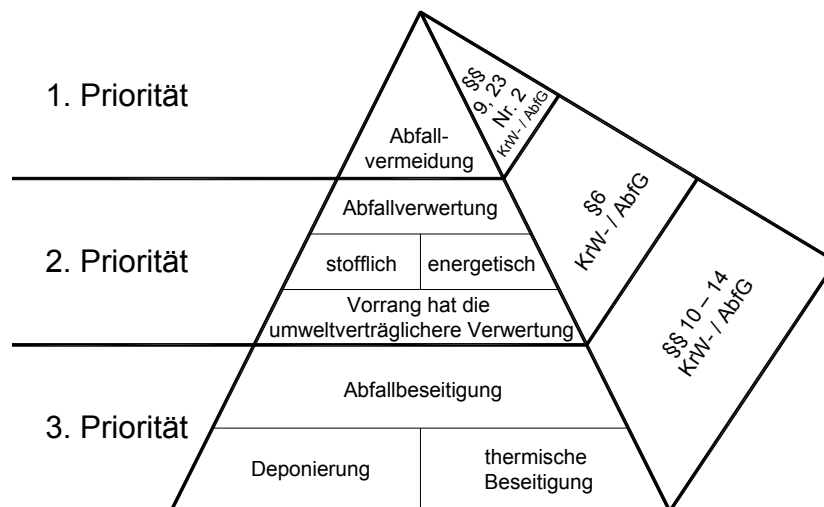
Zur Umsetzung der Pflichtenhierarchie enthält das KrW-/AbfG weitere Verpflichtungen. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Pflicht zur Erstellung von Abfallbilanzen und Abfallkonzepten nach den §§ 19 und 20 KrW-/AbfG sowie der Bereich der Produktverantwortung gemäß den §§ 22 bis 26 KrW-/AbfG. Danach tragen die Hersteller und Vertreiber von Produkten die Verantwortung zur Erfüllung der kreislaufwirtschaftlichen Zielsetzung.¹⁰

⁹ König 1996: 66

¹⁰ Jansen 1998: 22 f.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Hauptziel des KrW-/AbfG die Reduzierung von Abfallmengen ist. Im Vordergrund steht folglich die Abfallvermeidung, die durch eine möglichst vollständige Kreislaufwirtschaft erreicht werden soll. Durch eine neue Produktverantwortung, basierend auf dem Verursacherprinzip, werden die Produzenten maßgeblich in die Bemühungen einbezogen.

Abbildung 2.2:
Pflichtenhierarchie
des KrW-/AbfG¹¹



2.2 Kreislauf- und Abfallwirtschaft

Der Begriff der Kreislaufwirtschaft kennzeichnet den Wandel ehemals linearer in zyklische Systeme. Im Zuge dieser zyklischen Systeme durchlaufen die Produkte eine Vielzahl möglicher Kreisläufe. Diese sind in der Literatur vielfältig und in unterschiedlichen Detaillierungsgraden aufgeführt.

Die Abbildung 2.3 zeigt eine vereinfachte Darstellung¹² der Kreislaufwirtschaft zur übersichtlichen Erläuterung der grundsätzlichen Struktur. Sie bezieht sich ausschließlich auf den Hauptproduktkreislauf, d. h. die Herstellung, den Konsum sowie die Entsorgung von Produkten und lässt untergeordnete Kreisläufe, wie z. B. das Recycling des anfallenden (Produktions-) Rücklaufmaterials, gänzlich unberücksichtigt. Die genannten fertigungs-, verfahrens- und montagetechnischen Prozesse sind durch logistische Prozesse miteinander gekoppelt.

¹¹ In Anlehnung an Köller 1996: 117

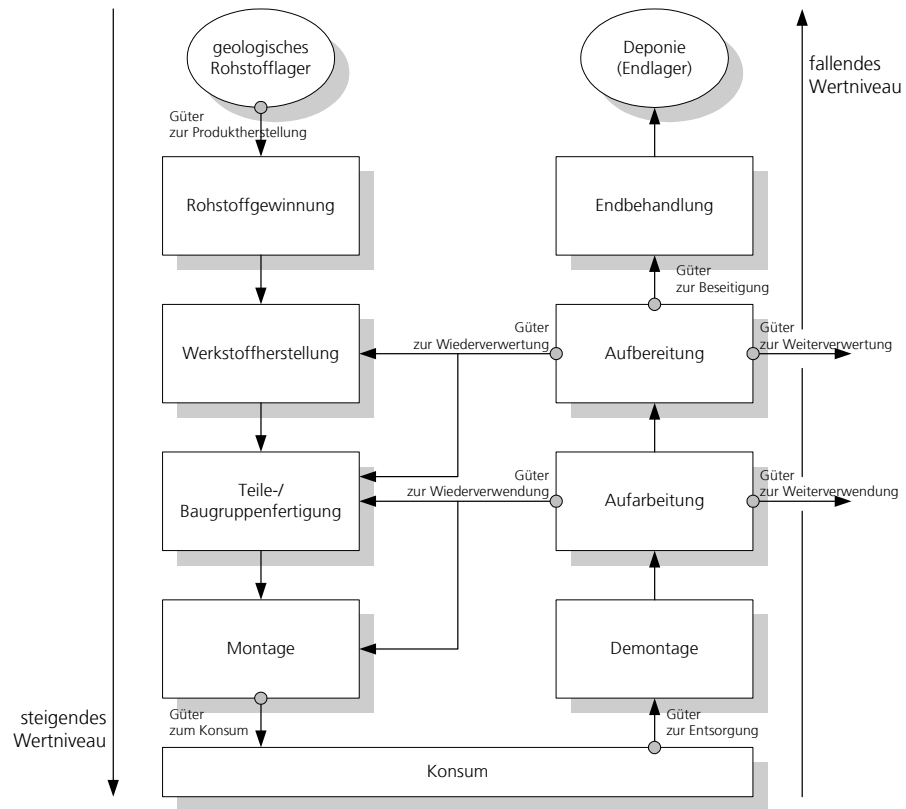
¹² Rinschede/Wehking 1995: 27 und 43

Zur Herstellung eines Produktes werden in der Regel Rohstoffe, Werkstoffe, Bauteile und Baugruppen benötigt. Die Rohstoffe werden hierzu durch Rohstoffgewinnung den geologischen Rohstofflagern entnommen und zu Werkstoffen aufbereitet. Diese wiederum werden zu Bauteilen bzw. Baugruppen verarbeitet und anschließend als solche der Montage zugeführt. Dort erfolgt der Zusammenbau zu konsumfertigen Endprodukten. Diese Abfolge stellt den Herstellungszyklus im Produktkreislauf dar; die hiermit verbundenen Tätigkeiten werden unter dem Begriff »Produktionswirtschaft« als Teilbereich der Kreislaufwirtschaft zusammengefasst.

Die Konsumtion kennzeichnet den Gebrauch der Produkte entsprechend ihrem primären Verwendungszweck. Sie beinhaltet u. a. die Reinigung und Instandhaltung während des Produktgebrauchs und endet, sobald sich der Besitzer der (Alt-)Produkte entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Diese Phase stellt den Nutzungszyklus im Produktkreislauf dar; die hiermit verbundenen Tätigkeiten werden unter dem Begriff »Konsumwirtschaft« als Teilbereich der Kreislaufwirtschaft zusammengefasst.

Der Konsumtion nachgeschaltet ist die Entsorgung der Altprodukte. Diese beginnt an der Übernahmestelle des Abfalls und endet gemäß KrW-/AbfG bei der Übergabe an die Produktionswirtschaft, bzw. dessen Entnahme aus der Kreislaufwirtschaft. Die Entsorgung der Altprodukte stellt den Entsorgungszyklus im Produktkreislauf dar; die hiermit verbundenen Tätigkeiten werden unter dem Begriff »Entsorgungswirtschaft« als Teilbereich der Kreislaufwirtschaft zusammengefasst.

Abbildung 2.3:
Leitbild der Kreislaufwirtschaft



Die »Entsorgungswirtschaft« ist als Subsystem der Kreislaufwirtschaft zu verstehen und zur näheren Betrachtung aus dieser »freizuschneiden«. Hierzu sind die Systemgrenzen entsprechend dem KrW-/AbfG festzulegen. Diesbezüglich relevante Güter sind Abfälle zur Entsorgung. Diese werden als Eingangsgröße des Systems unter Durchführung logistischer, fertigungs-, verfahrens- und montagetechnischer Operationen zu verwertbaren oder zu beseitigenden Ausgangsgrößen und somit zu veränderten Leistungsobjekten der Entsorgungswirtschaft. Das System beginnt an der Übernahmestelle des Abfalls und endet gemäß KrW-/AbfG bei der Übergabe an die Produktionswirtschaft, bzw. dessen Entnahme aus der Kreislaufwirtschaft.

Das Ziel der Entsorgung ist die Realisierung einer »hochwertigen Verwertung« bzw. »umweltverträglichen Beseitigung« der Abfälle. Die Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft entspricht weitgehend dem Recycling im Sinne der VDI 2243¹³ und kann analog dieser Richtlinie in Verwendung und Verwertung differenziert werden.

Die Verwendung ist gekennzeichnet durch die (weitgehende) Beibehaltung der Produktgestalt. Sie erfolgt demnach auf hohem Wertniveau. Je nachdem, ob bei der erneuten Verwendung ein Produkt die gleiche, oder aber eine veränderte Funktion erfüllt, wird zwischen Wieder- und Weiterverwendung unterschieden. Die Verwertung ist gekennzeichnet durch die Auflösung der Produktgestalt. Entsprechend ist sie zunächst mit einem größeren Wertverlust verbunden. Je nachdem, ob bei der Verwertung ein Material einen gleichartigen, oder aber einen andersartigen Produktionsprozess durchläuft, wird zwischen Wieder- und Weiterverwertung unterschieden.

Zur erneuten Verwendung der Altprodukte werden diese direkt, oder nach vorheriger Demontage aufgearbeitet. Dies dient der zur Verwendung erforderlichen Bewahrung oder Wiederherstellung der Produktgestalt bzw. der -eigenschaften und liefert als Ergebnis Produkte, Baugruppen und/oder Bauteile für die Produktions- und Konsumwirtschaft. Zur erneuten Verwertung hingegen werden die Altprodukte, ebenfalls direkt oder nach vorheriger Demontage, aufbereitet. Dies dient der zur Verwertung erforderlichen Auflösung der Produktgestalt und liefert als Ergebnis Werkstoffe, Rohstoffe und/oder Energie für die Produktionswirtschaft.

Altprodukte, die ökonomisch vertretbar und ökologisch sinnvoll weder verwendet noch verwertet werden können, stellen Abfälle zur Beseitigung dar und werden, sofern dies der Umweltverträglichkeit dient, vor der Deponierung einer Behandlung unterzogen. Diese Abfälle verlassen unwiederbringlich die Kreislaufwirtschaft.

Die Entsorgungswirtschaft umfasst somit alle zur ordnungsgemäßen Verwendung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen benötigten Unternehmen, Einrichtungen, Verfahren und Vorgänge.

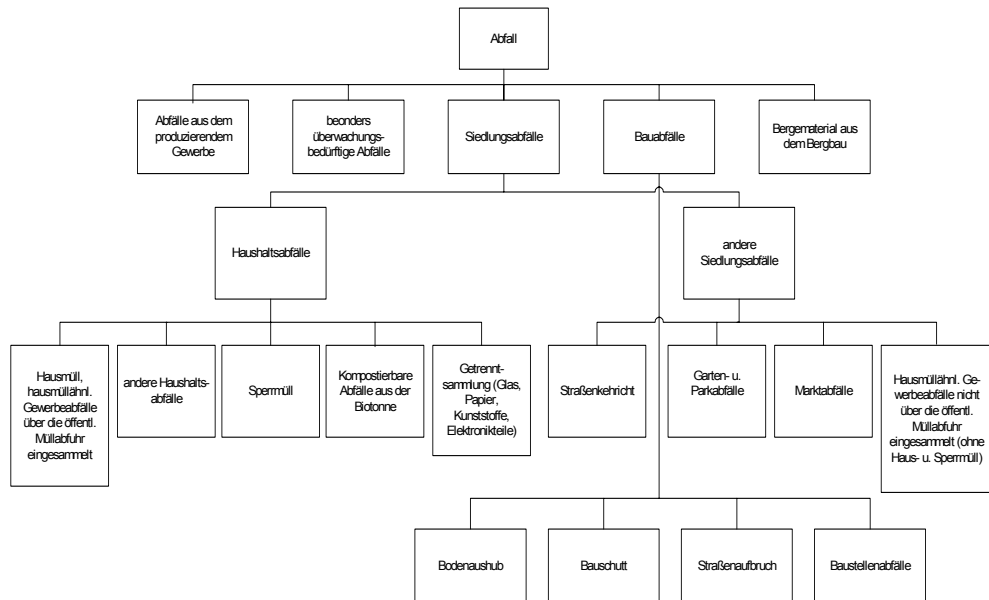
¹³ Verein Deutscher Ingenieure 1993: 4 ff

2.3 Abfallarten

Gemäß vorangegangener Ausführungen differenziert das KrW-/AbfG Abfälle zur Verwertung und Abfälle zur Beseitigung. Abfälle zur Verwertung können direkt verwertet werden (z. B. Produktionsrückstände). Nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 KrW-/ AbfG wird bei den Abfällen zur Verwertung zwischen der stofflichen und der energetischen Verwertung unterschieden. Die stoffliche Verwertung ist das sogenannte Recycling, also die Rückgewinnung von Rohstoffen aus Abfällen, während die energetische den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff beinhaltet, um dadurch fossile Brennstoffe einzusparen. Nach § 6 Abs. 2 KrW-/ AbfG sind an diese Verwertung besondere Anforderungen geknüpft, wie u. a. ein Heizwert von über 11 000 Kilojoule und ein Feuerungswirkungsgrad von mindestens 75 %. Im Gegensatz zur energetischen Verwertung unterliegt die thermische Entsorgung den strengen Emissionsgrenzwerten der 17. Bundesimmissionschutzverordnung (17. BImSchV). Abfälle zur Beseitigung unterliegen den Bestimmungen der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) und sind dauerhaft aus der Kreislaufwirtschaft auszuschließen. Sie müssen behandelt und deponiert werden.

Abbildung 2.4 gibt einen Überblick über die wesentlichen Abfallarten:¹⁴

Abbildung 2.4:
Überblick über die wesentlichen Abfallarten



¹⁴ Statistisches Bundesamt/Bundesumweltamt 2002: 21

Zunächst ist der allgemeine Abfallbegriff in fünf Begriffe zu unterteilen: die Abfälle aus dem produzierenden Gewerbe, die Siedlungsabfälle, die besonders überwachungsbedürftigen Abfälle, die Bauabfälle und das Bergematerial aus dem Bergbau.

Die Abfälle aus dem produzierenden Gewerbe sind solche Abfälle, die in industriellen Betrieben anfallen und wegen ihrer Mengen oder Schadstoffgehalte nicht gemeinsam mit dem Hausmüll entsorgt werden. Die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle dagegen sind jene Abfälle, die in Gewerbebetrieben, auch Geschäften, Dienstleistungsbetrieben, öffentlichen Einrichtungen und industriellen Betrieben anfallen, soweit sie nach Art und Menge gemeinsam mit oder wie Haushaltsabfälle entsorgt werden können.

Der Siedlungsabfall ist ein Sammelbegriff für Abfälle, die im Rahmen der kommunalen Abfallbeseitigung eingesammelt werden (Haushaltsabfälle und andere Siedlungsabfälle). Sie setzen sich zusammen aus Hausmüll, hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, Sperrmüll, kompostierbaren Abfällen aus der Biotonne, Wertstoffen aus der Getrenntsammlung, Garten- und Parkabfällen, Marktabfällen, Straßenkehrschutt und anderen Haushaltsabfällen.

Gemäß § 3 Abs. 8 KrW-/AbfG sind besonders überwachungsbedürftige Abfälle die Abfälle, die durch eine Rechtsverordnung nach § 41 Abs. 1 oder § 41 Abs. 3 Nr. 1 KrW-/AbfG bestimmt werden. Es handelt sich dabei um besonders überwachungsbedürftige Abfälle zur Beseitigung sowie um besonders überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung aus gewerblichen oder sonstigen wirtschaftlichen Unternehmen oder öffentlichen Einrichtungen, die nach Art, Beschaffenheit oder Menge in besonderem Maße gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosibel oder brennbar sind oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten oder hervorbringen können.

Die Bezeichnung »Bauabfälle« ist ein Oberbegriff. Nach der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, die einen Katalog der Abfallarten zusammengestellt hat, gliedern sich die Bauabfälle in Bodenaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle.

Das Bergematerial ist das nicht abbauwürdige Nebengestein einer Lagerstätte, das beim Abbau und der Aufbereitung von Kohle oder mineralischen Rohstoffen (Erzen) anfällt.¹⁵

¹⁵ Bongard/Kneib 1995

2.4 Abfallmengen

Die Abfallstatistik zeigt für die Jahre von 1996 bis 2000 ein nahezu konstantes Aufkommen. Das gesamte Abfallaufkommen in Deutschland lag 1996 bei etwa 391 Mio. t und stieg bis 2000 um rund 3,5 % auf etwa 405 Mio. t.

Im Jahr 2000 machten die Bauabfälle mit rund 62 % den Großteil des Abfallaufkommens aus. 12 % der Abfälle kamen als Bergematerial aus dem Bergbau. Etwa 11 % des Abfallaufkommens stammten aus dem produzierenden Gewerbe. Das Aufkommen an Siedlungsabfällen machte 11 % des Abfallaufkommens aus und das an besonders überwachungsbedürftigen Abfällen lag bei etwa 4 % des gesamten Abfallaufkommens.

Im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens konzentriert sich die Arbeit auf Siedlungsabfall, insbesondere auf Hausmüll. Dieser machte 1996 rund 428 kg/Ew. und 2000 rund 432 kg/Ew. aus. Die Bauabfälle, die mit über 250 Mio. t im Jahre 2000 angefallen sind und somit mehr als die Hälfte des gesamten Abfallaufkommens ausmachten, werden nicht berücksichtigt, da sie unregelmäßig an wechselnden Quellen anfallen. Das Bergematerial wird nicht näher betrachtet, da der größte Teil in unmittelbarer Nähe des Produktionsstandortes aufgehaldet wird. Auch auf Produktionsabfälle und Sonderabfälle wird nicht näher eingegangen. Sie bedürfen kundenspezifischer Sonderlösungen.

2.5 Entsorgungslogistik

2.5.1 Sammeln

Das Sammeln liefert den Input in die Entsorgungswirtschaft. Wesentlicher Gegenstand dieses rein außerbetrieblichen und entsorgungsspezifischen Prozesses ist die materialflusstechnische Erfassung des Sammelgutes an definierten Übergabeorten.¹⁶ Das Sammeln im engeren Sinn umfasst die Stationen von der Füllung des Sammelbehälters bis zur Beladung des Sammelfahrzeugs.¹⁷ Im weitesten Sinn werden zudem die Transporte zu dem Sammelgebiet, zwischen den einzelnen Übergabeorten sowie aus dem Sammelgebiet heraus mit einbezogen. Bei der Gestaltung von Sammelprozessen sind unterschiedliche Kriterien zu berücksichtigen. Diese sind im Wesentlichen:

¹⁶ Rinschede/Wehking 1995: 77

¹⁷ Bilitewski/Härdtle/Marek 1990: 39

- Abfallarten/-quellen
- Abfallbereitstellung
- Sammelverfahren
- Behältersysteme
- Fahrzeugvarianten
- Personal

In Abhängigkeit der genannten Kriterien und deren Ausprägungsformen ergeben sich für den Prozess des Sammelns unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten. Diese sind in einem morphologischen Kasten (Abbildung 2.5) dargestellt.

Abbildung 2.5:
Gestaltungsmöglichkeiten des Sammelns¹⁸

Sammeln				
Gestaltungskriterien	mögliche Ausprägungsformen			
Abfallarten/-quellen	Produktionsabfälle	Gewerbeabfälle		Haushaltsabfälle
Abfallbereitstellung	Einstoffsammlung	Einzelstoffsammlung	Mehrstoffsammlung	Mischstoffsammlung
Sammelverfahren	Bringsystem		Holsystem	
Behältersysteme	systemlose Behälter	Umleerbehälter	Wechselbehälter	Einwegbehälter
Fahrzeugvarianten	Sammelfahrzeug 1	Sammelfahrzeug 2	Sammelfahrzeug ...	Sammelfahrzeug n
Personal	keine Person	eine Personen	zwei Personen	mehr als zwei Personen

Die Variantenvielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten wird um so größer, je mehr Kriterien und Ausprägungsformen berücksichtigt werden. So hängt z. B. die Auswahl und Gestaltung eines Sammelnsystems auch von der Verkehrs-, Sozio- und Bebauungsstruktur des Sammelgebietes ab. Während die Verkehrsstruktur die Fahrleistung der Sammelfahrzeuge beeinflusst, bestimmt die Soziostruktur die Behälterart und -größe. Die Bebauungsstruktur hingegen dient als Entscheidungskriterium für die Auswahl von Bring- oder Holsystemen und legt die Anzahl der Übergabeorte fest.¹⁹

¹⁸ Ivisic 1999: 19 ff.

¹⁹ Rinschede/Wehking 1995: 103 ff.

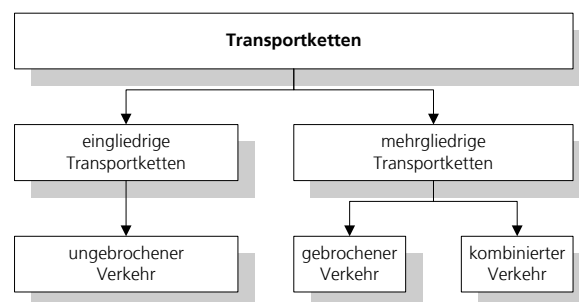
2.5.2 Transportieren

Der Begriff »Transportieren« kennzeichnet das Verändern der Raumkoordinaten von Personen oder Gütern in makrologistischen Systemen mit manuellen oder technischen Mitteln.²⁰ In der Entsorgungswirtschaft ist damit die außerbetriebliche Ortsveränderung von Abfällen (zur Entsorgung, Verwendung, Verwertung oder Beseitigung) gemeint. »Abfalltransporte« beginnen nach Beendigung des Sammelns und enden mit der Übergabe an Behandlungs- oder Beseitigungsanlagen. Bei der Gestaltung von Transportprozessen sind unterschiedliche Kriterien zu berücksichtigen. Maßgeblich sind insbesondere:

- Transportketten
- Transportwege
- Ladehilfsmittel
- Transportmittelvarianten

Eine Folge von technisch und organisatorisch miteinander verknüpften Transportvorgängen (z. B. Nahtransport, Umschlag, Ferntransport) stellt einen mehrstufigen Transport dar und wird als Transportkette bezeichnet. Diese kann je nach Anzahl eingesetzter Transportmittel ein- oder mehrgliedrig aufgebaut sein, wobei mehrgliedrige Transportketten in gebrochenen und kombinierten Verkehr unterschieden werden. Bei letzterem ist kein Wechsel der Ladeinheit erforderlich, so dass aufwendige Umschlagvorgänge entfallen. Eine entsprechende Gliederung zeigt die Abbildung 2.6.²¹

Abbildung 2.6:
Gliederung von
Transportketten

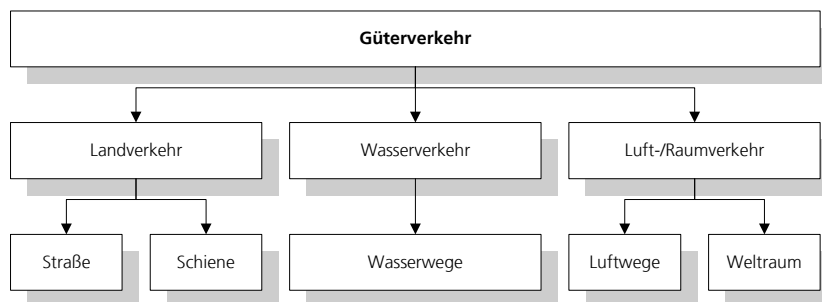


²⁰ Deutsches Institut für Normung (DIN) 1983/84: 2

²¹ Jünemann 1989: 284

Zur Durchführung der Güter- und somit auch der Abfalltransporte ist der Einsatz von Verkehrstechnik erforderlich. Hieraus resultiert der Güterverkehr. Dieser wird zunächst dem Transportweg entsprechend in Land-, Wasser- sowie Luft- und Raumverkehr differenziert. Eine weitere Untergliederung zeigt die Abbildung 2.7.²²

Abbildung 2.7:
Gliederung des
Güterverkehrs



In Abhängigkeit der Transportketten und der Transportwege können unterschiedliche Transportmittelvarianten zum Einsatz kommen. Besondere Bedeutung kommt in der Entsorgungswirtschaft dem Straßen- und Schienen-transport zu. Wasser-, Luft- und Raumtransporte spielen hingegen keine Rolle. Sie bleiben weiterführend unberücksichtigt.²³

Abfalltransporte auf der Straße

Bei den Transportfahrzeugen handelt es sich sowohl um Kombi-, Liefer- und Lastkraftwagen (Lkw), als auch um Sonder- und Schwerlasttransporte. Die Lkw sind der häufigst verwendete Verkehrsträger in der Entsorgungswirtschaft. Sie finden als Solofahrzeuge oder als Lastzüge Verwendung, wobei sich die Lastzüge wiederum unterteilen in Fahrzeuge mit Anhänger, die beide Güter befördern, und Zugmaschinen mit Sattelaufliieger, bei denen nur der Sattelaufliieger Güter aufnimmt. Alle Lkw können mit festen Aufbauten oder für eine Aufnahme von Wechselaufbauten ausgerüstet sein (Abbildung 2.8).²⁴

Die Fähigkeit zur Netzbildung ist der bedeutendste Vorteil des Straßenverkehrs, da es sich bei den Systemen zur Abfallentsorgung häufig um komplexe Netzwerke handelt, die mit ihrer Vielzahl an Quellen und Senken einen Flächenverkehr unabdinglich machen. Ebenfalls von Vorteil ist die Häufigkeit der Verkehrsbedienung, d. h. die Eigenschaft, zu jeder Zeit zu beliebig vielen

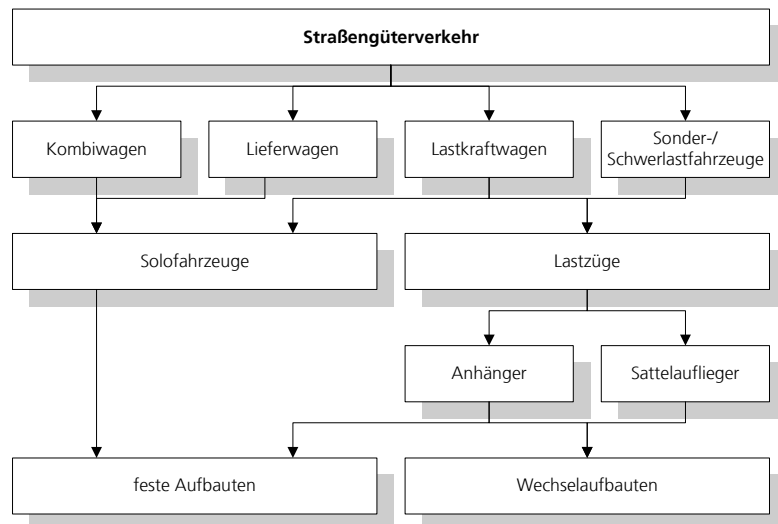
²² Jünemann 1989: 280

²³ Bilitewski/Härdtle/Marek 1990: 54 ff.

²⁴ Jünemann 1989: 288

Orten fahren zu können. Sie kennzeichnet die zeitliche Flexibilität des Abfalltransportes auf der Straße.²⁵ Lastkraftwagen können demnach ein sehr großes und dichtes Verkehrsnetz nutzen und sich flexibel individuellen Transportbedürfnissen anpassen.²⁶

Abbildung 2.8:
Gliederung der
Straßentransport-
fahrzeuge



Abfalltransporte auf der Schiene

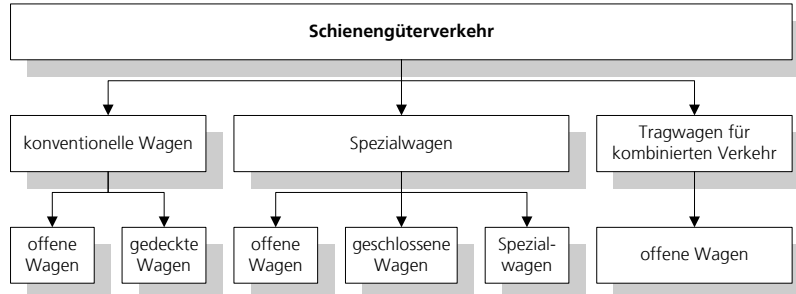
Auf dem Schienenweg kann ein Vielfaches der Straßen-Transportleistung erbracht werden. Die Abfälle werden hierzu nach der Sammlung mit Straßenfahrzeugen in einer Umschlaganlage auf die Bahn umgeschlagen. Dabei erfolgt häufig eine Verdichtung der Abfälle, um den Weitertransport zur Behandlungs- oder Beseitigungsanlage wirtschaftlicher zu gestalten. Als vorteilhaft erweist sich bei der Bahn die weitgehende Unabhängigkeit von Witterungseinflüssen, die Entlastung des Straßennetzes, die Verkehrssicherheit und der mögliche Transport großer Lasten. Nachteilig hingegen ist der Mangel an Gleisanschlüssen bei den Behandlungs- und Beseitigungsanlagen. Dieser erfordert häufig einen weiteren Umschlag und erhöht damit die Transportkosten. Eine Gliederung der Schienentransportfahrzeuge zeigt die Abbildung 2.9.²⁷

²⁵ Kleineniggenkemper 1999: 22

²⁶ Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 1998: 4

²⁷ Jünemann 1989: 294

Abbildung 2.9:
Gliederung der
Schienentransport-
fahrzeuge



In Abhängigkeit der genannten Kriterien und deren Ausprägungsformenergeben sich für den Prozess des Transportierens unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten. Diese sind in einem morphologischen Kasten (Abbildung 2.10) dargestellt.

Abbildung 2.10:
Gestaltungsmög-
lichkeiten des
Transportierens²⁸

Transportieren					
Gestaltungskriterien	mögliche Ausprägungsformen				
Transportketten	ungebrochen			gebrochen	kombiniert
Transportwege	Straße	Schiene		Wasser	
Ladehilfsmittel	ohne	tragend	umschließend	abschließend	
Transportmittel-varianten ¹	Transportmittel 1	Transportmittel 2	Transportmittel ...	Transportmittel n	

Das Kriterium der Transportketten wird erwähnt, jedoch aus einfachen Überlegungen heraus auf die Ausprägungsform der ungebrochenen Transporte beschränkt: Jede Folge von technisch und organisatorisch miteinander verknüpften Transportvorgängen lässt sich in eine Anzahl einzelner, ungebrochener Transporte zerlegen. Für jeden dieser Transporte ergeben sich dann die dargestellten Gestaltungsmöglichkeiten.

²⁸ Ivisic 1999: 19 ff.

2.5.3 Umschlagen

Der Begriff »Umschlagen« kennzeichnet die Gesamtheit aller Förder- und Lagervorgänge beim Übergang der Güter auf ein Arbeitsmittel, beim Abgang der Güter von einem Arbeitsmittel und bei einem Wechsel der Güter zwischen Arbeitsmitteln.²⁹ In der Entsorgungswirtschaft ist damit das Überwechseln der Abfälle (zur Entsorgung, Verwendung, Verwertung oder Beseitigung) zwischen Transport-, Förder- und Lagermitteln gemeint. Zur Durchführung der Umschlagvorgänge ist, abhängig von dem jeweiligen Umschlagbereich, eine Kombination unterschiedlicher Betriebsmittel erforderlich. Maßgeblich für die Gestaltungsmöglichkeiten der Umschlagvorgänge sind insbesondere:³⁰

- Bereich
- Arbeitsmittel
- Ladehilfsmittel
- Umschlagmittelvarianten

In Abhängigkeit der genannten Kriterien und deren Ausprägungsformen ergeben sich für den Prozess des Umschlagens unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten. Diese sind ebenfalls in einem morphologischen Kasten (Abbildung 2.11) abgebildet.

Abbildung 2.11:
Gestaltungsmöglichkeiten des Umschlagens

Umschlagen				
Gestaltungskriterien	mögliche Ausprägungsformen			
Bereich	außerbetrieblich	Schnittstelle außer-/innerbetrieblich		innerbetrieblich
von Arbeitsmittel	Transportmittel	Fördermittel		Lagermittel
auf Arbeitsmittel	Transportmittel	Fördermittel		Lagermittel
Ladehilfsmittel	ohne	tragend	umschließend	abschließend
Umschlagmittelvarianten	Umschlagmittel 1	Umschlagmittel 2	Umschlagmittel ...	Umschlagmittel n

²⁹ Deutsches Institut für Normung (DIN) 1983/84: 6

³⁰ Jünemann 1989: 417 ff.

2.5.4 Lagern

Der Begriff »Lagern« kennzeichnet das geplante Liegen von Arbeitsgegenständen im Materialfluss.³¹ Lager sind demnach Räume oder Flächen zum Aufbewahren von Arbeitsgegenständen, die mengen- und/oder wertmäßig erfasst werden. In der Entsorgungswirtschaft übernehmen sie die Aufgaben des Bevorratens, Pufferns und Verteilens von Abfällen (zur Entsorgung, Verwendung, Verwertung oder Beseitigung). Je nach Typ dienen sie vorrangig zur Überbrückung einer Zeitdauer oder zum Wechsel der Zusammensetzungsstruktur zwischen Zu- und Abgang. Dadurch wird eine verbesserte Auslastung der Behandlungs- und Beseitigungsanlagen möglich und eine ökonomisch sowie ökologisch günstigere Entsorgung durch die Zusammenfassung von Abfällen gleicher Art und gleichen Typs erreicht.³² Zur Durchführung der Lagervorgänge ist, abhängig von der Lagerart und der Güterbewegung, eine Kombination unterschiedlicher Betriebsmittel erforderlich. Maßgeblich für die Gestaltungsmöglichkeiten der Lagervorgänge sind im Wesentlichen:³³

- Lagerart
- Bewegung
- Ladehilfsmittel
- Lagermittelvarianten

In Abhängigkeit der genannten Kriterien und deren Ausprägungsformen ergeben sich für den Prozess des Lagerns unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten. Diese sind in einem morphologischen Kasten (Abbildung 2.12) dargestellt.

Abbildung 2.12:
Gestaltungsmöglichkeiten des Lagerns

Lagern				
Gestaltungskriterien	mögliche Ausprägungsformen			
Lagerart	Bodenlagerung	Regallagerung	Lagerung auf Fördermitteln	
Bewegung	statische Lagerung		dynamische Lagerung	
Ladehilfsmittel	ohne	tragend	umschließend	abschließend
Lagermittelvarianten	Lagermittel 1	Lagermittel 2	Lagermittel ...	Lagermittel n

³¹ Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 1970: 4

³² Rinschede/Wehking 1995: 78

³³ Jünemann 1989: 147

2.6 Raum- und Anlageninfrastruktur

Die technische Ver- und Entsorgung der Bevölkerung und Wirtschaft mit Energie, Wasser, Abwasser und Abfall steht im engen Zusammenhang mit den räumlichen Gegebenheiten eines Landes oder dem Teilraum eines Landes, insbesondere ist sie an der Siedlungsstruktur ausgerichtet.

Die jeweiligen Raumordnungspläne enthalten Aussagen zu der anzustrebenden Siedlungsstruktur, dazu gehören u. a. die Raumkategorien. Raumkategorien, auch Gebietskategorien genannt, sind Gebiete ähnlicher siedlungsstruktureller Situationen, für die spezifische Zielsetzungen zur räumlichen Ordnung und Entwicklung gelten. Sie sind nach strukturellen und politischen Merkmalen abgegrenzt, da Gebiete ausreichend homogen gekennzeichnet sein müssen, um sie einer Kategorie zuzuordnen.³⁴ Es handelt sich z. B. um ländliche Räume, Verdichtungsräume oder um schwach strukturierte Räume bzw. Problemräume. Stadt-Umland-Beziehungen werden ebenfalls gekennzeichnet. Diese räumliche Gliederung ermöglicht es, unterschiedliche Raumstrukturen zu vergleichen.

Die Raumordnungspläne enthalten neben den Festlegungen zur Freiraumstruktur und zur Raum- und Siedlungsstruktur in der Regel Aussagen zu den Standorten und Trassen für Infrastruktur des Landes bzw. der Planungsregionen. Dazu gehören die Verkehrsinfrastruktur und die Umschlaganlagen von Gütern sowie die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur.³⁵

In der Bundesrepublik Deutschland ist die Ver- und Entsorgung flächendeckend sichergestellt, regionale Unterschiede ergeben sich durch die räumliche Organisation der Ver- und Entsorgung und durch die zu leistenden Preise. Städte, deren Umland und die ländlichen Räume sind in vielfältiger Weise aufeinander angewiesen. So werden die städtischen leitungsgebundenen Versorgungssysteme häufig mit Energie und Wasser aus den ländlichen Räumen bezogen, der Entsorgungsweg der Siedlungsabfälle dagegen verläuft entgegengesetzt. Sie werden ins Umland der Städte transportiert und dort deponiert.³⁶

Wie bereits beschrieben ist das Abfallaufkommen nach dem starken Rückgang zu Beginn der 90er Jahre in den letzten Jahren nahezu konstant geblieben. Die aktuellen Abfallbilanzen der Bundesländer bestätigen diesen Trend, der sich in den nächsten Jahren mit einer Tendenz zur Stagnation fortsetzen wird. Gleichzeitig stieg die Menge an Siedlungsabfällen die einer

³⁴ Akademie für Raumordnung und Landesplanung 1995: 357

³⁵ § 7 Abs. 2 ROG

³⁶ Bundesamt für Raumordnung und Bauwesen 2000: 129

Verwertung zugeführt werden können in den Jahren 1997 bis 2000 um ca. 9 %, so dass im Jahr 2000 knapp 45 % der Siedlungsabfälle einer Verwertung zugeführt werden konnten.

Regionale Unterschiede zeigen sich bei der Ausstattung mit thermischen Behandlungsanlagen und mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung der Abfälle und Deponien zur Ablagerung. Thermische Behandlungsanlagen brauchen weniger Fläche als Deponien und konzentrieren sich u. a. deswegen auf Agglomerations- und verstädterte Räume und insbesondere dort auf die Kernstädte.³⁷

Die ungleichmäßige Verteilung der thermischen Behandlungsanlagen in der Bundesrepublik Deutschland führt jedoch zu einigen Problemen. In den Agglomerations- und verstädterten Räumen können thermische Behandlungsanlagen aufgrund des Rückgangs der Abfall-, insbesondere der Restabfallmengen, vielerorts nicht wie geplant ausgelastet werden. Auslastungsprobleme haben zu arbeitsteiligen, interkommunalen Kooperationen im regionalen Kontext geführt, aber auch zu Abfalltransporten quer durch Deutschland. In den Bundesländern, in denen auf der einen Seite unterausgelastete thermische Behandlungskapazitäten und auf der anderen Seite Deponien mit hohen Restlaufzeiten stehen, ergeben sich günstige Voraussetzungen für arbeitsteilige Kooperationen (z. B. in NRW, Bremen, Schleswig-Holstein). Solche Konstellationen finden sich häufig im Stadt-Umland-Kontext. Regionale Kooperationen können dennoch trotz günstiger Voraussetzung dadurch verhindert werden, dass Entsorgungsträger es vorziehen, ihre eigenen Deponien mit unvorbehandelten Abfällen zu verfüllen mit dem Ziel, die Investitionskosten möglichst schnell zu amortisieren. Ab dem Jahr 2005 ist dies jedoch nicht mehr möglich, da danach Abfälle nur nach einer Vorbehandlung abgelagert werden dürfen. Trotz des Rückgangs des Abfallaufkommens werden in einigen Teilen Deutschlands die vorhandenen thermischen Anlagen nicht ausreichen, um regionale Lösungsansätze zu verwirklichen, bei denen die anfallenden Restabfälle zu 100 % vorbehandelt werden. Dies trifft für große Teile der neuen Länder zu, aber auch für den Großteil der ländlichen Gebiete und für Teile der verstädterten Regionen, wo eine entsprechende Infrastruktur noch aufgebaut werden muss.

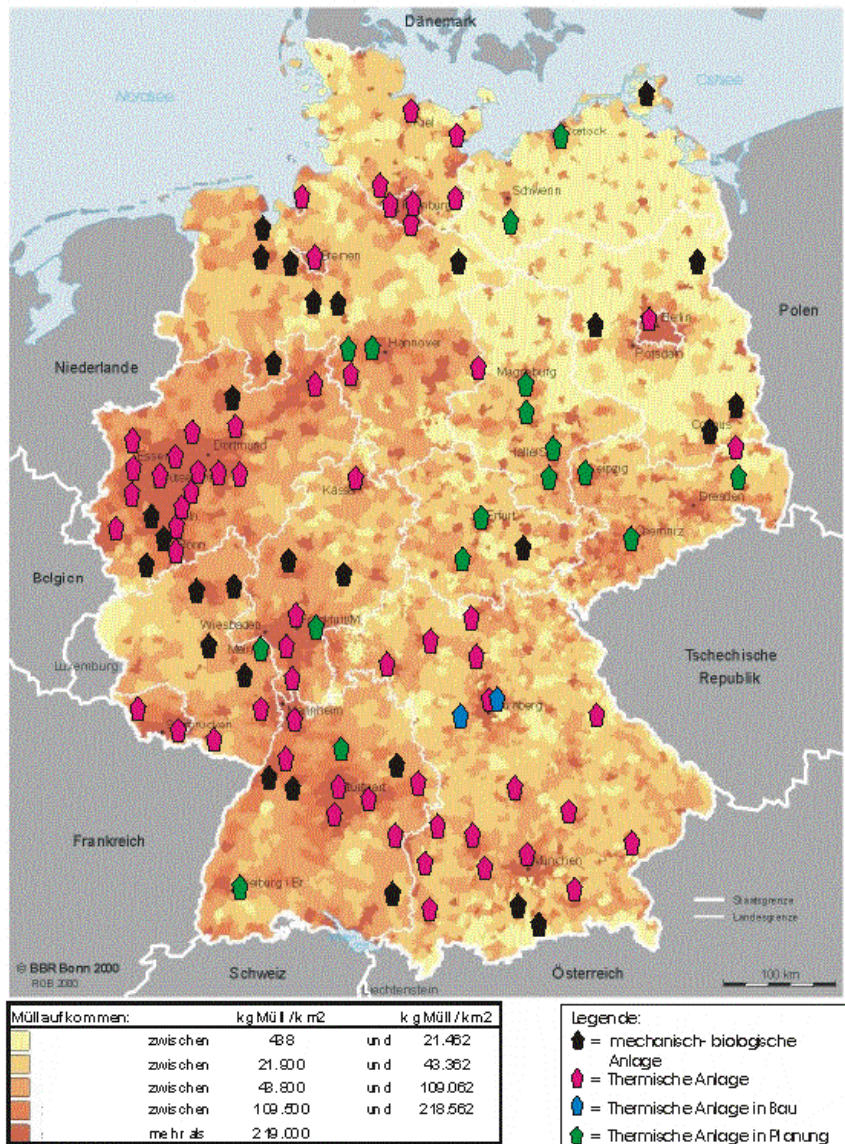
Als Folge des KrW-/AbfG werden die in der Vergangenheit zumeist linearen Entsorgungswege zur Beseitigung von Abfällen zusehends durch komplexe Kreislaufwirtschaftsnetzwerke zur Verwendung, Verwertung und Beseitigung abgelöst. Speziell die Beseitigung durch Verbringung auf Deponien wird dabei zunehmend zentralisiert. Gab es in der BRD der sechziger Jahre noch über 50.000 Ablagerungsstellen für die Siedlungsabfälle, waren es im Jahr

³⁷ Bundesamt für Raumordnung und Bauwesen 2000: 137

1993 noch 550. Diese Zahl ist im Jahr 2001 weiter auf 380 gesunken. Die Beseitigung von Abfällen auf Deponien wird aufgrund unterschiedlicher Bedingungen, bspw. hohe Betriebs- und Investitionskosten, stärkere Technisierung der Anlagen sowie aufgrund der mangelnden Akzeptanz in der Bevölkerung zunehmend zentralisiert. Nach Schätzungen werden im Jahr 2005 noch 150 Deponien und 75 Müllverbrennungsanlagen betrieben.

Abbildung 2.13:
Abfallaufkommen
und Entsorgungsanlagen

Müllaufkommen in Deutschland



3 Anforderungen der Entsorgungsdienstleister

3.1 Einleitung

Die Anforderungen der Entsorgungsdienstleister an Bahntransporte, insbesondere an Privatattraktionen, wurden durch Forschungsumfragen, Expertengespräche und Workshops ermittelt. Dass die Anforderungen entscheidend sind, zeigte die Veranstaltung »Entsorgung auf neuen Wegen – Regionalbahnen in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft«, die das Netzwerk innovative Kreislauftechnologien NiK am 12. Februar 2003 am Fraunhofer IML in Dortmund ausgerichtet hat. Der Schwerpunkt der Veranstaltung lag in der nutzbringenden Diskussion der Anforderungen der Entsorgungsunternehmen, des Dienstleistungsportfolios der Eisenbahnverkehrsunternehmen sowie der zur Transportdurchführung erforderlichen Fahrzeug-, Behälter- und Umschlagtechnik. Die Veranstaltung verdeutlichte durch Fachvorträge und öffentlich geführte Diskussionen das Potenzial zur Abwicklung von Abfalltransporten auf der Schiene. Gleichzeitig wurden sowohl Impulse als auch Hemmnisse zur Einbindung von Regionalbahnen in die Kreislauf- und Abfallwirtschaft konkretisiert.

Eine umfassend durchgeführte schriftliche Forschungsumfrage beinhaltete konkrete Fragestellungen zu den befragten Unternehmen selbst, z. B. zu den Standorten, zu den Kapazitäten sowie zu dem In- und Output der entsprechenden Entsorgungsanlagen. Darüber hinaus beinhaltete sie Fragestellungen zu den Organisations- und Logistikstrukturen der befragten Unternehmen, z. B. bezüglich eines Gleisanschlusses, der Lagerkapazität und der Anlieferfrequenz.

Die Forschungsumfrage wurde vom 15. Oktober 2002 bis zum 15. November 2002 durchgeführt. Insgesamt wurden 60 Entsorgungsdienstleister, 155 Regionalbahnen und 17 Kommunen bzw. Entsorgungsverbände befragt. Die Rücklaufquote betrug bei den Entsorgungsunternehmen 8 %, bei den Regionalbahnen 15 % und bei den Kommunen bzw. Entsorgungsverbänden 24%.

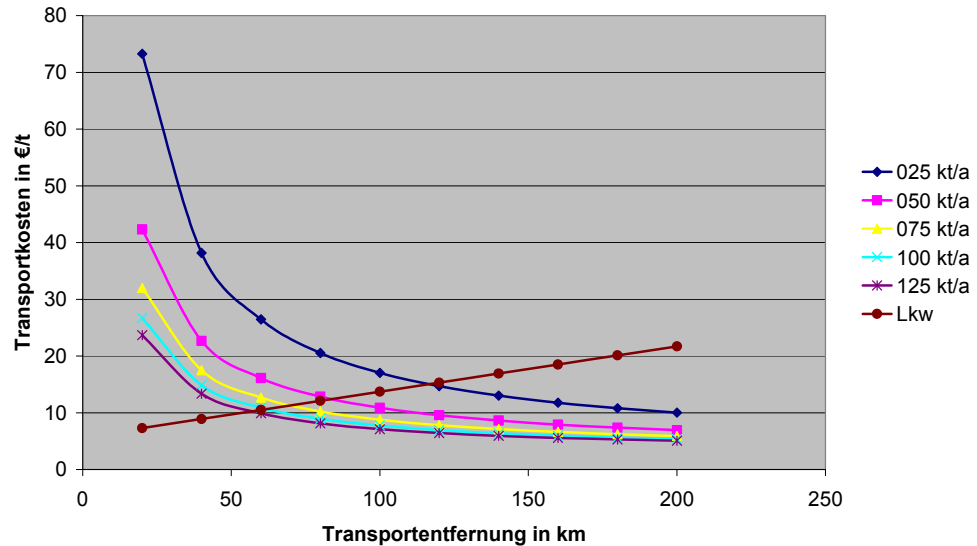
3.2 Wirtschaftlichkeit

Abfalltransporte auf der Schiene führen zu einer Verkehrs- und Umweltentlastung. Doch dieser Entlastung zum Trotz, Kommunen, Entsorgungsdienstleister und Anlagenbetreiber müssen mit betriebswirtschaftlichen Konzepten überzeugt werden. Hierfür ist auf vorhandene Verkehrsinfrastruktur zu setzen. Investitionen, z. B. in Gleisanschlüsse, Umschlaganlagen, Pressvorrichtungen und Verwiegesysteme sind zu vermeiden. Gleichzeitig ist die Kostendegression des Verkehrsträgers Schiene auszunutzen. Um sie als Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Lkw auszunutzen sind – das zeigen Praxisbeispiele – große Transportmengen und -relationen erforderlich. Die Transportmenge kann häufig nur durch den Zusammenschluss mehrerer Entsorgungsträger erreicht werden. Hier sind allerdings aufgrund der Ressortegoismen einzelner Entsorgungsträger Hindernisse zu erwarten. Diese Hindernisse können zum Scheitern eines schienengebundenen Entsorgungskonzeptes führen. Allen Praxisbeispielen ist darüber hinaus gemein, dass die Eisenbahnverkehrsunternehmen sich den Anforderungen der Entsorgungsdienstleister angenommen und ihr Dienstleistungsportfolio gezielt darauf abgestimmt haben.

Durch eine zunehmende Zentralisierung der Entsorgungsanlagen, wie einleitend beschrieben, steigen die Entfernungen für Abfalltransporte. Der Direkttransport mit dem Sammelfahrzeug erfolgt nur noch aus den unmittelbar angrenzenden Sammelgebieten. Für gebrochene Abfalltransporte eignet sich mit steigenden Entfernungen zunehmend die Bahn als Verkehrsträger. Der Kostenvergleich in Abbildung 3.1 verdeutlicht die Kostendegression der Bahn bei steigender Tonnage und Entfernung.

Bei einer Transportmenge von 125.000 t pro Jahr rechnet sich der Bahntransport bereits ab einer Entfernung von 60 km zur Entsorgungseinrichtung. Mit sinkender Ausbringungsmenge liegt der ökonomische Vorteil der Bahn gegenüber dem Lkw in der Zunahme der Transportentfernung zum Entsorgungsträger. Hierbei stellt sich ein Substitutionseffekt zwischen Entfernung und Menge ein.

Abbildung 3.1:
Kostenvergleich von
Lkw und Bahn



3.3 Anforderungsprofil

Das Anforderungsprofil der Entsorgungsunternehmen beinhaltet qualitative, quantitative und zeitliche Anforderungen an die Abfalltransporte, sowie technische Restriktionen. Darüber hinaus beinhaltet das Anforderungsprofil spezifische Anforderungen an den Verkehrsträger Schiene und das Eisenbahnverkehrsunternehmen sowie erwartete Zusatzleistungen.

3.3.1 Qualitative Anforderungen

Qualitative Anforderungen geben vor allem die Beschaffenheit des Abfalls bei der Anlieferung sowie die Beschaffenheit von transportbegleitenden Informationen wieder.

Die Beschaffenheit des anzuliefernden Abfalls ist abhängig von Witterungseinflüssen, wie z. B. Hitze, Regen, Frost usw. Vor diesen Witterungen ist der Abfall zu schützen, um z. B. die Befeuerungseigenschaften des Abfalls in einer Müllverbrennungsanlage zu gewährleisten und den Abfalltransport schnell abwickeln zu können. Bei großer Hitze besteht die Gefahr der Selbstentzündung des Abfalls. Nasser Abfall ist schlecht zu verbrennen und gefrorener Abfall kann schlecht entladen werden, da er sich in den Transportbehältnissen »verhaken« kann.

Die Konsistenz der Abfälle ist lediglich von untergeordneter Bedeutung. Die Abfälle können sowohl gepresst als auch ungepresst angeliefert werden. Bei zu Ballen verpresstem Abfall darf die Kantenlänge einen Meter nicht überschreiten, um den Bunker optimal befüllen zu können. Die Konsistenz hat einzig und allein Auswirkungen auf das Handling und die Lagerung des Abfalls auf dem Betriebsgelände.

An die Begleitdokumente werden Anforderungen an Form und Inhalt gestellt. Sie sind in schriftlicher Form mitzuführen, können auch zusätzlich in elektronischer Form auf Diskette beigelegt werden. Der Inhalt der Begleitdokumente soll die Abfallmenge und die Abfallart enthalten. Bei Sammelzügen muss mit Hilfe der Begleitpapiere eine Zuordnung der Waggons auf die einzelnen Landkreise oder Sammelstellen möglich sein, um die Menge auf verschiedene Entsorgungsträger umlegen zu können.

3.3.2 Quantitative Anforderungen

Eine zu große Anliefermenge führt bei den Entsorgungsunternehmen zu räumlichen und personellen Restriktionen. Bei Anlieferung per Bahn muss die Transportmenge deshalb zwischen der minimalen Anliefermenge zur Aufrechterhaltung des Regelbetriebes und der maximalen Anliefermenge zur Vollausslastung vorhandener räumlicher und personeller Kapazitäten liegen.

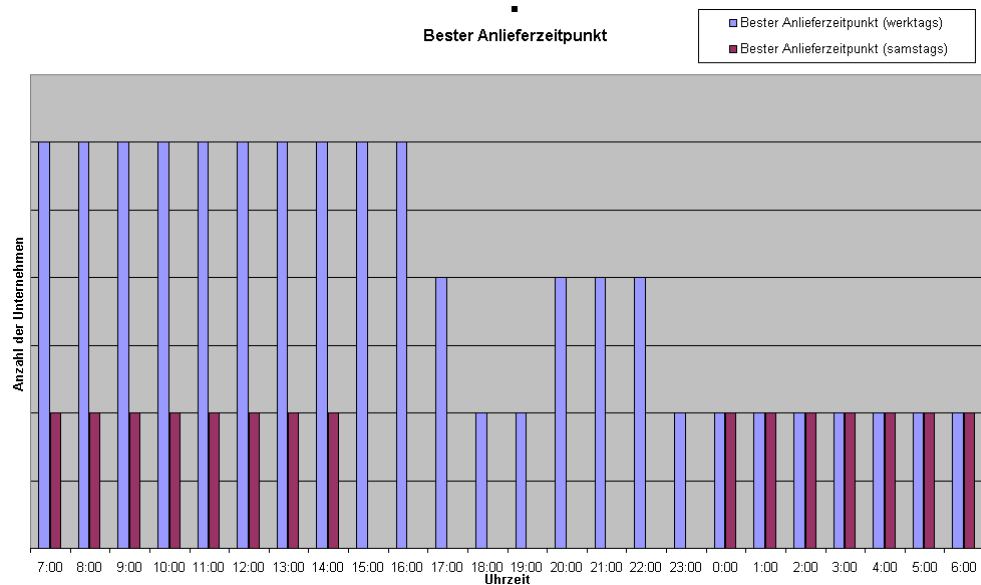
Die maximale Anliefermenge ist die vom Entsorgungsunternehmen gerade noch zu bewältigende Menge und wird durch auftretende personelle oder räumliche Restriktionen beschränkt. Abmessungen der Gleisanlagen und vorhandene Lagerflächen für Abfall sind räumliche Restriktionen. Die für die Entladung des Zugs verfügbaren Arbeiter sind personelle Restriktionen.

Die optimale Anliefermenge liegt somit zwischen der minimalen und der maximalen Anliefermenge. Weicht die für das Entsorgungsunternehmen optimale Anliefermenge von der aus bahntechnischer Sicht optimalen Anliefermenge ab, müssen unter Kostenaspekten Kompromisse mit dem Entsorgungsunternehmen gefunden werden.

3.3.3 Zeitliche Anforderungen

Als zeitliche Anforderungen lassen sich Pünktlichkeit, Anlieferzeitpunkt und Anlieferintervall zusammenfassen. Die Anlieferung kann während der Öffnungszeiten werktags von 7 bis 16 Uhr innerhalb eines zweistündigen Zeitfensters erfolgen, das relativ flexibel gelegt werden kann (Abbildung 3.2). In Ausnahmefällen ist der beste Anlieferzeitpunkt samstags von 7 bis 14 Uhr oder von 0 bis 6 Uhr.

Abbildung 3.2:
Anlieferzeitpunkt



Bei der Anlieferung einer größeren Menge per Bahn treten beim Entsorger räumliche und personelle Probleme auf. Die Anlieferung zu einem für den Entsorger optimalen Zeitpunkt ist daher von großer Bedeutung.

Das Anlieferintervall ist gekennzeichnet durch eine Regelmäßigkeit in der Anlieferung, am besten im täglichen oder 14tägigen Turnus.

3.3.4 Anforderungen an den Verkehrsträger Schiene

Wesentliche Anforderungen an den Verkehrsträger Schiene liegen neben der Realisierung von technischen Lösungen auch in der Überzeugung von Kommunen mit ökonomischen Bahnkonzepten und in der Entwicklung innovativer Logistikkonzepte zur Kostensenkung und Wettbewerbsfähigkeit mit dem Lkw.

Technische Lösungen kundenspezifisch durch die Verwendung geeigneter Transporthilfsmittel, Waggons sowie durch geeignetes Traktionsmaterial zu realisieren, ist eine Anforderung an die Eisenbahnverkehrsunternehmen.

Expertengespräche haben ergeben, dass auf Grund personeller und räumlicher Restriktionen bei größeren Anliefermengen eine Zwischenlagerung notwendig wird. Für die Anlieferung der Abfälle sind deshalb geeignete Transporthilfsmittel zu wählen, welche eine Lagerung sowohl bei den Regionalbahnen als auch bei den Entsorgungsunternehmen ermöglichen.

Entsorger lagern Abfall üblicherweise in loser Form. Eisenbahnverkehrsunternehmen hingegen können Abfall am besten in Containern lagern. Einsetzbar sind insbesondere Container, die sich einfach entladen lassen. Das wichtigste Kriterium, das einen Einsatz von Containern erfordert, ist das Fehlen von Gleisanschlüssen bei den Entsorgungsunternehmen. Dadurch werden kombinierte Verkehre erforderlich, wobei die Ladung von der Bahn auf die Straße umgeschlagen werden muss.

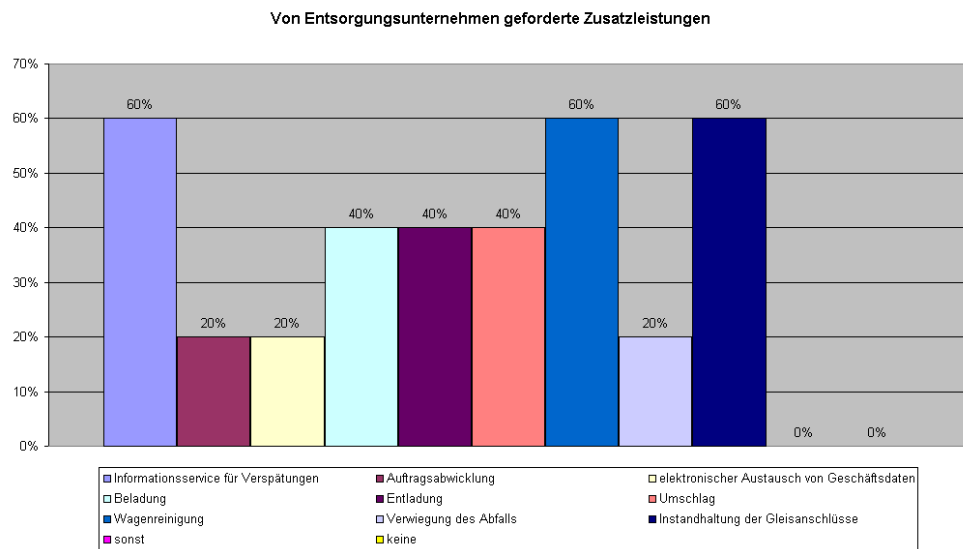
Überzeugungsarbeit muss bei den über die Auswahl des Fernverkehrsträgers von Abfall entscheidenden Stellen geleistet werden. Dies sind fast ausschließlich die Kommunen, da sie Entsorgungsträger sind. Um die Abfallentsorgung für die Bahnen als neues Geschäftsfeld zu erschließen, müssen diese mit ökonomischen Bahnkonzepten überzeugt werden.

Der Entwicklung innovativer Logistikkonzepte zur Kostensenkung kommt besondere Bedeutung zu. Da die wenigsten Entsorgungsunternehmen einen eigenen Gleisanschluss besitzen, kann der Abfall deshalb nicht direkt per Bahn angeliefert werden. Er muss auf Lkw umgeladen werden. Dieses Umladen und der Transport vom Entladebahnhof zum Entsorgungsunternehmen verursacht zusätzliche Kosten. Mit innovativen Logistikkonzepten müssen wirtschaftliche Kriterien bei der Preisgestaltung der Transportleistung eingehalten werden. Die Kostenbetrachtung des Lkw wird zur Voraussetzung für Bahnen bei der Angebotserstellung.

3.3.5 Zusatzleistungen

Neben den Anforderungen an die Transportleistung wurden die von den Entsorgern für am wichtigsten erachteten Zusatzleistungen untersucht. Dazu zählen insbesondere der Informationsservice, die Waggonreinigung und die Instandhaltung der Gleisanschlüsse (Abbildung 3.3). Dies macht den hohen Stellenwert von Service bei den Entsorgungsunternehmen deutlich.

Abbildung 3.3:
Zusatzleistungen
bei der Bahnanlieferung



Der wichtigste Punkt bei den Entsorgungsunternehmen ist die Übermittlung von Informationen bezüglich Verspätungen, um die Entladestrukturen (Personal und Equipment) auf die geänderte Situation anpassen zu können. Des Weiteren wird ein sehr großer Wert auf die Reinigung der Transportbehälter und die Instandhaltung der werksinternen Gleisanschlüsse gelegt. Das Verwiegen des Abfalls durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen spielt eine eher untergeordnete Rolle, da der Abfall meistens durch die Entsorgungseinrichtung selbst vor Ablage in den Bunker gewogen wird und dieser Vorgang eine Vertrauensvereinbarung mit dem Eisenbahnverkehrsunternehmen bedürfte. Durch die angebotenen Zusatzleistungen sind die Bahnen im Stande, einen Mehrwert für die Entsorgungseinrichtungen anzubieten und somit die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern zu erhöhen.

3.4 Fazit

Für viele Entsorgungseinrichtungen spielen Informationen und Qualität eine sehr große Rolle bei einer schienengebundenen Anlieferung der Siedlungsabfälle. Dabei ist zu beachten, dass Informationen in elektronischer Form, zeitnah und vorausseilend übermittelt werden sollten, um die Abwicklung bei der Entsorgungseinrichtung zu erleichtern.

Bei Bahntransporten ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass die wenigsten Entsorgungsunternehmen einen eigenen Gleisanschluss besitzen. Der Abfall kann deshalb nicht direkt per Bahn angeliefert werden, sondern muss auf Lkw umgeladen werden. Dieses Umladen und der Transport vom Entladebahnhof zum Entsorgungsunternehmen verursacht zusätzliche Kosten.

Umso wichtiger ist hier die Entwicklung innovativer Logistikkonzepte zur Kostensenkung sowie zur Abstimmung der einzelnen Teilprozesse bei der Leistungserbringung.

Besonders bei der Anlieferung von größeren Mengen per Bahn ist die Prozessgestaltung besonders wichtig, da hierbei sowohl räumliche als auch personelle Probleme auftreten können. Die optimale Abstimmung, die Anlieferung zu einem für den Entsorger optimalen Zeitpunkt und die Übermittlung von Informationen zum richtigen Zeitpunkt ist daher von großer Bedeutung.

4 Leistungsprofil der Regionalbahnen

Dem Anforderungsprofil der Entsorgungswirtschaft wird ein Leistungsprofil der Regionalbahnen gegenübergestellt, um Differenzen in der Leistungserbringung ausfindig zu machen und optimale Strukturen zu entwickeln. Das Leistungsprofil wird wiederum durch Forschungsumfragen, Expertengespräche und Workshops ermittelt. Es beschreibt die technischen Möglichkeiten des Bahntransports und nennt Beispiele für den Einsatz von Regionalbahnen in der Kreislaufwirtschaft, um daraus Ableitungen für das Organisationsmodell zu treffen. Auf die zeitlichen Restriktionen seitens der Entsorger kann nur bedingt eingegangen werden, da jedes System speziell auf die eigenen Rahmenbedingungen angepasst werden muss. Des Weiteren wurde in der Forschungsumfrage festgestellt, dass sich die Eisenbahnverkehrsunternehmen auf die Erfordernisse und Anforderungen der Entsorger einstellen und ihre Systeme dahingehend ausrichten.

4.1 Regionalbahnen

Zur Zeit sind in Deutschland rund 155 Regionalbahnen aktiv, die regelmäßig Güterverkehre durchführen bzw. durchführen können (Abbildung 4.1). Diese Regionalbahnen bedienen eine Vielzahl privater Gleisanschlüsse auf der Beschaffungs- und Distributionsseite, erschließen jedoch seit der Bahnstrukturreform (d. h. seit der Öffnung des Verkehrswegenetzes der Deutschen Bahn AG) auch neue Geschäftsfelder im Bereich der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Gefördert wird diese Entwicklung durch die strategische Ausrichtung der DB Cargo AG. Diese hat mit dem marktorientierten Angebot Cargo (MORA C) ausdrücklich die Reduzierung von Gleisanschlüssen insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen und damit den Rückzug aus der Fläche zum Ziel. Gefördert wird diese Entwicklung darüber hinaus auch durch die Verteuerung des Straßengüterverkehrs (Lkw-Maut).³⁸

Motiviert ist die Erschließung neuer Geschäftsfelder durch den Rückgang der Massengutverkehre in dem Montanbereich und in anderen traditionellen Geschäftsfeldern. Der Rückgang dieser Verkehre und die damit verbundene Änderung der Güterstruktur wird als Güterstruktureffekt bezeichnet und stellt v. a. jene Verkehrsträger vor eine Herausforderung, die - wie die Schiene - systembedingt für Massengutverkehre prädestiniert sind.

³⁸ Meyer/Rauh 2002: 26 ff.

Abbildung 4.1:
Regionalbahnen in
Deutschland



4.2 Aktuelle Praxisbeispiele

Die Eignung dieses Verkehrsträgers resultiert aus den Eigenschaften der Kreislauf- und Abfallwirtschaft bzw. aus den Eigenschaften der Abfälle selbst. Abfälle sind Massengüter. Sie weisen ein hohes Bündelungspotenzial auf und verursachen – wenn überhaupt – nur eine geringe Kapitalbindung. Darüber hinaus bedingen sie lediglich geringe Anforderungen an die Transport- und Umschlaggeschwindigkeit und führen zu lediglich geringen spezifischen Transport- und Umschlagkosten. Abfälle sind also grundsätzlich »bahnaffin«. Gleich ob aus privaten Haushalten, aus dem Gewerbe oder aus der Industrie – die Liste derjenigen Abfälle, die bereits auf der Schiene ge-

fahren werden, ist lang. Sie reicht u. a. von Hausmüll über hausmüllähnliche Gewebeabfälle, kompostierbare Abfälle, Glas, Papier, Kunststoffe und Elektronikteile bis hin zu Bauschutt, Bodenaushub, Baustellenabfällen aber auch Schlämmen und Schlacken. Doch das Potenzial der Abfallarten und -mengen, die mit der Bahn transportiert werden können, ist ungebrochen groß.

Der Aufwand zur Entwicklung von Konzepten für schienengebundene Transporte der Kreislauf- und Abfallwirtschaft lohnt, wie das Beispiel der Mindener Kreisbahnen GmbH zeigt. Das Unternehmen bedient seit Januar 2002 regelmäßig die grenzüberschreitende Transportrelation zwischen Groningen in den Niederlanden und Schwarze Pumpe. Insgesamt transportiert das Eisenbahnverkehrsunternehmen rund 30.000 t hochkalorischen Abfall pro Jahr. Die Transporte auf der über 1.600 km langen Relation erfolgen regelmäßig. Konkret findet ein Umlauf pro Kalenderwoche statt. Der Zeitbedarf pro Umlauf inklusive Be- und Entladung, fahrplanbedingte Aufenthalte, Personalwechsel und Betriebsstoffergänzung beträgt ca. 50 Stunden. Das Ladungsgewicht eines Zuges mit 480 Metern Zuglänge und 24 Waggons beträgt rund 1.000 t. Verwendet werden vierachsige Containerwagen mit Drehrahmen. Pro Containerwagen werden drei Abrollcontainer eingesetzt.

Doch auch andere Eisenbahnverkehrsunternehmen bedienen erfolgreich Transportrelationen in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Die DB Cargo AG z. B. fährt rund 200.000 t Abfall pro Jahr für den Zweckverband Abfallverwertung Südostbayern, 350.000 t Abfall pro Jahr für den Zweckverband Müllverwertung Schwandorf und 600.000 t Abfall pro Jahr für die Berliner Stadtreinigung. Hinzu kommen Projekte im Italienverkehr, so etwa die Entsorgung kontaminierter Schlämme aus Cengio oder die Entsorgung von Haushaltsabfällen aus Kampanien und Trento.

Die AWILOG-Transport GmbH z. B. übernimmt die Anlieferung von kommunalen Klärschlämmen aus Konstanz, Leonberg, Pforzheim, Neuenburg in Belgien, Hagen, Schwerte und Fribourg in der Schweiz an deutsche Entsorgungsanlagen.

Die TIM Logistik hat sich auf den Transport von Massengütern per Bahn spezialisiert. Ein Bereich davon ist der Transport von Abfällen. Ein Großteil der transportierten Abfälle sind Gefahrgut wie z. B.: Aktivkohle, Asbest, Lösungsmittel, toxische Filterstäube und -aschen, Säuren, Laugen und Sonderabfälle.³⁹

³⁹ Website TIM Logistik

Die Transport und Logistik AG der Frey Unternehmensgruppe besitzt ebenfalls ein Zertifikat zum Entsorgungsfachbetrieb und ist damit befähigt, Abfalltransporte durchzuführen.

Rhenus Recycling ist als Unternehmensbereich der Rhenus AG & Co. KG auf Entsorgungslogistik und Recycling spezialisiert. Sie entwickelt und organisiert entsorgungslogistische Lösungen für Industrie, Bund, Länder und Gemeinden - orientiert am individuellen Projekt- und Einzelbedarf der Kunden.⁴⁰

4.3 Technische Möglichkeiten beim Bahntransport

Für den Transport von Siedlungsabfall stehen verschiedene Transportsysteme, Container und Waggons zur Verfügung, die je nach Anforderung und Ausstattung der Entsorgungsträger und Entsorgungseinrichtung für die jeweilige Situation geeignet sind.

4.3.1 Transportsysteme

Siedlungsabfall kann sowohl in ungepresstem Zustand als auch in gepresstem Zustand transportiert werden. Die dabei eingesetzten Transportsysteme sind hauptsächlich Roll-on/Roll-off- und Pressbehältersysteme.

Bei dem **Roll-on/Roll-off-System** verlädt ein Abrollkippfahrzeug (Lkw mit Hakensystem) den befüllten Abrollcontainer direkt auf einen Flachwagen vom Typ RS über einen Drehrahmen. Hierfür wurde im Vorfeld der Abfall mit einem Kran in die Container umgeladen. Die Vorteile dieses Systems liegen in der Kostenreduktion beim Umschlag, da kein zusätzliches Equipment, wie zum Beispiel ein Kran für die Behälter erforderlich ist. Der Nachteil hierbei besteht jedoch in der Verwendung von speziellen, kapitalintensiven Eisenbahnwaggons mit Drehrahmengestell, das nicht für andere Zwecke eingesetzt und somit nur diesen Transporten zugerechnet werden kann.

Beim **Pressbehältersystem** entleeren die Sammelfahrzeuge zunächst ihre Ladung an einer Abkipfstelle in einen Bunker. Ein Greifkran befördert die Ladung in eine Stopfpresse, die den Abfall in einem angekoppelten Container auf einen Viertel seines ursprünglichen Volumens verdichtet. Die Verladung der befüllten Container auf Eisenbahnwaggons erfolgt mit Hilfe eines Brückenkrans. An der Entladestelle z. B. einer MVA werden die Container mit einer Krananlage auf einen Lkw oder einen Entladeschlitten gehoben und an der Kippstelle mittels einer Presseinrichtung entleert. Auf dem Markt erhältliche Systeme sind MABEG, Max Aicher, BHS und Rocholl.

⁴⁰ Website Rhenus Logistics

Der Vorteil dieses Systems liegt in der besseren Auslastung der Nutzlast der Bahn. Dies führt wiederum zu einer Reduzierung der Transportkosten, da in einigen Fällen kein zweiter Zug ausgelegt werden muss. Als nachteilig sind jedoch die hohen Investitionskosten bei den Containern, der Presseinrichtung und Umschlaganlage zu bewerten, besonders wenn es sich um ein Sammelsystem mit mehreren Zulaufpunkten und geringem Aufkommen handelt. Des Weiteren erweist sich das Umladen auf Lkw als problematisch, da hierfür wieder spezielle Umschlaganlagen erforderlich sind. Dadurch wird der Einsatz dieses Systems bei nicht vorhandenem Gleisanschluss auf dem Werksgelände eingeschränkt, da die hohen Investitionskosten für eine weitere Krananlage in den meisten Fällen nicht rentabel sind.

4.3.2 Container

Als Transporthilfsmittel kommen bei den zuvor beschriebenen Transportsystemen folgende Containertypen zum Einsatz. Beim Transport von Hausmüll wurden durch das Fraunhofer IML folgende Transportbehälter untersucht (Tabelle 4.1):

- ACTS Container,
- Max Aicher 20' Presscontainer und
- Max Aicher 30' Presscontainer.

Beim Roll-on/Roll-off-System werden meistens **ACTS Container** eingesetzt. Spezielle **Presscontainer** sind beim Pressbehältersystem erforderlich, die zum Beispiel durch die Fa. Max Aicher in zwei Größen angeboten werden.

Die Verladung der Container auf Bahnwaggons erfolgt bei ACTS Containern nach dem Roll-on/Roll-off-System mit einem Hakenlift-Lkw, bei Presscontainern als Vertikalumschlag mit Hilfe eines Krans. Der 20' Presscontainer von Max Aicher ist zusätzlich mit einer Abrollvorrichtung versehen und kann sowohl mit einem Lkw als auch durch Vertikalumschlag verladen werden.

Die Entladung der Container erfolgt hierbei entweder durch Auskippen oder durch Ausschieben. ACTS Container und 20' Presscontainer von Max Aicher werden durch Auskippen mittels eines Hakenlift-Fahrzeugs in die Bunkeröffnung der Verwertungsanlage entleert. Zum Entleeren von Max Aicher 30' Presscontainern ist eine Ausschiebvorrichtung erforderlich. Diese kann entweder mobil auf einem Sattelzug angebracht sein oder stationär an der Verwertungsanlage.

Tabelle 4.1:
Technische Daten
gängiger Container

Technische Daten			
	ACTS	Max Aicher 20' Presscontainer	Max Aicher 30' Presscontainer
Länge [mm]	5950	5950	9225
Breite [mm]	2550	2500	2500
Höhe [mm]	2580	2585	2600
Volumen in [m ³]	30	26	40,3
Eigengewicht [t]	2,3	3,2	5,8
techn. mögliche Zuladung [t]	7,5 bis 9 ⁴¹	17	30

4.3.3 Tragwagen

Container werden per Bahn entweder auf Flachwagen oder auf mit Drehrahmen versehenen Tragwagen transportiert.

Tragwagen mit Drehrahmen sind erforderlich, um im Roll-on/Roll-off-System verladen zu können. Auf dem Markt befinden sich derzeit folgende Drehrahmenwaggons zur Verladung von Abrollcontainern:

- ACTS-Waggon (Abbildung 4.2),
- RSS-Waggon (Roland Transport- und Umwelttechnik)
- Railbox-Waggon: MSTS (Multi-Service-Transport-System)
- WAS-Hubwaggon

⁴¹ bei einem Raumgewicht des Hausmülls von 250 kg/m³ bis 300 kg/m³

Abbildung 4.2:
Bahnverladung von
ACTS Containern



ACTS Waggons sind mit drei Drehrahmen ausgestattete Tragwagen in zwei und vierachsiger Ausführung. An einem Ende des Waggons ist der Drehrahmen um 180° versetzt angeordnet.⁴² Die Tragfähigkeit eines Drehrahmens beträgt 20 t. Bei einem Containergewicht von 2,3 t beträgt die maximal mögliche Nutzlast 17,7 t. Die maximal mögliche Nutzlast liegt bei Hausmülltransporten deutlich unter diesem Wert. Auf Grund des durchschnittlichen Raumgewichts von 250 kg/m³ wird die Nutzlast durch das verfügbare Containervolumen begrenzt. Etwa 7,5 t Hausmüll passen unverpresst in einen 30 m³ Container.

RSS-Waggons gibt es in zwei verschiedenen Längen. DIN 30722 und Ö-Norm S 2017 entsprechende Behälter können neben ACTS Containern befördert werden. Für die Beförderung von ACTS Containern ist an diesen ein kleiner Umbau vorzunehmen. Die drei Drehrahmen dieses Waggons sind alle in gleicher Richtung angeordnet.

Die drei Drehrahmen des Railbox-Waggons sind im Vergleich zu ACTS kürzer und können statt 45° bis auf 120° ausgeschwenkt werden. Transportiert werden können MSTs Container bis zu je 10 t Gewicht.

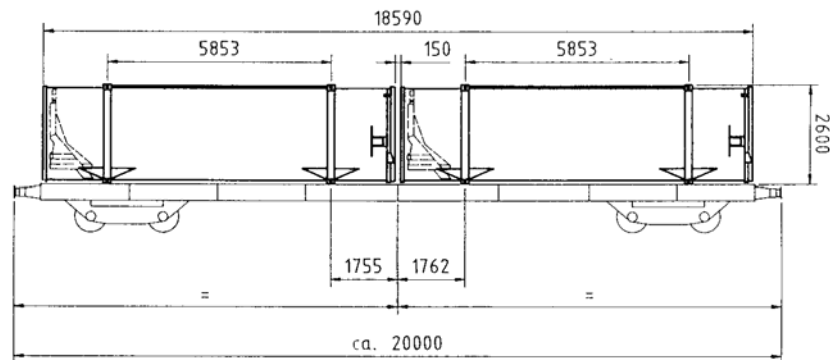
Für den Transport von Wechselpritschen auf der Schiene sei hier noch der WAS-Hubwagon (Wechselbehälter auf Schiene) erwähnt. Dieser Waggon lässt sich hydraulisch absenken und kann so unter die auf markierten Flächen über dem Gleis aufgestellte Wechselpritsche geschoben werden. Nach dem Anheben des Waggongestells und dem Einklappen der Stützen kann der Bahntransport erfolgen.⁴³

⁴² Süddeutsche Consultants 1998: 71

⁴³ Süddeutsche Consultants 1998: 73

Bei einer Verladung von Max Aicher Containern durch Vertikalumschlag werden herkömmliche Flachwagen, wie z. B. Rgs-w 672, verwendet, wie aus Abbildung 4.3 ersichtlich ist.

Abbildung 4.3:
Flachwagen mit zwei
30' Presscontainern
der Firma Max
Aicher⁴⁴

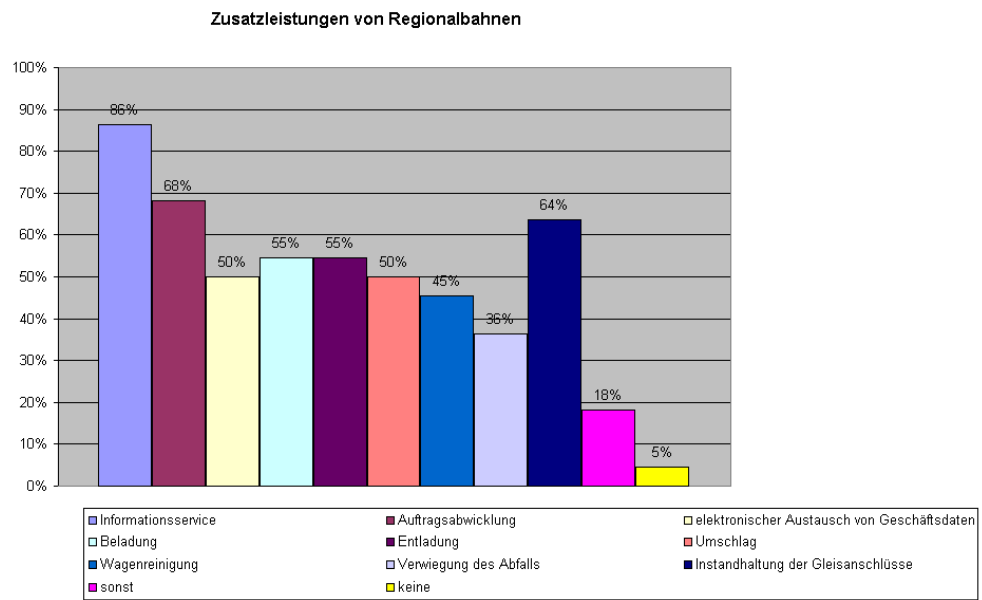


4.4 Zusatzleistungen von Regionalbahnen

Die gewünschten Zusatzleistungen der Entsorger können von den Regionalbahnen erfüllt werden. Die Forschungsumfrage ergab, dass Informationsservice, Waggonreinigung und Instandhaltung der Gleisanschlüsse von den Regionalbahnen auf Wunsch angeboten werden. Somit sind keine Diskrepanzen zwischen den Anforderungen der Entsorgungswirtschaft und dem Leistungsprofil der Regionalbahnen festgestellt vorhanden. Darüber hinaus können weitere Leistungen angeboten werden, die für die Entsorger von Interesse sein können, wie zum Beispiel der elektronische Datenaustausch (Abbildung 4.4).

⁴⁴ Website Max Aicher

Abbildung 4.4:
Zusatzleistungen
Eisenbahnverkehrs-
unternehmer



5 Organisation und Kalkulation

Einleitend werden die Rahmenbedingungen für den Einsatz der Bahn in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft angegeben. Ein Organisationsmodell verdeutlicht nachfolgend die Abwicklung und Organisation von Schienentransporten. Anschließend werden die in diesem Modell vorkommenden Kostenarten aufgeführt und Standardkostensätze angegeben. Nach einer Unterteilung des Organisationsmodells in Kostenstellen wird gezeigt, wie die zuvor beschriebenen Kostenarten auf verschiedene Kostenträger (Abfallmengen der Kommunen) verrechnet werden.

5.1 Rahmenbedingungen

Für einen erfolgreichen Einsatz der Bahn müssen einige Rahmenbedingungen beachtet werden. Neben der Einhaltung technischer Vorschriften muss zum einen eine Mindestentfernung und eine Mindesttransportmenge gegeben sein, um die Schiene als ökonomisch sinnvolle Alternative zur Straße einsetzen zu können. Sowohl Schienen- als auch Straßeninfrastruktur muss bestimmte Anforderungen erfüllen. Ebenso sind bei der Gestaltung und dem Standort der Umschlaganlagen gesetzliche Bestimmungen einzuhalten. Im Vordergrund steht die kostenoptimale Planung.

5.1.1 Technische Rahmenbedingungen

So wie das zulässige Gesamtgewicht, die Fahrzeuglänge oder die Fahrzeugbreite für den Straßenverkehr in der StVZO festgelegt sind, gibt es bei dem Schienengüterverkehr technische Rahmenbedingungen, durch die die Nutzlast beschränkt wird. Dimensionierungsgrößen des schienengebundenen Güterverkehrs sind:

- Zuglänge,
- Radsatzlast und
- Fahrzeugprofil.⁴⁵

⁴⁵ Berndt 2000: 52

Diese Größen bilden die technischen Rahmenbedingungen für den Abfalltransport per Bahn. Die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung fordert in § 34 nur eine Anpassung der Zuglänge an Bremsverhältnisse, Zug- und Stoßeinrichtungen sowie Bahnanlagen. Die maximale Zuglänge ist dennoch durch die Fahrdienstvorschrift 408 von DB Netz auf 700 m oder 250 Achsen beschränkt. In der Praxis wird die Zuglänge meist durch verfügbare Abstell- und Rangiermöglichkeiten an den Umschlag- und Verwertungsanlagen begrenzt. Des Weiteren wird die Länge eines Zugs bestimmt durch die maximale Zugkraft des zur Verfügung stehenden Traktionsmaterials. Bei einem Gesamtgewicht von 1200 t wird ein Zuschlag je Kilometer in Höhe von mindestens 0,51 € und bei einer Radsatzlast von über 22,5 t ein Zuschlag je Kilometer von 0,64 € fällig. Aus Kostengründen wird sich die Zuglänge meistens an diesen Grenzen orientieren.

Die Radsatzlast ist der auf jede Achse bezogene Anteil am Gesamtgewicht des Fahrzeugs. Die Meterlast, abgeleitet aus der Radsatzlast, ist das Fahrzeuggewicht je Längeneinheit.⁴⁶ Die europäischen Eisenbahnstrecken sind in verschiedene Streckenklassen eingeteilt, je nach der auf diesem Abschnitt zulässigen Radsatz- und Meterlast⁴⁷. Die Zuladung eines Eisenbahnwaggons wird durch diese streckenspezifischen Werte begrenzt.

Das Fahrzeugprofil begrenzt das Lademaß. Die Ladelänge begrenzt bei Tragwagen die Länge der Container. Die Anzahl der Containerstellplätze wird durch die Ladelänge ebenfalls festgelegt. Bei Schüttgutwaggons begrenzt die Größe der Auskipföffnung die Abmessungen des Ladeguts. Die Zuladung wird durch das Volumen des Waggons begrenzt.

5.1.2 Abfallaufkommen und Entfernung

Um den Kostendegressionseffekt der Bahn als Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Lkw nutzen zu können, muss eine gewisse Transportmenge und Transportentfernung erreicht werden. Je nach Kostenstruktur der Regionalbahn sind etwa 100.000 t Jahresabfallmenge und eine Transportentfernung von 60 km notwendig. Diese Transportmenge kann oft nur durch den Zusammenschluss mehrerer Entsorgungsträger erreicht werden. Eine Alternative zur Erreichung einer größeren Transportmenge ist eine Reduzierung der Transporte durch wöchentliche Abfuhrintervalle. Pressbehälter gewährleisten eine problemlose Lagerung des Abfalls ohne Geruchsbelästigung über längere Zeit.

⁴⁶ Berndt 2000: 53

⁴⁷ Berndt 2000: 54

5.1.3 Infrastruktur

Bezüglich der Infrastruktur kann unterschieden werden in Anforderungen an Schieneninfrastruktur und Anforderungen an Straßeninfrastruktur.

Besitzen die Umschlaganlagen oder die Entsorgungsanlagen keinen eigenen Gleisanschluss, so müssen sich diese zumindest in der Nähe eines nutzbaren Gleisanschlusses befinden. Die Länge der Gleisanlagen muss ausreichend bemessen sein.

An den Umschlaganlagen abgestellte Waggons benötigen eine den Erfordernissen bemessene Gleisstrecke zur Durchführung von Belade- und Rangiertätigkeiten. Bei Sammelzugkonzepten sollte die Gleisanlage der Umschlagstationen alle Waggons des Sammelzuges aufnehmen können. Ist das nicht der Fall, müssen die Waggons durch Rangieren angehängt werden, was einen Zeit- und Kostenaufwand bedeutet. Hierfür ist zusätzlich eine Rangierlok und eine Abstellmöglichkeit des Sammelzuges nahe der Umschlaganlage erforderlich. An der Entsorgungsanlage muss entweder ein Halbzug oder ein ganzer Sammelzug abgestellt werden können. Kann nur ein Halbzug abgestellt werden, so muss die andere Hälfte des Sammelzuges auf ein nahe gelegenes Abstellgleis gebracht werden.

Erfolgt die Verladung im Roll-on/Roll-off-System per Lkw ist an den Ladegleisen eine ausreichend befestigte Rangier- und Abstellfläche für Container erforderlich.

Die Straßeninfrastruktur muss eine kurzfristig höhere Belastung durch den Entladeverkehr aufnehmen. Stoßzeiten im Straßenverkehr sind deshalb für Entladeverkehre zu vermeiden. Wichtig ist auch eine gute Anbindung des Gleisanschlusses an die Straße.

5.1.4 Gestaltung und Lage der Umschlaganlagen

Bei der Planung zur Errichtung einer Umschlaganlage ist gemäß § 34 BNatSchG zu prüfen, ob ein FFH-/NATURA 2000-Gebiet durch das Projekt in seinen Erhaltungs- oder Schutzziele erheblich beeinträchtigt werden könnte. Besteht potenziell eine erhebliche Beeinträchtigung der Erhaltungs- oder Schutzziele, ist eine FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich. Ergibt diese Verträglichkeitsprüfung, dass erhebliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind, so ist das Projekt unzulässig.

Des Weiteren sind die planungs-, immissionsschutz- und wasserrechtlichen Fragen zu prüfen. Hier gilt es, das Bundesimmissionsschutzgesetz zu beachten. Maßstäbe zur Beurteilung von Emissionen und Immissionen enthalten die sogenannten Technischen Anleitungen der Behörden sowie die DIN- und VDI-Normen. Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) enthält Vorschriften zur Beurteilung von Geräuschemissionen und -immissionen für genehmigungsbedürftige Anlagen. Auch für Anlagen und Betriebstätigkeiten, die nach BImSchG nicht genehmigungsbedürftig sind, hat das Immissionsschutzrecht unmittelbare Bedeutung (§ 22 BImSchG). So beim Lärm, etwa in Form von Lärmschutzauflagen, wenn Betriebslärm die Nachbarschaft stört. In diesen Fällen ist die VDI-Richtlinie 2058 Blatt 1 zur Beurteilung der Lärmimmission heranzuziehen.⁴⁸

5.2 Abwicklung und Organisation der Schienentransporte

Schienentransporte können organisatorisch in den Bahntransport, die Beladung sowie die Entladung unterteilt werden. Für diese organisatorischen Einheiten wird zunächst die Abwicklung beschrieben. Im Folgenden werden die Einsatzbereiche der gängigsten Container vorgestellt sowie verschiedene Modelle der Container-Rückführung aufgezeigt.

5.2.1 Bahntransport

Der Bahntransport wird als Ringzugkonzept organisiert. Wie bei den Rahmenbedingungen erläutert wurde, kann eine für den ökonomisch sinnvollen Bahntransport von Hausmüll erforderliche Mindestabfallmenge bei täglicher Fahrt oft nur durch den Zusammenschluss mehrerer Entsorgungsträger erreicht werden. Diese Abfallmenge ist dann auf mehrere Quellen verteilt. Mehrere Umschlagstationen müssen hierbei bedient werden. Beladene Waggons sind zur Entsorgungsanlage zu transportieren, leere Waggons sind an den Umschlaganlagen bereitzustellen. Das Ringzugkonzept gewährleistet sowohl den Abtransport als auch die Rückführung der Waggons. Bei einem Ringzugkonzept werden die Waggons von der Umladestation, die am weitesten von der Entsorgungsanlage entfernt liegt, zur nächstgelegenen Umladestation transportiert. Dort werden weitere Waggons angekoppelt und zur nächsten Umladestation gebracht. Zielbahnhof ist entweder der Gleisanschluss der Entsorgungsanlage oder ein nahegelegener Bahnhof mit Ladestraße. Nach der Entladung des Zuges fährt dieser die Umschlagstationen der Reihe nach an und stellt die Waggons zum Beladen bereit.

⁴⁸ IHK Limburg 2000

5.2.2 Beladung

Die Beladung der Waggons erfolgt bei Verwendung von Containern mit einem Unstetigförderer. Im Allgemeinen übernimmt diese Aufgabe ein Kran oder ein Hakenlift-Lkw.

Ein **Vorlauf** per Lkw wird notwendig, wenn die Umschlaganlage keinen Gleisanschluss besitzt. Mit dem Lkw lassen sich ACTS Container zum nächstgelegenen Bahnhof befördern. Dort werden die Container mit dem Lkw auf bereitgestellte ACTS Tragwagen geladen. Die beladenen Tragwagen werden in regelmäßigen Abständen von einer Lok abgeholt und zur Entsorgungsanlage transportiert.

5.2.3 Entladung

Entladen werden Containertragwagen ebenfalls mit einem Kran oder einem Hakenlift-Lkw. Ein Kran wird zur Entladung von Presscontainern verwendet. Zum Entleeren des Abfalls in den Bunker ist eine mobile oder stationäre Ausschiebevorrichtung erforderlich. ACTS-fähige Container werden mit einem Abrollkipper von den mit Drehrahmen ausgestatteten Tragwagen entladen, zum Bunker transportiert und dort durch Auskippen entleert.

Ist in der Verwertungsanlage kein Gleisanschluss vorhanden, werden ACTS-fähige Container in einem **Nachlauf** per Lkw von einem nahegelegenen Bahnhof zur Entsorgungsanlage transportiert. Im Pendelverkehr zwischen Entladebahnhof und Entsorgungsanlage entleert der Lkw die Container.

Bei Schüttgutwaggons kann die Entleerung direkt auf einen Stetigförderer erfolgen, der den Abfall direkt in den Bunker transportiert. In einer weniger automatisierten Variante kann ein Unstetigförderer, z. B. ein Radlader, den auf einem befestigten Platz in Bunkernähe entladenen Abfall in die Bunkeröffnung schieben.

Im Anlieferungsbereich der Verwertungsanlage kommt es oft zu Stauungen. Sammelfahrzeuge liefern Abfall aus den näheren Sammelgebieten an. Durch zufälliges Eintreffen der Sammelfahrzeuge und unterschiedliche Verweildauer an der Entsorgungsanlage bilden sich Warteschlangen vor der Eingangs- und Ausgangswaage sowie den Bunkeröffnungen. Die Wartezeit verursacht unnötige Kosten bei der Entladung. Spitzenzeiten sollten deshalb für die Entladung eines Zuges vermieden werden. Mit einer separaten Zufahrt und der Priorität der Bahnentladung können Zusatzkosten vermieden werden. Voraussetzung hierfür ist eine mit dem Entsorgungsunternehmen vereinbarte Bahnverwiegung zur Leistungsabrechnung.

5.2.4 Container

Im Gegensatz zu Schüttgutwaggons, welche nur bei vorhandenen Gleisanschlüssen an den Umschlaganlagen und im Entsorgungsunternehmen eingesetzt werden können, sind Container universell einsetzbar. Jedoch kommen unterschiedliche Container bei reinem Bahntransport und bei kombiniertem Verkehr zum Einsatz.

Nur bei einem **Direkttransport** ohne Vor- und Nachlauf per Lkw sollten 30' Presscontainer verwendet werden, vorausgesetzt der Gleisanschluss im Entsorgungsunternehmen liegt nahe der Bunkeröffnung. Vorteilhaft ist die technisch mögliche Zuladung von 26 bis 29 t pro Container. Durch die höhere Zuladung im Vergleich zum ACTS Container reduziert sich die Containeranzahl. Statt sechs ACTS Container mit Müll werden nur noch zwei Pressmüllcontainer transportiert. Durch die Reduzierung der Containeranzahl verringert sich die Anzahl der benötigten Tragwagen und damit die Fixkosten für Waggons um die Hälfte. Für die Entleerung wird eine Ausschiebevorrichtung benötigt. Die Umschlaganlagen müssen mit einer speziellen Pressvorrichtung und einer Krananlage ausgestattet sein. Der Nachteil von Presscontainern sind hohe Investitionskosten. Von Vorteil ist der reduzierte Aufwand für Containerhandling durch reduzierte Containeranzahl und die gute Automatisierbarkeit bei der Be- und Entladung.

Bei einer Transportkette mit Vor- und Nachlauf per Lkw werden ACTS Container oder 20' Presscontainer verwendet. Mit Hakenlift-Lkw werden die Container vom oder zum Bahnhof befördert.

5.2.5 Rückführung der Container

Bei Verwendung von Containern als Transporthilfsmittel ist bei einem Ringzugkonzept eine genügende Anzahl an bereitgestellten Containern erforderlich. Der Containersatz ist die Gesamtheit aller mit einem Sammelzug transportierten Container. Bei schienengebundenen Entsorgungsverkehren ist der zwei- bis dreifache Containersatz bereitzustellen. Die Höhe des Containersatzes hängt von der Aufenthaltsdauer des Zuges an der Entladestation ab.

Können die Container während des Aufenthaltes in den Bunker der Entsorgungsanlage entleert und wieder auf die Tragwagen gestellt werden, wird nur der zweifache Containersatz benötigt. Ein Satz befindet sich auf den Tragwagen, während die andere Hälfte der Container während des Bahntransports an den Umschlaganlagen verbleibt und befüllt wird.

Ein dreifacher Containersatz wird erforderlich, wenn die Entsorgungsanlage während des Aufenthalts geschlossen ist oder die Aufenthaltsdauer für eine Entleerung der Container in den Bunker nicht ausreicht. In diesem Fall wird der Containersatz auf den Tragwagen am Zielbahnhof entladen und gegen einen leeren Containersatz aus einem Depot am Bahnhof ausgetauscht. Bei einer Zuglänge von beispielsweise 10 Waggons á drei ACTS Containern beträgt die zusätzliche Investitionshöhe $30 \times 4.500 \text{ €} = 135.000 \text{ €}$, durch die zusätzliche Kosten von jährlich ca. 30.000 € verursacht werden. Nicht berücksichtigt sind hierbei Kosten, die durch den zusätzlichen Arbeitsaufwand für den Austausch der Container verursacht werden. Sinnvoll erscheint ein ausreichender Aufenthalt während der Öffnungszeiten der Entsorgungsanlage zur Vermeidung dieser oben beschriebenen Kosten. Ein ausreichender Aufenthalt wird bestimmt durch die Anzahl der Container, multipliziert mit der Umlaufzeit eines Entladezyklus. Die Umlaufzeit besteht aus:

- Umladezeit des Containers vom Bahnwaggon auf den Lkw,
- Transportzeit zur Entsorgungsanlage,
- Aufenthaltsdauer an der Entsorgungsanlage,
- Rücktransportzeit zum Bahnhof,
- Umladezeit des Containers vom Lkw auf den Bahnwaggon und
- Rangierzeit zum nächsten Container.

Ist die Aufenthaltsdauer geringer als die benötigte Entladezeit, können zeitliche Restriktionen auch durch den Einsatz zusätzlicher Entladegeräte wie z. B. Einsatz eines zusätzlichen Lkw behoben werden. Um das kostengünstigste Organisationsmodell für die Praxis auswählen zu können, müssen zunächst die Kostenarten der Teilprozesse bekannt sein.

5.3 Kostenarten und Kostenstellen

Eine Kalkulation erfordert eine genaue Aufstellung der entstehenden Kosten. Deshalb soll die entsorgungslogistische Prozesskette Sammlung-Umschlag-Transport zunächst in einzelne Kostenstellen unterteilt werden. Danach sollen die bei den jeweiligen Kostenstellen anfallenden Kostenarten aufgezeigt und erläutert werden.

5.3.1 Kostenarten

Kostenarten lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten gliedern. Zum einen können Kosten nach ihrer Verzehrart in Verbrauchs-, Gebrauchs-, Zwangs- und Nutzungskosten unterschieden werden. Zwischen Einzel- und Gemeinkosten wird unterschieden bei einer Gliederung nach der Zurechenbarkeit auf die Kostenträger⁴⁹.

Eine weitere wichtige Gliederung der Kostenarten ist die Unterteilung in fixe Kosten, welche zeitabhängig anfallen, variablen Kosten, welche mengenabhängig anfallen, und Mischkosten, welche sich aus fixen und variablen Kosten zusammensetzen. Diese Einteilung der Kosten erfolgt nach dem Verhalten bei Beschäftigungsgradschwankungen⁵⁰.

Nach einer Analyse der entsorgungslogistischen Prozesskette ergeben sich folgende grundsätzliche Kostenarten:

- Personalkosten,
- Miete,
- Gemeinkosten,
- Instandhaltungskosten und
- Kalkulatorische Kosten.

Personalkosten gehören zu den Verbrauchskosten und entstehen durch den »Verbrauch« von Arbeitsleistung. Sie setzen sich zusammen aus Löhnen, Gehältern und den Personalnebenkosten, welche sich aus gesetzlichen Sozialkosten, freiwilligen Sozialkosten und sonstigen Personalnebenkosten zusammensetzen. Im Kalkulationsmodell wird unter Personalkosten der stündlich anfallende Bruttoarbeitslohn einschließlich Arbeitgeberanteil verstanden. Die zeitlich anfallenden Lohnkosten sind fixe Kosten.

Miete oder Leasingkosten können den Nutzungskosten zugeordnet werden. Sie fallen zeitabhängig als fixe Kosten für die Nutzung von Gegenständen an.

⁴⁹ Dörrie/Preisler 2002: 73

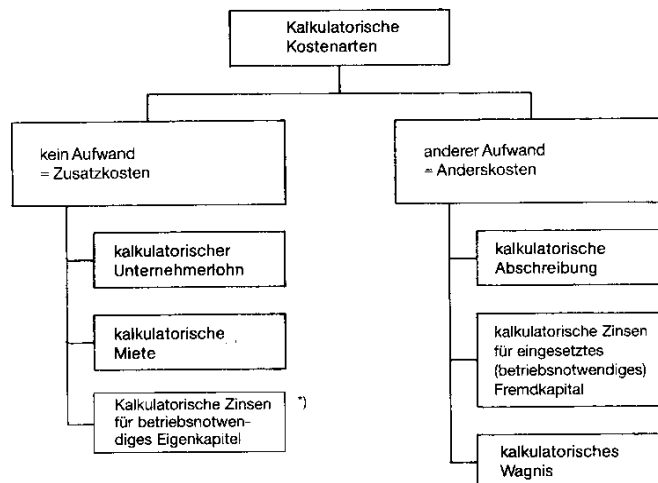
⁵⁰ Dörrie/Preisler 2002: 75 ff.

Gemeinkosten sind Kosten, welche sich nicht direkt auf die Kostenträger verrechnen lassen. Hierunter sind vor allem Verwaltungskosten zu verstehen. Die Kosten müssen auf die Kostenträger umgelegt werden. Dies kann in Form von zeit- oder mengenabhängiger Nutzung geschehen oder in Form von prozentualen Zuschlägen.

Instandhaltungskosten sind Gebrauchskosten. Durch den Gebrauch von Gegenständen entstehen Abnutzung und Verschleiß an diesen. Die Höhe dieser Kosten schwankt je nach Auslastung. Damit sind es variable Kosten.

Kalkulatorische Kosten setzen sich aus mehreren Kostenarten zusammen, wie aus Abbildung 5.1 hervorgeht.

Abbildung 5.1:
Kalkulatorische
Kostenarten⁵¹



Für die Kalkulation werden nur die kalkulatorischen Abschreibungen und die kalkulatorischen Zinsen berücksichtigt.

Kalkulatorische Abschreibungen lassen sich den Gebrauchskosten zuordnen. Sie entstehen beim Gebrauch von Maschinen und der Nutzung von Betriebs- und Geschäftsausstattung. Abschreibungskosten werden berechnet, indem man den Anschaffungswert durch die vorsichtig geschätzte Nutzungsdauer in Jahren dividiert.

⁵¹ Dörrie/Preisler 2002: 98

Kalkulatorische Zinsen werden den Nutzungskosten zugerechnet. Sie entstehen durch die Nutzung betriebsnotwendigen Kapitals. Jede Investition wird als fremdfinanziert betrachtet. Für dieses eingesetzte Fremdkapital werden die kalkulatorischen Zinsen berechnet. Bei Erfassung der kalkulatorischen Zinsen je Position gilt:

$$\text{kalk. Zinsen} = (\text{Wiederbeschaffungsneuwert} \times \text{kalk. Zinssatz}) / (2 \times 100)^{52}$$

5.3.2 Kostenstellen

Die Entsorgungslogistikkette besteht aus den Prozessen Sammlung, Umschlag und Transport zur Entsorgungsanlage. Für die Einteilung in Kostenstellen werden aus diesen Prozessen eigenständige Kostenstellen gebildet. Bei jedem dieser Prozesse fallen die zuvor beschriebenen Kostenarten an, welche im folgenden Verlauf näher beschrieben werden.

Sammlung

Die bei der Sammlung entstehenden Kosten sind Kosten für das Sammelfahrzeug und Personalkosten. Personalkosten beinhalten Lohnkosten für Fahrer und Müllwerker. Die Kosten für das Sammelfahrzeug setzen sich zusammen aus Abschreibungskosten, Treibstoffkosten, Instandhaltungskosten, Steuer, Versicherung und kalkulatorischen Zinsen.

Je nach eingesetztem Fahrzeugtyp und je nach Anzahl der eingesetzten Mannschaft ergeben sich andere Kostensätze. Grundsätzlich lassen sich zwei Kostensätze unterscheiden, Kosten für ein Sammelfahrzeug mit Wechselbehältertechnologie und Kosten für ein Sammelfahrzeug ohne Wechselbehältertechnologie. Die unterschiedlichen Kostensätze resultieren aus höheren Abschreibungskosten für Sammelfahrzeuge mit Wechselbehältertechnologie. Fahrzeuge mit Wechselbehältertechnologie müssen meistens erst angeschafft werden. Es wird davon ausgegangen, dass die alten Fahrzeuge nur unter Wert verkauft werden können. In Tabelle 5.1 sind hierfür Standardkostensätze angegeben.

⁵² Dörrie/Preisler 2002: 111

Tabelle 5.1:
Kostensätze von
Sammelfahrzeugen

Sammelfahrzeug mit Wechselbehältertechnologie	114,4 €
Sammelfahrzeug ohne Wechselbehältertechnologie	67,6 €

Die Angabe der Kosten erfolgt in Geldeinheiten pro Schicht. Über die Sammelleistung pro Schicht und die durchschnittliche Entfernung zur Umschlaganlage wird die Fahrzeit berechnet. Aus der Fahrzeit und der Zahl der täglichen Umläufe erhält man die Gesamtarbeitszeit. Die Fahrzeuganzahl ergibt sich aus der Formel:

Fahrzeuganzahl = Gesamtarbeitszeit pro Tag / Arbeitszeit pro Schicht.

Die Gesamtkosten ergeben sich aus dem Produkt von Fahrzeuganzahl, Fahrzeugkosten und Sammeltagen.

Umschlag

Anfallende Kosten beim Umschlag sind Abschreibungskosten aus Investitionen, kalkulatorischen Zinsen, Instandhaltungskosten, Personalkosten, Energiekosten und Kosten für Versicherung und Steuern.

In Tabelle 5.2 sind alle Positionen einer Umschlaganlage mit Anschaffungskosten und Instandhaltungskosten aufgelistet. Je nach eingesetzter Container- und Transportvariante werden die Investitionskosten durch Addition der notwendigen Positionen ermittelt. Daraus ergeben sich die Abschreibungskosten.

Als Abschreibungszeitraum können 15 Jahre angenommen werden. Die Instandhaltungskosten werden berechnet als prozentualer Anteil der jeweiligen Anschaffungskosten. Die Kostensätze für verschiedene Umschlaganlagen bei einem Lkw-Transport sind in Tabelle 5.3 aufgelistet. Die unterschiedlichen Kostensätze ergeben sich durch die baulichen Unterschiede bei verschiedenen Standorten und umzuschlagenden Containern.

Tabelle 5.2:
Standardkostensätze
beim Umschlag

Positionen	Anschaffungskosten	Instandhaltungskosten [% von AK]
Presse	196.850,00 €	5%
Container 30'	40.900,00 €	2%
Container 20'	11.250,00 €	2%
ACTS Container	4.250,00 €	2%
Containerschlitten / Verschiebevorrichtung	20.960,00 €	2%
Einhausung, stationär	409.000,00 €	2%
Einhausung, semimobil	15.340,00 €	2%
Beton-, Fundament- und Erdarbeiten, semimobil	102.250,00 €	1%
Straßenfahrzeugwaage	51.130,00 €	2%
Krananlage	194.290,00 €	3%
Ausschiebevorrichtung	76.690,00 €	3%
Pressenunterstützung	10.240,00 €	2%

Energiekosten fallen nur bei Umschlag mit Verpressung an. Pro Tonne können etwa 1,2 kWh angesetzt werden. Bei einem Strompreis von etwa 0,15 € je Kilowattstunde betragen die Kosten für die Verpressung einer Tonne Abfall 0,18 €.

Tabelle 5.3:
Kostensätze für
Umschlaganlagen
bei Lkw-Transport

Variante der Umschlaganlage	Abschreibungskosten + kalk. Zins (7,5 %)	Instandhaltungskosten
ACTS, Standort auf Deponie	17.575,00 €	2.351,90 €
ACTS, Standort an Wohngebiet	47.930,21 €	9.202,60 €
20', Standort auf Deponie	40.263,54 €	12.613,60 €
20', Standort an Wohngebiet	70.618,75 €	19.464,30 €
30', Standort auf Deponie	41.809,72 €	13.166,10 €
30', Standort an Wohngebiet	72.164,93 €	20.016,80 €

Kosten für das Personal belaufen sich jährlich auf etwa 29.655 € je Arbeiter. An einer Umschlagstation sind ein bis zwei Arbeiter beschäftigt. Der Arbeiter übernimmt die Annahme und Eingangsverwiegung des Abfalls sowie dessen Verpressung und Verladung.

An Versicherung und Steuern fallen jährlich etwa 3.580 € an.

Transport

Bei Bahn- und Lkw-Transporten fallen unterschiedliche Kostenarten an. Deshalb muss hier unterschieden werden.

Lkw-Transport:

Die Kosten beim Transport per Lkw sind Abschreibungskosten, kalkulatorische Zinsen, Instandhaltungskosten, Versicherung und Steuern, Kraftstoffkosten, Lohnkosten, Kosten für Transportbehälter und sonstige fixe Kosten.

Die Abschreibungskosten sind abhängig von den Anschaffungskosten und der Nutzungsdauer des Lkw. In Tabelle 5.4 sind die Anschaffungskosten für verschiedene Lkw-Typen angegeben. Die Nutzungsdauer ergibt sich aus der maximalen Laufleistung eines Lkw und der jährlich gefahrenen Wegstrecke. Die maximale Laufleistung liegt bei 800.000 km.

Tabelle 5.4:
Anschaffungskosten
verschiedener Lkw
Typen

Lkw Typen	Anschaffungskosten
Lkw (dreiaxsig)	90.000,00 €
Lkw-Zug	110.000,00 €
Hakenlift-Lkw	120.110,00 €
Lkw-Zug mit Hakenlift	140.110,00 €
Sattelzug	100.000,00 €

Anhaltswerte für Instandhaltungskosten ergeben sich nach Firma Simsee Transport GmbH aus folgendem Zusammenhang: Während der gesamten Nutzungszeit sind als Kosten für Wartung und Instandhaltung die Anschaffungskosten anzusetzen.

Um die Kosten für die Steuern bestimmen zu können, ist zunächst die Ermittlung der Schadstoff- und Geräuschklasse erforderlich. Mit Hilfe der Fahrzeugpapiere und Tabelle 5.5 kann die Einstufung des Lkw in die entsprechende Steuerklasse vorgenommen werden.

Tabelle 5.5:
Übersicht über die
Kfz-Steuer Einstufung⁵³

Emissionsschlüsselnummer (siehe Fahrzeugpapiere 5. und 6. Stellen der Schlüsselnr. zu 1.)	Schadstoff- / Geräuschklasse	Steuertarif (siehe unten)
91 ⁽¹⁾	EEV ² / G1	(a)
90 ⁽¹⁾	EEV ²	(a)
84 ⁽¹⁾	S5 / G1	(a)
83 ⁽¹⁾	S5	(a)
35, 81 ⁽¹⁾	S4 / G1	(a)
80 ⁽¹⁾	S4	(a)
34, 45, 55, 71 ⁽¹⁾	S3 / G1	(a)
70 ⁽¹⁾	S3	(a)
21, 22, 33, 44, 54, 61	S2 / G1	(a)
20, 60	S2	(a)
11, 12, 31, 32, 41, 42, 43, 51, 52, 53	S1 / G1	(b)
10, 30, 40, 50	S1	(b)
01, 02	G1	(c)
00, 88	-	(d)

Die Höhe der Lkw-Steuer ist abhängig von der Steuerklasse und dem Gesamtgewicht. In Tabelle 5.6 sind die Kostensätze je angefangene 200 kg abgebildet.

⁵³ Website KFZ-Auskunft.de

Tabelle 5.6:
Höhe der Lkw und
Nutzfahrzeug KFZ-
Steuer⁵⁴

Die Steuer für Nfz über 3,5 t je angefangene 0,2 t Gesamtgewicht:	(a) Schadstoffklasse S2, S3, S4, S5 und EEV mit und ohne G1	(b) Schadstoffklasse S1 mit und ohne G1	(c) Geräuschklasse G1	(d) alle übrigen Nfz über 3,5 t
bis zu 2 t	6,42 €	6,42 €	9,64 €	11,25 €
über 2 t bis 3 t	6,88 €	6,88 €	10,30 €	12,02 €
über 3 t bis 4 t	7,31 €	7,31 €	10,97 €	12,78 €
über 4 t bis 5 t	7,75 €	7,75 €	11,61 €	13,55 €
über 5 t bis 6 t	8,18 €	8,18 €	12,27 €	14,32 €
über 6 t bis 7 t	8,62 €	8,62 €	12,94 €	15,08 €
über 7 t bis 8 t	9,36 €	9,36 €	14,03 €	16,36 €
über 8 t bis 9 t	10,07 €	10,07 €	15,11 €	17,64 €
über 9 t bis 10 t	10,97 €	10,97 €	16,44 €	19,17 €
über 10 t bis 11 t	11,84 €	11,84 €	17,74 €	20,71 €
über 11 t bis 12 t	13,01 €	13,01 €	19,51 €	22,75 €
über 12 t bis 13 t	14,32 €	14,32 €	21,47 €	25,05 €
über 13 t bis 14 t	15,77 €	15,77 €	23,67 €	27,61 €
über 14 t bis 15 t	15,77 €	26,00 €	39,01 €	45,55 €
über 15 t	15,77 €	36,23 €	54,35 €	63,40 €
maximale Jahressteuer	664,68 €	1 022,58 €	1 533,88, €	1 789,52 €

Die Kosten für die Versicherung werden durch Schadensfreiheitsklasse, Zulassungsbezirk und weitere Faktoren festgelegt. Aus den Kostensätzen der Tabelle 5.7 ergeben sich Gesamtkosten von 5.924,39 € bei einem Sattelzug und von 4.904,93 € bei einem Lkw-Zug.

Tabelle 5.7:
Kostensätze für Lkw-
Versicherung⁵⁵

Versicherungsobjekt	Kosten
Sattelzugmaschine	5.835,23 €
Sattelanhänger	89,16 €
Lkw	4.828,87 €
Anhänger bis 15 t Nutzlast	76,06 €

⁵⁴ Website KFZ-Auskunft.de

⁵⁵ Website Lkw-versicherung.info

Kraftstoffkosten berechnen sich aus dem Verbrauch pro Kilometer, den zurückgelegten Kilometern und dem Spritpreis. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch liegt bei 34 Litern je 100 Kilometern.

Die jährlichen Lohnkosten eines Lkw-Fahrers inkl. Arbeitgeberanteil liegen bei 70.000 €. Ausgehend von 250 Arbeitstagen und einer täglichen Arbeitszeit von acht Stunden ergibt sich ein Stundensatz von 35 €. Bei weiten Transportstrecken muss die Tageslenkzeit von höchstens neun Stunden eingehalten werden. Bei Überschreitungen wird ein zweiter Fahrer eingesetzt. Kosteneinsparungen können sich im Zwei-Schicht-Betrieb ergeben. Die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge reduziert sich dadurch. In der Konsequenz sinken die Abschreibungskosten.

Für jeden Lkw wird ein Transportbehältersatz benötigt. Zusätzlicher Bedarf an Transportbehältern wird bestimmt durch die Formel:

Zusätzlicher Containerbedarf = (Umläufe pro Tag / Anzahl Lkw) x (Container je Lkw x Anzahl Lkw)

Mindestens wird immer ein zusätzlicher Containersatz benötigt, der an der Umschlagstation verbleibt. Durch leere Transportbehälter wird eine kontinuierliche Befüllung an der Umladestation gewährleistet. Durch die Umläufe pro Lkw und Tag wird berücksichtigt, wie oft ein Lkw die Umladestation anfährt und die Container zurückbringt. Die anfallenden Kosten für Transportbehälter sind Abschreibungsaufwendungen und ein prozentualer Anteil an Reparaturkosten. Die durchschnittliche Nutzungsdauer liegt bei etwa 6 bis 10 Jahren. Die Reparaturkosten betragen ca. jährlich 2 % des Abschreibungsaufwands.

Unter sonstige fixe Kosten fallen anteilige Gemeinkosten wie z. B. Fuhrparkmanagement oder Kosten für Anmietung einer Garage.

Bahn-Transport:

Verfügen Quelle und Senke über keinen Gleisanschluss, so ist Vor- und Nachlauf per Lkw notwendig. Vor- und Nachlauf können als Nebenkostenstellen betrachtet werden. Die Kosten entsprechen den beim Lkw-Transport anfallenden Kosten. Der einzige Unterschied besteht in der Länge der Nutzungsdauer. Bei geringen Fahrleistungen würde die maximale Laufleistung eines Lkw erst nach mehr als 15 Jahren erreicht werden. In diesem Fall wird ein Abschreibungszeitraum von 15 Jahren verwendet. Anstatt der Anschaffung eigener Lkw für Vor- und Nachlauf kann die Beauftragung von einem Dienstleister kostengünstiger sein, vor allem bei geringer Auslastung der Lkw. Die Kosten ergeben sich aus dem Produkt der Mietkosten je Schicht und den benötigten Arbeitsschichten.

Bei dem Bahn-Transport lassen sich die Kostenarten Trassennutzungsgebühren, Anlagennutzungsgebühren, Fixkosten für Traktionsmaterial, Fixkosten für Waggon, Energiekosten, Kosten für Transportbehälter, Personalkosten sowie sonstige Fixkosten differenzieren.

Für die Nutzung der Eisenbahntrassen ist an die DB-Netz AG eine Nutzungsgebühr zu entrichten. Trassen müssen gekauft werden, um mit dem Zug auf dem Netz fahren zu dürfen. Die reine Nutzungserlaubnis reicht dafür nicht aus. Die DB Netz AG bietet deshalb beim Erwerb einer Trasse ein Paket an Basisleistungen mit an. Dazu zählen Beratung in Fragen der Fahrlagenplanung, Ausarbeiten des Fahrplans, Nutzung der für die Zugfahrt bereitgestellten Strecken-, Bahnhofs-, Überholungs- und Kreuzungsgleise, Nutzung der Oberleitungen, Übernahme der Betriebsleitung, Vereinbarung von Aufenthaltszeiten vor Abfahrt oder Ankunft des Zugs im Anfangs- oder Endbahnhof, Vereinbarung von planmäßigen Aufenthalten während der Zugfahrt sowie Erhalt von Basisinformationen zum Betriebsablauf. Nicht im Trassenpreis enthalten sind Traktionsenergie, Miete für Abstell- und Rangieranlagen, Benutzung von Personen- und Umschlagsbahnhöfen und detaillierte und spezialisierte Informationen zum Betriebsablauf.⁵⁶

Für den Güterverkehr stehen derzeit folgende Trassenprodukte zur Verfügung:

- **Güterverkehrs-Standard-Trasse** für alle Güterzüge,
- **Güterverkehrs-Zubringer-Trasse** für die Überführung von Waggon zwischen Güterverkehrsstellen und Zugbildungsanlagen,
- **Güterverkehrs-Express-Trasse** für den schnellen und direkten Gütertransport zwischen den wichtigsten Zentren in Deutschland und
- **Freight-Freeway-Trasse** für Züge des internationalen Güterverkehrs.⁵⁷

Ab dem Jahr 2004 wird es zudem eine **Güterverkehrs-LZ-Trasse** für »die Durchführung dispositiver Lok- und Triebfahrzeugfahrten sowie Überführungsfahrten ... in Instandhaltungswerke«⁵⁸ geben.

⁵⁶ Website Deutsche Bahn AG

⁵⁷ Website Deutsche Bahn AG

⁵⁸ Website Deutsche Bahn AG

Der Trassenpreis setzt sich aus den Bestandteilen Grundpreis, Produktfaktor und Sonderfaktoren zusammen. Der Grundpreis ergibt sich aus der Streckenkategorie, einer Einteilung der Strecken nach technisch-betrieblichen Merkmalen in elf verschiedene Kategorien, und der Auslastung. Von den elf Streckenkategorien kennzeichnen sieben Kategorien Fernstrecken und je zwei Kategorien Zulaufstrecken und S-Bahnstrecken. Für besonders hoch ausgelastete Strecken wird auf den Grundpreis jeder Streckenkategorie ein Aufschlag von 20 % erhoben, um die Kapazitäten besser zu steuern und Verkehrsströme auf weniger belastete Strecken zu lenken. In Tabelle 5.8 sind die Preise der verschiedenen Streckenkategorien aufgeführt.

Tabelle 5.8:
Grundpreis der
Strecken-kategorien⁵⁹

Strecken-kategorie	Grundpreis
Fplus	8,30 €
F1	3,38 €
F2	2,24 €
F3	2,12 €
F4	2,07 €
F5	2,02 €
F6	1,92 €
Z1	2,11 €
Z2	2,19 €
S1	1,45 €
S2	2,09 €

Der Grundpreis wird mit dem Produktfaktor, über den die verschiedenen Trassenprodukte im Preis berücksichtigt werden, multipliziert. Für die Güterverkehrstraßen sind die Produktfaktoren in Tabelle 5.9 dargestellt.

Tabelle 5.9:
Produktfaktoren der
Güterverkehrstraßen⁶⁰

Produktfaktoren der Güterverkehrstraßen	
Express-Trasse	1,65
Standard-Trasse	1,00
Zubringer-Trasse	0,50

⁵⁹ Website Deutsche Bahn AG

⁶⁰ Website Deutsche Bahn AG

Durch multiplikative Sonderfaktoren wie Dampflokmfahrt oder Lademaßüberschreitung werden verschiedene besondere Gegebenheiten berücksichtigt, durch additive Sonderfaktoren wie Gewicht und Radsatzlast die unterschiedliche Beanspruchung der Gleisanlagen.⁶¹ Bei einem Zuggewicht unter 1200 t und einer Radsatzlast bis 22,5 t entfällt dieser Sonderfaktor. Da Entsorgungsverkehre wegen der geringen Kapitalbindung der Entsorgungsgüter kostengünstig durchgeführt werden müssen, sollte seitens des EVU auf die Einhaltung der zuschlagsfreien Lastgrenzen und Vermeidung zusätzlicher Kosten geachtet werden. Auf Schienenstrecken im Regionalnetz, die keine tragfähige Kosten-Erlös-Struktur aufweisen, werden seit dem 01.01.2003 Zuschläge auf den Trassenpreis durch sog. Regionalfaktoren erhoben; allerdings ist diese Anwendung auf den Schienenpersonennahverkehr beschränkt.⁶²

Kosten für Infrastruktur fallen an, da die Nutzung von Umschlag- oder Entladebahnhöfen im Trassenpreis nicht beinhaltet ist. Für die Anmietung dieser örtlichen Anlagen wird der Preis nach dem Anlagenpreissystem der DB Netz AG berechnet. »Der Preis für örtliche Anlagen setzt sich aus drei Komponenten zusammen: Qualitätsstufe, Elektrifizierung und Zeitstaffel.«⁶³ Es werden fünf Qualitätsstufen »aufgrund ihrer Anbindung an das Streckennetz mittels Leit- und Sicherungstechnik«⁶⁴ unterschieden. Jede Qualitätsstufe kann mit einer Weiche, einseitig, oder zweiseitig, mit zwei Weichen, an das Schienennetz angeschlossen sein. Bei zweiseitiger Anbindung beträgt der Preis das Doppelte der einseitigen Anbindung. Zu dem längenunabhängigen Preisanteil, der durch die Nutzung der Qualitätsstufe und der Art der Anbindung berechnet wird, kommt ein längenabhängiger Preisanteil hinzu, welcher die Elektrifizierung berücksichtigt. Bei einem Gleis mit Fahrleitung ist der längenabhängige Preisanteil höher als bei einem Gleis ohne Fahrdrat. Periphere Anlagen »ergänzen die örtlichen Anlagen und ermöglichen spezielle Tätigkeiten im Rahmen der Vor- und Nachbereitung von Zugfahrten«⁶⁵. Für deren Nutzung muss ein nach Art der Anlage festgelegter Preis entrichtet werden. Eine Gleiswaage kostet beispielsweise 30.000 € . Eine Mindestnutzungsdauer von fünf Jahren ohne Langzeitrabatt besteht für nach dem 01.01.2003 errichtete periphere Anlagen. Alle Preiskomponenten des Anlagenpreissystems gelten für eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Bei längerfristiger Nutzung kann eine verbindliche Bestellung zwischen zwei und sechs Jahren erfolgen. Der gewährte Preisnachlass in Prozent entspricht der verbindlichen Nutzungsdauer in Jahren. Nutzungszeiten von unter einem Jahr werden zeitanteilig aus den Jahrespreisen berechnet.

⁶¹ Website Deutsche Bahn AG

⁶² Website Deutsche Bahn AG

⁶³ Website Deutsche Bahn AG

⁶⁴ Website Deutsche Bahn AG

⁶⁵ Website Deutsche Bahn AG

Auf die anteilig errechneten Preise wird ein Zuschlag für kurzzeitige Nutzung erhoben. Auf den anteiligen Monatspreis werden 20 %, auf den Tagespreis 35 % und auf den Stundenpreis 50 % Zuschlag erhoben. Mindestens sind jedoch 50 € für die Nutzung zu entrichten.⁶⁶

Transportbehälter werden beim Bahntransport in zwei bis dreifachem Satz benötigt, je nach Organisationsmodell. Ein Behältersatz ist die Menge der pro Umlauf transportierten Behälter. Während des Transports der vollen Behälter verbleibt ein leerer Satz an den Umschlagstationen, um eine kontinuierliche Beladung zu gewährleisten. Können die Transportbehälter während der Aufenthaltszeit des Zuges am Entladebahnhof in der Entsorgungsanlage geleert werden, ist nur der zweifache Satz notwendig. Die anfallenden Kosten sind Abschreibungsaufwendungen und ein prozentualer Anteil an Reparaturkosten. In Tabelle 5.10 sind die Anschaffungskosten verschiedener Container zusammengefasst. Die durchschnittliche Nutzungsdauer liegt bei etwa sechs bis zehn Jahren. Die Reparaturkosten betragen jährlich ca. 2 % des Abschreibungsaufwands.

Tabelle 5.10:
Anschaffungskosten
und Nutzungsdauer

Containertyp	Anschaffungskosten [€]	Nutzungsdauer [a]
ACTS	4.233,00 €	6
Max Aicher 20'	11.250,00 €	10
Max Aicher 30'	20.450,00 €	10

Fixkosten für Traktionsmaterial und Fixkosten für Waggons entstehen für deren Bereitstellung, Instandhaltung und Wartung. Wenn das Equipment gekauft wurde, fallen für die Bereitstellung Abschreibungskosten und kalkulatorische Zinsen an. Auf Grund der hohen Kapitalintensität der Investitionen wird oft ein Leasingvertrag einem Kauf vorgezogen. Dabei fallen Leasingkosten für die Bereitstellung an. Für 2-achsige Tragwagen liegen die Leasingkosten bei 16 € bis 17 € pro Tag. Bei vierachsigen Tragwagen betragen diese etwa 22 € bis 23 € pro Tag. Instandhaltungskosten werden mit einem Aufschlag von 15 % bis 20 % auf die Leasingkosten abgedeckt.

⁶⁶ Website Deutsche Bahn AG

Für die Fortbewegung des Zugs ist Traktionsmaterial, meist eine Lokomotive, erforderlich. Die Leasingkosten für eine Lokomotive belaufen sich auf ca. 40.000 € pro Monat. Die Kostensätze beinhalten einen Full-Service Vertrag mit einer Laufzeit von zehn Jahren und einer jährlichen Laufleistung von bis zu 100.000 km.

Energiekosten sind das Produkt aus Energieverbrauch, Energiepreis und Wegstrecke oder Zeit. Bei Diesellokomotiven ergibt sich ein unterschiedlicher Spritverbrauch bei Lastfahrt, Leerfahrt und Rangierbetrieb. Für die Berechnung des gesamten Energieverbrauchs gilt die Formel:

Energieverbrauch = Verbrauch Leerfahrt + Verbrauch Lastfahrt + Verbrauch Rangierbetrieb

Der Spritverbrauch bei Leer- und Lastfahrt wird meist kilometerabhängig angegeben, der Verbrauch im Rangierbetrieb meist zeitabhängig als Verbrauch pro Stunde.

Lohnkosten hängen von der Anzahl der benötigten Arbeitsstunden ab. Dabei sind die gesetzlichen Regelungen zu beachten. Im Regelfall darf die tägliche Arbeitszeit von acht Stunden nicht überschritten werden. Der stündliche Brutto-Arbeitslohn inkl. Arbeitgeberanteil eines Lokführers beträgt durchschnittlich 40 €.

Sonstige Fixkosten können mit einer Fixkostenpauschale von 16 % bis 20 % der Summe der zuvor ermittelten Kosten berücksichtigt werden. Unter diesen Fixkosten sind Kosten für Loküberführungen und Verwaltungskosten zu verstehen.

5.4 Modell zur Ermittlung der Selbstkosten

Bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen in der Kreislaufwirtschaft erhält der Anbieter des günstigsten Angebots den Zuschlag. Der Preisdruck ist besonders stark. Umso wichtiger wird die Ermittlung der Selbstkosten. Sie sind die Preisuntergrenze bei der Abgabe von Angeboten.

Mit diesem Kalkulationsmodell sind Regionalbahnen in der Lage, ihre eigenen Preisuntergrenzen zu ermitteln und mit den Kosten des Straßentransports zu vergleichen.

Kommunen und Entsorgungsunternehmen können mit diesem Kalkulationsmodell verschiedene Transportvarianten, welche sich durch die Verkehrsträger und Transportbehälter unterscheiden, hinsichtlich der Kosten einander gegenüberstellen. Die Transportvarianten und Systemvarianten unterscheiden sich durch die Behältertechnologie. Kalkulierbare Systeme sind integrierte Sammelsysteme mit Wechselbehältertechnologie, Umschlag ohne Verpressung in ACTS-Container sowie Umschlag mit Verpressung in 20' und 30' Presscontainer der Firma Max Aicher.

Diese Kalkulationshilfe besteht aus einer EXCEL Arbeitsmappe mit folgenden Tabellenblättern:

- Hilfsrechnungen,
- Sammlung,
- Umschlag,
- Kalkulation_Lkw,
- Kalkulation_Vorlauf,
- Kalkulation_Trassenpreise,
- Kalkulation_Anlagenpreise,
- Kalkulation_Bahn
- Kalkulation_Nachlauf,
- Kostenaufteilung_Bahntransport,
- Übersicht,
- Daten_Lkw und
- Daten_Umschlaganlage.

Die Tabellenblätter enthalten grüne, gelbe und blaue Felder. Grüne Felder müssen vom Benutzer ausgefüllt werden, gelbe Felder werden mit Hilfe einer Formel berechnet und blaue Felder enthalten Werte aus einem anderen Tabellenblatt. In den Datenblättern können entsprechende Eingabewerte zu Containern und Lkw nachgeschlagen werden. Die Ergebnisse der Tabellenblätter werden in eine Übersicht eingetragen.

Kalkulation der Sammelkosten

Eine Kalkulation beginnt mit dem Eintragen der Daten in die grünen Felder des Arbeitblattes »Sammlung« (Tabelle 5.11).

Tabelle 5.11:
Tabellenblatt Sammlung

Kalkulationsmodell Sammlung

Sammeldaten		Entsorgungsträger 1
Sammeltage pro Jahr		250
Arbeitszeit pro Schicht [h]		8
Abfallmenge im Sammelgebiet [t/a]		48364
Gesamtmenge		149.339
Durchschn. Entfernung zur Umladestation in [km]		20
Durchschn. Sammelleistung in [t/h]		9
Max. Nutzlast des Sammelfahrzeugs [t]		9,5
Durchschn. Auslastung der Nutzlast in [%]		100%
Fahrzeugkosten (incl. Personal) [€/Schicht]		430
Berechnung der Kosten		
Sammelmenge pro Tag		193,456
Angelieferte Behälter pro Tag		20,36378947
Durchschnittsgeschwindigkeit des Sammelfahrzeugs [km/h]		40
Fahrzeit (einfach) [min]		30
Verwiegen und Entleeren an Verwertungsstelle [min]		15
Containerwechsel in Umladestation [min]		10
Transportzeit [min]		85
Sammelzeit pro Tag [min]		63,33
Gesamtarbeitszeit pro Tag [min]		3.020,63
Erforderliche Schichten pro Tag		6,29
Sammelkosten pro Tag [€]		2.705,98 €
Sammelkosten pro Jahr [€]		676.494,99 €
Sammelkosten pro t [€]		13,99 €

Die berechneten Kosten der Sammlung werden in das Tabellenblatt »Übersicht« eingetragen. Die im Blatt »Sammlung« eingegebenen Abfallmengen der einzelnen Entsorgungsträger werden in den anderen Tabellenblättern übernommen. Dem Benutzer wird so das mehrfache Eingeben gleicher Daten erspart. Bei integrierten Sammelsystemen werden Sammelfahrzeuge mit Wechselbehältertechnologie eingesetzt. Sie unterscheiden sich zu den herkömmlichen Sammelfahrzeugen durch die Kosten pro Schicht und der Nutzlast.

Kalkulation der Umschlagkosten

Im Blatt »Umschlag« werden die system- und verkehrsträgerspezifischen Umschlagkosten ermittelt. Dazu wurden verschiedene Typen von Umschlaganlagen in alle Komponenten zerlegt. Für die Kalkulation der Umschlagkosten wird der Umschlaganlagentyp durch Eintragen der Anzahl benötigter Bauteile in die aufgelisteten Komponenten (Tabelle 5.12) ausgewählt. Die jeweiligen Kosten für Investition und Instandhaltung werden aus dem Blatt »Daten Umschlag« entnommen und mit der eingegebenen Anzahl multipliziert. Durch Eingabe eigener Werte können die Kosten angepasst werden.

Bei integrierten Sammelsystemen sind keine Investitionen für Umschlaganlagen erforderlich. Der Abfall verbleibt beim Umschlag im selben Behälter. Beim Umschlag werden volle Container gegen leere Container getauscht. Die vollen Container werden auf Bahnwaggons verladen. Dieser Umschlag kann auf einem befestigten Platz erfolgen. Daher können die Umschlagkosten bei dieser Systemvariante vernachlässigt werden.

Tabelle 5.12:
Tabellenblatt Umschlag

Gesamtabfallmenge	149.339
Anzahl der Sammelgebiete	3
Zinssatz	7,50%
Nutzungsdauer [a]	15

Entsorgungsträger	Entsorgungsträger 1	Entsorgungsträger 2
Abfallmenge pro Jahr	48364	51748

Gesamtkosten pro Jahr	93.487	142.975
Abschreibung	39.146,88	80.153,13
Betriebskosten	54.339,72	62.822,04

Bezeichnung	Stück	Stück
Presse	1	1
Containerschlitten / Verschiebevorrichtung	0	0
Einhausung, stationär	0	1
Einhausung, semi-mobil	1	
Beton-, Fundament- und Erdarbeiten, semimobil	1	1
Straßenfahrzeugwaage	1	1
Krananlage	0	0
Ausschiebevorrichtung		
Pressenunterstützung	1	1
Krananlage in Entsorgungseinrichtung		
Personal	1	1
Energie	58036,8	62097,6
Vers./Steuern	1	1

Wird der Abfall beim Umschlag umgeleert, muss die Bauvariante der Umschlaganlage ausgewählt werden. Die zwei möglichen Bauvarianten unterscheiden sich hinsichtlich der Aufwendungen zur Einhaltung der Bestimmungen des Immissionsschutzes. In der Nähe von Wohngebieten sind Auflagen des Immissionsschutzgesetzes einzuhalten. Für bauliche Maßnahmen muss hierbei mehr aufgewendet werden als bei einem Standort ohne erforderlichen Immissionsschutz, beispielsweise einem alten Deponiegelände. Durch die Wahl eines geeigneten Standorts ohne notwendigen Immissionsschutz können hier Kosten vermieden werden. In nachfolgender Tabelle 5.13 wird die richtige Kriterienauswahl für die Standortvariante mit und ohne Immissionsschutz aufgeführt.

Tabelle 5.13:
Richtige Auswahl
der Bauvariante

Auswahlkriterium	Immissionsschutz nicht erforderlich	Immissionsschutz notwendig
Einhausung, stationär	Eingabe Anzahl der Umschlaganlagen pro Sammelgebiet	Leeres Feld oder 0
Einhausung, semimobil	Leeres Feld oder 0	Eingabe Anzahl der Umschlaganlagen pro Sammelgebiet
Beton-, Fundament- und Erdarbeiten, semimobil	Leeres Feld oder 0	Eingabe Anzahl der Umschlaganlagen pro Sammelgebiet

Des Weiteren benötigen Lkw- und Bahntransport unterschiedliche Umschlaganlagen (Tabelle 5.14, Tabelle 5.15). Beim Bahntransport werden Krananlagen für die Be- und Entladung der Waggons benötigt, sowohl an der Entsorgungsanlage als auch an den Umschlaganlagen. Da die Be- und Entladung auch mit einem Hakenlift-Lkw erfolgen kann, kommt eine Krananlage nur unter bestimmten Voraussetzungen zum Einsatz.

Eine Krananlage an der Entsorgungsanlage wird notwendig

- bei Transport von 30' Presscontainern per Bahn oder
- wenn bei den anderen Varianten kein Nachlauf per Lkw erfolgt.

Eine Krananlage an der Umschlagstation ist erforderlich

- bei Transport von 30' Presscontainern per Bahn oder
- wenn bei den anderen Varianten kein Vorlauf per Lkw erfolgt.

Beim Lkw-Transport ist keine Krananlage erforderlich. Werden 30' Presscontainer verwendet, ist im Gegensatz zur Bahn eine Pressenunterstützung notwendig. Die Presse wird erhöht eingebaut und die Container können direkt an die Presse andockt werden, ohne vorheriges Abladen vom Sattelanhänger.

Für das Andocken der Presscontainer an die Presse wird statt der Pressenunterstützung beim 20' Presscontainertransport per Lkw und dem Bahntransport von Presscontainern eine Verschiebeeinrichtung oder ein Containerschlitten verwendet.

Das Entleeren der 30' Presscontainer an der Entsorgungsanlage kann nur mit einer Ausschiebevorrichtung geschehen. Für jedes Sammelgebiet wird die benötigte Anzahl eingegeben, mindestens eine Vorrichtung. Die Investitionskosten hierfür werden anteilig verrechnet. Wichtig ist deshalb die Eingabe der Anzahl der Sammelgebiete in C5.

Jede Umschlaganlage enthält eine Straßenfahrzeugwaage. Eine Straßenfahrzeugwaage gehört standardmäßig zu jeder Umschlaganlage. An einer Umschlaganlage können meist öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger und Privatpersonen Abfall anliefern. Die Gewichtserfassung bei der Anlieferung dient so der genauen Abrechnung mit den verschiedenen »Lieferanten«. Wird der Ferntransport per Lkw durchgeführt, erfolgt eine Ausgangsverwiegung. Damit wird die Einhaltung des zulässigen Gesamtgewichts kontrolliert.

Personal ist ebenfalls an jeder Umschlaganlage erforderlich zur Überwachung der betrieblichen Abläufe und zur Annahme des angelieferten Abfalls. Kosten für Versicherung und Steuern fallen für jede Umschlaganlage in etwa der selben Höhe an.

Tabelle 5.14:
Kriterienauswahl für
Umschlaganlage bei
Lkw-Transport

Bezeichnung	ACTS	20' Press-container	30' Press-container
Presse		1	1
Containerschlitten / Verschiebevorrichtung		1	
Straßenfahrzeugwaage	1	1	1
Ausschiebevorrichtung			1
Pressenunterstützung			1
Personal	1	1	1
Vers./Steuern	1	1	1

Tabelle 5.15:
Kriterienauswahl für
Umschlaganlage bei
Bahn-Transport

Bezeichnung	ACTS	20' Press-container	30' Press-container
Presse		1	1
Containerschlitten / Verschiebevorrichtung		1	1
Straßenfahrzeugwaage	1	1	1
Krananlage		0 / 1	1
Ausschiebevorrichtung			1
Krananlage in Entsorgungseinrichtung		0 / 1	1
Personal	1	1	1
Vers./Steuern	1	1	1

Für jede Container- und Transportvariante müssen die Kosten durch die Auswahl der erforderlichen Komponenten bestimmt und das Ergebnis jeder Berechnung im Tabellenblatt »Übersicht« festgehalten werden.

Kalkulation der Transportkosten per Lkw

Die Kosten setzen sich beim Lkw-Transport aus Fixkosten, variablen Kosten und Personalkosten zusammen.

Im Modell berücksichtigte Fixkosten sind Kfz-Versicherung, Kfz-Steuer, Abschreibungen und Verzinsung. Abschreibungen und Verzinsungen berechnen sich aus der Nutzungsdauer. Diese Nutzungsdauer ergibt sich aus der maximal mögliche Laufleistung eines Lkw von 800.000 km, geteilt durch die jährlich gefahrenen Kilometer.

Zu den variablen Kosten zählen Spritkosten und Instandhaltungskosten. Spritkosten werden mit einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 34 Liter pro 100 km berechnet. Für die Instandhaltung ist ein Erfahrungswert der Firma Simssee Transport angesetzt. Demnach fallen während der Lebensdauer eines Lkw Reparaturkosten in Höhe der Anschaffungskosten an.

Die Personalkosten sinken mit kürzerer Fahrzeit. Eine kürzere Fahrzeit kann mit höherer Durchschnittsgeschwindigkeit oder kürzeren Strecken erreicht werden.

Die Kosten für Container, welche aus Abschreibung und Instandhaltung bestehen, werden ebenfalls zu den Transportkosten gezählt. Damit soll auf Grund des unterschiedlichen Containerbedarfs bei Lkw- und Bahntransport eine vergleichbare Basis geschaffen werden. Für die Ermittlung der erforderlichen Container wird für jeden eingesetzten Lkw ein Containersatz berechnet. Zusätzlich sind Container notwendig, um an der Umschlagstation weiterhin Container befüllen zu können. Bei nur einem Umlauf pro Schicht ist ein weiterer Containersatz erforderlich. Verkehren die Lkw öfter zwischen Umladestation und Entsorgungsanlage, verringert sich in diesem Modell der zusätzliche Bedarf nach dem Verhältnis eingesetzter Lkw zur Anzahl der täglichen Umläufe. Damit wird die Rückführung leerer Container an die Umschlagstation berücksichtigt.

Für die Kalkulation müssen neben den einzelnen Kostenarten auch die notwendigen Ressourcen ermittelt werden. Aus der durch Entfernung und Transportmenge festgelegten Transportkapazität wird die Anzahl benötigter Fahrzeuge ermittelt. Einflussgrößen sind Durchschnittsgeschwindigkeit und Transportmenge. Die Transportmenge erhält man aus dem nach StVZO zulässigen Gesamtgewicht abzüglich Container- und Lkw-Gewicht. Technische Möglichkeiten beschränken ebenfalls die Zuladung.

Angaben zur technisch möglichen Containerbefüllung bei Pressbehältersystemen erhält man beim Hersteller. Bei herkömmlichen Containern ist die maximal mögliche Beladung abfallspezifisch. Einen Wert hierfür erhält man durch Multiplikation des Raumgewichts des Abfalls [t/m³] mit dem Container-volumen [m³].

Kalkulation der Transportkosten per Bahn

Bahntransport kann als Direkttransport und als kombinierte Transportkette mit Vor- und Nachlauf kalkuliert werden. Die einzelnen Kostenarten beim Bahntransport sind:

- Trassenkosten,
- Nutzungsgeld für Anlagen,
- Fixkosten für Traktionsmaterial,
- Fixkosten für Waggons,
- Energiekosten und
- Personalkosten.

Die Kalkulation des Bahntransports beginnt mit der Berechnung des Trassenpreises (Tabelle 5.16).

Tabelle 5.16:
Kalkulation des
Trassenpreises

Fernstreckenkategorie	Streckenkilometer mit Grundpreis		Streckenkilometer mit Auslastungsfaktor		Kosten
	Grundpreis	Strecke	Grundpreis + Auslastungsfaktor	Strecke	
Fplus	8,3	1	9,96 €		8,30 €
F1	3,38		4,06 €		- €
F2	2,24		2,69 €		- €
F3	2,12		2,54 €		- €
F4	2,07		2,48 €		- €
F5	2,02		2,42 €		- €
F6	1,92		2,30 €		- €
Z1	2,11		2,53 €		- €
Z2	2,19		2,63 €		- €
S1	1,45		1,74 €		- €
S2	2,09		2,51 €		- €
				Summe	8,30 €

Dazu werden die Streckenkategorien der Fahrstrecke ermittelt. Es wird zusätzlich zwischen hochausgelasteten und wenig ausgelasteten Abschnitten unterschieden. Die Länge der einzelnen Abschnitte wird addiert und in das Tabellenblatt »Kalkulation_Trassenpreise« eingetragen.

Der Trassenpreis wird ermittelt und automatisch in die Kalkulation des Bahntransportes eingetragen. Dort wird der Trassenpreis mit den wöchentlichen Verbindungen und den eingesetzten Zügen multipliziert. Die wöchentlich entstehenden Kosten werden auf das Jahr hochgerechnet.

Es folgt die Kalkulation des Anlagennutzungsgeldes. Bei der Kalkulation der Nutzungsgebühr für Anlagen muss jede benötigte Anlage erst durch den Eintrag »WAHR« in den Zellen C29 bis C40 aktiviert werden (Tabelle 5.17).

Tabelle 5.17:
Aktivierung und Dimensionierung der Anlagen

Anlage	Aktiviert	Qualitätsstufe	Anbindung [ein /zweis]	Grundpreis
1	WAHR	4	1	3.000,00 €
2	WAHR	3	2	4.090,36 €
3	FALSCH		1	- €
4	FALSCH		1	- €
5	FALSCH		1	- €
6	FALSCH		1	- €
7	FALSCH		1	- €
8	FALSCH		1	- €
9	FALSCH		1	- €
10	FALSCH		1	- €
11	FALSCH		1	- €
12	FALSCH		1	- €

Für jede aktivierte Anlage wird die Qualitätsstufe von 1 bis 5 eingetragen und die Weichenanbindung eingegeben. Einseitige Anbindung wird mit der Eingabe »1«, zweiseitige Anbindung mit der Eingabe »2« getätigt. Aus Qualitätsstufe und Anbindung wird der Grundpreis ermittelt.

Tabelle 5.18:
Festlegung der Vertragslaufzeit und der Nutzungsdauer

Kalkulationsmodell Anlagenpreise

Qualitätsstufe	Anbindung einseitig	Anbindung zweiseitig
1	9.203,25 €	18.406,51 €
2	5.368,56 €	10.737,13 €
3	2.045,18 €	4.090,36 €
4	3.000,00 €	6.000,00 €
5	3.200,00 €	6.400,00 €

Ihre längste Vertragsdauer in Jahren

Zahl der Züge

Zahl der Verkehrstage pro Woche

	Mit Fahrleitung	Ohne Fahrleitung
Preis/m & a	16,36	14,83

Verbindliche Bestellung in Jahren	Preis
1	100%
2	98%
3	97%
4	96%
5	95%
6	94%

Nutzungszeitraum	Zeitanteil	Zuschlag
Monat	0,083333333	20%
Tag	0,002739726	35%
Stunde	0,000114155	50%
Mindestpreis		50,00 €

Zum Grundpreis (Tabelle 5.18) wird der längenabhängige Preis addiert, welcher das Produkt ist aus Gleislänge und dem Meterpreis mit und ohne Fahrdrabt. Für Anlagen mit Fahrdrabt wird eine »1«, für Anlagen ohne Fahrdrabt eine »2« eingegeben (Tabelle 5.19).

Tabelle 5.19:
Angaben zu Fahr-
draht, Länge und
Nutzungsdauer

Grundpreis	Mit / Ohne Fahrleitung	Länge [m]	Längenabh. Preis	Preis für periphere Anlage	Gesamtpreis	Nutzungsdauer
3.000,00 €	1	300	4.908,00 €	30.000	37.908,00 €	2
4.090,36 €	2	200	2.968,00 €		7.058,36 €	2
- €	1	100	- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	
- €	2		- €		- €	

Vorhandene periphere Anlagen wie z. B. eine Gleiswaage können bei der Ermittlung des jährlichen Gesamtpreises durch eine entsprechende Preis-eingabe berücksichtigt werden.

Der ermittelte Gesamtpreis ist auf einen jährlichen Abrechnungszeitraum bezogen. Durch eine mehrjährige Vertragsdauer verbilligt sich das Nutzung-sentgeld, durch die Inanspruchnahme eines kürzeren Abrechnungszeit-raums verteuert sich das anteilige Nutzungsgeld durch einen Zuschlag. Für alle aktivierten Anlagen wird mit der Anlagennutzungsdauer pro Umlauf der günstigste Abrechnungszeitraum ermittelt. Aus diesen Werten werden die Gesamtnutzungskosten peripherer Anlagen berechnet und in das Tabellen-blatt »Kalkulation_Bahntransport« übertragen.

Die Höhe des Containersatzes hängt von der Entladung der Bahnwaggons ab. Der zweifache Satz reicht aus, wenn eine Entleerung der Container an der Entsorgungsanlage während der Aufenthaltsdauer des Zuges erfolgen kann. Werden die vollen gegen leere Container am Entladebahnhof ausgetauscht, ist der dreifache Satz erforderlich. Nach dem Ausfüllen der grün hinterlegten Felder im Tabellenblatt »Kalkulation_Bahntransport« wird der Nachlauf kalkuliert.

Die benötigten Ressourcen wie Container und Waggonanzahl werden durch die mögliche Befüllung des ausgewählten Containertyps bestimmt. Der Containerinhalt wird beim Bahntransport begrenzt durch die technisch mögliche Zuladung und die zulässige Achs- und Meterlast.

Die maximal mögliche technische Zuladung ergibt sich aus dem Container-volumen und ggf. dem Pressdruck. Für Container ohne Verpressung wird sie ermittelt, indem man das Volumen des Containers mit dem Raumgewicht [t/m³] des Abfalls multipliziert. Bei Presscontainern sind die Angaben des Herstellers zu beachten.

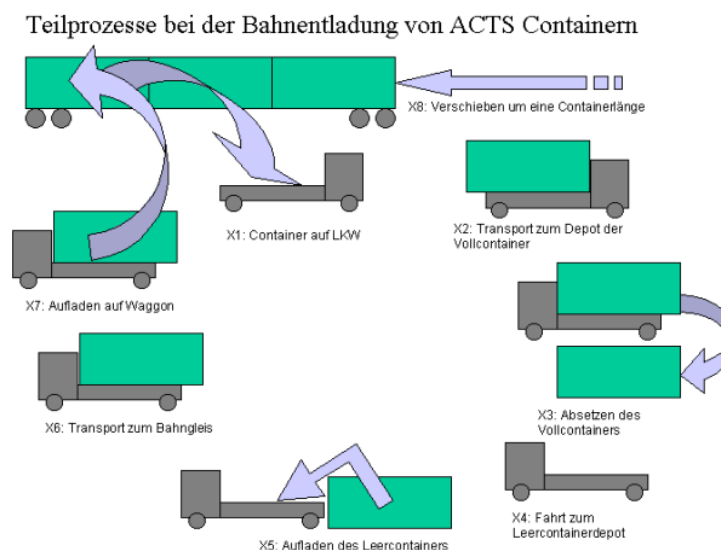
Die zulässige Achslast bzw. Meterlast berechnet sich aus dem Gesamtgewicht bezogen auf Achsen oder Länge. In dem Tabellenblatt »Hilfsrechnungen« kann der Containerinhalt bei vorgegebener Achs- oder Meterlast bestimmt werden. Beim ACTS-System ist auch ein begrenzender Faktor die Tragfähigkeit. Beim Transport von Hausmüll wird diese Grenze von 17,5 t pro Drehrahmen jedoch aufgrund des geringen Raumgewichts nicht erreicht.

Bei einer kombinierten Transportkette muss zudem die zulässige Nutzlast der im Vor- und Nachlauf eingesetzten Lkw eingehalten werden. Das Abfallgewicht und das Gewicht des Leercontainers dürfen die zulässige Nutzlast nicht überschreiten.

Die geringste Containerbefüllung wird in die entsprechenden Felder der Blätter »Kalkulation_Vorlauf«, »Kalkulation_Bahntransport« und »Kalkulation_Nachlauf« eingetragen. Mit der Befüllung des Containers lassen sich die pro Umlauf zu transportierenden Container ermitteln. Aus der zu transportierenden Containeranzahl werden die benötigten Ressourcen bestimmt und die Kosten für Waggon, Traktionsmaterial und Container festgelegt.

Die Kosten des Nachlaufs werden bestimmt durch die Verweildauer des Zuges am Entladebahnhof, der Anzahl der Container und der Umlaufdauer für die Entladung eines Containers. Ist die Aufenthaltsdauer des Zuges für eine vollständige Entleerung der Container an der Verwertungsanlage zu kurz, erfolgt ein Austausch der vollen Container gegen leere Container. Der Austausch geschieht in einem sog. Doppelspiel. Die Zeiten dieser Teilprozesse x1 bis x8 (Abbildung 5.2) müssen festgelegt werden.

Abbildung 5.2:
Teilprozesse der
Entladung mit
Zwischenlagerung



Ebenso werden die Zeiten für Transport, Abladen eines Containers und Aufenthalt an der Verwertungsanlage eingegeben. Ist der Zeitbedarf für eine Entladung der Container an der Verwertungsanlage größer als die Aufenthaltsdauer, so werden die Container am Entladebahnhof gegen Leercontainer ausgetauscht. Aus den erforderlichen Lkw Schichten werden die benötigten Lkw ermittelt. Es ist sowohl ein zwei als auch ein drei Schicht Betrieb möglich. Eine Schicht dauert acht Stunden.

Sind die Kosten für Vorlauf, Bahntransport und Nachlauf ermittelt, erfolgt eine verursachungsgerechte Aufteilung bei Bahntransport und Nachlauf. Im Blatt »Kostenaufteilung_Bahntransport« werden die Kosten aufgeschlüsselt verteilt nach Entfernung der Umschlaganlagen vom Entsorgungsstandort und der Abweichung des jeweiligen Containeranteils vom Mittelwert. Bei niedrigen Entfernungen können die Bahnkosten mit diesem Schlüssel über den Kosten des Lkw-Transports liegen und umgekehrt. Deswegen muss evtl. eine Anpassung an die Kosten des Lkw-Transports erfolgen (Tabelle 5.20).

Tabelle 5.20:
Beispiel zur Kostenaufteilung auf Entsorgungsträger

Aufschlüsselung	Entsorgungsträger 1	Entsorgungsträger 2	Entsorgungsträger 3
Kosten Vorlauf	100.000,00 €	120.000,00 €	130.000,00 €
Kosten Nachlauf	250.000,00 €	250.000,00 €	250.000,00 €
Abfallmenge / a	30.000	50.000	20.000
Containerinhalt [t]	23	23	23
Transportentfernung Straße	50	20	80
Container	1305	2174	870
Entfernungsanteil	0,3333333333	0,1333333333	0,5333333333
Containeranteil	0,300068981	0,499885031	0,200045988
Containerabweichung	-0,03	0,17	-0,13
Aufschlüsselung	0,300068981	0,299885031	0,400045988
Gesamtkosten Transport	460.195,05 €	460.195,05 €	460.195,05 €
Transport aufgeschlüsselt	138.090,26 €	138.005,61 €	184.099,18 €
Nachlauf aufgeschlüsselt	75.017,25 €	74.971,26 €	100.011,50 €
Kosten Bahntransport	313.107,51 €	332.976,86 €	414.110,68 €
Kosten / t	10,43691684	6,659537292	20,70553401

Kostenvergleich verschiedener Varianten

Um die günstigste Variante ausfindig zu machen, werden die Kosten jedes Transportsystems berechnet und in dem Tabellenblatt »Übersicht« eingetragen. Die minimalen Kosten einer jeden Containervariante für mehrere Entsorgungsträger können eingetragen und mit dem Lkw verglichen werden (Tabelle 5.21).

Tabelle 5.21:
Kostenaufteilung
auf mehrere Entsorgungsträger

System-Variante	Verkehrsträger	Kosten	Entsorgungsträger 1
Integrierte Sammelsysteme	Bahn	Sammlung	
		Transport	
		Summe	- €
	LKW	Sammlung	
		Transport	
		Summe	- €
ACTS-System	Bahn	Sammlung	
		Umschlag	
		Transport	
	LKW	Sammlung	
		Umschlag	
		Transport	
20' Presscontainer-System	Bahn	Sammlung	
		Umschlag	
		Transport	
	LKW	Sammlung	
		Umschlag	
		Transport	
30' Presscontainer-System	Bahn	Sammlung	
		Umschlag	
		Transport	
	LKW	Sammlung	
		Umschlag	
		Transport	
		Summe	- €

6 Umsetzung der Erkenntnisse in Brandenburg

Im Folgenden wird das zuvor erworbene Wissen an einem praktischen Beispiel verdeutlicht. Konkret wird ein schienengebundenes Transportkonzept erstellt und umgesetzt. Aufgrund der Entsorgungsstruktur wird hierzu das Land Brandenburg als Praxisbeispiel ausgewählt.

6.1 Das Land Brandenburg

Das Land Brandenburg im Nordosten der Bundesrepublik Deutschland ist mit einer Gesamtfläche von 29.477 km² und einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von 88 Ew./km² eines der flächenreichsten und zugleich bevölkerungsärmsten Bundesländer Deutschlands. Es gliedert sich in zwei Teilräume, den engeren Verflechtungsraum mit der Bundeshauptstadt Berlin einerseits und den äußeren Entwicklungsraum andererseits. Zwischen beiden Teilräumen bestehen erhebliche räumliche Disparitäten. Schlüsselindikatoren, wie z. B. die Bevölkerungsdichte, verdeutlichen dies⁶⁷. Zum engeren Verflechtungsraum, dem sogenannten »Speckgürtel«, zählen 276 Gemeinden, die 15 % der Fläche Brandenburgs in Anspruch nehmen und über 36 % der brandenburgischen Bevölkerung beheimaten. Jenseits des Speckgürtels eröffnet sich der äußere Entwicklungsraum. Zu ihm zählen 1.420 Gemeinden⁶⁸, die ihrerseits 85 % der Fläche Brandenburgs in Anspruch nehmen und knapp 64 % der Bevölkerung beheimaten. Das Gefälle der Bevölkerungsdichte von Berlin über das Berliner Umland bis hin zu den Randgebieten Brandenburgs ist enorm: In Berlin selbst leben ca. 3.400 Ew./km², im Berliner Umland sind es immerhin noch 213 Ew./km², in den Randgebieten Brandenburgs sind es dagegen lediglich 66 Ew./km². Bevölkerungsverdichtungen im äußeren Entwicklungsraum befinden sich in den kreisfreien Städten Brandenburg an der Havel, Cottbus, Frankfurt/Oder und im Südosten des Landes.⁶⁹

⁶⁷ Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2003

⁶⁸ Nicht berücksichtigt sind die Zusammenschlüsse von Gemeinden sowie die Eingemeindungen vom 30. September 2002

⁶⁹ Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg/Senatsverwaltung für Stadtentwicklung des Landes Berlin 1998. Die Daten wurden auf den Stand vom 31.12.2001 gebracht.

6.2 Abfallwirtschaft im Land Brandenburg

Für die Abfallwirtschaft im Land Brandenburg sind 17 öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger - 4 kreisfreie Städte, 10 Landkreise und 3 Abfallzweckverbände - zuständig. Die Abfallbilanz dieser Entsorgungsträger verdeutlicht den kontinuierlichen Rückgang der Abfallmenge, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen wird. Im Jahr 2001 summierte sich diese Menge auf 1,92 Mio. t. Gegenüber dem Jahr 2000 ist dies eine Reduzierung um ca. 3 %, gegenüber dem Jahr 1998 eine Reduzierung um ca. 5 %. Da eine alleinige Betrachtung der Gesamtabfallmenge nur eingeschränkt aussagekräftig ist, nimmt die brandenburgische Abfallbilanz eine differenzierte Betrachtung der Abfall- und Wertstoffgruppen vor, die inhaltlich zu sieben Hauptgruppen (feste Siedlungsabfälle, getrennt erfasste Wertstoffe, Problemstoffe, Bauabfälle, Klär-/Fäkalschlamm, produktionsspezifische Abfälle und sonstige Abfälle) zusammengefasst werden. Die festen Siedlungsabfälle und die Bauabfälle, die den größten Anteil an der Gesamtabfallmenge ausmachen, verringerten sich im Vergleich zu 1998 um 16 % bzw. 9 %. Die Hausmüllmenge, als bedeutendste Fraktion der festen Siedlungsabfälle, sank von 184 kg/Ew. im Jahr 1998 auf 153 kg/Ew. im Jahr 2001.⁷⁰

Da Berlin selbst keine eigenen Kapazitäten zur Abfallablagerung besitzt, werden sowohl die Abfälle aus der Bundeshauptstadt als auch die Abfälle des Bundeslandes Brandenburg auf Siedlungs- und Bauschuttdeponien des Landes Brandenburg abgelagert. Nicht verwertbare Abfälle werden auf 40 Siedlungsabfalldeponien, 20 Betriebs- und Inertstoffdeponien sowie einer Sonderabfalldeponie verbracht. Neben den Deponien sind 100 Kompostierungs- und 205 Bauabfallaufbereitungsanlagen in Betrieb. Thermische Abfallbehandlungsanlagen existieren nicht.

Bei Abfällen, die nicht verwertet werden können, wählt das Land Brandenburg einen neuen Ansatz, Abfälle gemeinwohlerträglich zu beseitigen. Der sogenannte »Brandenburger Weg« sieht die direkte Ablagerung der mineralischen Fraktion, im Wesentlichen Aschen und Kehricht, die biologische Behandlung der Fraktion mit überwiegend biologisch abbaubaren Abfällen sowie die thermische Behandlung von biologisch nicht oder nur schwer abbaubaren heizwertreichen Fraktionen mit möglichst hohem Energiegewinn vor. Dieser Ansatz verfolgt unter den Bedingungen eines dünn besiedelten Bundeslandes durch eine Kombination aus geeigneten Verfahren zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, thermischer Behandlung der heizwertreichen Abfallanteile und anschließender Beseitigung der so behandelten Abfälle einen flexiblen, wirtschaftlichen und ökologisch ausgewogenen Weg zur Behandlung und Ablagerung der Restabfälle.

⁷⁰ Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001

Der Brandenburger Weg soll mit Blick auf die Auswirkungen der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) ab dem Jahr 2005 eine differenzierte Restabfallbehandlung gewährleisten. Gleichzeitig soll dadurch ermöglicht werden, Deponien künftig wirtschaftlich weiterzubetreiben und ordnungsgemäß abzuschließen.

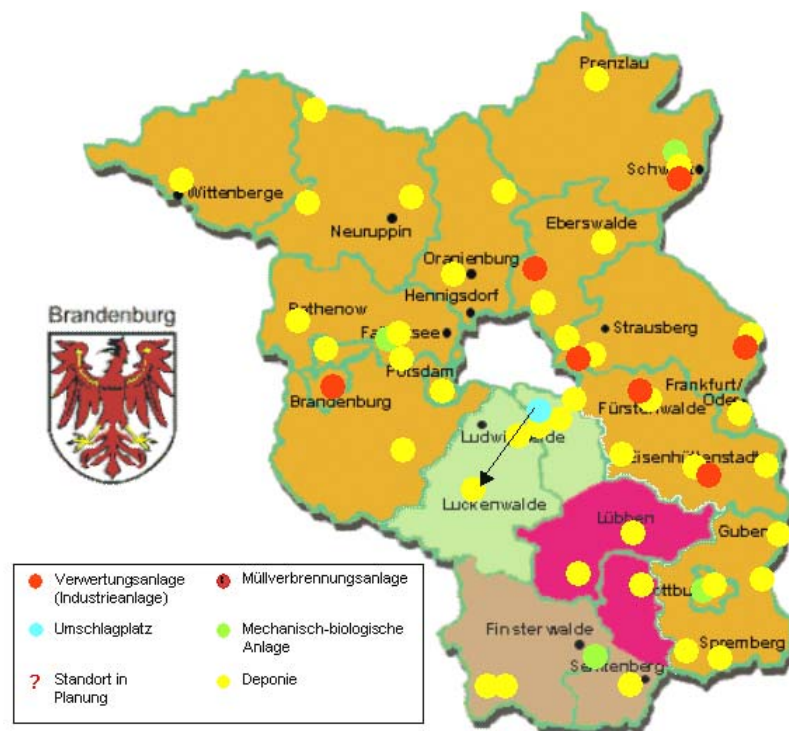
6.3 Schienengebundene Abfalltransporte

Mit Inkrafttreten der TASi werden in Brandenburg die Entsorgungskapazitäten knapp: Auf den meisten Deponien dürfen ab 2005 keine Abfälle mehr abgelagert werden, da sie dann nicht mehr den gesetzlichen Anforderungen genügen. Von den vier verbleibenden Deponien dürfen zwei über das Jahr 2009 genutzt werden, zwei weitere Deponiebetreiber haben eine Verlängerung beantragt. Rund 53 % der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, so das MLUR, werden künftig ihre Abfälle in teils neu zu errichtenden mechanisch-biologischen Anlagen behandeln. Die Entsorgungsanlagen werden derzeit von den Kommunen ausgeschrieben. Mit den Ausschreibungen kommt es auch zur Ausschreibung neuer Entsorgungs- und Transportkonzepte. Durch die Schließung von nahegelegenen Deponien in Verbindung mit der zukünftig überwiegend mechanisch-biologischen Behandlung des Restabfalls kommt es zu einer Veränderung des Transportaufwandes. Der Mehraufwand an Verkehren in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft, die größten Teils mittels Lkw abgewickelt werden, führt zu einer erheblichen Verkehrsbelastung auf der Straße. Eine Alternative zum derzeit dominierenden Straßengüterverkehr ist die Einbindung des umweltfreundlichen Verkehrsträgers Schiene. Möglichkeiten zur Einbindung bestehen bei dem Transport gesammelter Abfälle zu zentralen mechanisch-biologischen bzw. thermischen Behandlungsanlagen oder bei dem Transport des Output dezentraler mechanisch-biologischer Behandlungsanlagen zu nachgeschalteten zentralen thermischen Behandlungsanlagen bzw. Deponien. Es muss jedoch im Einzelfall, also für jeden öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, geprüft werden, ob die Einbindung des Verkehrsträgers Schiene sinnvoll respektive rentabel ist. Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML und der Osthavelländischen Eisenbahn OHE AG ergaben, dass nicht alle Entsorgungsgebiete der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger in Brandenburg die Bedingungen für den Einsatz der Bahn erfüllen. Für die Entsorgungsgebiete Cottbus/Spree-Neiße, Havelland, AEV »Schwarze Elster« und Oberhavel erscheint ein Bahntransport unrentabel. Der Grund hierfür liegt in den auch zukünftig kurzen Transportrelationen.

6.4 Analyse der derzeitigen Sammelstruktur

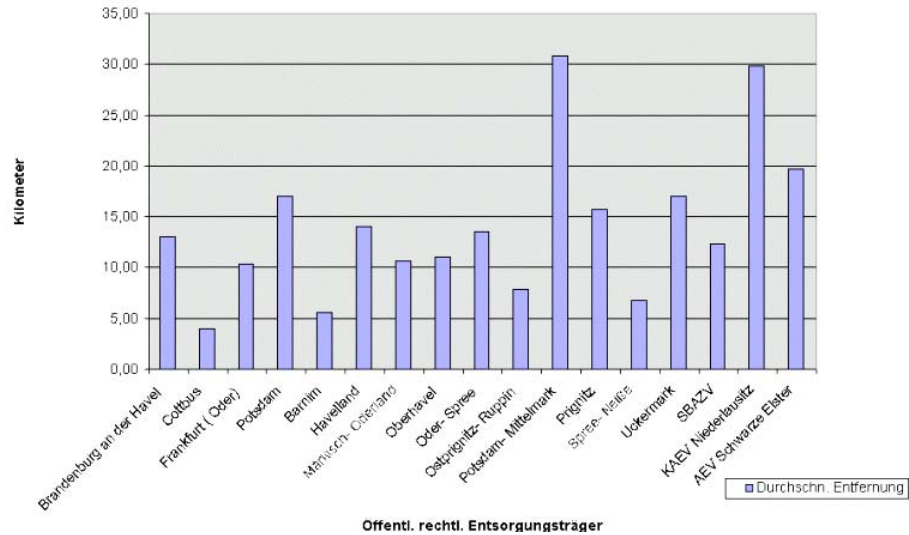
Aus einer Analyse der derzeitigen Sammelstruktur Brandenburgs, dargestellt in Abbildung 6.1 geht hervor, dass es derzeit nur vereinzelt Zusammenschlüsse der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zu Abfallzweckverbänden gibt. Insgesamt existieren vier mechanisch-biologische Verwertungsanlagen in ganz Brandenburg. Der Abfall der Entsorgungsträger wird größten Teils zur landkreiseigenen Deponie gebracht und dort entsorgt.

Abbildung 6.1:
Sammelstruktur in
Brandenburg heute



Es wurde die mittlere Transportentfernung der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zu ihren Deponien abgemessen. Aus Abbildung 6.2 wird deutlich, dass nur bei zwei Entsorgungsträgern eine Transportentfernung von mehr als 20 km besteht. Der Abfalltransport kann bei dieser Sammelstruktur als Direkttransport mit dem Sammelfahrzeug erfolgen. Ein Umschlag auf ein Fernverkehrsmittel scheint unrentabel, da die in der Literatur gebräuchlichen Werte für gebrochenen Verkehr von mindestens 15 km nur bei sechs Entsorgungsträgern überschritten werden.

Abbildung 6.2:
Transportentfernung der Entsorgungsträger zu den Deponien



6.5 Analyse der Sammelstruktur ab 2005

Wie aus Abbildung 6.3 hervorgeht, verbleiben von den landkreiseigenen Deponien nur noch vier im Jahr 2005, zwei davon nach dem Jahr 2009. Eine Betriebsgenehmigung nach dem Jahr 2005 haben zwei weitere Deponien beantragt. Sichtbar wird eine Tendenz der Entsorgungsträger zur Bevorzugung mechanisch-biologischer Anlagen für die Abfallbehandlung.

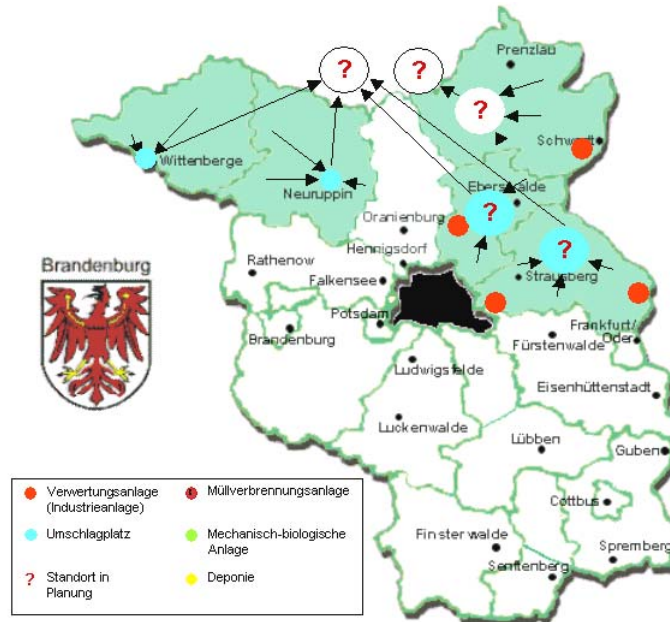
Abbildung 6.3:
Sammelstruktur in
Brandenburg im
Jahr 2005



6.6 Szenarienbildung

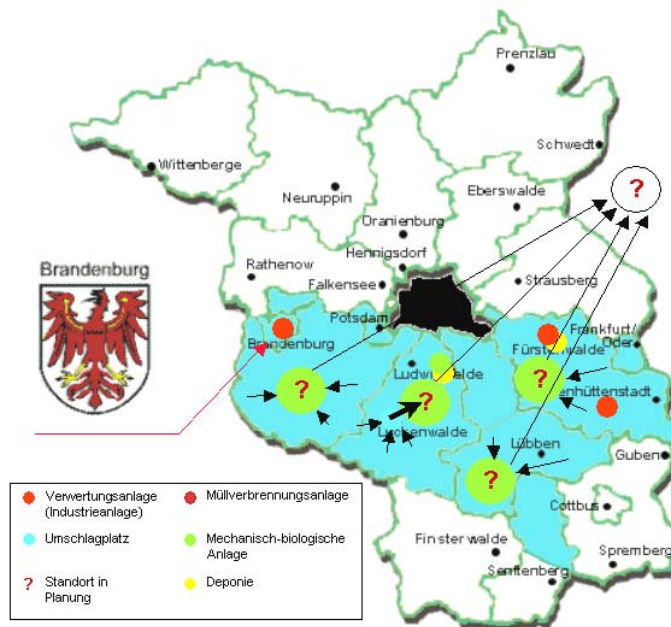
Im nächsten Schritt erfolgt die Bildung von möglichen Szenarien für den Einsatz von Regionalbahnen bei der Entsorgung von Hausmüll. Es kristallisieren sich zwei Einsatzmöglichkeiten heraus. Zum einen, wie in Abbildung 6.4 dargestellt, können Regionalbahnen für den Transport von Hausmüll zwischen der Umschlaganlage und der Verwertungsanlage eingesetzt werden.

Abbildung 6.4:
Einsatzmöglichkeit
der Bahn beim
Transport zur Ver-
wertungsanlage



Eine andere Einsatzmöglichkeit bietet sich an, wenn mehrere benachbarte Landkreise auf mechanisch-biologische Anlagen setzen (Abbildung 6.5). Der anfallende Output einer solchen Anlage muss in einer thermischen Behandlungsanlage oder auf einer Deponie entsorgt werden. Der Transport des Outputs könnte von einer Regionalbahn übernommen werden. Als Verwertungsanlage für den Output bietet sich die Anlage in Brandenburg Kirchmöser, in Abbildung 6.5 mit einem roten Pfeil markiert, besonders gut an. Diese Anlage besitzt bereits einen Gleisanschluss.

Abbildung 6.5:
Einsatzmöglichkeit
der Bahn beim
Transport des
Output



Diese beiden Einsatzmöglichkeiten von Regionalbahnen werden untersucht hinsichtlich der Möglichkeit zur Bündelung von Abfallströmen. Eine Bündelung der Ströme kann nur erfolgen, wenn dabei bestehende Ausschreibungsbedingungen der Entsorgungsträger eingehalten werden. Ausschreibungen können einerseits standort- und verfahrensoffen erfolgen. Diese Ausschreibungen ermöglichen eine Einbindung dieser Entsorgungsträger in ein Logistikkonzept zur Bündelung von Abfallströmen. Andererseits können Standorte der Umschlag- und Entsorgungsanlagen oder das Verfahren der Abfallbehandlung bereits in den Ausschreibungen festgelegt sein. Das Erstellen eines gemeinsamen Logistikkonzepts für mehrere Entsorgungsträger wird somit erschwert.

Um ein Szenario zu finden, welches eine Bündelung der Güterströme ermöglicht, werden die Ausschreibungsunterlagen der Landkreise Brandenburgs analysiert. An Hand von Abbildung 6.6 lässt sich erkennen, wie weit die Ausschreibungen fortgeschritten sind. Bei noch nicht eröffneten Ausschreibungsverfahren kann evtl. noch Einfluss genommen werden.

Abbildung 6.6:
Stand der Ausschreibungen in Brandenburg⁷¹

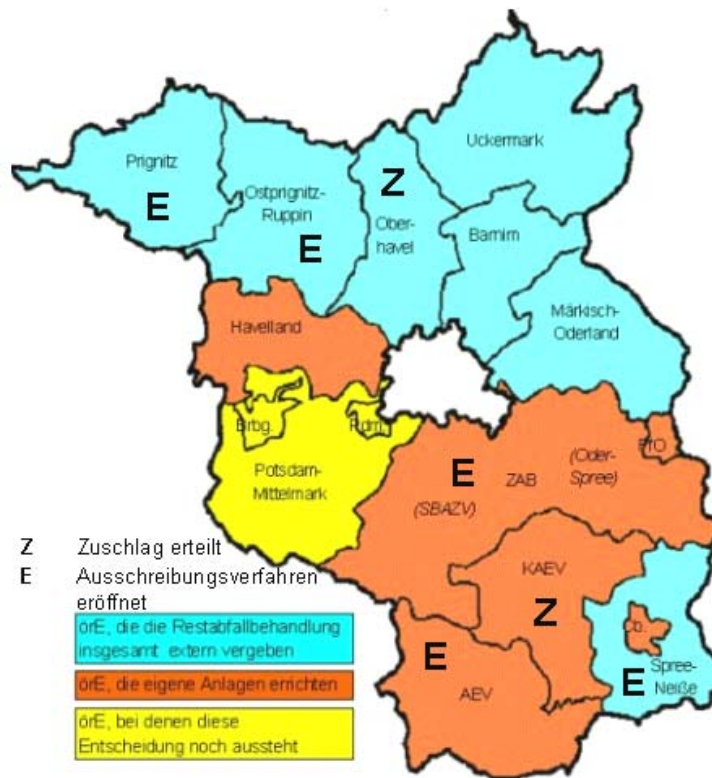
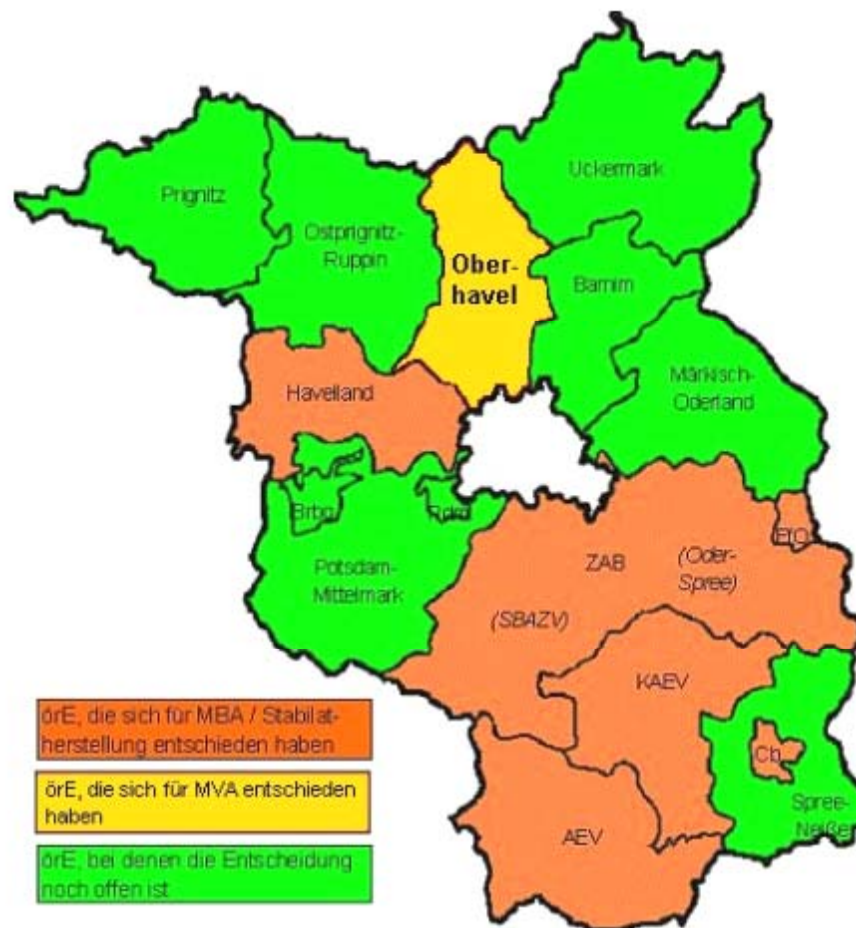


Abbildung 6.7 verdeutlicht, für welche Art von Entsorgungsanlagen sich die Entsorgungsträger in den Ausschreibungen entschieden haben. Ersichtlich ist der Trend zu mechanisch-biologischen Verwertungsanlagen.

⁷¹ Stand: November 2002

Abbildung 6.7:
Stand der Entscheidungen über
Entsorgungsverfahren in Brande-
nburg⁷²



Auf Grund der dargestellten Ausschreibungslage werden die drei benachbarten Landkreise Uckermark, Barnim und Märkisch-Oderland als Szenario ausgewählt. Sie haben sich in ihren Entscheidungen über ein Entsorgungsverfahren noch nicht festgelegt. Die Landkreise planen keine Errichtung eigener Anlagen. Auch hat das Ausschreibungsverfahren hier noch nicht begonnen.

Abfallquellen des Szenarios sind die Umschlaganlagen. Die Entsorgungsanlage ist die Senke. Als Entsorgungsstandort wäre die thermische Entsorgungsanlage in Oberhavel ideal. Nachfragen ergaben jedoch, dass die Kapazität nur für den eigenen Landkreis ausreicht.

⁷² Stand: November 2002

Ein weiterer Entsorgungsstandort ist Schöneiche. Dort wird von der MEAB eine Deponie betrieben, die über das Jahr 2005 eine Genehmigung besitzt. Auf dem Gelände der Deponie soll eine mechanisch-biologische Verwertungsanlage entstehen. Vorteilhaft daran ist, dass der Output der Anlage auf dem Gelände verbleiben kann und keine zusätzlichen Transportkosten verursacht. Der Entladebahnhof Schöneicher Plan ist 3 km vom Entsorgungsstandort entfernt.

6.7 Ermittlung der optimalen Umschlagsorte

Die Festlegung der Quellen geschieht durch die Ermittlung der optimalen Umschlagstandorte. Die optimalen Umschlagstandorte sind durch minimale Sammelkosten charakterisiert. Minimale Sammelkosten werden erreicht durch minimale Tonnenkilometer bei der Sammlung. In Tabelle 6.1 sind die optimalen Standorte verschiedener Landkreise aufgeführt.

Tabelle 6.1:
Optimale Umschlagstandorte
verschiedener
Landkreise

Umschlagstandort	Landkreis	Tonnenkilometer
Perleberg	Prignitz	1.060.205
Neuruppin	Ostprignitz-Ruppin	1.251.072
Fürstenwalde	Oder-Spree	2.411.959
Biesenthal	Barnim	1.036.617
Petershagen	Märkisch Oderland	1.447.707
Birkenwerder	Oberhavel	1.098.337
Seddin	Potsdam-Mittelmark	1.572.649
Passow	Uckermark	2.278.767

Die Ermittlung des optimalen Umschlagstandorts soll am Landkreis Märkisch-Oderland gezeigt werden. Zunächst werden die Einwohnerzahlen der größten Städte und Orte im Landkreis ermittelt. Die Einwohnerzahlen der ausgewählten Orte sollten etwa 70 % der Gesamtbevölkerung des Landkreises ausmachen. In Tabelle 6.1 werden 69 % erreicht. Für jeden Ort wird der prozentuale Bevölkerungsanteil berechnet. Das gesamte Abfallaufkommen des Landkreises wird anteilig auf die Orte verteilt.

Tabelle 6.2:
Entfernungen zu
den Umschlags-
standorten

Entfernungen in km				
Ort	Neuenhagen	Hoppengarten	Petershagen	Fredersdorf
Seelow	51,6	53,5	46,7	47,5
Müncheberg	34,7	35,2	28,9	30,4
Neuenhagen b. Berlin		4,6	9,8	8
Wriezen	41,9	47,8	35,1	37,1
Rüdersdorf	11,6	12,1	5,8	7,3
Dahlwitz- Hoppengarten	4,6		10,3	8,5
Fredersdorf	8	8,5	2	
Petershagen	9,8	10,3		2
Bad Freienwalde	45	49,3	42,3	44,2
Hennikendorf	14,8	15,3	8,9	9,7
Hönow	4,1	5,3	10,6	8,8
Rehfelde	19,6	24	13,1	14,3
Buckow	37,7	35,7	26,8	28,7
Strausberg	18	20,6	10,8	12,8
Golzow	63,6	65,5	58,6	59,4
Neuhardenberg	52,8	53,2	39,1	41,1
Summe	417,8	387,4	348,8	359,8

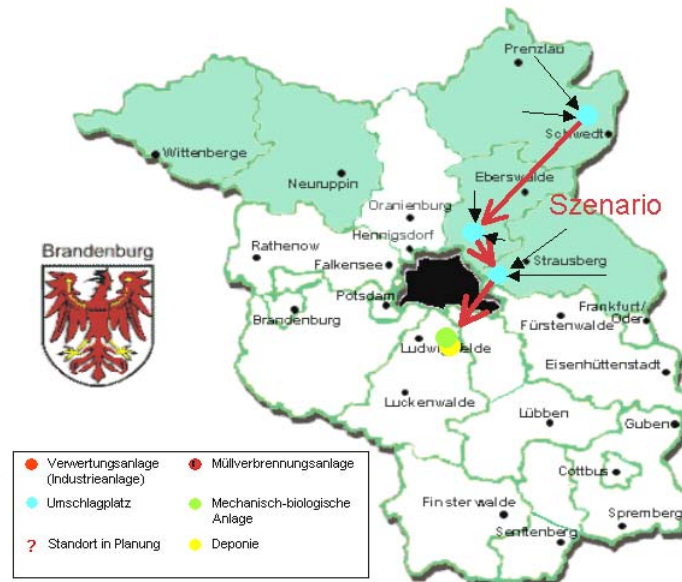
Die Orte werden in die Zeilen einer neuen Tabelle übernommen. In den Spalten stehen ausgewählten Umschlagsorte. Für alle Orte werden die Entfernungen zu den Umschlagsorten aufgelistet (Tabelle 6.2). Durch Multiplikation der Entfernungen mit der Abfallmenge des jeweiligen Orts erhält man die Tonnenkilometer zu den Umschlagorten. Der Ort mit den geringsten Tonnenkilometer kennzeichnet den optimalen Sammelpunkt.

Tabelle 6.3:
Tonnenkilometer zu
den Umschlag-
standorten

Tonnenkilometer				
Ort	Neuenhagen	Hoppengarten	Petershagen	Fredersdorf
Seelow	172.543	178.896	156.158	158.833
Müncheberg	171.946	174.424	143.206	150.639
Neuenhagen b. Berlin	0	42.396	90.323	73.733
Wriezen	198.097	225.992	165.948	175.404
Rüdersdorf	76.280	79.568	38.140	48.004
Dahlwitz- Hoppengarten	16.317	0	36.535	30.151
Fredersdorf	54.713	58.132	13.678	0
Petershagen	70.323	73.911	0	14.352
Bad Freienwalde	281.401	308.290	264.517	276.398
Hennikendorf	30.505	31.536	18.344	19.993
Hönow	15.508	20.047	40.095	33.286
Rehfelde	40.242	49.275	26.896	29.360
Buckow	39.901	37.785	28.365	30.376
Strausberg	291.616	333.738	174.970	207.371
Golzow	41.654	42.898	38.379	38.903
Neuhardenberg	100.250	101.010	74.238	78.036
Summe	1.601.297	1.757.899	1.309.792	1.364.838

Das Szenario mit den nach diesem Verfahren ermittelten Quellen Passow (Uckermark), Biesenthal (Barnim) und Petershagen (Märkisch-Oderland) ist in Abbildung 6.8 dargestellt. Die Entsorgung erfolgt über den Standort Schöneiche.

Abbildung 6.8:
Ausgewähltes
Szenario



6.8 Ressourcenermittlung

Nach der Festlegung der Quellen und Senken des Szenarios werden die benötigten Ressourcen ermittelt. Die in den Landkreisen des Szenarios jährlich anfallende Abfallmenge beträgt 134.339 t. Das entspricht einer Transportmenge von 597 t je Sammeltag.

Für diese Abfallmenge des Szenarios muss eine ausreichende Entsorgungs- und Transportkapazität zur Verfügung stehen. Die Überprüfung der Restlaufzeit der Deponie Schöneiche in Abbildung 6.4 beweist das Vorhandensein ausreichender Entsorgungskapazität. Unter den Voraussetzungen, dass nur die Abfallmenge der drei Landkreise verwertet wird und nur 35 % der Eingangsmenge in der mechanisch-biologischen Anlage als Output anfallen, beträgt die Restlaufzeit 47,8 Jahre. Die Entsorgung über den Standort Schöneiche ist somit für einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren sichergestellt.

Tabelle 6.4:
Ermittlung der
Restlaufzeit der
Deponie Schönei-
che

öffentlich- rechtliche Entsorgungsträger	Verwertete Siedlungsabfälle*	Summe
Barnim	51.748	
Märkisch- Oderland	49.227	100.975
Uckermark	48.364	48.364
Gesamt [t]:	149.339	
Deponiekapazität Schöneiche [m3]	10.000.000	
Wirkungsgrad der MBA	0,35	
jährlich zu deponieren [t]	52.269	
jährliches Volumen [m3]	209.075	
Restlaufzeit der Deponie [a]	47,8	

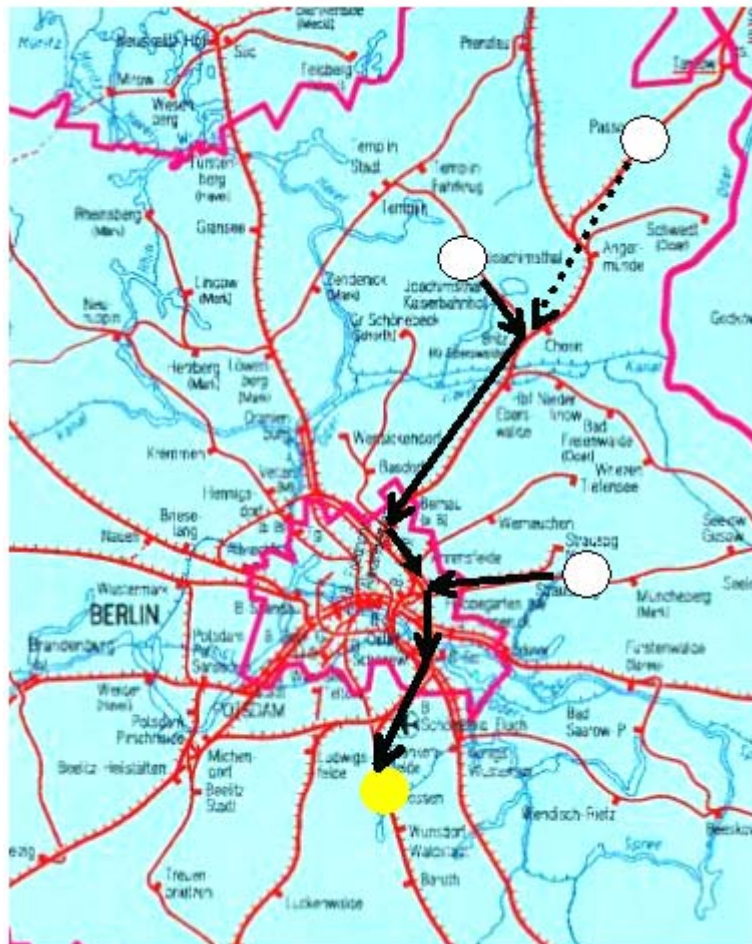
Die Ermittlung der benötigten Transportkapazität zeigt Tabelle 6.5. Für den Transport des anfallenden Abfalls des Szenarios ist ein Zug von 23 ACTS Waggons mit je 3 ACTS Containern pro Waggon notwendig.

Tabelle 6.5:
Ermittlung der
erforderlichen
Anzahl an Bahn-
waggons

öffentlich- rechtliche Entsorgungsträger	Verwertete Siedlungsabfälle*	Waggons / Tag
Barnim	51.748	7,67
Märkisch- Oderland	49.227	7,29
Uckermark	48.364	7,17
Gesamt [t]:	149.339	
Gesamtmenge pro Sammeltag [t]	597	
Inhalt des ACTS Containers [m3]	30	
Anzahl Container pro Bahnwaggon	3	
Raumgewicht des Abfalls [t / m3]	0,30	
Benötigte Waggons pro Tag	22,12	

In Zusammenarbeit mit der OHE wird ein Sammelzugkonzept erstellt. Wie in Abbildung 6.9 zu erkennen ist, werden die mit vollen Containern beladenen Waggons der Umschlagstation Pinnow (Uckermark) zur Umschlagstation Biesenthal (Barnim) transportiert. Dort werden weitere Waggons angehängt. Der Sammelzug fährt zur dritten Umschlagstation in Petershagen (Märkisch-Oderland), um von dort die abgestellten Waggons mitzunehmen.

Abbildung 6.9:
Sammelzugkonzept



Am Endbahnhof in Schöneicher Plan werden die 69 Container der 23 Waggon mit 2 Hakenlift-Lkw gegen leere Container ausgetauscht, da die Verweildauer des Zuges für eine Entleerung der Container an der 3 km entfernt liegenden Entsorgungsanlage zu kurz ist. Ein dritter Containersatz verbleibt an den Umschlagsstationen und wird inzwischen befüllt. Auf der Rückfahrt werden die mit leeren Containern bestückten Waggon des Sammelzuges auf die Umschlagstationen verteilt. Mit Hakenlift-Lkw werden dort die Waggon mit den vollen Containern bestückt (Tabelle 6.6).

Tabelle 6.6:
Fahrplan des
Sammelzugs

06:00 ab Schöneiche	23 Tragwagen, 69 Leercontainer
07:30 an Fredersdorf	Abstellen von 7 Tragwagen
08:30 ab Fredersdorf	16 Tragwagen, 48 Leercontainer
10:00 an Biesenthal	Abstellen von 8 Tragwagen
11:00 ab Biesenthal	8 Tragwagen, 24 Leercontainer
12:30 an Passow	Austausch der 24 Leercontainer gegen 24 befüllte
16:00 ab Passow	8 Tragwagen, 24 Vollcontainer
17:30 an Biesenthal	Aufnahme von 8 beladenen Wagen
18:30 ab Biesenthal	16 Tragwagen, 48 Vollcontainer
20:00 an Fredersdorf	Aufnahme von 7 beladenen Wagen
21:00 ab Fredersdorf	23 Tragwagen, 69 Vollcontainer
22:30 an Schöneiche	Austausch 69 Vollcontainer gegen 69 Leercontainer

6.9 Kalkulation

Auskunft über die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Schienenkonzepts gibt eine Kalkulation des Szenarios. Die Gegenüberstellung der Transportkosten (Tabelle 6.7) von ACTS Containern per Bahn- und Lkw zeigt Einsparungen des Sammelzugkonzepts von über 200.000 € jährlich.

Tabelle 6.7:
Gegenüberstellung
der Transportkosten

Kosten	Bahn	LKW
Gesamtkosten	2.417.970 €	2.652.474 €
Bamim	693.957 €	749.414 €
Märkisch- Oderland	522.282 €	495.759 €
Uckermark	1.201.731 €	1.407.300 €
Differenz:	-234.504 €	

In der Praxis scheint der Lkw Ferntransport mit ACTS Containern unwahrscheinlich, da die Nutzlast durch das geringe Eigengewicht des Hausmülls ohne Verpressung nicht erreicht wird und der Transport daher über weite Entfernungen teuer wäre. Der Einsatz von Presscontainern wird hier sinnvoll sein.

Beim Transport per Bahn scheint der Einsatz von Presscontainern bei größeren Abfallmengen ebenfalls sinnvoll. Kosten können auch hier gesenkt werden. Im Anhang sind die Kostenkurven für Container und Tragwagen verschiedener Transportbehälter dargestellt. Die Kosten setzen sich zusammen aus:

Kosten = Abschreibung Container + Kalk. Zins + Miete Tragwagen

Prämissen bei diesem Vergleich sind:

- Die Abfallmenge kann unabhängig von Containervariante mit einem Zug transportiert werden.
- Die tägliche Abfuhr ist in den Ausschreibungen festgelegt, d. h. die Zahl der Umläufe reduziert sich durch Verpressung nicht.
- Unterschiedliche Umschlagkosten auf Grund höherer Investitionen bei Verpressung sind nicht berücksichtigt.
- Sonstige Transportkosten wie Kosten für Traktionsmaterial, Personalkosten, Energiekosten etc. bleiben unverändert.

Die Kosten für Tragwagen und Container sind sprungfixe Kosten. In der Abbildung sind in jeder Kostenkurve zwei unterschiedliche Kostensprünge erkennbar. Überschreitet die tägliche Transportmenge das Transportvolumen des ersten Containers (ACTS: 8 t, Max Aicher 20': 17 t, Max Aicher 30': 26,45 t), muss ein zweiter Container beschafft werden. Die Containerkosten verursachen den ersten Sprung. Der zweite Sprung resultiert aus der Miete für die Tragwagen. Überschreitet die Anzahl der Container die Anzahl der Containerplätze des Tragwagens, kommt ein weiterer Waggon zum Einsatz.

Werden Presscontainer (Max Aicher 20' und Max Aicher 30') eingesetzt, so verringert sich die Anzahl der zu transportierenden Container durch die bessere Volumenausnutzung bei höherem Raumgewicht des Abfalls. Eine niedrigere Anzahl Container kann mit weniger Tragwagen transportiert werden, die Mietkosten sinken. Auf Grund der niedrigeren Anschaffungskosten der ACTS Container und der niedrigeren Umschlagkosten beim ACTS System eignet sich dieses für geringe Abfallmengen.

Der Einsatz von Presscontainern ist günstiger, wenn die höheren Kosten des ACTS Systems für Container und Tragwagen die zusätzlichen Umschlagkosten des Presscontainersystems erreichen.

Die Kosten für Vor- und Nachlauf können bei Presscontainern nicht nur durch reduzierte Handlingkosten vermindert werden, sondern auch durch eine automatische Entladevorrichtung in der Entsorgungsanlage. Voraussetzung dafür ist ein in Bunkernähe gelegener Gleisanschluss.

6.10 Umsetzung der Ergebnisse

Der Nachweis der Kostentragfähigkeit ist entscheidend für die Umsetzung des Szenarios. Es ist das wichtigste Argument für die Überzeugung der entscheidenden Instanzen, d. h. den Entsorgungsträgern und Entsorgungsunternehmen. Die Entsorgungsträger legen in den Ausschreibungen den Grundstein, indem sie mit Ausschreibungsbedingungen zu Gunsten oder zum Nachteil der Bahnen einschränken. Entsorgungsunternehmen fordern Logistikdienstleister zur Abgabe von Angeboten für ihre Logistikkonzepte auf.

Aufgabe ist es, alle Parteien von den Vorteilen eines Sammelzugkonzepts zu überzeugen. Ergebnisse dieses Forschungsprojekts werden vom Fraunhofer IML bei mehreren Meetings den Verantwortlichen in Entsorgungswirtschaft und Politik präsentiert. Kontakte zum Brandenburgischen Umweltministerium und zur MEAB werden geknüpft. Die bestehenden Kontakte zur OHE werden weiter vertieft.

Durch Vermittlungsgespräche des Fraunhofer IML unterbreitet die OHE Mitte April 2003 der MEAB ein Angebot. Das Angebot kann jedoch nur für die Landkreise Barnim und Märkisch-Oderland erstellt werden, da nur die Abfallmengen beider Kreise gemeinsam ausgeschrieben werden. Eine Einbindung des Landkreises Uckermark scheitert an den getrennten Ausschreibungsverfahren.

Nach dem derzeitigen Stand scheint eine Realisierung des Szenarios unwahrscheinlich. Der Wegfall Uckermarks aus dem Logistikkonzept hat eine geringere Transportmenge zur Folge. Der hohe Fixkostenanteil beim Bahntransport für Traktionsmaterial muss auf eine geringere Abfallmenge umgelegt werden, was zu einer Kostenerhöhung führt. Obwohl seitens der OHE und des Fraunhofer IML alle Anstrengungen zur Umsetzung des Szenarios unternommen wurden, scheiterte die Realisierung letztendlich an den konkurrenzlos günstigen Angeboten der Speditionen. Die Angebotspreise lagen weit unter den vom IML ermittelten Vergleichspreisen.

Eine Chance besteht in der Zukunft. Erhält ein Entsorgungsunternehmen den Zuschlag bei mehreren Entsorgungsträgern, kann hierfür evtl. ein erfolgreiches Schienenkonzept gefunden werden. Von Vorteil ist auch die Einführung der kilometerabhängigen Lkw Maut. Eine kilometerabhängige Kostenbelastung von Lkw Transporten könnte zu einer Verteuerung dieser Transportleistungen führen. Das derzeit teurere Bahnkonzept könnte dann zum günstigeren Angebot werden.

7 Zusammenfassung

Das Ziel des Forschungsvorhabens war es, kleinen und mittleren Regionalbahnen, Entsorgungs- und Beratungsunternehmen eine Planungshilfe zur Gestaltung, Organisation und Kalkulation von schienengebundenen Güterverkehren der Kreislauf- und Abfallwirtschaft an die Hand zu geben. Teilziele lagen in der Identifikation eines gemeinsamen Aktionsfeldes für kommunale und private Entsorgungsdienstleister sowie für Regionalbahnen, in der Quantifizierung des damit verbundenen Verlagerungspotenzials, in der Skizzierung zukünftiger Entwicklungen sowie in der Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen. Abschließendes Ergebnis war eine Planungshilfe zur Gestaltung schienengebundener Güterverkehre der Kreislauf- und Abfallwirtschaft.

Die Vorgehensweise gliederte sich in vier Phasen. Die Phase 1 umfasste sowohl die systematische Analyse wesentlicher Güter der Kreislauf- und Abfallwirtschaft als auch die Ermittlung der Anfallmengen. Die Güter wurden systematisiert und quantifiziert. Zur Eingrenzung des Untersuchungsraumes wurde ein Gut ausgewählt. Darüber hinaus wurden rechtliche Rahmenbedingungen, Raum- und Anlageninfrastrukturen untersucht. Die Phase 2 diente der Ermittlung der Anforderungen der Entsorgungsdienstleister an Sammlung, Transport, Umschlag und Lagerung. Hierzu wurden Forschungsumfragen, Expertengespräche und Workshops durchgeführt. Sie zielten u. a. auf die Anforderungen der Entsorgungsdienstleister bezüglich erforderlicher Infrastruktur (z. B. Gleisanschlüsse, Umschlag- und Lagervorrichtungen) sowie bezüglich der Transportmengen, -entfernungen -intervalle und -kosten. Die Phase 3 diente der Ermittlung der Leistungsprofile der Regionalbahnen. Hierzu wurden ebenfalls Forschungsumfragen und Expertengespräche durchgeführt. Darüber hinaus wurden Angebote von Regionalbahnen analysiert. Die Ermittlung zielt u. a. auf die vorhandene Technik (z. B. Lokomotiven, Tragwagen und Container) sowie auf Zusatzleistungen (z. B. die Erstellung von Entsorgungskonzepten, die Reinigung der Transportgefäße etc.). Die Phase 4 legte anschließend den Schwerpunkt auf die Organisation und die Kalkulation schienengebundener Verkehre der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Abschließend erfolgte die Validierung in einem Praxisbeispiel.

Das Forschungsvorhaben liefert im Ergebnis die notwendigen Informationen über die Abfallarten, Abfallmengen, Logistikprozesse, Anforderungen der Entsorgungsdienstleister und Leistungsprofile der Regionalbahnen. Darüber hinaus zeigt es die konkrete Vorgehensweise zur Organisation und Kalkulation auf schienengebundener Güterverkehre der Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Das angestrebte Ziel wurde folglich erreicht.

8 Quellenverzeichnis

8.1 Literatur

Akademie für Raumordnung und Landesplanung (Hrsg.) (1995): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover.

Bart, Michaela; Johnke, Bernt; Butz, Wolfgang (2001): Thermische, mechanisch-biologische Behandlungsanlagen und Deponien für Rest-Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik Deutschland. 5. Auflage, Berlin.

Berndt, Thomas (2001): Eisenbahngüterverkehr. Stuttgart, Leißiz, Wiesbaden: Teubner Verlag.

Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K. (1990): Abfallwirtschaft - Eine Einführung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Böge, Stefanie (1992): Die Auswirkungen des Straßengüterverkehrs auf den Raum: Die Erfassung und Bewertung von Transportvorgängen in einem Produktlebenszyklus. Dortmund: Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung.

Bongard, B.; Kneib W. (1995): Inventarisierung von technogenen Substraten und Charakterisierung technisch hergestellter Böden. Umweltbundesamt Texte 54/95. Berlin.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2000): Raumordnungsbericht 2000. Bonn: Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung.

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.) (2000): Verkehrsbericht: Integrierte Verkehrspolitik: Unser Konzept für eine mobile Zukunft. Berlin: hausstaetter herstellung.

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.) (2001): Mehr Güter auf die Schiene. Berlin: 12. Februar 2001. – Pressebericht; Nr.25/01.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (1983/84): DIN 30781 - Teil 1: Transportkette – Grundbegriffe. Berlin: Köln: Beuth-Verlag GmbH.

Dörrie, Ulrich; Preisler, Peter R. (2002): Grundlagen Kosten- und Leistungsrechnung. 7. veränderte Auflage, Oldenburg

Gabler Wirtschafts-Lexikon (1993). 13. Auflage, Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH.

Hansen, Uwe; Meyer, Peter (1999): Kreislaufwirtschaft und Verkehr : Neue Herausforderungen an die Logistik der Zukunft. Wirtschaftsförderung Region Kassel GmbH (Veranst.); Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML (Veranst.): Kasseler Logistiktage 1998. Dortmund: Verlag Praxiswissen.

Hermann, T.; Karsten, N.; Pant, R.; Plickert S.; Thrän D. (1995): Einführung in die Abfallwirtschaft: Technik, Recht und Politik. Frankfurt.

IHK Limburg (2000): Wirtschaft und Bauleitplanung. Arbeitshilfe zur Einschätzung von Betriebsgrundstücken in Bauleitplanung und Immissionsschutz. Limburg.

Ivisic, R.-A. (1999): Gestaltungsmöglichkeiten der Altproduktrückführung, Entsorgungs-Praxis 10/99: 19-21.

Jansen R. (1998): Handbuch Entsorgungslogistik. Möglichkeiten und Grenzen der Abfallvermeidung, -verwertung und -beseitigung. 1. Auflage, Frankfurt.

Jünemann, Reinhardt (1989): Materialfluss und Logistik - Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Kemper, Bernhard, M (2002): Perspektiven des Wettbewerbs in der Abfallwirtschaft unter europäischen Randbedingungen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Veranst.). Kassel: Witzenhansen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie (Veranst.).

Kleineniggenkemper, N. (1999): Entwicklung eines Kennzahlensystems zur Bewertung außerbetrieblicher Transferprozesse in der Kreislaufwirtschaft, Diplomarbeit, Universität Dortmund, Fachbereich Maschinenbau.

König, K (1996): Abfallwirtschaft – Gütertransportwirtschaft. Wiesbaden.

Köller, von, H. (1996): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz: Textausgabe mit Erläuterungen. Berlin.

Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg (2003): Daten zur Bevölkerung des Landes Brandenburg.

Meyer, Peter; Rauh, Thomas (2002): Entsorgung auf neuen Wegen: Von der Straße auf die Schiene. In: Kommunale Entsorgung, Ausgabe Oktober 2002: 26-29

Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg ; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung des Landes Berlin (Hrsg.) (1998): Gemeinsamer Landesentwicklungsplan für den engeren Verflechtungsraum Berlin-Brandenburg LEP e.V. Berlin, Potsdam.

Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (Hrsg.) (2001): Abfallbilanz der öffentlich-rechtlichen Abfallentsorger des Landes Brandenburg 2001. Potsdam.

Rinschede, A.; Wehking, K.-H (1995): Entsorgungslogistik II. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.); Umweltbundesamt (Hrsg.) (2002): Umweltdaten Deutschland 2002. Berlin.

Süddeutsche Consultants (Hrsg.) (1998): Wechselbehältertechnologien für eine wirtschaftliche und umweltorientierte Entsorgungslogistik. 2. Auflage, Augsburg.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1970): VDI 2311 - Begriffe und Erläuterungen im Förderwesen. Düsseldorf: VDI-Verlag.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1993): VDI 2243 - Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte, Blatt. Berlin: Beuth-Verlag GmbH.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1998): VDI 2343 (Entwurf) - Ganzheitliches Recycling elektrischer und elektronischer Geräte. Düsseldorf: VDI-Verlag.

Wiemer, Klaus (2002): 14. Kasseler Abfallforum (Bio- und Restabfallbehandlung). Kassel: Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie.

8.2 Webseiten

Website Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:
http://www.bmu.de/de/1024/js/sachthemen/abfallwirtschaft/bmu_stadt/entsorgung/detail/statistik/ (Zugriff am 23.03.2003)

Website Deutsche Bahn AG:
http://www.bahn.de/konzern/netz/produkte/die_bahn_ergleistungen.shtml
http://www.bahn.de/konzern/netz/produkte/die_bahn_trassen_gueter.shtml

http://www.bahn.de/extrahtml/konzern/netz/tps_2001_preisliste_03-2003.pdf
http://www.bahn.de/konzern/netz/produkte/die_bahn_trassen_2001_preise_2003.shtml
http://www.bahn.de/extrahtml/konzern/netz/anlagenpreissystem_03-2003.pdf
http://www.bahn.de/konzern/uebersicht/netz/dbag_produkte_anlagen.shtml
http://www.bahn.de/konzern/netz/produkte/die_bahn_komponenten.shtml
http://www.bahn.de/extrahtml/konzern/netz/anlagenpreissystem_03_-2003.pdf
http://www.bahn.de/konzern/netz/produkte/die_bahn_anlagenpreissystem.shtml (Zugriff am 23.04.2003)

Website KFZ-Auskunft.de:
http://www.pkw-steuer.de/kfz-steuer_lkw.html (Zugriff am 23.06.2003)

Website Lkw-Versicherung.info:
<http://www.lkw-versicherung.info> (Zugriff am 23.06.2003)

Website Max Aicher:
<http://www.max-aicher-entsorgungstechnik.de/pub1024/index.htm> (Zugriff am 28.07.2003)

Website Rhenus Logistic:
<http://www.rhenus.de/de/geschaeftsfelder/recycling/recycling.html> (Zugriff am 13.06.2003)

Website TIM Logistik:
http://www.tim-logistik.de/start_fr.htm (Zugriff am 24.07.2003)

Website Umweltbundesamt
<http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/dispatcher?event=WELCOME> (Zugriff am 28.05.2003)

8.3 Gesetze

Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. März 2002 (BGBl. I Nr. 22 vom 3.4.2002 S. 1193)

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I Nr. 71 vom 04.10.2002, S. 3830)

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. September 1994 (BGBl. I 1994 S. 2705)

9 Anhang

Abfallarten

Abfall	Definition	
Besonders überwachungsbedürftige Abfälle	Abfälle, die durch eine Rechtsverordnung nach § 41 Abs. 1 oder § 41 Abs. 3 Nr. 1 KrW-/AbfG bestimmt worden sind (§ 3 Abs. 8 KrW-/AbfG).	
Abfälle aus dem produzierenden Gewerbe	Abfälle, die in industriellen Betrieben anfallen, die wegen ihrer Mengen oder Schadstoffgehalte nicht gemeinsam mit Hausmüll entsorgt werden.	
Bergematerial aus dem Bergbau	Nicht abbauwürdiges Nebengestein einer Lagerstätte, das beim Abbau und der Aufbereitung von Kohle oder mineralischen Rohstoffen (Erzen) anfällt.	
Siedlungsabfall	Der Siedlungsabfall ist ein Sammelbegriff für Abfälle, die im Rahmen der kommunalen Abfallbeseitigung eingesammelt werden (Haushaltsabfälle und andere Siedlungsabfälle).	
Haushaltsabfälle		
	Hausmüll	Abfälle hauptsächlich aus privaten Haushalten, die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von beauftragten Dritten in genormten, im Entsorgungsgebiet vorgeschriebenen Behältern regelmäßig gesammelt, transportiert und der weiteren Entsorgung zugeführt werden.
	andere Haushaltsabfälle	
	hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	Abfälle, die in Gewerbebetrieben, auch Geschäften, Dienstleistungsbetrieben, öffentlichen Einrichtungen und Industrie anfallen, soweit sie nach Art und Menge gemeinsam mit oder wie Haushaltsabfälle entsorgt werden können.
	Sperrmüll	Feste Abfälle, die wegen ihrer Sperrigkeit nicht in die im Entsorgungsgebiet vorgeschriebene Behälter passen und getrennt vom Hausmüll gesammelt und transportiert werden

	Kompostierbare Abfälle aus Biotonne	Im Siedlungsabfall enthaltene biologisch abbaubare nativ- und derivativ-organische Abfallanteile (z. B. organische Küchenabfälle, Gartenabfälle).
	Wertstoffe aus der Getrenntsammlung	Abfallbestandteile oder Abfallfraktionen, die zur Wiederverwendung oder für die Herstellung verwertbarer Zwischen- oder Endprodukte geeignet sind (Glas, Papier, Kunststoffe, Elektronikteile)
Andere Siedlungsabfälle		
	Straßenkehricht	Abfälle aus der Straßenreinigung, wie z. B. Straßen- und Reifenabrieb, Laub sowie Streumittel des Winterdienstes.
	Garten- & Parkabfälle	Überwiegend pflanzliche Abfälle, die auf gärtnerisch genutzten Grundstücken, in öffentlichen Parkanlagen und auf Friedhöfen sowie als Straßenbegleitgrün anfallen.
	Marktabfälle	Auf Märkten anfallende Abfälle, wie z. B. Obst- und Gemüseabfälle und nicht verwertbare Verpackungsmaterialien.
	Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, die nicht über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt werden (ohne Haus- und Sperrmüll)	In Gewerbebetrieben, auch Geschäften, Dienstleistungsbetrieben, öffentlichen Einrichtungen und Industrie anfallende Abfälle, die nach ihrer Art und Menge nicht gemeinsam mit oder wie Hausmüll entsorgt werden können.
Bauabfälle		
	Straßenaufbruch	Mineralische Stoffe, die hydraulisch, mit Bitumen oder Teer gebunden oder ungebunden im Straßenbau verwendet waren.
	Bauschutt	Unbelastete, belastete und schadstoffverunreinigte mineralische Materialien wie Beton, Fliesen, Ziegel, Dach- und Naturstein, Mörtel, Gips und Wärmedämmstoffe, die bei Baumaßnahmen im Hoch- und Tiefbau anfallen.
	Bodenaushub	Nicht kontaminiertes, natürlich gewachsenes oder bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial.
	Baustellenabfälle	Alle nicht-mineralischen Rohstoffe wie Holz, Kunststoff, Papier, Pappe, Metall, Kabel, Farben, Lacke und Kleister.

Abfallaufkommen in Tsd. t von 1996 bis 2000

	1996	1997	1998	1999	2000
Siedlungsabfälle	44 390	45 593	44 825	44 245	45 641
Bergematerial aus dem Bergbau	54 308	57 590	56 155	52 251	48 187
Abfälle aus dem Produzierenden Gewerbe	43 012	48 088	48 650	45 952	44 889
Bauabfälle	231 480	229 338	232 085	249 207	250 790
Besonders überwachungsbedürftige Abfälle	18 281	18 860	19 473	17 020	15 542
Gesamt	391 472	399 469	401 188	408 675	405 049

Quelle: Website Umweltbundesamt

Aufkommen an Siedlungsabfällen in Tsd. t von 1996 bis 2000

	1996	1997	1998	1999	2000
Summe Haushaltsabfälle	35 129	36 210	35 871	34 004	35 543
Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt	19 875	18 476	17 313	10 936	11 313
andere Haushaltsabfälle				5 574	3 709
Sperrmüll	3 003	3 170	3 174	2 219	3 201
Kompostierbare Abfälle aus der Biotonne	2 413	2 935	3 308	3 185	4 022
Sonstige Getrennsammlung (Glas, Papier, Kunststoffe, Elektronikteile)	9 838	11 629	12 076	12 090	13 298
Summe andere Siedlungsabfälle	9 262	9 382	8 955	10 242	10 097
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, nicht über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt (ohne Hausmüll und Sperrmüll)	5 317	5 305	5 079	5 306	5 231
Garten- und Parkabfälle (einschließlich Friedhofsabfälle)	3 069	3 216	3 137	4 208	4 149
Straßenkehricht	811	778	645	672	662
Marktabfälle	65	83	93	56	55
Siedlungsabfälle insgesamt	44 391	45 592	44 825	44 245	45 641

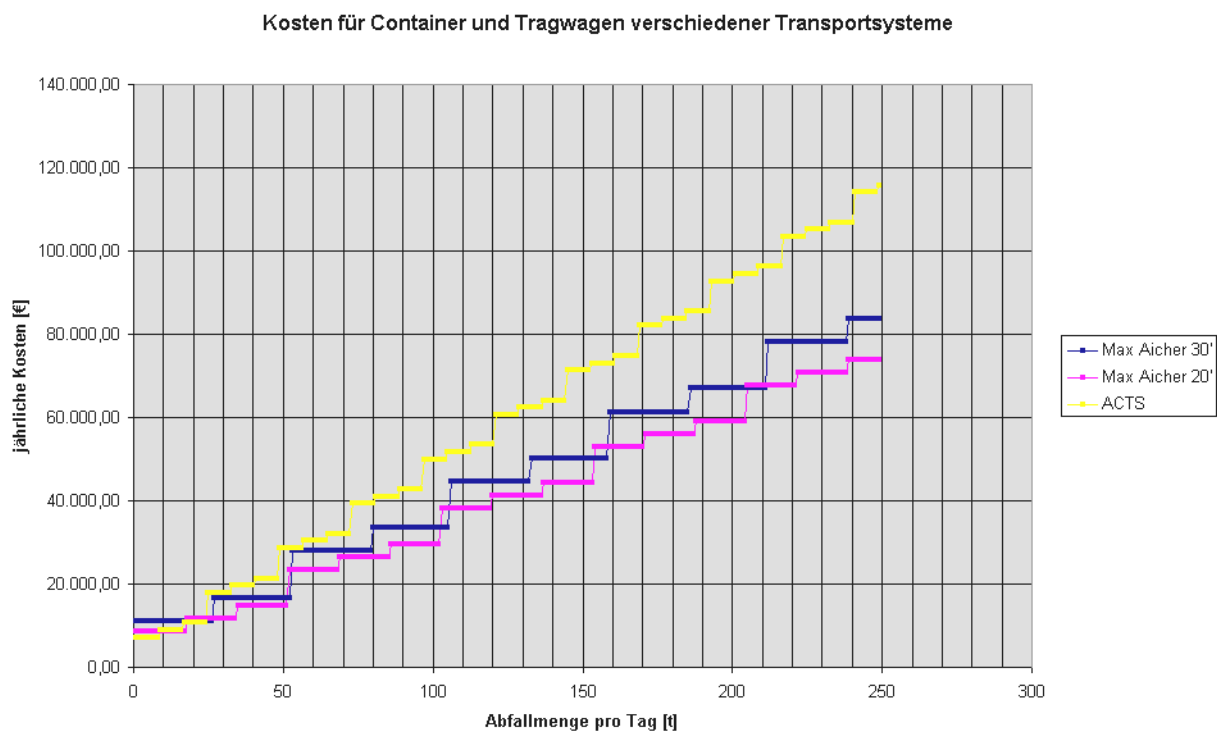
Quelle: Website Umweltbundesamt

Behandlung und Beseitigung von Siedlungsabfällen in Tsd. t von 1997 bis 2000

	1997	1998	1999	2000
Aufkommen an Siedlungsabfällen	45.593	44.825	44.245	45.641
zur Verwertung bestimmte Mengen	18.836	19.275	19.414	20.539
zur Beseitigung bestimmte Mengen	26.757	25.550	24.831	25.102
davon zur				
Verbrennung	9.077	9.219	9.884	10.947
Ablagerung auf Deponien	17.680	16.331	14.947	14.605

Quelle: Website Umweltbundesamt

Kostenvergleich bei Bahntransport von ACTS oder Presscontainern (2-facher Containersatz)



Kalkulationsmodell des Bahntransports – Teil1

	A	B	D
1			
2	Kalkulation Bahntransport		
3			
4		Eingesetzte Züge	1
5		Gesamte Abfallmenge / a	149.339
6		Gesamte Abfallmenge / a und Zug	149.339
7			
8		Abfallmenge / Woche	2.872
9		Anzahl der Verbindungen pro Woche	3
10		Abfallmenge pro Fahrt	957
11		Waggontyp	Slp
12		einfache Streckenentfernung [km]	100
13		Befüllung des Containers [t]	26,45
14		Leergewicht des Containers [t]	5
15		Anzahl zu befördernde Container	37
16		Anzahl Container pro Waggon	2
17		Zu befördernde Waggons	19
18		Radsätze pro Waggon	4
19		Gewicht des Waggons [t]	23
20		Länge des Waggons [m] ü. P.	19
21		Gesamtgewicht [t]	1.600,65
22			
23		Radsatzlast	21,48
24		Meterlast	4,43
25		Länge des Zuges ü. P. [m]	361
26		Gesamtzahl der Achsen	76
27		Zuggewicht des Zugs [kN]	15.702
28			
29	Lok	geeigneter Loktyp	B101
30			
31		Anschaffungskosten der Lok	1.000.000,00 €
32		Restwert	20.000,00 €
33		Nutzugsdauer [a]	15
34		Zinssatz	7,50%
35			
36			
37		Afa	65.333,33 €
38		kalkulatorische Zinsen	38.250,00 €
39		Kosten für Instandhaltung [€/km]	1,20 €
40		Kosten für Wartung [€/km]	0,60 €
41		Gesamtkosten Lok / a	159.743,33 €
42		Anteilig verrechnete Kosten [%]	80%
43		verrechnete Kosten Lok / a	127.794,67 €

Kalkulationsmodell des Bahntransports – Teil2

	A	B	D
45	Waggons	Anschaffungskosten pro Waggon	50.000,00 €
46		Restwert eines Waggons	2.000,00 €
47		Nutzugsdauer [a]	10
48		Zinssatz	7,50%
49			
50			
51		Afa	4.800,00 €
52		kalkulatorische Zinsen	1.950,00 €
53		Kosten für Instandhaltung / a und Waggon	1000
54		Kosten für Wartung / a und Waggon	1000
55			
56		Gesamtkosten pro Waggon und a	8.750,00 €
57		Waggons pro Zug	19
58		Waggons als Reserve	1
59		Gesamtzahl benötigte Waggons	20
60		Gesamtkosten Waggons / a	175.000,00 €
61		Anteilig	100%
62		Kosten der Waggons pro Jahr	175.000
63			
64		Kosten pro Zug und a	302.795
65			
66			
67	Personal	Lohnkosten pro Lokführer und a	70.000,00 €
68		benötigte Lokführer pro Zug	1
69		sonstige Personal/ Verwaltungskosten pro a und Zug	20.000,00 €
70		Anteilig	100%
71		Personalkosten gesamt pro a	90.000,00 €
72			
73	Energie	Energieverbrauch [kWh/km oder l/km]	2,00
74		Kosten pro l bzw. kWh	0,88 €
75		Energiekosten [€/ km]	1,76 €
76			
77		Energieverbrauch pro Rangierstunde	5,00
78		Energiekosten pro Rangierstunde	4,40 €
79		Rangierzeit pro Umlauf [h]	3
80			
81		Energiekosten pro Rundlauf und Zug	365,20 €
82		Energiekosten pro Jahr und Zug	56.971,20 €
83			

10 Glossar

Abfallbilanz	Enthält Angaben über die Mengen aller Abfälle, die im Gebiet der Stadt bzw. des Kreises anfallen und durch die Körperschaft zu entsorgen sind und ist von den Städten und Kreisen jeweils bis zum 31. März jedes Jahres vorzulegen.
Fördern	Innerbetrieblicher Transport
Ladeeinheit	Teilmenge von vorwiegend Gütern einer Sorte, die dauerhaft zusammengefasst sind, meist auf einem Ladungsträger (z. B. Europalette), für Transport, Umschlag und Lagerung.
Output	Reststoffe, die bei einer thermischen oder mechanisch-biologischen Verwertungsanlage anfallen.
Transporthilfsmittel	Ladehilfsmittel zur Bildung von Transporteinheiten.
Transportieren	Güter können innerhalb eines Unternehmens (innerbetrieblich), zwischen verschiedenen Unternehmensstandorten (zwischenbetrieblich) oder zwischen unterschiedlichen Unternehmen (überbetrieblich) bewegt werden.
Transportkette	Abfolge von Transferprozessen, technisch und organisatorisch verknüpft, zwischen Quelle und Senke.
Transportmittel	Alle technischen Einrichtungen, mit denen Güter fortbewegt werden können.
Verkehrsträger	Gruppe von Verkehrsunternehmen, die die gleiche Verkehrsinfrastruktur benutzen.
Wechselbehälter	Genormte und abstellbare, auf die Transportmittel und Lagereinrichtungen abgestimmten Ladeeinheit zur Bündelung von Gütern.
Werksverkehr	Eigenverkehr, Verkehr für eigene Rechnung; vom öffentlichen oder gewerblichen Verkehr zu unterscheidende Beförderung von Gütern auf eigene Rechnung. Im Gegensatz dazu unterliegt der Werksverkehr nicht der genehmigungs- und Tarifpflicht.
Werkverkehr	Bezeichnet die Verkehrsbewegungen innerhalb geschlossener Werks- bzw. Betriebsanlagen. Abzugrenzen von Werksverkehr.

Quelle: Gabler Wirtschafts-Lexikon 1993