Universität Bremen
Fachbereich Wirtschaftswissenschaft | FB7

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Logistikmanagement

Nr. 6
Jahrgang 2012

Kotzab, H. (Hrsg.)

Die Hausmüllentsorgung in China und Deutschland - ein Vergleich

Yu, Juan

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I
Abbildungsverzeichnis III
Tabellenverzeichnis IV
Abkürzungsverzeichnis V
1. Einführung 1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung 1
1.2 Aufbau der Arbeit 2
2. Begriffliche Abgrenzung 3
3. Status quo der Hausmüllentsorgung in Deutschland 4
3.1 Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll 4
3.1.1 Sammlung von Hausmüll 4
3.1.2 Umschlag und Transport von Hausmüll 7
3.2 Recycling von Hausmüll 8
3.3 Beseitigung von Hausmüll 9
3.3.1 Verbrennung 9
3.3.2 Kompostierung 11
3.3.3 Deponierung 11
3.4 Rechtliche Grundlagen 13
3.4.1 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz 13
3.4.2 Pfandverordnung und die technische Anleitung Siedlungsabfall 13
4. Status quo der Hausmüllentsorgung in China 15
4.1 Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll 15
4.1.1 Sammlung von Hausmüll 15
4.1.2 Umschlag und Transport von Hausmüll 16
4.2 Recycling von Hausmüll 17
4.3 Beseitigung von Hausmüll 18
4.3.1 Verbrennung 18
4.3.2 Kompostierung 18
4.3.3 Deponierung 19
4.4 Rechtliche Grundlagen 20
5. Vergleich und Empfehlung der Hausmüllentsorgung Chinas und Deutschlands 21
5.1 Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll 21
5.2 Recycling von Hausmüll 24
5.3 Beseitigung von Hausmüll 26

5.4 Rechtliche Grundlagen 28
5.5 Vorschläge zur Hausmüllentsorgung Deutschlands 30
6. Fazit und Ausblick 31
Literaturverzeichnis ..... A
Anhang 1 ..... D
Anhang 2 ..... F
Anhang 3 ..... G

Abbildungsverzeichnis

Abbildung-1: Mittlere Müllreduktion im Projektgebiet (Transvaal) bezogen auf die Müllmenge im Vergleichsgebiet (Borssum), die gleich 100 gesetzt wurde. (Schlaak/Schmitt 1993, S510) 4

Abbildung-2: Über die getrennte Sammlung erfasste / Verwertete sowie beseitigte kumulierte Siedlungsabfallmenge (Doedens/Dornbusch 2005, S30) 5

Abbildung-3: Kriterien für die Pfandpflicht von Einweggetränkeverpackungen (http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-23503/IS BWL_2011-02.pdf) 14

Abbildung-4: Xingwen-Modell (auf jeder Etage) (Eigene Darstellung in Anlehnung an Huang 2004, S99) 16

Abbildung-5: Ziyou-Modell (im ganzen Bezirk) (Eigene Darstellung in Anlehnung an Huang 2004, S100) 16

Abbildung-6: Die Abläufe in der Umschlagstation (Eigene Darstellung in Anlehnung an Xu et al. 2006, S47) 17

Abbildung-7: Anteil der Beseitigung von Hausmüll durch verschiedene Verfahren (http://www.cn-hw.net/html/32/201107/28472.html) 19

Abbildung-8: Modell zum Stadt- Recyclingsystem der Verpackungen in China (Eigene Darstellung) 25

Tabellenverzeichnis

Tabelle-1: Trennung von Hausmüll in Shanghai (Eigene Darstellung in Anlehnung an Huang 2004, S99) 15

Tabelle-2: Vergleich des Hausmülls aus verschiedenen Regionen in China. (Eigene Darstellung in Anlehnung an Xiao 2003, S67) 22

Tabelle-3: Mögliche Trennungsweisen in China (Eigene Darstellung) 22

Tabelle-4: Vor- und Nachteile der Verbrennung, Kompostierung und Deponierung (Eigene Darstellung in Anlehnung an König 1996, S51-53) 26

Tabelle-5: Die Zusammenfassung zum Vergleich der Hausmüllentsorgung beider Länder (Eigene Darstellung) 29

Abkürzungsverzeichnis

bzw. .....beziehungsweise

ca. .....circa

DSD.....Duales System Deutschland GmbH

et al. .....et alii

EV.....Einwegverpackung

LVP.....Leichtverpackung

KrW-/AbfG.....Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

kg/EW .....Kilogramm pro Einwohner

LKW.....Lastkraftwagen

MVA.....Müllverbrennungsanlage

Mio. .....Million

Mg.....Megagramm

MV.....Mehrwegverpackung

MSTS.....Multi-Service-Transport-System

NABU……Naturschutzbund Deutschland

PPK.....Papier, Pappe, Karton

TÜV.....technischer Überwachungsverein

UBA.....Unweltbundesamt

VerpackV.....Verpackungsverordnung

z.B. .....zum Beispiel

1. Einführung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Im Zuge des jährlich steigenden Urbanisierungsgrades entsteht eine kontinuierlich anwachsende Menge von Hausmüll in der Stadt. Dieser Trend führt dazu, dass die Behandlung von Hausmüll weltweit als eines der größten Umweltprobleme betrachtet werden muss. Auf der anderen Seite stellt Hausmüll auch eine ständig zunehmende Ressourcenquelle dar. Dies zeigt, dass eine rationale Entsorgung des Hausmülls sowohl ökologische als auch ökonomische Bedeutung hat.

Im Deutschland haben sich die Schwerpunkte der Hausmüllentsorgung seit Ende der 1970iger Jahre von der einfachen Beseitigung des Hausmülls durch gemischte Erfassung nach der geordneten Entsorgung und durch die getrennte Sammlung von Monofraktionen hin zur stofflichen und energischen Verwertung entwickelt. Dies entspricht dem deutschen abfallpolitischen Ziel, dass alle nicht vermeidbaren Abfälle in geeigneter Weise erfasst, vorbehandelt sowie recycelt werden müssen.[1] Nach mittlerweile 40 Jahren hat die heutige Abfallwirtschaft in Deutschland aufgrund von wirtschaftlicher, technischer und rechtlicher Unterstützung einen hohen Entwicklungsstand erreicht. 2009 betrug das Hausmüllaufkommen in Deutschland 42,7 Mio. Tonnen (nicht gefährlich), welches rund 522 Kilogramm pro Einwohner (kg/EW) entspricht. Etwa 78% davon wurden verwertet, darunter waren 64% stofflich verwerteter Müll.[2]

Mit 1.35 Milliarden Einwohnern ist China das weltweit bevölkerungsreichste Land, mehr als die Hälfte davon leben in Städten und Gemeinden. Vor 1990 betrug der Anteil der Hausmüllentsorgung weniger als 2%. Fast der gesamte Müll wurde überall in der Umwelt abgelegt. Diese wilden Müllkippen verursachten hohe Belastungen der Umwelt und schadeten der Gesundheit der Bevölkerung. Die Hausmüllentsorgung ist zu einem Bereich mit einer Fülle an ökologischen, ökonomischen und auch sozialen Problemen geworden. Seitdem legt die chinesische Regierung diesbezüglich einen Schwerpunkt auf die geordnete Hausmüllentsorgung. Insbesondere gab es eine bedeutende Entwicklung zwischen den Jahren 2000 und 2009. Mit einem kontinuierlichen jährlichen Wachstum der Hausmüllabfuhr von 4,9%, lag die Behandlungsquote des gesamten Hausmülls 2009 bei etwa 71,3%. [3] Mittlerweile wurde auch von der Regierung erkannt, dass die einfach durch Deponierung behandelten Abfälle Wertstoffe sind. Daher spielt eine gezielte Abfallwirtschaft eine entscheidende Rolle für nachhaltige Entwicklung. Noch steht die Hausmüllentsorgung, besonders aber die Wiederverwertung von Hausmüll, am Anfang der Entwicklung, wobei es jedoch zahlreiche Probleme zu lösen gibt.[4]

Einerseits ist China bereit aus den Erfahrungen und Modellen anderer Länder zu lernen, auf der anderen Seite setzt ein gelungener Transfer von Technik und Erfahrungen auch ein Know-how bei den Übernehmenden voraus. Im Rahmen dieser Arbeit sollen zuerst die entwickelten Modelle in deutscher Hausmüllentsorgung und ihr Profit aufgezeigt werden. Dabei soll der Frage nachgegangen werden, welche Modelle für die chinesische Hausmüllentsorgung geeignet sind und ob eine Übertragung der deutschen Konzepte sinnvoll wäre. Die konkrete Fragestellung dieser Arbeit lautet:

[1]Vgl. Bilitewski et al., 2000, 131
[2]Vgl. Umweltbundesamt, 2011a, o.S.
[3]Vgl. Yi, 2011, o.S.
[4]Vgl. Dorn et al., 2009, 448

„Wie kann das bislang noch nicht ausgeschöpfte Potenzial für die Verbesserung der Hausmüllentsorgung in China ausnutzt werden?“

Die Bearbeitung dieser Fragestellung basiert auf der Untersuchung des Status der Hausmüllentsorgung Chinas und Deutschlands. Deshalb können folgende Subfragen aus dieser Hauptfragestellung abgeleitet werden:

- Was sind die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Entsorgungssysteme?
- Wo liegen die Potenziale der Hausmüllentsorgung Chinas im Vergleich zu denen Deutschlands?
- Welche zutreffenden Erfahrungen oder Modelle aus Deutschland können Referenz für China sein?

1.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Bachelorarbeit setzt sich aus sechs Hauptteilen zusammen, wobei das erste Kapitel eine kurze Einführung in das Thema und in den Aufbau der Arbeit gegeben hat. Das zweite Kapitel befasst sich mit der Erklärung grundlegender Theorien dieser Arbeit.

Der Schwerpunkt des dritten und des vierten Kapitels besteht darin, den jeweiligen Status der Hausmüllentsorgung in Deutschland und China zu beschreiben. Dabei wird neben den Behandlungsabläufen von Einsammlung bis Beseitigung des Hausmülls auch das rechtliche Umfeld beider Länder behandelt. Wegen der begrenzten Datenressource wurden nur die Daten von 2009 ausgewertet und als neue Daten in der Arbeit zitiert.

Das fünfte Kapitel beinhaltet die Vergleichsanalyse der beiden Systeme, um insbesondere die Schwachstellen im chinesischen Hausmüllentsorgungssystem zu finden und anschließend die Übertragbarkeit von Deutschlands Erfahrungen auf China unter Berücksichtigung der spezifischen lokalen Bedingungen zu prüfen. Zusätzlich werden realisierbare Lösungen für die Probleme gegeben, die bei der Umsetzung der Vorschläge auftreten können. Die deutsche Hausmüllentsorgung hat schon einen hohen Entwicklungsstand erreicht und steht an führender Position weltweit. Trotzdem soll als abschließender Teil untersucht werden, ob auch chinesische Konzepte und Erfahrungen vorteilhaft auf das deutsche System angewendet werden könnten.

Im sechsten Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse kurz zusammengefasst. Die Arbeit wird mit einem Fazit des Autors und einem Ausblick in die Zukunft abgeschlossen.

2. Begriffliche Abgrenzung

Als Hausmüll werden Abfälle bezeichnet, die in Haushalten anfallen und mittels eines bestimmten Behältersystems durch die kommunale Hausmüllabfuhr eingesammelt und der weiteren Entsorgung zugeführt werden. Es gibt zahlreiche Methoden zur Klassifizierung des Hausmülls. In Deutschland kann der Hausmüll generell in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Biologisch abbaubare Lebensmittel (z.B. Speisereste, Fruchtschalen etc.)
- Papier/Pappe
- Recycelbare Roh- und Verbundstoffe (z.B. Verpackungsmaterial, Altglas etc.)
- Restmüll (z.B. Zigarettenkippen, Babywindeln etc.)
- Sperrmüll, Schadstoffe und Elektronikmüll (z.B. Tisch, Batterien, Elektronik-Schrott etc.) [5]

Solche Aufteilung beruht auf der Trennung in Wertstoffe, Schadstoffe und nicht mehr zu verwertende Abfälle. Die Entsorgung des in letzter Kategorie genannten Hausmülls wird wegen ihrer Besonderheit und Komplexität hier ausgelassen. Die ersten vier Kategorien sind der Schwerpunkt dieser Arbeit.

Unter Abfallwirtschaft versteht man alle Aufgaben und Tätigkeiten, die der Vermeidung, Verringerung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen dienen. Die abfallwirtschaftlichen Ziele haben große Bedeutung, sowohl für Umweltschutz, als auch für Volkswirtschaft, um die Umweltbelastung zu senken und knappe Ressourcen sowie Nutzung des knappen Deponie-Raums zu schonen.[6] Abfallentsorgung ist der zentrale Teil der Abfallwirtschaft. Die Verwertung und Beseitigung von Hausmüll sind zwei Grundsteine der Hausmüllentsorgung. Alle dazu erforderliche Verfahren und Tätigkeiten wie Einsammlung, Beförderung, Wiederverwertung, Verbrennung und Deponie usw. zählen zur Entsorgung des Hausmülls. [7] In dieser Arbeit wird ein allgemeiner Vergleich der Hausmüllentsorgung von beiden Ländern in folgender Hinsicht durchgeführt:

- Sammlung, Umschlag, Transport von Hausmüll (drei logistische Aufgabenstellungen)
- Recycling von Hausmüll(besonders die Verpackungen)
- Beseitigung von Hausmüll(Verbrennung, Kompostierung und Deponierung)
- Rechtliche Grundlagen(Recht zur Abfallverwertung und -beseitigung)

Die detaillierten begrifflichen und technischen Erklärungen befinden sich im dritten Kapitel (Status quo der Hausmüllentsorgung in Deutschland).

[5] Vgl. Hübner 2001, 50 u. 69
[6] Vgl. König1996, 4
[7] Vgl. Thywissen1995, 94

3. Status quo der Hausmüllentsorgung in Deutschland

3.1 Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll

3.1.1 Sammlung von Hausmüll

Die Sammlung als erster Schritt der Entsorgung von Hausmüll hat alle in Haushalten anfallenden Abfälle zu erfassen und einzusammeln. Der Bereich Sammlung-Umschlag-Transport kann mehr als ein Drittel der Gesamtkosten verursachen. Deswegen führt eine gewisse Steuerung der Abfallzusammensetzung und des Abfallaufkommens dazu, die Kosten der Abfallbeseitigung schon am Anfang des Entsorgungsprozesses einzuschränken.[8]

Aufgrund des zunehmenden Anteils an Metallen, Glas und Verbundmaterialien ging der Trend der Entsorgung von Hausmüll in den 1990er Jahren in die Richtung einer getrennten Erfassung von Hausmüll.[9] Die Zielsetzung der Getrenntsammlung von Wertstoffen und Restmüll in den Haushalten ist, die Rohstoffe einzusparen und die zu entsorgende Abfallmenge zu reduzieren. Im März 1991 wurde ein 1- Jahres-Pilotprojekt in der Stadt Emden von Prof. Dr. Michael Schlaak und Prof. Dr. Ernst W. Schmitt durchgeführt. Knapp 40% der 2000 Haushalte aus dem Stadtteil Arthur haben an diesem Projekt teilgenommen. Kompostierbarer Abfall, Papier und Pappe, Kunststoff, Glas, Textilien, Problemstoffe, Restmüll sowie Sperrmüll wurden alle getrennt gesammelt. Alle 14 Tage findet eine Untersuchung über die Abfallmengen, den Reinheitsgrad und der Zusammensetzung statt. Die „Braune Tonne“ mit den gesammelten kompostierbaren Abfällen (biologisch abbaubarer Müll und Windeln) wurde z.B. alle zwei Wochen geleert. Nach der Untersuchung lag der Verunreinigungsgrad bei lediglich 1 bis 2%. Davon waren Papier, Kunststofftüten, Glas und Einpackfolien die häufigsten Fehlwürfe. Die Ergebnisse zeigten, dass durch solche separaten Sammlungen der restliche zu entsorgende Müll auf ca. 120 Kilogramm pro Einwohner (kg/EW) sank, während zuvor die Müllmenge ohne Trennung 210 kg/EW betrug. Die Müllreduktion durch die Getrenntsammlung wird in der Abbildung-1 veranschaulicht. Außerdem verwirklicht der Pilotversuch auch sein Ziel von der Steigerung der Wertstoffmenge. Durch den 14-tägigen Termin der Papierabfuhr gaben 95% der Haushalte ihr Papier separat ab.[10]

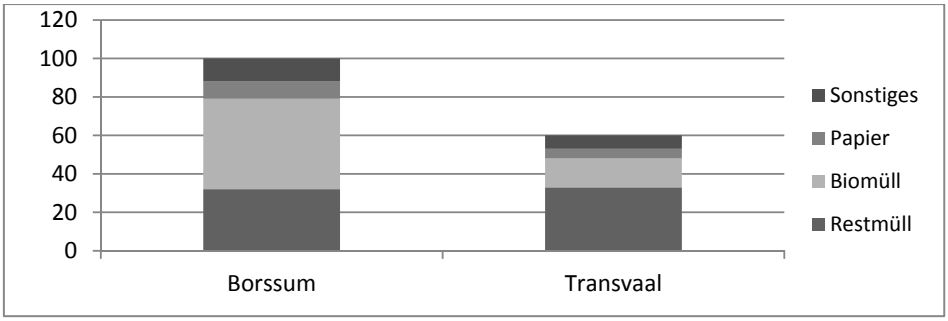

Abbildung-1: Mittlere Müllreduktion im Projektgebiet (Transvaal) bezogen auf die Müllmenge im Vergleichsgebiet (Borssum), die gleich 100 gesetzt wurde. (Schlaak/Schmitt 1993, S510)

Im Jahre 1990 wurde die Duales System Deutschland GmbH (DSD) von Unternehmern des Handels, der Vormaterialhersteller, der Konsumgüterindustrie und der Verpackungswirtschaft

[8] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 65
[9] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 5
[10] Vgl. Schlaak / Schmitt, 1993, 502-508

gegründet. Sie ist verantwortlich für die Erfassung gebrauchter Verkaufsverpackungen, wobei die Materialien weithin wiederverwendet werden. Die am DSD beteiligten Unternehmen übernehmen die Verantwortung für regelmäßige und flächendeckende Abholung von gebrauchten Verpackungen beim Endverbraucher und für die Erfüllung der vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Erfassungs- und Sortierquoten. [11] Die DSD GmbH vergibt die Kennzeichnung für verwertbare Einwegverpackungen („Grüner Punkt“) gegen Gebühren an die Anbieter der Verpackung. Die Gebühren werden über den Produktpreis vom Verbraucher mitgetragen, damit die Sammlung und Sortierung finanziert werden kann.[12] Die getrennte Erfassung der gebrauchten Verkaufsverpackung differenziert sich nach den Verpackungsmaterien. Papier und Glas werden in bereits bestehenden Erfassungssystemen gesammelt. Die aus anderen Materialien wie Aluminium, Kunststoff oder Weißblech erstellten Verpackungen werden in „gelben Tonnen“ oder „gelben Säcken“ gesammelt, die jedem Haushalt zur Verfügung stehen. Der TÜV (technischer Überwachungsverein) ist das Kontrollorgan für die Überprüfung der Sortierung und Verwertung der Verpackungsmaterialien, außerdem kontrolliert der TÜV auch die Wertstoffströme und bewertet die Recyclinganlagen.[13] Seit 1993 werden alle Verpackungen aus Siedlungsabfällen vom DSD verarbeitet. Dies führte zu einer kontinuierlich verbesserten getrennten Sammlung vom Hausmüll.[14]

Durch die flächendeckende Einführung der getrennten Abfallsammlung hat sich zwischen 1990 und 2000 die jährliche Restmüllmenge pro Person in Deutschland um etwa die Hälfte vermindert. Die Erfolge der getrennten Sammlung von Abfällen mit dem Ziel der Verwertung sind auch auffällig. Im Bereich des Hausmülls hat Deutschland seit 2005 mit hohen Verwertungsquoten von über 50% eine internationale Vorbildfunktion. In der Abbildung-2 wird eine ständige Erhöhung der Verwertungssumme und Beseitigungssumme von Abfällen durch die getrennte Sammlung dargestellt.[15]

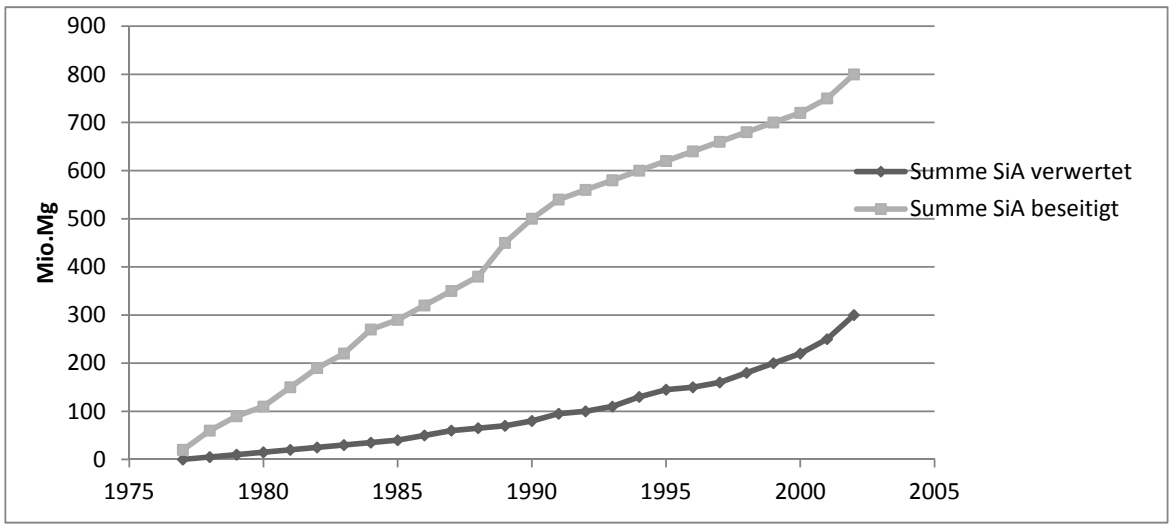

Abbildung-2: Über die getrennte Sammlung erfasste / Verwertete sowie beseitigte kumulierte Siedlungsabfallmenge (Doedens/Dornbusch 2005, S30)

[11] Vgl. Vahrenkamp / Siepermann, 2005, 243
[12] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 98
[13] Vgl. Vahrenkamp / Siepermann, 2005, 243
[14] Vgl. Schlaak / Schmitt, 1993, 515
[15] Vgl. Doedens / Dornbush, 2005, 301-305

Bring- und Holsystem sind zwei unterschiedliche Variationen der getrennten Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls. Beim Holsystem werden die Wertstoffe beim Abfallerzeuger eingesammelt, während beim Bringsystem die Endverbraucher die Wertstoffe zu einem zentralen Sammelort bringen. Eine Kombination aus diesen beiden Systemen ist in der deutschen Hausmüllentsorgung sehr oft zu sehen. In der Regel übernimmt das Bringsystem die Aufgabe der Entsorgung von Glas, Papier, Pappe und Karton und das Holsystem ist zuständig für die Entsorgung der restlichen Abfälle.[16]

Beim Bringsystem treten die Sammelorte mit vielen Aufkommensquellen häufig an Supermärkten, zentralen öffentlichen Plätzen und Einkaufzentren auf, wodurch hohe Nutzungshäufigkeit des Systems und flächendeckende Wertstofferfassung ermöglicht werden. Die Sammelbehälter müssen entweder regelmäßig oder nach Bedarf geleert werden. Die Sammlung vom Altglas hat große Bedeutung in der Glasproduktion, weil Altglas aufgrund seiner stofflichen Eigenschaften eine hohe Wiedereinsatzquote besitzt. Hier wird das Bringsystem für Altglas als Beispiel betrachtet. Bei der Sammlung vom Altglas gibt es eine Trennung nach Bunt- und Weissglas. Für farbseparierte Altglaserfassung werden Depotcontainer mit Rauminhalten von 0,9 bis 5,5 m zur Verfügung gestellt. Unter dem Aspekt der Benutzerfreundlichkeit und Sicherheit werden die Container mit kreisförmigen Einwurföffnungen, Einwurfrohren und Gummischeibendeck konstruiert. Außerdem werden Maßnahmen zur Lärmdämmung genutzt. Die Planung des Containernetzes hängt von der Bevölkerungsdichte ab. Im Durchschnitt wird ein Container von 1000 Einwohnern benutzt, in Ballungsgebieten von 2000 Einwohnern. Die Sammlung von Altpapier wird durch eine weitergehende Nutzung von Depotcontainern aus Kunststoff oder Stahl mit einer Raumkapazität von 1,1 bis 5,5 m systematisiert. Die schlitzförmige Einwurföffnung der Container kann die Fehlwürfe effektiv vermeiden.[17]

Beim Holsystem benutzen die Haushalte die zusätzlichen Sammelbehälter mit farblicher Kennzeichnung, um auch hier Fehlwürfe zu vermeiden. Die Abfallerzeuger bringen die Wertstoffe an die Straße, wo diese anschließend gemeinsam geleert werden. Deshalb hat das Holsystem im Vergleich zum Bringsystem einen deutlich höheren Erfassungsgrad. Würden zahlreiche Behälter im Allgemeinen zum Sammelfahrzeug gefahren und dann einzeln geleert, würde das zu mehr Aufwand führen. Beim Holsystem wird das gebündelte Altpapier zuerst in Kartons und Plastiktüten auf der Straße bereitgestellt und dann von karitativen oder privaten Organisationen abgeholt. Die richtige Entsorgung von Küchenabfällen ist die Hauptaufgabe vom Holsystem und auch bedeutungsvoll für die Gesundheit der Einwohner. In Deutschland werden organische Küchenabfälle in der Biotonne (z.B. in der braunen Tonne) mit dem Fassungsvermögen von 120 L bzw. 240 L gesammelt. Zwei Rädchen, die am unteren Teil von der Tonne installiert werden, vereinfachen den Transport an die Straße. Ein gelochter Einsatz trägt zur Hygiene bei, verbesserte Luftzufuhr kann anaerobe Verfahren vermeiden. Im Wohnblock werfen die Einwohner ihre Bioabfälle in speziell dafür eingerichtete Container. Üblicherweise gibt es einen 14 - tägigen Abholtermin für den Biomüll.[18]

[16]Vgl. Vahrenkamp / Siepermann, 2005, 241
[17]Vgl. Bilitewski et al., 2000, 107-108
[18]Vgl. Bilitewski et al., 2000, 111-113

3.1.2 Umschlag und Transport von Hausmüll

In der Tendenz finden die Behandlung und Deponierung des Mülls in einigen großen zentralen Anlagen statt, die vom Anfallsort weit entfernt sind. Unter wirtschaftlicher Betrachtung sollte die Kapazität des für den Müll-Ferntransport eingesetzten Fahrzeuges ausgenutzt werden. Deshalb ist es eine effiziente Maßnahme, Umschlagstationen zwischenzuschalten, in denen eine Umladung der Abfälle von Sammelfahrzeugen auf Fahrzeugen mit größeren Fassungsvermögen stattfindet. Der Anfallsort, die Menge und Sorte des Mülls sowie das Ferntransportsystem sind entscheidende Faktoren für die Planung einer Umschlagstation. Anlieferung, Aufbereitung und Beladung sind drei grundlegende Schritte beim Umschlag vom Müll. Zusätzlich zu städtischen Fahrzeugen treten Privatfahrzeuge mit einigen speziellen Einrichtungen wie Waage, Aufgabeförderband usw. auch in der Anlieferung ein. Bevor die Abfälle in das Ferntransportmittel verladen werden, kann die Behandlung wie Verdichtung durch Zerkleinerung, Verdichtungsfahrzeuge oder hydraulische Müllpressen erfolgen. Solche Aufbereitung führt zu einer vollständigen Ausnutzung der Ladekapazität. Die Verdichtung bis 600 kg/m kann z.B. durch eine Stopfpresse erreicht werden, die zur hydraulischen Müllpresse gehört. Dabei wird der Hausmüll gegen die Containerwände gepresst. Hierfür sind verstärkte Wände erforderlich. Schere, Prall- und Hammermühle werden für die Zerkleinerung eingesetzt, die zusätzliche Anwendung der Magnetscheidung ermöglicht die Trennung des Mülls mit Eisengehalt (Fe). Die Art der Beladung unterscheidet sich nach dem eingesetzten Transportmittel. Ein fest auf einen LKW-Auflieger montierter Großraumbehälter kann z.B. zuerst in einer Umschlagstation befüllt und anschließend auf Eisenbahnwaggons verladen werden. Am Zielort wird der Auflieger durch eine andere Zugmaschine zur Depot- und Behandlungsanlage weitergefahren.[19]

Abfalltransport umfasst die Aufgabe von Beendung der Sammlung bis zum Abschluss der Übergabe des Abfalls an die Verwertungs- oder Beseitigungsanlage. Dieses kann entweder durch Nah- oder Ferntransport erfolgen. In Deutschland werden Abfälle größtenteils mit Straßenfahrzeugen angeliefert. Um möglichst viel Hausmüll aufzunehmen, sind Fahrzeuge mit einer sich um die Horizontal-Achse rotierenden Drehtrommel versehen, welche üblicherweise für die Verdichtung eingesetzt wird. Der geschüttete Müll wird zur vorderen Trommelwand gefördert. Eine 2 – 4 malige Verdichtung der Abfälle ist durch ständige Förderung erfüllbar. Aus umwelthygienischen und gesundheitlichen Gründen sind geschlossene Sammelräume für Hausmüll in Müllsammelfahrzeugen zu bevorzugen. Die Einsetzung des Wechselcontainers aus MSTS (Multi-Service-Transportsystem) im Ferntransport führt sowohl zur Erfüllung der Forderung der Hygiene als auch zum Energiesparen beim Umschlag. Ohne Anfassen der Wertstoffe und Abfälle können Energie und Zeit gespart werden. Die nach Abfallfraktionen geordneten Container werden zu größeren Transporteinheiten zusammengestellt, danach auf der Straße, Schiene oder dem Wasser zum Bestimmungsort transportiert. Nach dem Absetzen des gefüllten Wechselcontainers auf einem Sammelplatz bringt das Sammelfahrzeug einen leeren Container zurück zum Sammelrevier.[20]

[19] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 82-87
[20] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 90-97

3.2 Recycling von Hausmüll

Zur Klassifizierungen des Recyclings gibt es zahlreiche verschiedene Perspektiven. Die am weitesten verbreitete Typisierung von Recyclingformen basiert auf der Art der Prozessführung. Dabei werden vier verschiedene Möglichkeiten unterschieden.

- Bei der **Wiederverwendung** werden gebrauchte Produkte und Materialien ohne oder mit unwesentlicher materieller Veränderung zum gleichen Verwendungszweck mehrfach benutzt (z.B. Umlauf von Pfandflaschen).

- Bei der **Weiterverwendung** werden die Abfälle im neuen Anwendungsbereich eingesetzt, so dass diese Stoffe nicht mehr zu den „Abfällen" zählen (z.B. Herstellung von Dämmplatten aus Altpapier).

- Bei der **Wiederverwertung** werden die Altstoffe und Produktionsabfälle in einem gleichartigen wie dem bereits durchlaufenden Produktionsprozess eingesetzt (z.B. chemisches Recycling von Kunststoffen).

- Bei der **Weiterverwertung** werden chemische Grundstoffe aus Abfällen wiedergewonnen und dann in einem von diesen noch nicht durchlaufenen Produktionsprozess rückgeführt (z.B. Herstellung von Weißblechdosen aus Dosenschrott).[21]

Der riesige Papierbedarf der modernen Welt verursacht große Umweltprobleme. Weltweit wird etwa ein Fünftel des Holzes in der Herstellung von Papier verwendet. Die überwiegende Mehrheit von Altpapier stammt aus Konsumgüterverpackungen. Recycling von Verpackungen besitzt ein großes ausschöpfbares Potenzial im Rahmen der Wertstoffverwertung, sowohl bezüglich Papier, als auch andere Wertstoffe wie Glas, Kunststoff oder metallische Stoffgruppen.[22] Die Verwertung von Verpackungsabfällen hat eine sehr wichtige Bedeutung für Deutschland, der Anteil der Verpackungsabfälle beträgt knapp 28%.[23] Zum Recycling der beim Endverbraucher (hier nur private Haushalte) anfallenden Güterverpackungen sind die Rückführsysteme für Einweg- und Mehrwegverpackungen zu unterscheiden. Wie bereits in Kapitel 3.1.1 erwähnt, vergibt die DSD GmbH den Einwegverpackungen den Grünen Punkt für den Wertstoffkreislauf. Nach der getrennten Sammlung fallen diese grob in drei Teilkategorien: PPK (Papier, Pappe, Karton), Glas und Leichtverpackungen (Aluminium, Kunststoffe, Weißblech). Die Trennung der eingesammelten Papiere richtet sich nach ihrer Qualität, welche die Höhe der Einsatzquoten bestimmen könnten. Zuerst werden z.B. die graphischen Papiere in drei Fraktionen (Kaufhaus-Altpapier, gemischtes Altpapier und Wellpappe) aufgeteilt und zu Ballen gepresst, um anschließend zu Papierfabriken gebracht zu werden. Dort finden die Verfahren wie Zerfasern, Reinigen und Entfärben statt. Dann wird die letztlich entstandene breiige Faser wieder zur Papierproduktion eingesetzt. Im Jahre 2010 lag der Gesamtverbrauch an Papier, Pappe und Karton in Deutschland bei 19,9 Mio. Tonnen, rund 78% davon wurde wieder in die Papierindustrie zurückgeführt. Die Altpapiereinsatzquote bei

[21] Vgl. Souren, 2002, 25; Multhaup / Plümer, 1990, 15
[22] Vgl. Xu et al. 2006, 71
[23] Vgl. Statistisches Bundesamt 2011, o.S.

Zeitungsdruckpapier lag sogar über 100%, weil nach der Aufbereitung von Altpapier kaum Sortierreste und Verunreinigungen vorhanden sind.[24]

Die für die Einsammlung von Glas zur Verfügung stehenden Depotcontainer ermöglichen eine Vorsortierung der verschiedenfarbigen Glasverpackungen (Weiß-, Braun- und Grünglas) durch die Endverbraucher. Die folgende Aussortierung der Fehlfarbenanteile und Störstoffe aus den drei Glasfraktionen findet in der Sortieranlage oder Glashütte statt. Gemäß der Produktspezifikation von DSD werden hohe Reinheitsgrade des Weißglases mit 97% besonders erforderlich. Dieses sehr reine Altglas wird zusammen mit Primärrohstoffen (Soda, Kalk, Quarzsand) wieder eingeschmolzen und dann zu neuen Glasverpackungen geformt. Neben der Primärrohstoffschonung ermöglicht der Einsatz des Altglases auch Energieeinsparungen bis zu 35%.[25] Das Recycling von Altpapier und –glas entspricht der Form der Wiederverwertung, weil diese nach der Umwandlung wieder in den gleichen Kreislauf zurückfließen.

Im Gegensatz zu Altpapier und –glas werden alle Materialfraktionen der Leichtverpackungen zuerst in gelben Tonnen und Säcken gemeinsam eingesammelt und dann in Sortieranlagen separat getrennt. Als ein Beispiel werden die Aluminiumverpackungen nach der Aussortierung der Störstoffe durch Wirbelstromscheider in der Sortieranlage abgetrennt, zu Ballen gepresst und zur Wieder-/Weiterverwertung transportiert. Das Aluminium ohne Beschichtung kann direkt eingeschmolzen werden, während beschichtetes oder lackiertes Aluminium durch Anwendung von Magnetabscheidung und Pyrolysevorgänge von Fremdstoffen wie Metall oder Papier befreit werden muss und erst dann eingeschmolzen werden kann, um somit neue Verpackungen oder andere Produkte zu formen. Dies führt zu einer Energieeinsparung von bis zu 95%.[26] Neben dem Recycling von Einwegverpackungen kommt die Rückführung der Mehrwegverpackung wie z.B. Mehrweg-Getränkeverpackungen im Hausmüll sehr häufig vor. Mit dem Zweck der Wiederverwertung der MV führt ein Pfandsystem die MV in den Verpackungskreislauf zurück. Die Pfandbeträge werden bei der Rückgabe der MV erstattet, so dienen diese als Anreiz für den Verbraucher zur raschen Rückgabe der MV. Verschwendung wird damit effektiv vermieden. Großindustrielle Getränkehersteller wie Coca-Cola nehmen die Pfandflaschen zurück und füllen ihre Getränke darin erneut ab.[27]

3.3 Beseitigung von Hausmüll

Die Verbrennung, Kompostierung und Deponierung von Hausmüll sind drei konventionelle Abfallbeseitigungsmethoden.[28] Die ausführliche Beschreibung dieser technischen Verfahren ist wegen des Rahmens dieser Arbeit und beschränktem fachlichen Wissen nicht möglich. Hier werden nur ein kurzer Überblick auf der technischen Seite dieser drei Verfahren und ihre gegenwärtige Anwendung bzw. Allokation in Deutschland dargestellt.

3.3.1 Verbrennung

Müllverbrennung ist das wichtigste thermische Verfahren in der heutigen Abfallwirtschaft. Sofern die Abfälle stofflich nicht mehr verwertet werden können, können diese Reststoffe

[24] Vgl. Umweltbundesamt 2012a, o.S.
[25] Vgl. Umwelt Bundes Amt, 2011c, o.S.
[26] Vgl. Souren, 2002, 85-88
[27] Vgl. Souren, 2002, 98-99
[28] Vgl. König, 1996, 50

verbrannt werden. Der Hausmüll wird in den Verbrennungsanlagen durch die Anwendung eines Krangreifers vom Lagerplatz in den Ofen befördert und dann auf einem schrägen Rost im Brennraum fortbewegt, wobei die Verbrennung bei Temperaturen von 800 °C bis 900 °C stattfindet. Um den Müll richtig auszubrennen, muss während der Verbrennung ausreichend Luft hinzugefügt werden.[29]

Zu den offenkundigen Vorteilen der Abfallverbrennung zählen die Reduzierung des zu deponierenden Abfallaufkommens und -volumens, die Inertisierung des Restabfalls und die Nutzung der anfallenden Verbrennungswärme. Durch die Abfallverbrennung kann eine Minderung des Restmüllvolumens um 90% und seines Gewicht um 75% ermöglicht werden. Die Hauptbestandteile des Mülls, wie Papier und Kunststoff, die reich an Kohlenstoff sind, verbrennen mit Sauerstoff aus zugeführter Luft und reagieren zu unsichtbarem Wasserdampf und Kohlendioxid. Der Müll ist nicht einfach verschwunden, sondern wird in Abgas, Schlacke und Flugasche umgewandelt. Die Schlacke als restliche, nicht brennbare Stoffe können als Baustoffe verwertet werden, um somit den Deponieraum zu schonen.[30] Die Inertisierung von reaktionsarmen Stoffen bezeichnet die Umwandlung des Abfalls durch Zerstörung oder Immobilisierung von Schadstoffen. Die gefährlichen Abfälle, wie radioaktive oder schwermetallhaltige Stoffe, können durch Umwandlung unschädlich gemacht und anschließend problemlos weiterverwertet oder deponiert werden. Die Nutzung der überschüssigen Wärmeenergie ist ein positiver Nebeneffekt. Die bei der Verbrennung freigesetzte Wärme wird als Energie, wie z.B. in Form von Strom oder Fernwärme, genutzt.[31] Die im Bundesimmissionsschutzgesetz vorgeschriebenen Grenz- und Richtwerte für abgasförmige Emissionen sind einzuhalten. Aufgrund der Hygiene sollte die MVA (Müllverbrennungsanlage) außerhalb von Wohngebieten liegen. Eine entsprechende Entfernung von 500m wird von der Gesundheitsbehörde generell empfohlen.[32]

Die Müllverbrennung hat eine lange Geschichte in Deutschland. 1893 wurde die erste MVA in Hamburg aufgebaut. Im Jahr 1999 befanden sich 55 Verbrennungsanlagen in der Bundesrepublik Deutschland für Haus- und Gewerbeabfälle in Betrieb, in denen jährlich 11 Mio. Mg Abfall von zirka 28 Mio. Einwohnern thermisch behandelt werden.[33] Bis 2009 wurden 69 MVA in Deutschland errichtet, die Verbrennungskapazität und Lokation der jeweiligen MVA sind im Anhang1 zu finden. Eine Prognose-Studie vom NABU (Naturschutzbund Deutschland) stellt die These auf, dass es zu viele MVA in Deutschland gibt. Bis zum Jahr 2020 wird die jährlich in Deutschland zur Verbrennung entstehende Abfallmenge zwischen 25 und 27 Mio. Tonnen betragen, während es zwischen 31 und 33 Mio. Tonnen betragen sollte, damit alle MVA effizient wirken. Wird diese fehlende Menge aus dem Ausland eingekauft, bringt dieses neue Umweltprobleme mit sich, die nicht unterschätzt werden dürfen. Der NABU meint, dass es jetzt schon zu viele MVA für nicht genug Abfallbrennstoff gibt. Deshalb fordert er den sofortigen Planungsstopp für neue MVA.[34]

[29]Vgl. Ahrends, 1990, 180
[30]Vgl. Ahrends, 1990, 180-182
[31]Vgl. Thywissen, 1995, 101-103
[32]Vgl. Knoll, 1998, 123
[33] Vgl. Bilitewski et al. 2000, 222
[34] Vgl. NABU 2009, o.S.

3.3.2 Kompostierung

Das Kompostierungsverfahren der Abfallbehandlung bezeichnet den biologischen Prozess, bei dem die organische Substanz unter Luftzufuhr durch verschiedene Mikroorganismen, wie Pilze und Bakterien, abgebaut und dann wieder in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt wird. Es kommt sowohl der Entsorgung als auch der Verwertung von Abfällen zu. Hausmüll, wie Obst-, Gemüse- und Speiseabfälle sowie Hygienepapier, die sich größtenteils aus organischem Stoff zusammensetzen und keinen oder nur wenig Schadstoffe beinhalten, sollen im Kompostierungsverfahren eingesetzt werden. Grobaufbereitung, Rotte und Feinaufbereitung sind drei grundlegende Vorgänge. Bei der Grobaufbereitung wird der Biomüll von Störstoffen zuerst getrennt und dann zerkleinert. Die Fraktion <60 mm gehen direkt in die Rotte ein, weil sich fast alle Störstoffe in der Siebfraktion >60 mm befinden. Die Störstoffe darin werden durch verschiedene und geeignete Siebquerschnitte abgenommen. Magnetscheider dienen der Entfernung der Eisenbestandteile. Die durch Zerkleinerung vergrößerte Oberfläche verbessert die Aufnahme von Wasser und bereitet das Gut für die mikrobielle Zersetzung vor. Der Hauptprozess der Rotte besteht aus Vor- und Nachrotte. Vorrottesysteme zeichnen sich durch schnelle Erzeugung des Frischkompostes und wirksame Verhinderung der Geruchsemissionen aus. Außerdem sind statische und dynamische Vorrottesysteme zu unterschieden. Bei dem statischen Verfahren ist das zu kompostierende Material mit der Belüftung bei hohen Temperaturen im Ruhezustand, während Material bei dynamischen Verfahren wegen kontinuierlicher Bewegung und Belüftung nie zur Ruhe kommt, so dass die Vorrotte durch Verhinderung der Bildung der Pilzzellflächen beschleunigt werden kann. Der Fertigkompost wird in der anschließend folgenden Phase Nachrotte erzeugt. Bei der Nachrotte nimmt die Temperatur ab. Infolgedessen wird die biologische Aktivität im vorkompostierten Material gehemmt. Somit ist die biologische Umwandelung des Kompostes komplett. Bei der Feinaufbereitung wird das Endprodukt Bioabfallkompost durch den Siebe-Vorgang hergestellt. Kompost enthält große Mengen an organischer Substanz und Nährstoffen und hat weit verbreitet Anwendung, sowohl in Monokulturen wie Obst und Wein, als auch im Straßen-, Landschafts- und Gartenbau, gefunden. Die Siebreste, Überkorn, werden zumeist wieder in den Rotteprozess eingesetzt oder entsorgt.[35]

In den 1980er Jahren hat die getrennt Einsammlung und anschließende Kompostierung von Biomüll in Deutschland angefangen, aber eine schnelle Entwicklung gab es erst in den letzten 20 Jahren. Im Jahr 1998 befanden sich 558 Kompostwerke für biogene Abfälle in Betrieb, während über 2000 Kompostierungsanlagen im Jahr 2008 erfasst wurden. Laut einer Studie im Auftrag des UBA [36]wurden etwa die Hälfte davon für Kompostierung der Bioabfälle aus Haushalten, Gewerbe, Garten und Park verwendet. In dieser Hälfte wurden etwa 90% aus 3,85 Mio. Tonnen Biomüll aus den Haushalten kompostiert, die restlichen 10% wurden in Biogasanlagen vergoren.[37]

3.3.3 Deponierung

Neben der Verbrennung und Kompostierung ist die Abfalldeponie eine übliche Aufbereitung von Hausmüll mit dem Vorteil einer einfachen Technik, sowie niedrigen Betriebs- und Errichtungskosten. Deponien dienen der langfristigen, geordneten und kontrollierten Ablagerung von nicht mehr aufbereitbaren Abfällen. Es wird zwischen Hausmüll- und Sonderabfalldeponie unterschieden. Hier wird nur die Hausmülldeponie betrachtet. Unter

[35]Vgl. Bilitewski et al., 2000, 301-314
[36] Vgl. Umweltbundesamt 2012b, o.S.
[37] Vgl. Umweltbundesamt 2012b, o.S.

Hausmülldeponie ist die technische und bauliche Anlage zu verstehen, die meistens der Lagerung von festen Siedlungsabfällen dient.[38] Die Deponien lassen sich sowohl durch die Verfahrensweise, als auch durch ihre Bauform charakterisieren. Nach den Betriebsformen sind Verdichtungs-, Rotte-, Inert- und Ballendeponie zu unterscheiden. Auf der Verdichtungsdeponie werden die Abfälle lagenweise von 0,3 bis etwa 2 m verdichtet. Eine möglichst hohe Verdichtungsleistung mit minimalem Geräteeinsatz wird angestrebt. Die in dem Zwischenraum enthaltene Luft wird durch wiederholte Verdichtung verdrängt und dadurch die mikrobiologische aerobe Umsetzung eingeschränkt. Infolgedessen kann das vom Niederschlagswasser verursachte Ablaufen und das Eindringen von Wasser in den Deponieköper vermieden werden. Weil bei der Rottendeponie ohne Verdichtung Wasser und Luft in die lockere Schichtung eindringen kann, ermöglicht dieses eine mikrobiologische Umsetzung. Auf der Inert-Deponie werden Abfälle ohne oder nur mit wenigen mobilen Schadstoffen abgelagert. Dies entspricht der Umweltanforderung am besten. In vielen Ländern werden die Siedlungsabfälle nach der Aussortierung von Wertstoffen zu Ballen gepresst und dann mit Gabelstaplern oder Radladern auf der Ballendeponie, ohne groß Staub aufzuwirbeln, abgelagert. Dies führt zu einer Zeit-, Arbeits-, und Geräteeinsparung. Deponieformen werden in Gruben- und Halden-Deponie, Deponie am Hang und in einem Taleinschnitt eingeteilt. Bei der Grubendeponie handelt sich um eine Deponieanlage in einer vorhandenen oder künstlich angelegten Grube und die in Deutschland überwiegend genutzte Form.[39]

Um die Umweltbelastung der Deponie so wirksam wie möglich zu minimieren, ist ein Multibarrieren-Konzept entsprechend den neuen Anforderungen und technischen Erkenntnissen entstanden. Aus Gründen der Sicherheit sind die Barrieren voneinander unabhängig, damit Schäden beim Ausfall einzelner Barrieren behoben werden können. Die folgenden Barrieren sind enthalten:

Barriere 1: Abfallvorbehandlung um die Schadstoffe zu immobilisieren.
Barriere 2: Auswahl des Standortes entsprechend den geologischen und hydrogeologischen Anforderungen.
Barriere 3: Deponiekörper sollte fest und stabil aufgebaut werden.
Barriere 4: Deponiebasisabdichtung mit Sickerwassererfassung und -behandlung.
Barriere 5: Oberflächenabdichtungssystem und getrennte Erfassung des Regenwassers.
Barriere 6: Nachsorge, Reparatur der Deponie.[40]

Nun wird eine Grubendeponie mit der Anwendung von Oberflächenabdichtungen für Hausmülldeponien grob beschrieben. Die Infiltration von Niederschlägen in den Deponiekörper kann durch eine wasserableitende Oberflächendichtung mit bestimmter Neigung und Durchlässigkeit zu fast 100% vermieden werden. Davon ist die Verlustmenge aufgrund der Transpiration des dichten Bewuchses beträchtlich. Der Verdunstungsanteil ist abhängig von klimatischen Verhältnissen und kann bis zu 60% erreichen. Der Anteil der abgeleiteten Niederschläge schwankt zwischen 5 und 20%, je nach Neigungsverhältnissen. Eine Verhinderung der Niederschlagsinfiltration durch die Deponieoberfläche ist eine effektive Kontrolle für die Gefahr hoch anfallender Sickerwassermenge, wobei durch die Abdichtung Schadstoffe eindringen und eine Wasserverschmutzung verursachen. Für Hausmülldeponien hat die Oberflächenabdichtung zahlreiche Vorteile, wie Reduzierung der

[38] Vgl. König, 1996, 50
[39] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 135-137
[40] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 142

Sickerwassermenge und -fracht, Aufrechterhaltung des deponieinternen Milieus usw.[41] Ab dem 01.06.2005 ist die Ablagerung des unbehandelten Hausmülls in Deutschland verboten.[42] Dies bringt einen enormen Rückgang der Anlieferung auf Deponien. Daher werden viele Deponien stillgelegt und in die Nachsorgephase überführt. Die Entwicklung der Deponiezahl und Ablagerungsmengen sind in Anhang 2 zu sehen.

3.4 Rechtliche Grundlagen

3.4.1 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) ist am 27. September 1994 in Kraft getreten. Dieses Gesetz ist ein bedeutender Impuls für die Entsorgungswirtschaft, wobei es die Kreislaufwirtschaft fördert und die umweltverträgliche Beseitigung sichert. Basierend auf dieser Rechtsgrundlage sind seitdem massive Sammelsysteme, Umschlagseinrichtungen, Sortieranlagen, Recyclingkreisläufe und Mehrwegsysteme in Deutschland eingerichtet worden. Seit 1986 wurde der Begriff der Abfallentsorgung aus der Beseitigung und dem neu hinzugefügten Begriff der Verwertung zusammengesetzt. In §5 hat die Verwertung Priorität vor der Beseitigung, es sei denn, die Beseitigung ist umweltfreundlicher. Durch die Verwertung wurden die Abfälle als Sekundärrohstoffe im Produktionsprozess wieder hingeführt. Die ökonomische und technische Ausführbarkeit der Verwertung und ein dafür benötigter Markt setzen die Pflicht zur Verwertung voraus (§5,Abs.4). Nach §19 ist eine Erstellung vom Abfallwirtschaftskonzept verpflichtend. Die strategischen Planungen zur Verwertung, Beseitigung und Vermeidung von Abfällen und ein Ausblick auf die nächsten fünf Jahre sollen im Konzept enthalten sein. Die ausführliche Produktverantwortung wird im KrW-/AbfG wie folgt definiert:

- Die Gestaltung von Erzeugnissen strebt die Mehrfachnutzung, Langlebigkeit und nach Gebrauch umweltfreundliche Entsorgung an. Bei der Herstellung von Erzeugnissen müssen vorrangig verwertbare Sekundärstoffe oder Abfälle eingesetzt werden.
- Schadstoffhaltige Erzeugnisse sind zu kennzeichnen, um die Produkte nach Gebrauch umweltverträglich zu entsorgen.
- Die Rücknahme von Erzeugnissen bzw. Verwertung oder Beseitigung von Abfällen nach Gebrauch zählen ebenfalls zur Produktverantwortung. Die Hinweise auf Rückgabe-, Wiederverwertungs- oder Verwertungsmöglichkeiten wie Pfandregelungen sind zu geben.

Um die Kreislaufwirtschaft zu fördern, haben die Behörden die Verpflichtung, umweltfreundliche Erzeugnisse bei der Beschaffung zu berücksichtigen (§37 Abs.1). Behörden und andere Entsorgungsträger sind verpflichtet, über Möglichkeiten der Vermeidung, Verwertung und Beseitigung zu informieren und beraten.[43]

3.4.2 Pfandverordnung und die technische Anleitung Siedlungsabfall

In Gesetzen festgelegte umweltpolitische Ziele werden durch Verordnungen implementiert. Die weiteren detaillierten Bestimmungen, die auf einen bestimmten Objektbereich bezogen sind, erfolgen durch umweltpolitische Zielsetzung.

[41] Vgl. Bilitewski et al., 2000, 142
[42] Vgl. Umweltbundesamt, 2011b, o.S.
[43] Vgl. Vahrenkamp / Siepermann, 2005, 235-238; Thywissen, 1995, 115-117

Eine Pfanderhebungspflicht wurde im Jahr 1988 speziell für kunststoffliche Getränkeverpackungen erlassen. Ein Pflichtpfand betrug bei einem Inhalt von 0.2 Liter 0,50 DM und ab 1,5 Liter 1,00 DM. Durch die Einführung der Pfandverordnung für Getränkeverpackungen sind die Einweg-Kunststoffflaschen zu Mehrwegflaschen weiterentwickelt worden.[44] §9 der VerpackV von 2008 regelt die aktuelle Pfandpflicht für Einweggetränkeverpackungen in Deutschland. Die Kriterien über ihre ökologische Auswirkung, ihr Füllvolumen und das in ihr enthaltene Getränk für die Pfandpflicht werden durch die Abbildung-3 veranschaulicht. §9 Abs.1 VerpackV beschreibt einen Pflichtpfand von 0,25 Euro mit einem Füllvolumen von 0,1 bis 3 Liter vor und es wird bei Rücknahme der Verpackung erstattet. Vertreiber sind für die deutlich lesbare Kennzeichnung ihrer pfandpflichtigen Verpackung an gut sichtbarer Stelle verpflichtet. Sie haben sich an einem bundesweiten Pfandsystem zu beteiligen, so dass die Abwicklung von Ansprüchen der Pfanderstattung zwischen allen Systemteilnehmern ermöglicht wird. [45]

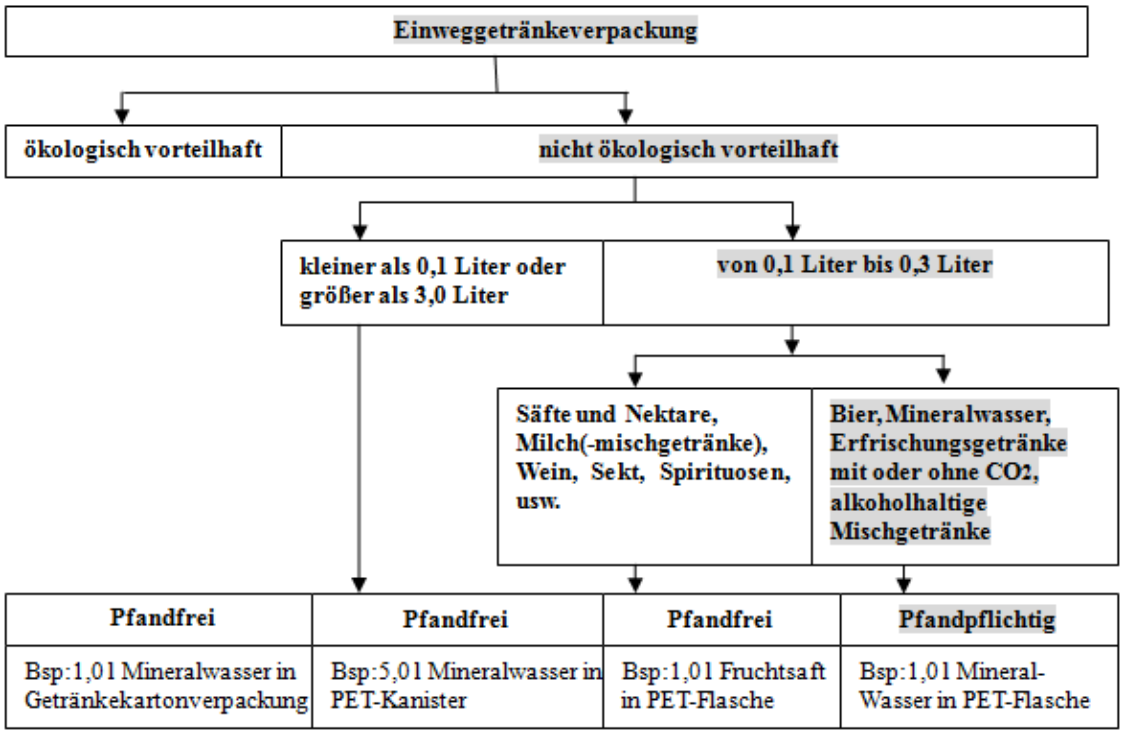

Abbildung-3: Kriterien für die Pfandpflicht von Einweggetränkeverpackungen (http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-23503/IS_BWL_2011-02.pdf)

Die TA Siedlungsabfall als Verordnung im Bezug auf die Verarbeitung der Siedlungsabfälle trat am 01. Juni 1993 in Kraft. Die Minderung der zu deponierenden festen Siedlungsabfälle ist das oberste Ziel, das durch getrennte Einsammlung der Rückstände und die Kompostierung gefördert werden soll. Die Müllverbrennung ist notwendig für die Abfallwirtschaft, weil die Restabfälle durch thermische Behandlung in Abfälle umgewandelt werden, ohne gefährlich für den Boden zu sein.[46]

[44]Vgl. Thywissen, 1995, 123
[45]Vgl. Bundesministerium der Justiz, 2008, o.S.
[46]Vgl. Thywissen, 1995, 121

4. Status quo der Hausmüllentsorgung in China

4.1 Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll

4.1.1 Sammlung von Hausmüll

Die Sammlung von Hausmüll ist noch in der Anfangsphase der Umwandlung von gemischter Sammlung zu getrennter Sammlung. Chinas städtische Bevölkerung lebt zumeist in Wohnbezirken oder Hochhäusern, in dem sich der gemeinsame Müllraum im Erdgeschoss befindet. Alle Müllsäcke werden von den Bewohnern in den Müllraum geworfen und dann durch die Müllfahrzeuge zur Umschlagestation transportiert. Dieses ist die häufigste Art der Sammlung von Hausmüll. In diesem Ablauf gibt es keine Trennung von Hausmüll, welches die Erhöhung der Menge von Müllabfuhr und Entsorgungsschwierigkeiten, die Verschwendung von personellen und materiellen Ressourcen verursacht sowie hinderlich für Recycling und Beseitigung ist. Unter Berücksichtigung der gesundheitlichen und hygienischen Nachteile muss sich diese gegenwärtige Situation Chinas ändern. Es besteht ein hoher Anpassungsbedarf an die Systeme und die Infrastruktur für die Einsammlung von Hausmüll. Dazu kommt die getrennte Sammlung von Hausmüll, die schon einen hohen Entwicklungsstand in vielen entwickelten Ländern erreicht hat. In China wird zurzeit die getrennte Sammlung von Hausmüll nur in einigen Städten wie Peking, Hangzhou und Kanton durchgeführt, befindet sich aber noch in einer experimentellen Phase.[47]

Shanghai als internationale Metropole hat ein relativ vollständiges System für getrennte Sammlung und wird damit als das Vorbild für andere Städte gesehen. In Anlehnung an die Entfernung von Verbrennungsanlagen, Verbrennungsanlage Service-Bereich bzw. Non-Verbrennungsanlage Service-Bereich, sind die Trennungsweisen von Hausmüll in verschiedenen Regionen zu unterschieden. Tabelle-1 fasst die Trennungsweise in Shanghai zusammen.

Bereich	Trennungsweise	Hauptbestandteile
Non-Verbrennungsanlage Service-Bereich	Organischer Müll Anorganischer Müll Sondermüll	Küchenabfälle, Fruchtschalen, usw. Altpapier, -glas, -metall, Kunststoffabfall, usw. Batterien, Glühbirnen, Medikamente, usw.
Verbrennungsanlage Service-Bereich	Brennbarer Müll Nicht-brennbarer Müll Sondermüll	Küchenabfälle, Altpapier, Kunstabfälle, usw. Altglas, -metall, usw. Batterien, Glühbirnen, Medikamente, usw.

Tabelle-1: Trennung von Hausmüll in Shanghai (Eigene Darstellung in Anlehnung an Huang 2004, S99)

Zu jedem Wohnblock gibt es ein an die Fläche und Anzahl der Bewohner angepasstes Modell. Hier werden zwei repräsentative Modelle von diesen zwei Bereichen, das Xingwen-Modell und das Ziyou-Modell, verglichen. Xingwen ist ein Hochhaus mit 30 Etagen, in dem 240 Familien wohnen, während 1057 Familien im Wohnbezirk Ziyou auf einer Fläche von 50,000 m leben. Auf jeder Etage in Xingwen stehen eine schwarze Tonne für organische Müllsammlung und eine grüne Tonne für die anorganische Müllsammlung zur Verfügung, zusätzlich gibt es eine rote Tonne für Sondermüll im Erdgeschoss. Ein Müllarbeiter ist

[47]Vgl. Huang, 2004, 98

zuständig für die Erfassung und Abfuhr von Abfällen. Das geschieht zweimal am Tag, nämlich jeden Morgen und Abend. Es ist zu sehen, dass die Sammlung von Hausmüll im Xingwen-Modell eine Kombination aus getrennter Sammlung und dem Holsystem ist. Es kann einfach implementiert werden, so dass mehr als 90% allen Hausmülls getrennt gesammelt werden können. Obwohl dieses Modell zeitaufwändig ist, wird es trotzdem in China weiterhin gefördert, da die Arbeitskräfte billig sind. Im Ziyou-Wohnbezirk gibt es drei Sammelstellen. Jeder besitzt zwei grüne Container für nicht brennbare Abfälle und zwei rote Container für Sondermüll bzw. zwei Edelstahl-Fahrzeuge für brennbare Abfälle, die alle am Morgen und Abend von drei Müllarbeitern entleert werden. Abbildung-4 und Abbildung-5 geben einen Überblick über diese beiden Modelle.

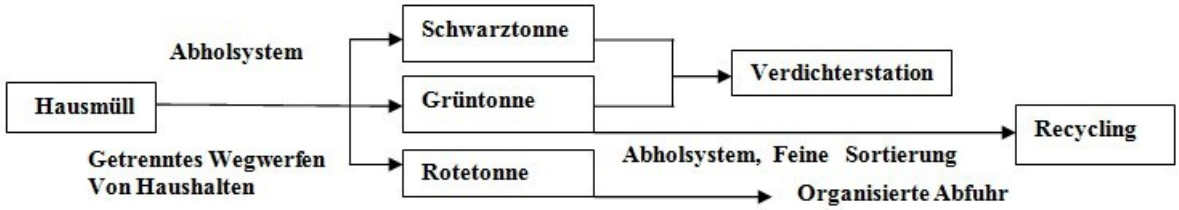

Abbildung-4: Xingwen-Modell (auf jeder Etage) (Eigene Darstellung in Anlehnung an Huang 2004, S99)

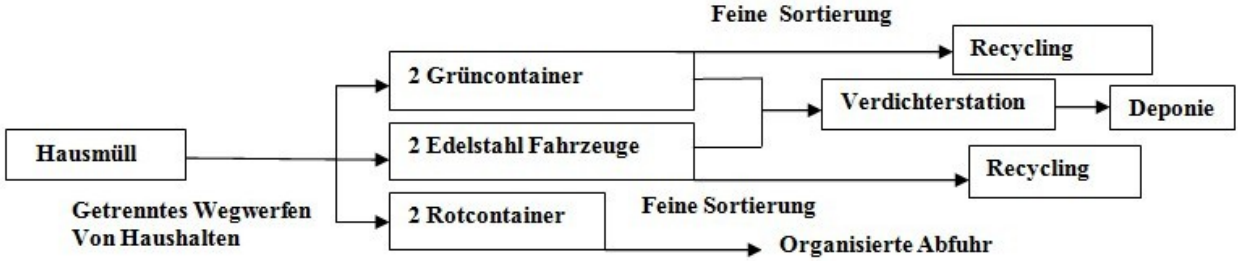

Abbildung-5: Ziyou-Modell (im ganzen Bezirk) (Eigene Darstellung in Anlehnung an Huang 2004, S100)

Sowohl die Trennungsweise als auch der Sammelbehälter dieser beiden Bereiche ist unterschiedlich. Jede Stadt hat ihr eigenes Sammelsystem. In Nanjing z.B. wird der Hausmüll in drei verschiedenfarbigen Plastiktüten eingesammelt. Direkt recycelbare Wertstoffe wie Altpapier und –metall gehören in rote Tüten, Bioabfälle wie Küchenreste und Fruchtschale in grüne Tüten, Altglas und Kunststoffabfälle in gelbe Tüten. Die Zusammenarbeit aller Akteure, Haushalte, Reiniger im Wohnblock, Property-Management- Unternehmen und Sanitäramt werden als Ganzes organisiert.[48]

4.1.2 Umschlag und Transport von Hausmüll

Die Kombination aus Container und Sammelstellen ist eine weitverbreitete Anwendung von Abfallsammlung und -transport in China. Die Umschlagstation wird für den Ferntransport über 10 km eingesetzt. In vielen Städten in China wird Müll zuerst im Großcontainer in der Sammelstelle von Müllarbeitern mit einer Rikscha gemischt erfasst. Das Volumen dieser Rikschas liegt in der Regel zwischen 200 und 400 Liter. In der Sammelstelle gibt es zwei Stahlcontainer mit 7000 Litern Inhalt. Gefüllte Container werden verschlossen zur Deponie

[48]Vgl. Huang, 2004, 99-101

gefahren und gleichzeitig durch leere Container ersetzt. Dies ist nur geeignet für die Sammlung und den Transport von Hausmüll über eine kurze Entfernung, wobei im Ferntransport die Umschlagstation mit einer Anwendung der Sortierung und Verdichtung von Hausmüll eingesetzt wird. Ein Beispiel dazu ist die Umschlagstation in Chaoyang-Distrikt in Peking, die durch die Unterstützung der deutschen technischen Hilfe wiederaufgebaut wird. Abbildung-6 stellt die Abläufe in der Umschlagstation dar.

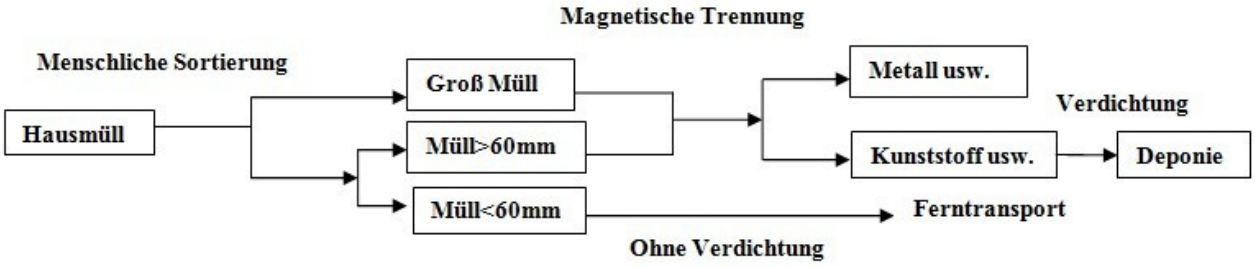

Abbildung-6: Die Abläufe in der Umschlagstation (Eigene Darstellung in Anlehnung an Xu et al. 2006, S47)

Der kleine LKW mit 6 bis 11 Tonnen Ladekapazität hat eine breite Anwendung für den Nahverkehr von Hausmüll, für den Ferntransport steht ein großer LKW mit bis zu 26 Tonnen Kapazität, ein Zug und oder ein Schiff zur Verfügung.[49]

4.2 Recycling von Hausmüll

In den 1950er Jahren sammelten die Haushalte ihren Verpackungsschrott und verkauften ihn an staatliche Recycling-Stationen, danach erfolgte die Verwertung unterschiedlicher Wertstoffe in verschiedenen Betriebsanlagen. Mit der Reform des Wirtschaftssystems ist das staatliche Recyclingsystem zerfallen. Jetzt gibt es zwar einige private Recyclingsysteme, aufgrund der Mängel an professioneller Sortierung und Behandlung ist die Verwertungsquote der Wertabfälle jedoch noch sehr gering. In China besteht zurzeit rund 10% des Hausmülls aus Verpackungsabfällen und beträgt über 20 Mio. Tonnen. Die Meisten davon, wie Altpapier, -glas, -kunststoff und -metall werden mit Küchenabfällen gemischt verbrannt oder deponiert. Nur 20% der Wertstoffe werden recycelt. Hierfür spielen die *Massenscavengers* eine extrem wichtige Rolle. Sie leben vom Verkauf von verwertbaren Fundsachen aus Müll, wie Verpackungsabfällen. Die Menge der Mitglieder in diesem großen Team werden auf 600 Mio. geschätzt. Allein in Peking beträgt ihre Anzahl über 80,000. Eine Untersuchung zeigt, dass durch die „Filtration“ von *Scavengers* die Verschwendung der Wertstoffe um 16% abgenommen hat. Das Bewusstsein der Produkthersteller für die Verwertung von Verkaufsverpackung reicht noch nicht aus, um die Verpackungsabfälle aus eigener Initiative wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen. Es fehlen auch die geeigneten gesetzlichen Grundlagen. Die Verwertung der recycelten Wertstoffe kommt meist in Werkstätten vor, wie z.B. in kleinen Papierfabriken und Aluminiumwerken. Ohne ausreichende technische Unterstützung treten viele Probleme auf, wie eine zu geringe Verwertungsquote, schlechte Qualität der Recycling-Produkte, Verschwendung von Ressourcen und Energie, sowie sekundäre Verschmutzung.[50]

[49]Vgl. Xu, 2006, 47
[50]Vgl. Guo / Xu, 2007, 32

4.3 Beseitigung von Hausmüll

Wie in Deutschland sind Deponieren, Verbrennung und Kompostieren die Kernverfahren der Beseitigung von Hausmüll in China.[51] Die technischen Behandlungen werden hier nicht noch einmal wiederholt. Stattdessen werden die Anwendungssituationen und die Besonderheiten dieser drei Verfahren betrachtet.

4.3.1 Verbrennung

In den 1980er Jahren begann die Studie über Verbrennungstechniken von Hausmüll in China, die Entwicklung schreitet hier aber nur langsam voran. Die Vorteile, wie Verminderung der Abfälle, Gewinnen der Energie und Umweltfreundlichkeit, entsprechen den heutigen Anforderungen der Beseitigung von Hausmüll. Infolgedessen ist die Verbrennungstechnik in den letzten Jahren zu einer der am schnellsten wachsenden Technologien geworden. Bis 2009 befanden sich 74 MVA mit einer täglichen Gesamtbehandlungskapazität von 51600 Tonnen im Betrieb, in denen etwa 10% des Hausmülls verbrannt wurden. Die Meisten davon liegen in den wirtschaftlich weitentwickelten Gebieten und großen Städten, nämlich in südlichen Küstengebieten Chinas, weil der Anteil brennbarer Stoffe dort relativ hoch ist.[52]

Die meisten Anlagen werden aus dem Ausland eingeführt, z.B. Martin GmbH in Deutschland, Mitsubishi in Japan, aber nicht voll ausgelastet. Die gemischte Sammlung von Hausmüll musste als Hauptgrund angeführt werden. Der hohe Wassergehalt des Biomülls reduziert die Hitze der Verbrennung, harte Gegenstände wie Glassplitter stören das Rotationssystem. Auch eine ständige Reinigung ist notwendig. Ein Importieren der MVA erfordert eine Menge an Investitionen. In einigen kleinen und mittelgroßen Städten werden die eigenen entwickelten MVA wegen dem einfachen Prozess und den niedrigen Kosten verwendet. Aber der Mangel an ausgereifter Technologie führt zu vielen Problemen, wie z.B. unvollständige Verbrennung und sekundärer Verschmutzung.[53]

4.3.2 Kompostierung

Im Vergleich zu den entwickelten Ländern ist der Biomüllgehalt in China relativ gering, jedoch ist die Menge aufgrund der großen Basis riesig. Im Jahr 2009 wurden 1,35 Mio. Tonnen Hausmüll in 14 Kompostierungsanlagen behandelt, während es im Jahr 2008 23 Kompostierungsanlagen mit der Handlungskapazität von 1,74 Mio. Tonnen gab. Die Kompostierung von Hausmüll zeigte Anzeichen eines leichten Rückgangs. In gemischten Abfällen sind mehr anorganische Stoffe als organische Stoffe, aufgrund der Essgewohnheit ist der Feuchtigkeitsgehalt von Küchenabfällen zu hoch, um sie zu kompostieren. Aufgrund der schlechten Qualität ist die Vermarktung des Kompostes unbefriedigend.[54]

Statische aerobe Gärungstechnologien weisen hinsichtlich einfacher Verfahren weniger Anforderungen an Mechanisierung und wegen niedriger Betriebskosten zahlreiche Vorteile auf. Darüber hinaus findet es eine breite Anwendung für die Kompostierung des Hausmülls in

[51] Vgl. Li et al., 2004, 74
[52] Vgl. Municipal Solid Waste Disposal Committee, 2012, o.S.
[53] Vgl. Li et al., 2004, 77
[54] Vgl. Municipal Solid Waste Disposal Committee, 2012, o.S.

einigen kleinen Städten. Aber es fehlt eine wirksame Emissionsführung. Abwasser und übler Geruch führen zu einer Reihe von Umweltproblemen.[55]

4.3.3 Deponierung

Der Hausmüll wird in mehr als 95% der Städte durch Deponierung beseitigt, besonders in kleinen und mittelgroßen Städten. Da die Nutzung der Landfläche immer kleiner geworden ist, liegen die neuen Deponien hauptsächlich in Kreisstädten. In 674 Städten befinden sich 407 Deponien, in denen 84,24 Mio. Tonnen im Jahr 2009 deponiert wurden. Die direkte Verbrennung der produzierten Gase wie Methan erzeugt Strom. Dieses vermindert auch die Treibhausgasemissionen. Bis Ende 2010 sind 35 Kraftwerke im Betrieb gewesen, die auf dieser Verwendung basieren.[56]

In den letzten Jahren wurden einige technisch relativ hochwertige Deponieanlagen in entwickelten Städten gebaut. Aber das Abfallaufkommen hat jährlich ständig zugenommen. Deswegen wird die Kapazität einige Jahre früher als geplant ausgenutzt werden. Die Deponien sind langfristig überlastet und werden geschlossen. Aus diesem Grund werden neue Deponieanlagen gebaut. Es wird eine Reihe von Umweltproblemen entstehen und die Nutzung der Bodenressourcen wird sich vermindern. Um aus dieser schwierigen Lage herauszukommen, wird der Bau einer neuen zusätzlichen MVA geplant. Kern des Problems ist, wie oben im Abschnitt 4.1.1 genannt, dass die flächendeckende Einführung der getrennten Sammlung von Hausmüll im Vordergrund stehen muss. Die einfachen Deponien ohne Behandlung des Sickerwassers und Deponiegases sind weit entfernt von der Einhaltung der internationalen Standards. Jedoch ist es noch häufig in rückständigen Städten zu sehen, dass der gesamte Hausmüll unbehandelt auf der Deponie abgelagert wird. Das Sickerwasser verschmutzt Grundwasser, das erzeugte Biogas führt sowohl zu der Luftverschmutzung als auch zu der Gefahr von Bränden und Explosionen. Fehlendes Umweltbewusstsein und fehlendes fachliches bzw. technisches Wissen, mangelhafte Steuerung, fehlende Unterstützung und Missachtung von örtlichen Behörden sind die wichtigsten direkten Ursachen.[57]

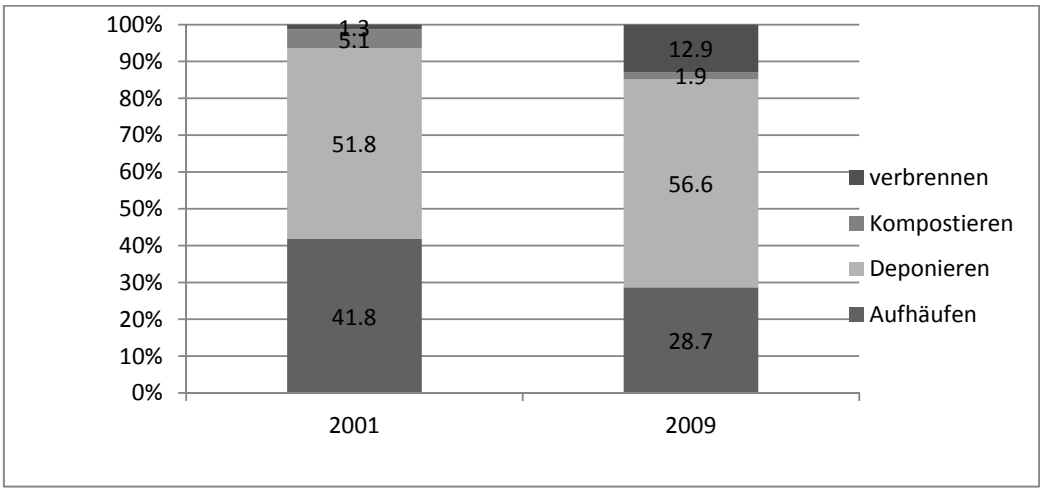

Abbildung-7: Anteil der Beseitigung von Hausmüll durch verschiedene Verfahren (http://www.cn-hw.net/html/32/201107/28472.html)

[55] Vgl. Li et al. 2004, 78
[56] Vgl. Municipal Solid Waste Disposal Committee, 2012, o.S.
[57] Vgl. Jiang / Wu, 2008, 51

Die Abbildung-7 stellt die Anteile vier verschiedener Beseitigungsarten von Hausmüll in 2001 und 2009 dar. Obwohl es derzeit eine Menge an Problemen gibt, ist auf jeden Fall auffällig, dass innerhalb von gut 10 Jahren die gesamte Behandlungsrate eine positive Entwicklung hatte.

4.4 Rechtliche Grundlagen

Das nationale Abfallgesetz ist das oberste Gesetz zur Regelung der Grundsätze des chinesischen Abfallrechts, um die durch feste Abfälle verursachte Umweltverschmutzung zu verhüten und zu behandeln, die menschliche Gesundheit zu schützen (§1 nationales Abfallgesetz). Es ist am 01. April 2005 in Kraft getreten. Das in §3 des nationalen Abfallgesetzes geregelte Prinzip, handelt von der Reduktion des Abfallaufkommens und der rationellen Wiederverwertung der Abfälle sowie von einer umweltverträglichen Abfallbehandlung, welches die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft fördert. Dafür tragen die Verursacher, wie Hersteller, Händler, Importeur und Verbraucher die Verantwortung (§5). Laut §7 werden Konsum und Verwendung recycelbarer und wiederverwendbarer Produkte befürwortet. Der dritte Abschnitt des Kapitels III dreht sich um die Verhütung und Behandlung der Umweltverschmutzung durch Hausmüll. §42 schreibt eine rechtzeitige Entsorgung des Hausmülls und eine schrittweise Verwirklichung von getrennter Sammlung und Transport und umweltschonender Behandlung des Mülls vor. Nach §42 sollte die Abfuhr des Hausmülls regelmäßig sein, die getrennte Sammlung und Transport, die Verwertung und umweltschonende Behandlung sollte schrittweise verwirklicht werden. Staatliche Behörden sollten die Reinigung, Sammlung, Transport und Entsorgung des Hausmülls organisieren. Einige qualifizierte Unternehmen können durch Ausschreibung an solchen Aufgaben teilnehmen (§39). Der größte Teil des Müll-Recyclings in China wird durch den Handel erreicht. Laut §43 ist der geordnete Aufbau eines Sammlungsnetzes die Aufgabe der Stadt.[58]

Die Konstruktion und Herstellung der Verpackung sollte gemäß §18 des nationalen Abfallgesetzes die betreffende Bestimmung der sauberen Produktion einhalten. Zu einigen Verpackungen, die im obligatorischen Recycling-Verzeichnis anfallen, müssen Hersteller, Händler und Importeur die Produktverpackung laut staatlichen Regelungen recyceln. Die Grundnormen befinden sich in der Regelung zur Verarbeitung und Benutzung von Verpackungsabfällen. Es fehlen jedoch quantitative Kriterien und Rechtsfolgen, falls die Verpflichtung nicht ausgeführt wird. Die Regelung ohne Zwangscharakter hat wenige restriktive Funktionen.[59]

[58]Vgl. Xu et al., 2006, 443-448; Nelles et al., 2007, o.S.
[59]Vgl. Guo / Xu, 2007, 33

5. Vergleich und Empfehlung der Hausmüllentsorgung Chinas und Deutschlands

In diesem Kapitel wird zuerst eine Zusammenfassung wiedergegeben, die jeden einzelnen Schritt darstellt. Außerdem werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie die Schwachstellen in der Hausmüllentsorgung beider Länder festgestellt, woraufhin einige umsetzbare Vorschläge gemacht werden.

5.1 Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll

In Abschnitt 3.1 und 4.1 wurde das erste Glied der Hausmüllentsorgung dargestellt, nämlich Sammlung, Umschlag und Transport von Hausmüll. Hier wird Sammlung als Schwerpunkt betrachtet, was als erster Schritt wesentlichen Einfluss auf die folgenden Schritte hat. Wie in Abschnitt 3.1 erwähnt, wird Hausmüll in Deutschland seit 1992 getrennt, wie folgend beschrieben, gesammelt: Leichtverpackungen mit dem Grünen Punkt in gelber Tonne oder gelben Sack, verschieden farbiges Altglas in entsprechenden Altglascontainern (Pfandflaschen sind nicht enthalten), kompostierbarer Biomüll in brauner Tonne, Altpapier in blauer Papiertonne. Anderer Müll wie Sperrmüll, Schadstoffe, Elektroschrott, der nicht in dieser Arbeit besprochen wird, hat ebenfalls sein eigenes Entsorgungssystem. Jeder deutsche Haushalt ist dazu aufgefordert, seinen Hausmüll vor der Entsorgung zu sortieren. Diese Trennung gilt grundsätzlich als allgemeiner Standard in allen Städten. In Abschnitt 4.1 wurden zwei Trennungsweisen von Hausmüll in Shanghai vorgestellt, in denen der anfallende Hausmüll erst getrennt und dann hauptsächlich durch in der Nähe eingerichteter MVA entsorgt wird. Allerdings wird Sondermüll extra aufgeteilt. Die Trennungsweise, in der brennbarer Müll und nicht-brennbarer Müll voneinander unterschieden wird, befindet sich im Verbrennungsanlage Service-Bereich. Organischer Müll und Anorganischer Müll sind die Fraktionen in anderer Trennungsweise. Wie z.B. die auf jeder Etage für die Müllsammlung zur Verfügung gestellte schwarze Tonne (organischer Hausmüll), die jeden Tag entleert wird.

Getrennte Sammlung setzt voraus, dass Hausmüll sowohl in Deutschland als auch in China rationell entsorgt wird. Der Unterschied zwischen diesen beiden Ländern lautet, dass in Deutschland ein ausgereiftes System vorhanden ist, während es in China noch am Anfang der Entwicklung steht. Auffällig ist, dass der Hausmüll in Deutschland nach einem einzigen einheitlichen Standard getrennt wird, aber die Trennungsweisen in China vielfältig sind. Außer der zwei Trennungsweisen in Shanghai, die bereits oben genannt wurden, hat fast jede Pilotstadt ihre eigene Trennungsweise. Darunter wird jede Stadt als eine Einheit zu ihrer Hausmüllentsorgung unterteilt. Diese Trennungsweise basiert darauf, durch welches Beseitigungsverfahren der meiste Hausmüll in der Stadt beseitigt wird, so dass der Hausmüll in vielen Pilotstädten nur in drei Fraktionen sortiert wird (siehe: Ziyou Modell). Die Vernachlässigung der Trennung vom Wertstoff ist problematisch für ihre Verwertung. Aufgrund des Mangels an einheitlicher Trennungsweise hat der Haushalt eine Menge von komplexen Informationen erfasst, ohne richtige Kenntnisse allerdings ist die Durchführung mit Schwierigkeiten gespickt, obwohl der Haushalt das Bewusstsein für Hausmülltrennung schon besitzt. Darüber hinaus kann die Hausmüllsammlung in China dadurch verbessert werden, indem man zuerst eine regional vernünftige Trennungsweise findet, die von den Haushalten erkannt und akzeptiert werden. Zudem müssen während der Durchführung eventuell auftretende Probleme gelöst werden.

Eine im ganzen Land standardisierte Trennungsweise wie in Deutschland ist für China nicht praktikabel, da der Hausmüll aus verschiedenen Regionen unterschiedliche Eigenschaften besitzt. Wie z.B. der Anteil der brennbaren und kompostierbaren Stoffe im Hausmüll, der aus

wirtschaftlich entwickelten Küstengebieten in Südchina oder aus großen Städten stammt, ist deutlich höher als der Hausmüll aus anderen Regionen. In Tabelle-2 wird ein Vergleich des Hausmülls aus verschiedenen wirtschaftlichen Blocks gezeigt.

Region	Eigenschaft der Region	Eigenschaft des Mülls
Große Städte in Südchina	Relativ entwickelte Wirtschaft Hohe Bevölkerungsdichte	Hoher Anteil des brennbaren und kompostierbaren Mülls
Kleine und mittelgroße Städte in Mittelchina	Schwache Wirtschaft (Hauptsächlich) Agrarökonomie	Hoher Wassergehalt und niedriger Heizwert
Westchina	Unentwickelte Wirtschaft Sehr dünn besiedelt Unfruchtbares Land	Geringe Abfallaufkommen

Tabelle-2: Vergleich des Hausmülls aus verschiedenen Regionen in China. (Eigene Darstellung in Anlehnung an Xiao 2003, S67)

Nimmt man sich ein Beispiel an der deutschen Trennungsweise, sollten sich Wert-und Schadstoffe zwei grundlegender Fraktionen in jeder Region bilden lassen. Die zusätzlichen Fraktionen unterscheiden sich je nach der Region und basieren auf der Eigenschaft des Hausmülls und der dazu passenden Entsorgungstechniken und –anlagen. Zu jeder Region fasst Tabelle-3 eine mögliche Trennungsweise zusammen. Darin wird der Hausmüll in Westchina genauso getrennt wie in Mittelchina, obwohl Deponierung dort das wichtigste Verfahren ist, da sich die unentwickelte Wirtschaft die hohen Kosten von Verbrennung nicht leisten kann. Das günstigere Verfahren Kompostierung kann noch den Vorteil schaffen, die Qualität des Landes durch das Endprodukt Kompost zu verbessern.

Region	Wichtigste Verfahren	Zusätzliche Fraktionen	Grundlegende Fraktionen
Große Städte in Südchina	Verbrennung	Brennbarer Müll (Küchenabfälle, unverwertbare Kunststoffe, Textilien usw.) Nicht-brennbarer Müll (alle anderen Müllarten)	Wertstoffe (Altpapier, -glas, -metall, Kunststoffe, usw.) Schadstoffe (Batterien, Glühbirnen, usw.)
Kleine und mittel-große Städte in Mittelchina	Kompostierung	Organischer Müll (Speisereste, Fruchtpelle, usw.) Anorganischer Müll (Textilien, unverwertbare Kunststoffe, usw.)	
Westchina	Deponierung	Organischer Müll (Speisereste, Fruchtpelle, usw.) Anorganischer Müll (Textilien, unverwertbare Kunststoffe usw.)	

Tabelle-3: Mögliche Trennungsweisen in China (Eigene Darstellung)

Die Trennungsweise ist die Konzeptionelle Leitlinie. Für die Durchführung sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen, damit die Haushalt zu einem besseren verhalten übergehen:

- Ein ausreichendes Wissen über die Trennungsweise ist vorhanden.
- Die für getrennte Sammlung erforderlichen infrastrukturellen Angebote sind vorhanden.
- Die Handlungsanreize zum Haushalt sind vorhanden.[60]

[60]Vgl. Thywissen, 1995, 148

Zum ersten Punkt müssen die Stadtregierung, die Medien und die Schulen Verantwortung für verschiedene Bereiche übernehmen. Die lokale Regierung organisiert und verteilt die Aufgaben. Dies dient dazu, dass die Haushalte die Trennungsweise besser nachvollziehen können und diesen ihre besondere Aufmerksamkeit schenken. Der Verwaltungsrat in jedem Wohnbezirk ist zuständig für die eigene Werbung der Trennungsweise. Detaillierte Informationen dazu können die Haushalte bei Veranstaltungen, Publicity-Columns und aus verteilten Flugblättern entnehmen. Die Medien spielen dazu eine unterstützende Rolle. Die Trennungsweise kann sich vor allem durch das Fernsehen sowie durch Zeitungen und Zeitschriften schnell verbreiten. Nicht nur in der heutigen Zeit ist es notwendig den Hausmüll getrennt zu erfassen, sondern auch für die nachfolgenden Generationen ist dies von wichtiger Bedeutung. Die Erfahrungen aus vielen erfolgreichen Ländern wie Japan zeigen, dass es sinnvoll ist die getrennte Sammlung von Hausmüll schon kleinen Kindern beizubringen. In der Schule, sogar bereits im Kindergarten sollte das Wissen über die Trennungsweise unterrichtet werden, wodurch zugleich auch ein positiver Einfluss auf die Eltern erwirkt werden kann.

Die im zweiten Punkt erwähnten infrastrukturellen Angebote beziehen sich auf Mülltonnen, -säcke oder -container, die für die Sammlung verschiedener Fraktionen angewendet werden. Beispielsweise die Sammlung des Altpapiers kann entweder in der Tonne, im Sack oder im Container erfolgen. Die Behälter sollten durch verschiedene Farben und Markierungen mit Texten und Symbolen unterschieden werden. Somit ist sichergestellt, dass die Wertstoffe und Abfälle umweltverträglich getrennt werden. Für jede Fraktion sollte eine bestimmte Farbe festgelegt werden. Wie in Deutschland könnten auch in China die gelben Tonnen (Säcke oder Container) für Wertstoffe verwendet werden, denn die recyclingfähigen Materialien sind wie das Gold im Hausmüll. Die Farbe Schwarz wäre gut geeignet für Schadstoffe, da Schwarz in der chinesischen Kultur ein Symbol der Bedrohung darstellt. Brennbarer Müll und nicht-brennbarer Müll könnten durch Rot und Weiß deutlich voneinander getrennt werden. Grün steht für die Natur, daher kann es Anwendung bei dem organischen Müll (Biomüll) finden. Für anorganischen Müll könnten graue Tonnen (Säcke oder Container) verwendet werden.

Im dritten Punkt sind monetäre wie auch nicht monetäre Handlungsanreize der Katalysator in der ersten Phase der Durchführung der getrennten Sammlung von Hausmüll. Die Haushalte sollen dazu motiviert werden gewissenhaft ihren Müll zu trennen, wodurch Fehlwürfe verringert werden. Ein Möglichkeit wäre es, in einem Wohnbezirk durch eine Untersuchung herauszufinden, welcher Haushalt die wenigsten und welcher die häufigsten Fehlwürfe hat. Je nach Reinheitsgrad und Gewissenhaftigkeit gibt es Belohnungen oder Bestrafungen. Obwohl es sehr wichtig ist, die getrennte Sammlung von Hausmüll in China einzuführen, wird es schwierig sein dies gleich im ersten Anlauf zu schaffen. Das Sammelsystem einer Provinz kann als eine Einheit organisiert werden. In der Anfangsphase der Umsetzung sollten einige Pilotprojekte in den Städten und Bezirken mit guten Grundvoraussetzungen für das Sammelsystem durchgeführt werden. Die daraus akkumulierten Erfahrungen erleichtern die weitere flächendeckende Förderung des Sammelsystems.

Die tägliche Abfuhr von Hausmüll in China verursacht sehr hohe Ausgaben (Geld und Ressourcen) und die Müllarbeiter könnten mit der Arbeit überlastet sein. Der Abholrhythmus sollte von der Saison abhängig sein. Im Allgemeinen könnten die Leerungstermine im Winter seltener und im Sommer häufiger angesetzt werden. Als eine andere mögliche Lösung käme noch in Betracht, dass Fahrzeuge mit einer Verdichtungsanlage im Abfalltransport benutzt werden. Dadurch kann eine bessere Ausnutzung der Ladekapazität erreicht werden. Das Einrichten der Umschlagstation hat eine besondere Bedeutung für die großen Städte, da dort kein überschüssiger Platz für eine Deponie gefunden werden kann. Um die Ladekapazität der

Fahrzeuge im Ferntransport voll auszunutzen, sollte der Müll in der Umschlagstation (wie in Deutschland auch) verdichtet werden. Für jede Abfallart sind passende Container zu finden, so dass durch den flexiblen Umschlag Zeit und Energie gespart werden kann.

5.2 Recycling von Hausmüll

Ein Überblick über die Verwertung von Hausmüll beider Länder wurde in Abschnitt 3.2 und 4.2 gegeben, indem die Verwertung von Verpackungen als Beispiel betrachtet wurde. In Deutschland sind das Recyclingsystem zur Einweg- und Mehrwegverpackung (EV und MV) zu unterscheiden. Die DSD GmbH ist zuständig für die getrennte Sammlung, Transportierung, Sortierung und Verwertung der gebrauchten EV, die mit dem „Grünen Punkt“ gekennzeichnet sind. Das Pfandsystem, als ein Beispiel für das Recycling von MV, verwirklicht die Rückgabe einer beträchtlichen Anzahl von Pfandflaschen unter den Bedingungen, dass die Pfandbeträge als Anreiz zur Rückgabe für den Haushalt dienen und dass flächendeckend Rücknahmeautomaten aufgestellt werden. Die hohe Altpapier-rücklaufquote von 78% besetzt eine globale führende Position. Anders als die Verwertung von Altpapier kann Glas grundsätzlich so oft wie möglich in den Glasproduktionsprozess zurückgeführt werden. Die Voraussetzung dafür ist dem hohen Material- und Farbreinheitsgrad geschuldet, besonders bei der Herstellung von weißem Glas. Die getrennte Sammlung von Weißglas kann diese Anforderung gut erfüllen. Weil der Hausmüll in China nur gemischt gesammelt wird, sind die meisten Wertstoffe am Ende auf der Abfalldeponie zu finden. Aus der umweltbewussten Sicht ist dies eine sehr schlechte Lösung. Der Anteil des recycelten Wertstoffes beträgt nur 20%, mehr als die Hälfte davon wird durch massive *Scavengers* erledigt. Ohne entsprechendes Organisieren zur nachfolgenden Verwertung sind die recycelten Wertstoffe allerdings nicht voll ausgelastet.

Recycling ist Teil der nachhaltigen Abfallwirtschaft mit der Aufgabe, unvermeidbare Abfälle einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Im ökologischen wie auch im ökonomischen Bereich kann es einen wesentlichen Beitrag leisten (in Industrie-, Entwicklungs- und Schwellenländern). Bei der DSD GmbH kommt es regelmäßig zu Ausschreibungen von Verträgen mit einer Festlegung der Leistung zur Sammlung, Sortierung und Aufbereitung von LVP und Glasverpackungen. Das effiziente Verpackungsrecycling ist unter der Bedingung des Wettbewerbs in der Marktwirtschaft in Deutschland entstanden. Die Marktwirtschaft zum Verpackungsrecycling in China ist dagegen noch nicht ausgereift, obwohl es bereits vor einigen Jahrzehnten zu einer Umwandlung von einem kommunalen Monopol zu einer wettbewerbsfähigen Wirtschaft gekommen ist. Ein ähnliches, oder sogar gleiches duales System wie die DSD GmbH es betreibt, ist zurzeit in China kaum durchführbar. Die größten Lücken sind die nicht entsprechenden Rahmenbedingungen, das schwere Organisieren von Verpackungs- und Produktherstellern sowie dem Handel und nicht zuletzt die geringe Bereitschaft der Bürger zur Trennung der Abfälle. Zu den Hauptursachen der niedrigen Verwertungsquote zählen zum einen die sehr geringe Erfassungsquote gebrauchter Verpackungen und zum anderen die folgende mangelhafte Rückführung der erfassten Verpackungen.

Ein mögliches Modell des Recyclingsystems von Verpackungen in einer Stadt könnte auf den Überlegungen der DSD GmbH basieren. Dies wird in Abbildung-8 dargestellt.

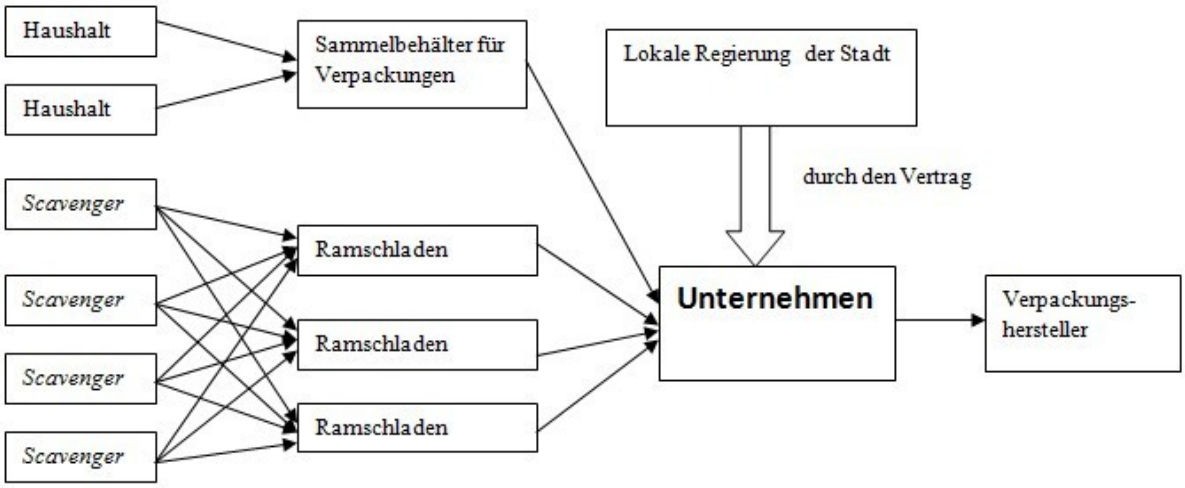

Abbildung-8: Modell zum Stadt- Recyclingsystem der Verpackungen in China (Eigene Darstellung)

Die lokalen Bedingungen, bei denen die getrennte Sammlung von Wertstoffen noch in der Anfangsphase steht und *Scavengers* hierbei eine tragende Rolle spielen, werden in diesem Modell berücksichtigt. Wie die DSD GmbH in Deutschland kann die lokale Regierung in China den Vertrag zum Verpackungsrecycling ebenso ausschreiben. Die Unternehmen, die einen Vertrag abgeschlossen haben, verpflichten sich dazu die im Vertrag festgeschriebenen Recyclingquoten der gebrauchten Verpackungen zu erreichen. Erfasste Packungen werden an den Verpackungshersteller verkauft, womit die Verschwendung eben dieser Verpackungen, die durch den Mangel an einheitlichem Organisieren und technischer Unterstützung entstanden sind, vermieden werden kann. Nach der möglichen Trennungsweise in Abbildung-3 wird der Wertstoff zuerst getrennt vom Haushalt gesammelt, allerdings ohne eine genaue Sortierung wie in Deutschland. Dies wird durch die folgenden Gründe erklärt. Der Verpackungsverbrauch in China ist deutlich geringer, der Platz in den Hochhäusern reicht nicht aus für die Einrichtung mehrerer Sammelbehälter, in denen die Wertstoffe genauer einsortiert werden könnten. In der Anfangsphase ist eine einfache Trennungsweise noch eher akzeptabel und durchführbar für die Haushalte. Durch die niedrigen Löhne und die daraus resultierenden billigen Arbeitskräfte wird es ermöglicht zahlreiche Menschen für die Sortierung der Wertstoffe anzustellen. Die Trennung von PPK und LVP sowie die Trennung von Glas nach Farben finden beim Entleeren der Wertstoffsammelbehälter statt. Die großen Sammelbehälter werden nach Fraktion flächendeckend von Unternehmen eingerichtet und dienen als kurzzeitige Aufbewahrungsplätze für Verpackungen, bevor diese weiter abgeführt werden. Eine weitere beträchtliche Menge an recycelten Verpackungen entsteht dadurch, dass die Unternehmen durch ihre Geschäfte mit Ramschläden, die von Scavengers gefundenen Verpackungsabfälle einsammeln können. Während der Übergangsphase von einer gemischten Sammlung zu einer getrennten Sammlung können Fehlwürfe von Wertstoffen nicht gänzlich vermieden werden. Allerdings nimmt die Menge rapide ab. Infolgedessen haben viele Scavengers keine Einnahmequelle mehr, was zu sozialen Problemen führen kann. Daher könnte es sinnvoll sein und zugleich eine praktische Lösung darstellen, einen Teil der Scavengers für die Wertstoffsortierung der Unternehmen einzustellen. Hierzu muss man aber klar sagen, dass es sich nur um nicht ausgearbeitete Gedankengänge über das Recyclingsystem (zu Verpackungen in der Übergangsphase) handelt. Für die Ausführbarkeit des Modells sollten die lokale Sachlage und die Bedingungen berücksichtigt werden.

5.3 Beseitigung von Hausmüll

In Abschnitt 3.2.2 wurden drei grundlegende Verfahren der Hausmüllbeseitigung, Verbrennung, Kompostierung und Deponierung vorgestellt. Die jeweiligen Vor-und Nachteile werden in Tabelle-4 schematisch gegenübergestellt.

Verfahren / Vor-Nachteile	Verbrennung	Kompostierung	Deponierung
Vorteile	Energierückgewinnung Kein Abwasser Große Aufnahmekapazität	Hohe Betriebssicherheit Zahlreiche Möglichkeiten zur Weiterverwendung des Kompostes	Niedrige Betriebs- und Errichtungskosten Verwertungsmöglichkeit des Deponiegases
Nachteile	Kostenintensität Emissionen Notwendigkeit der Deponierung der nicht brennbaren Inhaltsstoffe	Hoher Arbeitsaufwand Emissionen von Geruchsstoffen	Notwendigkeit der Sickerwasserentsorgung Rekultivierungsaufwand Nachsorgepflicht

Tabelle-4: Vor- und Nachteile der Verbrennung, Kompostierung und Deponierung (Eigene Darstellung in Anlehnung an König 1996, S51-53)

Durch die Verbrennung kann das Volumen und das Gewicht des Hausmülls deutlich reduziert werden, womit knapper Deponieraum geschont wird. Die beim Verbrennungsprozess freigesetzte Wärme kann zur Energiegewinnung genutzt werden. Die Versorgung mit Energie hat eine Förderung des Brennwerts zur Folge. Anteile der Stoffe mit einem hohen Heizwert wie Kunststoffe und Papier, leisten einen bedeutenden Beitrag zur Erhöhung des Brennwertes. Im Gegenteil dazu haben Vegetabilien, Glas und Metalle eine negative Auswirkung. Bei der Kompostierung handelt es sich um den Abbau organischer Stoffe, es ist das häufigste Verfahren für die Beseitigung der Obst-, Gemüse- und Speiseabfälle. Das Endprodukt Kompost mit reichen Nährstoffen ist ein preisgünstiger Düngungsstoff, wodurch die Rückführung der Stoffe erfolgt. Obwohl die MVA immer verstärkter eingesetzt werden, müssen die nach der Verbrennung übrig gebliebenen Abfälle deponiert werden, weshalb die Deponierung ein unvermeidliches Verfahren für die Hausmüllentsorgung darstellt. Behandlung mit Sickerwasser ist die Hauptaufgabe, um die Umweltschädigung zu vermeiden. Die Rekultivierungsschicht ist ein wichtiges Element im Oberflächenabdichtungssystem, um Niederschlagswasser vom Deponiekörper fernzuhalten.

Im Gegensatz zu Deutschland unterscheiden sich die regionalen Anwendungssituationen des Hausmüllentsorgungsverfahrens in China stark nach der wirtschaftlichen Entwicklung. Verbrennung hat eine relativ breite Anwendung in Südchina, was durch die gute Wirtschaftslage zu erklären ist. Mehr als die Hälfte der MVA sind in den Provinzen Zhejiang, Guangdong und Jiangsu zu finden, während sich in vielen Provinzen in Mittel- und Westchina gar keine MVA befindet, wo die Hausmüllentsorgung im wesentlichen nur auf die Deponierung beschränkt ist. Kompostierung stellt noch eine riesige Lücke in ganz China dar, die Anzahl der Kompostierungsanlagen von 14 kann im Vergleich zu der Anzahl in Deutschland von 2000 vernachlässigt werden (siehe Anhang 3). Zusätzlich zu den wirtschaftlichen Gründen zählen auch die unterschiedlichen Eigenschaften des entstehenden Hausmülls aus verschiedenen Regionen als ein wichtiger Grund dazu, dass jede Region ein Entsorgungsverfahren bevorzugen und eine entsprechende Trennungsweise haben sollte (siehe Tabelle-3). Problematisch ist, dass der Einsatz eines einzigen Verfahrens nicht zur

rationellen Entsorgung des Hausmülls führen kann. Ohne Verminderung von Gewicht und Volumen durch Verbrennung reicht der Deponieraum für Hausmüll unter keinen Umständen aus, ohne Kompostierung ist eine Rückführung der Stoffe aus Bioabfall nicht möglich. Also heißt es, neben einem grundlegenden Verfahren noch zusätzlich andere Verfahren für die Hausmüllbeseitigung anzuwenden und mehr Anlagen einzurichten.

Je nach Wirtschaft und Region weisen die Verfahren der Hausmüllbeseitigung in China unterschiedliche Entwicklungsstände auf. In Südchina bzw. einigen großen Städten wird Hausmüll durch die Kombination aus diesen drei Verfahren beseitigt. Die Vorteile der Verbrennung werden voll genutzt, vor allem der Deponieraum wird dadurch geschont. Allerdings zeigt der Trend eher, dass die ständig ansteigenden Mengen der nach der Verbrennung verbleibenden Schlacke, in den großen Städten dazu führen wird, dass in der Zukunft der verfügbare Platz für die Deponien immer weniger ausreichend ist. Eine mögliche Lösung wäre es, die überschüssigen Schlacken zu anderen Deponien in benachbarten Städten, Gemeinden oder sogar zu Städten in Westchina zu transportieren und diese dort zu lagern. Wie in Abschnitt 3.1.2 erwähnt, sollten für einen effizienten Ferntransport Umschlagstationen zwischengeschaltet, Container eingesetzt, die Behandlung sowie die Zerkleinerung und Verdichtung durchgeführt werden. In Mittelchina wird der gesamte Hausmüll grundsätzlich durch Deponierung beseitigt, Verbrennung und Kompostierung finden kaum Anwendung in dieser Region. Provinzen mit relativ schwacher Wirtschaft können sich die MVA aus dem Ausland nicht leisten und aufgrund mangelhafter Technik ist an eine autonom entwickelte vollkommene Anlage zurzeit nicht zu denken. Steht eine importierte MVA für Hausmüll zwei oder mehr Provinzen gemeinsam zur Verfügung, kann die wirtschaftliche Belastung so für die einzelne Provinz verringert werden. Bei der Einrichtung der MVA sollte einige Dinge besonders in Betracht gezogen werden. Diese wären die Wahl des richtigen Standortes mit Blick auf die Transportkosten und die rechtlichen Bestimmungen, den Abgleich zwischen der Kapazität der MVA sowie dem Aufkommen des Mülls und das Einstellen der an die Mülleigenschaft angepassten Anlagen. Ganz im Gegenteil zu China kann man einen Überschuss der MVA in Deutschland erkennen. Neben einer Möglichkeit die Abfälle aus dem Ausland zu importieren, besteht hier noch die weitere Möglichkeit alle MVA wirtschaftlich auszulasten, indem die geplanten MVA in anderen Ländern, wie z.B. in Mittelchina (die wie bereits erwähnt eine Lücke in diesem Bereich aufzeigen) aufgebaut werden. Die Mülleigenschaften müssen berücksichtigt werden, beispielsweise ist eine Anlage für Wasserentzug notwendig, beispielsweise zur Verbrennung des Mülls mit hohem Wassergehalt. Heutzutage ist die Verbreitung der Kompostierung aber besser geeignet für die Hausmüllbeseitigung in Mittelchina, insbesondere hinsichtlich der geringen Kosten. Außerdem hat die Landwirtschaft dort eine wichtige Bedeutung und daher gibt es einen guten Markt für Kompost. Eine getrennte Sammlung von kompostierbaren Abfällen und die technische Unterstützung sind für die Entwicklung der Kompostierung erforderlich. In Westchina ist eine Einrichtung gemeinsamer MVA eine Möglichkeit die Lücke in der Verbrennung zu schließen. Aufgrund der unentwickelten Wirtschaft und des geringen Müllaufkommens sollte der Leistungsumfang einer gemeinsamen MVA in Westchina breiter sein als in Mittelchina. Das Endprodukt Kompost kann die Landqualität verbessern (da teilweise nur sehr schlechte Bodenqualität vorhanden ist), weshalb die Kompostierung in dieser Region das größte Entwicklungspotenzial besitzt. Deponierung ist das wichtigste Beseitigungsverfahren des Hausmülls in China, aber der Mangel an der Forschung und der Technologie führt zu einer Reihe von Umweltproblemen. Beispielsweise können solche Probleme durch den Technologie- und Wissenstransfer zwischen Deutschland und China bewältigt werden. Hierdurch wird das Interesse aus der deutschen Erfahrung profitieren. Deutsche Unternehmen interessieren sich für die Abfallwirtschaftsentwicklung in China. Ein Beispiel einer deutschen Investition ist die im Jahre 2007 errichtete Mechanische

Aufbereitungsanlage mit einem Durchsatz von bis zu 2,500 Tonnen / Tag für Siedlungsabfälle von EuRec-Technologies GmbH in Peking.[61] Bemerkenswert ist, dass der Markt in Mittel- und Westchina besonders großes Entwicklungspotenzial hat.

5.4 Rechtliche Grundlagen

Die in Gesetzen und Verordnungen festgelegten Regelungen sind die Werkzeuge, um bestimmte Ziele zu erreichen.[62] Das Ziel des in Abschnitt 3.4.1 genannten KrW-/AbfG ist es, in Deutschland die Kreislaufwirtschaft zu fördern und umweltgerechte Abfallbeseitigung zu sichern. In diesem Gesetz wird festgelegt, dass die Abfallverwertung grundsätzlich Vorrang gegenüber der Beseitigung hat. Einige Paragraphen in Bezug auf die Müllentsorgung wurden vorgestellt. Ein Überblick über die Pfandverordnung zu Einweggetränkeverpackungen wurde in Abschnitt 3.4.2 ermöglicht. Die Pfandverordnung ist ein exekutives Recht, in dem sämtliche Regelungen über die Ausführung zu finden sind. Das nationale Abfallgesetz regelt die Grundsätze des chinesischen Abfallrechts und wurde in Abschnitt 4.4 vorgestellt. Das Ziel ist es, die Umweltverschmutzung durch feste Abfälle zu verhindern und zu behandeln. Aufräumungsarbeiten, Sammlung, Transport und Beseitigung zählen zu den in Paragraphen festgelegten Aufgaben, die der Hausmüllentsorgung dienen. Die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft wird angestrebt, was schließlich in einer Minderung der Abfallmenge resultiert. Das Recycling des Wertstoffes aus Hausmüll wie Verpackungen in China, wird durch das private Geschäft erfolgen, daher wird die Verwertung extra geplant.

In den rechtlichen Rahmbedingungen zur Abfallentsorgung beider Ländern handelt es sich hauptsächlich um zwei Teile, nämlich Abfallbeseitigung und –verwertung. Diese finden ebenfalls Anwendung in der Hausmüllentsorgung. In deutschen rechtlichen Grundlagen ist die Verwertung das vorrangige Ziel, während der Schwerpunkt der Hausmüllentsorgung in China eher auf der Beseitigung liegt. Bei der deutschen Gesetzesgrundlage werden meist direkte Verpflichtungen mit „muss“ festgesetzt, wie z.B., dass verwertbare Sekundärstoffe oder Abfälle bei der Herstellung vorrangig eingesetzt werden müssen. Im Gegensatz dazu sind die Formulierungen wie „könnte“ oder „sollte“ in den meisten chinesischen Gesetzen und Verordnungen allzu oft zu finden. Die Regelungen ohne einen Zwang dahinter ist das Hauptproblem in den chinesischen Gesetzesgrundlagen. Außerdem sind diese auch deshalb problematisch, da ein Mangel an Verordnungen vorherrscht, oder die Verordnungen mit detaillierten Bestimmungen zwar vorhanden, allerdings leider ohne konkrete quantitative Kriterien und Rechtsfolgen sind. Infolgedessen besitzen solche Verordnungen keine Verbindlichkeit, z.B. ist das Recycling der Produktverpackung nur das spontane Verhalten von Herstellern, Händlern und Verbrauchern. Abfallwirtschaft bzw. Abfallverwertung ist eine internationale Aufgabe und ist von ständig zunehmender Bedeutung. Ihre Entwicklung wird durch konkrete rechtliche Rahmen-bedingungen beschleunigt, weswegen die entsprechenden rechtlichen Grundlagen in China vervollständigt werden sollten. Es müssen z.B. alle direkten Verpflichtungen aller Beteiligten im Gesetz festgeschrieben werden. Die Standards in den Verordnungen, die einen direkten Bezug auf einen bestimmten Objektbereich haben, sollten möglichst quantifiziert werden. Außerdem müssen die Rechtsfolgen einer Pflichtverletzung festgelegt werden.

Anhand der Merkmale des Analyserahmens fasst die folgende Tabelle-5 (fast) alle Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Ländervergleichs von Hausmüllentsorgung in der Arbeit zusammen.

[61] Vgl. Dorn et al., 2009, 448
[62] Vgl. Thywissen, 1995, 1

Allgemeine Merkmale der Struktur	**(positive) detaillierte Merkmale im Vergleich**		**Deutschland**	**China**
Sammlung	Getrennte Sammlung		+ (gilt allgemein im ganzen Land)	- (nur in Pilotstädten, andere durch gemischte Sammlung)
	(gilt allgemein) Einheitliche Trennungsweise		+	- (Vielfältig, jede Pilotstadt hat eigene)
Umschlag	Errichtung der Umschlagstation für Ferntransport		+	+ (in Pilotstädten)
	Umschlagstation mit Verdichtungseinrichtung		+	-
Transport	Fahrzeug mit Verdichtungseinrichtung		+	-
	Anwendung von Containern		+	+
	Vollständige Automatisierung		+	- (Anwendung von Rikschas)
	Abholrhythmus		+ (z.B. 14 Tage)	+ (tägliche Abfuhr)
Recycling (besonders die Verpackungen)	Hohe Verwertungsquote		+ (etwa 75%)	- (nur 20%)
	Niedriger Verpackungsverbrauch (der jährliche Verbrauch pro Einwohner und Anteil im Hausmüll)		- (etwa140kg, 27,7%)	+ (etwa 25kg, 10%)
	Sonderorganisation		+ (DSD GmbH)	- (*Scavengers*, Private Recyclingsysteme, Ramschläden)
	Systematisieren der rückzuführenden Verpackungen		+ (Verpackungen mit dem „Grünen Punkt “)	- (Handel des von *Scavengers* gefundenen Wertstoffs)
Beseitigung	Technisch ausgereifte Beseitigung		+	- (z.B. inländische MVA sind mangelhaft. Deponie ohne Behandlung von Sickwasser)
	Verbrennung	Die Anzahl der MVA	- (Überschuss)	- (Fehlbestand)
	Kompostierung	Breite Anwendung (Anzahl)	+ (2000)	- (14)
	Deponierung	Deponieraum sparen	+ (Hausmüllvorbehandlung durch Verbrennung)	- (einzige Beseitigungs-verfahren in meisten Städten)
Rechtliche Grundlagen	Gesetz zur Abfallverwertung		+ (Verwertung hat Vorrang vor Beseitigung)	- (Beseitigung ist der Schwerpunkt)
	Verordnung mit Verbindlichkeit		+ (konkrete quantitative Kriterien)	- (ohne direkte Verpflichtung)

Tabelle-5: Die Zusammenfassung zum Vergleich der Hausmüllentsorgung beider Länder (Eigene Darstellung)

5.5 Vorschläge zur Hausmüllentsorgung Deutschlands

Bei der Hausmüllentsorgung spielt Deutschland eine Vorbildrolle für China, aber es sind noch eine ganze Reihe von Aufgaben zu lösen. Beispielsweise können zwei offensichtliche Probleme in der Tabelle-5 gefunden werden. Im Vergleich zu China werden Verpackungen in Deutschland deutlich mehr verbraucht und die Müllverbrennungsanlagen befinden sich im Überschuss. Zu den möglichen Ursachen für diesen signifikanten Unterschied des Verpackungsverbrauchs der beiden Ländern zählen:

- Der traditionelle Markt ist immer noch der wichtigste Einkaufsort in China, besonders für die Lebensmittel wie Gemüse, Obst und Fleisch (meistens aus der Region). Dort kaufen die Haushalte verpackungsarme Produkte lose oder in einer Tüte, während der Supermarkt der bevorzugte Einkaufsort deutscher Haushalte ist, in dem die Abgabe von Waren aus verschiedenen Regionen über die Selbstbedienung ermöglicht wird. Um einen guten Zustand der Produkte während des Transports und der Aufbewahrung im Supermarkt vor dem Verkauf zu gewährleisten, sind die Verpackungen unverzichtbar. Der deutliche Unterschied zum Kaufverhalten der Haushalte beider Ländern hat stark Einfluss auf den Verpackungsverbrauch.
- Ein weiterer Einflussfaktor sind die unterschiedlichen Essgewohnheiten. Beim chinesischen Essen werden frische Lebensmittel in großen Mengen verzehrt, der tägliche hohe Bedarf beschleunigt ihre Abgabe. Deshalb können die Verpackungsabfälle für das Frischhalten in diesem Bereich vermieden werden. Im deutschen Supermarkt finden die Tiefkühlkost wie z.B. Pizza und gefrorenes Gemüse von verschiedenen Marken rege Nachfrage. Eine Verpackung dient nicht nur dem Schutz der Ware, sondern vor allem auch der Werbung. Im Allgemeinen ist eine prächtige Verpackung ein Wettbewerbsvorteil, wobei dies zu einer übermäßigen Verpackung der Produkte führt. Außerdem werden meistens frische Lebensmittel in Kunststoff oder Papier verpackt, wie z.B. Gurken in Plastikfolien, Spargel in einer Papiertüte, Fleisch in einer Vakuum- oder Schutzgasverpackung aus Plastik.

Dies zeigt, dass das Potential der Verpackungsvermeidung darin liegt, das Kaufverhalten der Haushalte zu verändern. Einkauf der Produkte auf dem Markt anstelle des Supermarkts (nur für geeignete Produkte), in Groß- und Nachfüllpackungen anstatt in winzigen Portionsverpackungen, in Mehrwegverpackungen (wie Pfandflaschen) anstelle von Einwegverpackungen (Konservendosen). Statt Plastiktüten werden Taschen oder Körbe beim Einkaufen benutzt.[63]

Wie in der Studie von NABU gezeigt wird, drohen daher aktuell massive Importe des Mülls aus dem Ausland und stattdessen immer weniger Recycling, da es zu viele MVA in Deutschland gibt. Trotzdem sind der Aufbau 28 neuer Anlagen und der Ausbau 6 weiterer Anlagen in der Planung zu sehen. Das heißt, dass in Zukunft noch mehr Müll importiert werden muss, um die Auslastungslücke zu schließen (NABU). Als eine andere Lösung wird vorgeschlagen, diese geplanten MVA ins Ausland zu exportieren, besonders in Entwicklungs- und Schwellenländer, wo die Hausmüllentsorgung noch am Anfang steht und daher ein hoher Bedarf an MVA besteht. Wie in Abschnitt 5.3 erwähnt sind Mittel-und Westchina ein großer potenzieller Markt. Ein positives Beispiel dazu ist die ZhongDe Waste Technology AG. Diese hat einen Vertrag für 1,000 Tonnen-MVA mit Stromerzeugung für die Landeshauptstadt Datong der Shanxi Provinz in Westchina unterzeichnet. Das vertragliche Gesamtvolumen beläuft sich auf rund 30 Mio. Euro.[64]

[63] Vgl. Bilitewski et al. 2000, 518
[64] Vgl. ZhongDe Waste Technologie AG 2008, o.S.

6. Fazit und Ausblick

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen möglichen Weg einer Verbesserung der Hausmüllentsorgung in China aufzuzeigen. Dazu musste zuerst herausgefunden werden, wo genau das Verbesserungspotenzial liegt. Es wurde die Frage beantwortet, wie dieses Potenzial am effektivsten genutzt werden könnte und wo bestimmte Probleme vorhanden sind. Um diese Probleme zu lösen, wurde ein Abgleich anhand der Hauptabläufe der Hausmüllentsorgung zwischen Deutschland und China durchgeführt, in dem Deutschland als Vorbild gesehen wird. Der Vergleich lässt sich in logistischen Vorgängen (Sammlung, Umschlag und Transport), Recycling, Beseitigung und rechtlichen Grundlagen aufteilen.

Die Antwort auf die erste Subfrage, wo die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Entsorgungssysteme liegen, wird in der Tabelle-5 veranschaulicht. Dort kann man auch deutlich sehen, wo genau das Verbesserungspotenzial in der chinesischen Hausmüllentsorgung im Vergleich zu Deutschland liegt. Die Merkmale mit negativen Beurteilungen zeigen die Bereiche auf, die noch verbessert werden müssen. Die Antwort auf die zweite Subfrage, wo die Potenziale der Hausmüllentsorgung in China liegen, findet man in den Bereichen mit den Merkmalen mit negativen Beurteilungen. Die Antwort auf die dritte Subfrage, welche zutreffenden Erfahrungen oder Modelle aus Deutschland Referenz für China sein können, kann man anhand der entsprechenden Vorschläge in Kapitel 5 erkennen. Die Vorschläge dienen zur Verbesserung der herausgefundenen Schwachstellen der Hausmüllentsorgung Chinas, im Vergleich zu der Hausmüllentsorgung Deutschlands.

Die zusammenfassenden Antworten lauten wie folgt:

- In Abschnitt 5.1 befindet sich ein detaillierter Vergleich der logistischen Vorgänge in Deutschland und in China, besonders bei der Sammlung. Das Hauptproblem besteht darin, dass die getrennte Sammlung von Hausmüll in China noch nicht weit verbreitet ist und nur in einigen Pilotstädten durchgeführt wird, die jeweils ihre eigenen Trennungsweisen anwenden. Dies stellt eine Lücke dar und muss demnach geschlossen werden durch eine geeignete Trennungsweise, was direkten Einfluss auf die Verbreitung der getrennten Sammlung von Hausmüll hat. Als Lösung dazu wurde eine einheitliche Trennungsweise für jede Region vorgeschlagen anstatt einer national einheitlichen Trennungsweise. Dies geschieht aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften des Hausmülls aus den verschiedenen Regionen. Wie in Deutschland bilden die Wert- und Schadstoffe zwei grundlegende Fraktionen in allen Regionen, die Trennung anderen Hausmülls richtet sich nach dem vorhandenen Haupthausmüllbeseitigungsverfahren (siehe Tabelle-3). Bei der Durchführung der vorgeschlagenen Trennungsweise handelt es sich um drei Aspekte: die Trennungsweise von allen Haushalten sehr gut zu kennen, die Infrastrukturen zur Verfügung zu stellen und die Handlungsanreize zu den Haushalten zu weiterzugeben. Alle konkreten vorgeschlagenen Maßnahmen dazu sind auch in Abschnitt 5.1 zu finden. Die Einsetzung der Verdichtungsanlage in Fahrzeugen und Umschlagstationen ermöglicht einen effizienten Transport.
- Bei dem Vergleich des Wertstoff-Recyclings in Abschnitt 5.2 handelt es sich hauptsächlich um die Verpackungen. Mit etwa 20% ist die Verwertungsquote des Wertstoffs aus Hausmüll in China ziemlich gering. Die am schwersten wiegenden Ursachen dafür sind, dass die meisten Wertstoffe ohne getrennte Sammlung einfach auf die Deponie gebracht und so beseitigt werden und dass ein großer Teil des durch *Scavengers* (Wertstoffsammler) gefundenen Materials verschwendet wird da die

Rückführung dieses Materials nicht organisiert wird. Als Lösung dafür wurden einige Unternehmen durch Ausschreibung von der lokalen Regierung für das Verpackungsrecycling festgestellt, die Regierung spielt hier eine ähnliche Rolle wie die DSD GmbH in Deutschland (siehe Abbildung-8). Unter der Bedingung, dass die oben bereits vorgeschlagene Trennungsweise angewendet wird, müssen die Unternehmen drei Aufgaben erfüllen. Zum einen müssen sie dafür sorgen, dass der Wertstoff in den Haushalten getrennt gesammelt wird. Zum anderen müssen sie auch neben der Sammlung des Wertstoffes, die von *Scavengers* gefundenen Verpackungen in Ramschläden kaufen. Zuletzt müssen sie noch die Verpackungsabfälle an die Verpackungshersteller verkaufen.

- In Abschnitt 5.3 ist der Vergleich der Beseitigung von Hausmüll zu finden. Es ist offensichtlich, dass sich die Beseitigung von Hausmüll aus verschiedenen Regionen in China je nach der Wirtschaftslage unterscheidet. Die Betrachtungen beziehen sich auf drei Beseitigungsverfahren (Verbrennung, Kompostierung und Deponierung) in drei Regionen (Süd-, Mittel-, und Westchina). Fast alle MVA befinden sich in Südchina, die Kompostierung findet in ganz China kaum Anwendung und die Deponierung ist das einzige Verfahren in Mittel- und Westchina. Aufgrund eines Mangels an Bodenressourcen ist der ständige Aufbau neuer Deponien in großen Städten in Südchina nicht möglich, weshalb die Einrichtung von Deponien in Kreisstädten den aktuellen Trend darstellt. Es wird ein hoher Anpassungsbedarf an die Infrastrukturen des Ferntransports und den Umschlagstationen sowie den Zusatzausrüstungen (wie z.B. eine Verdichtungsanlage) bestehen. Einrichtung einer gemeinsamen MVA in mehreren Städten oder Provinzen in Mittel- und Westchina könnten die Probleme beseitigen. Dies ist sinnvoll, wenn sich eine Stadt aus wirtschaftlichen Gründen eine MVA nicht leisten, oder eine einzelne MVA in einer Stadt wegen der relativ geringen Menge des brennbaren Mülls nicht ausgelastet werden kann. Die Agrarwirtschaft in diesen zwei Regionen erfordert das Kompostierungsverfahren, das Endprodukt Kompost ist dort marktfähig. Der regelmäßige Technologie- und Wissenstransfer (z.B. zwischen Deutschland und China) hilft die technischen Probleme zu bewältigen.
- Der Vergleich über die rechtlichen Grundlagen wird in Abschnitt 5.4 dargestellt. Das chinesische nationale Abfallgesetz legt seinen Schwerpunkt auf die Abfallbeseitigung. Die rechtlichen Grundlagen zur Abfallverwertung haben einen Fehlbestand. Es ist problematisch bei der chinesischen Rechtsgrundlage, dass in den meisten Gesetzen und Verordnungen kaum direkte Verpflichtungen vorhanden sind. Um die Verbindlichkeit aller Akteure festzulegen, sollten die Formulierungen wie „muss“ anstatt „könnte“ oder „sollte“ in der Gesetzesgrundlage verwendet werden. Außerdem sollten die quantitativen Standards und Rechtsfolgen zu einem bestimmten Objektbereich in betreffenden Verordnungen festgeschrieben werden.

Es ist ersichtlich, dass die vorgeschlagenen Lösungen wie oben angeführt nur einiger Generalplanungen für Hausmüllentsorgung dienen. Viele daraus abgeleitete konkrete Probleme wurden nicht weiter behandelt aufgrund dessen, dass das Forschungsgebiet zu breit und die Kenntnisse des Autors nicht ausreichend ist. Die Lösungen solcher Probleme wie, wo genau die Umschlagstation in einer Stadt liegt, was die optimale Routenplanung zur Hausmüllsammlung sein sollte, wo genau der Standort der MVA ist, müssen auf die lokalen Bedingungen basieren. Bei dem Model zur Wertstoff-Recycling gehört ein Teil der Sammlung von Wertstoffen zum Marktverhalten. Wie hoch der Kaufpreis liegt, wird durch den Markt bestimmt und von Regierung überwacht.

Allerdings dauert die Entwicklung der Hausmüllentsorgung lange Zeit bis zu einen hohen Standard zu erreichen, wie z.B. beträgt es 40 Jahre in Deutschland. Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung in China positiv zu bewerten. Die Hausmüllentsorgung in China befindet sich jetzt in vielerlei Hinsicht im Umbruch, zum einen ist die Veränderung der gesellschaftlichen Vorstellung, Müll nicht mehr einfach Müll ist, sondern eine neue Quelle für Rohstoff und Energie. Die Abfallwirtschaft ist eine internationale Zukunftsaufgabe, Verwertung wird auch in China statt der Beseitigung zu wichtigsten Teil der Hausmüllentsorgung geworden. Die Investition zur Planung, Konzeption und Anlagentechnik, die mit der leistungsfähigen Abfallwirtschaft verbunden sind, wird erheblich sein. Es ist einen riesigen Markt mit großem Potenzial noch zu sondieren und hat einen rasanten Aufschwung in naher Zukunft.

Literaturverzeichnis

Ahrends, A. (1990). Die Technik der Müllverbrennung. In E. Spill, *Brennpunkt Müll* (S. 179). Hamburg: Gruner +Jahr.

Bilitewski, B., Härgtle, G., & Marek, K. (2000). *Abfallwirtschaft* (3., neubearb. Aufl. Ausg.). Berlin: Springer.

Doedens, H., & Dornbusch, H.-J. (June 2005). Entwicklung bei den Systemen der getrennten Sammlung. *Müll und Abfall* 37(6) , S. 301-308.

Dorn, T., Al-Ahmad, M., Maorscheck, D., & Nassour, A. (September 2009). Internationale Abfallwirtschaft als Zukunftaufgabe-aktuelle Entwicklungen im arabischen Raum und der VR China. *Müll und Abfall* 41(9) , S. 448-454.

Dutz, E. (november 1991). Auch Abfall braucht Logistik. *Logistik heute* , S. 49-52.

Hübner, R. (2001). *Güter im Haushalt: gut getrennt oder gut genutzt?:Redistributionslogistik und neue Chancen im Bereich des Facility-Management.* Frankfurt am Main: Lang.

Knoll, K. H. (1998). *Hygiene bei der Entsorgung von Siedlungsabfällen.* Stuttgart: Teubner.

König, K. (1996). *Abfallwirtschaft.* Wiesbaden: Gabler.

Multhaup, R., & Plümer, T. (1990). *Entsorgungslogitik.* Köln: Verlag TÜV Rheinland.

Rinschede, A., Wehking, K.-H., & Jünemann, R. (1993). *Entsorgungslogistik II.* Berlin: Erich Schmidit.

Schlaak, M., & Schmitt, E. (July 1993). Getrenntsammlung von Wertstoffen und Restmüll in den Haushalten: Ergebnisse eines Pilotrojektes der Stadt Emden. *Müll und Abfall*25(7) , S. 501-515.

Schmitt-Gleser, G. (1991). *Abfallentsorgung: Gesetze.Verordnungen.Abfallrechtliche Informationen* (5. Aufl., Sonderdr Ausg.). Landsberg: ecomed.

Souren, R. (2002). *Konsumgüterverpackungen in der Kreislaufwirtschaft* (1. Aufl. Ausg.). Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Thywissen, C. (1995). *Die Abfallwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland.* Frankfurt am Main: Lang.

Vahrenkamp, R., & Siepermann, C. (2005). *Logistik Management und Strategien* (5., vollst. überarb. und erw. Aufl. Ausg.). München: Oldenbourg.

Quellen aus China

Guo, C., & Xu, B. (Janur 2007). Recovery Utilization & Strategy of Demestic Packaging Waste. *China Packaging Industry* , S. 32-34.

Huang, h. (June 2004). Study on Demestic Waste Sorting Collection Models of Shanghai Residential District. *Environmental Sanitation Engineering* , S. 98-103.

Jiang, H., & Wu, B. (Februar 2008). Development tread of municipal solid waste treatment technology and its countermeasures. *Electirc Power Enviromental Protection* , S. 50-52.

Li, J., Hua, L., & Wang, X. (September 2004). The Analyzed and Compared About Disposal Status of Urban Domestic Garbage at Home and Aboard. *Journal of Capital Normal University(Natural Science Edition)* , S. 73-79.

Xiao, L. (Mai 2003). Management Pattern of Municipial Domestic Solid Waste in China. *Journal of Arid Land Resources and Environment* , S. 65-69.

Xu, W., Lu, Y., & Walder, R. (2006). *Municipal Solid Waste Management and Treatment Technology.* Peiking: China Architecture &Building Press.

Yi, M. (29. April 2011). *National Institute of Standards Kanäle*. Abgerufen am 4. Mai 2012 von Die Behandlung von Hausmüll hat eine Quote von 71,3% erreicht: http://hot.chinagb.org/Dustheap/article.asp?aid=2634

Internetquellen

Bundesministerium der Justiz. (21. 8 1998). *Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen.* Abgerufen am 13. April 2012 von VerpackV: http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/verpackv_1998/gesamt.pdf

Municipal Solid Waste Disposal Committee. (26. April 2012). *Environmental Sanitation Enginneering Technology Research Center of Ministry of Housing and Urban-Rural Development.* Abgerufen am 25. Mai 2012 von Review of the Development of Municipal Solid Waste Disposal in 2009: http://www.cityup.org/center/gongcheng/Living%20garbage/20120426/85895.shtml

NABU. (3. März 2009). *Abfall und Recycling.* Abgerufen am 19. April 2012 von Mehr Müllimporte-Weiniger Recycling: http://www.nabu.de/themen/konsumressourcenmuell/muell/abfallundrecycling/10651.html

NABU. (16. Juli 2009). *Keine neuen Müllverbrennungsanlagen bauen !* Abgerufen am 19. April 2012 von http://www.nabu.de/themen/mehrwegundreycling/portrait/11299.html

Nelles, M., Faulstich, M., Lüdecke, B., Morscheck, G., & Wu, K. (2007). *DWA(Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft).* Abgerufen am 9. Mai 2012 von Deponierung in der VR China – Stand und Perspektiven: http://www.retech-germany.net/files/pdf_dokumente/application/pdf/deponierung_china.pdf

Statistisches Bundesamt. (2011). *Zusammensetzung der Haushaltsabfälle 2009.* Abgerufen am 15. Mai 2012 von http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=21703

Umwelt Bundes Amt . (September 2011c). *Daten zur Umwelt - Umweltzustand in Deutschland.* Abgerufen am 22. Mai 2012 von Verwertung von Altglas: http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2313

Umwelt Bundes Amt. (17. Februar 2012b). *Abfallwirtschaft*. Abgerufen am 24. April 2012 von Ensorgungsverfahren: http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/entsorgung/index.htm

Umwelt Bundes Amt. (Oktober 2011b). *Daten zur Umwelt- Umweltzustand in Deutschland*. Abgerufen am 20. Mai 2012 von Ablagerung von Abfällen auf Deponien : http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do;jsessionid=8509D911D07059AE57D43174A745CBA4?nodeIdent=2305

Umwelt Bundes Amt. (November 2011a). *Daten zur Umwelt-Umweltzustand in Deutschland*. Abgerufen am 7. April 2012 von Abfallaufkommen: http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2320

Umwelt Bundes Amt. (März 2012a). *Daten zur Umwelt-Umweltzustand in Deutschland.* Abgerufen am April 2012b von Papierverbrauch und Verwertung von Altpapier: http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do;jsessionid=7D02DECA090261AD550BDAD526F1990C?nodeIdent=2314

ZhongDe Waste Technologie AG. (11. März 2008). *ZDWT.* Abgerufen am 1. June 2012 von Pressemeldungen: http://www.zhongde-ag.de/news/index.html?id=10

Anhang 1

Auflistung der thermischen Abfallbehandlungsanlagen mit hauptsächlichem Einsatz von Siedlungsabfällen auf einem Rostsystem

Quelle: Umweltbundesamt, eigene Zusammenstellung allgemein zugänglicher Daten, Stand Dezember 2009 (o. Veränderung Stand 2011)

Nr.	Art der Anlage	Bundesland	Kreis	Kapazität (Mg/a)
1	MVA	BE	Stadt Berlin	520 000
2	MVA	BW	Lkr. Böblingen	140 000
3	MVA	BW	Lkr. Breisgau-Hochschwarzwald	180 000
4	MVA	BW	Lkr. Göppingen	155 000
5	MVA	BW	Stadt Stuttgart	420 000
6	MVA	BW	Stadt Ulm	110 000
7	MVA	BW	Stadt Mannheim	500 000
8	MVA	BY	Stadt Augsburg	200 000
9	MVA	BY	Stadt Bamberg	110 000
10	MVA	BY	Lkr. Altöttingen	210 000
11	MVA	BY	Stadt Coburg	115 000
12	MVA	BY	Stadt Ingolstadt	240 000
13	MVA	BY	Stadt Kempten	70 000
14	MVA	BY	Stadt Landshut	40 000
15	MVA	BY	Stadt München	700 000
16	MVA	BY	Lkr. Neu-Ulm	90 000
17	MVA	BY	Stadt Nürnberg	220 000
18	MVA	BY	Stadt Rosenheim	60 000
19	MVA	BY	Lkr. Schwandorf	450 000
20	MVA	BY	Stadt Würzburg	215 000
21	MVA	BY	Lkr. Fürstenfeldbruck	95 000
22	MVA	BY	Stadt Schweinfurt	175 000
23	MVA	HB	Stadt Bremen	550 000
24	MVA	HB	Stadt Bremerhaven	400 000
25	MVA	HE	Stadt Frankfurt	525 000
26	MVA	HE	Stadt Kassel	150 000
27	MVA	HE	Stadt Darmstadt	212 000
28	MVA	HE	Stadt Offenbach	200 000
29	MVA	HH	Freie und Hansestadt Hamburg	180 000
30	MVA	HH	Freie und Hansestadt Hamburg	320 000
31	MVA	HH	Freie und Hansestadt Hamburg	320 000
32	MVA	MV	Lkr. Ludwigslust	50 000
33	MVA	NI	Lkr. Grafschaft Bentheim	364 000
34	MVA	NI	Lkr. Hameln-Pyrmont	240 000

35	MVA	NI	Lkr. Helmstedt	525 000
36	MVA	NI	Lkr. Emsland	120 000
37	MVA	NI	Stadt Hannover	280 000
38	MVA	NW	Lkr. Wesel	249 000
39	MVA	NW	Stadt Bielefeld	420 000
40	MVA	NW	Stadt Essen	700 000
41	MVA	NW	Stadt Hagen	120 000
42	MVA	NW	Stadt Hamm	245 000
43	MVA	NW	Lkr. Recklinghausen	250 000
44	MVA	NW	Lkr. Märkischer Kreis	238 000
45	MVA	NW	Stadt Köln	590 000
46	MVA	NW	Stadt Krefeld	380 000
47	MVA	NW	Stadt Oberhausen	680 000
48	MVA	NW	Stadt Solingen	105 000
49	MVA	NW	Stadt Wuppertal	410 000
50	MVA	NW	Stadt Düsseldorf	450 000
51	MVA	NW	Stadt Leverkusen	210 000
52	MVA	NW	Stadt Bonn	252 000
53	MVA	NW	Lkr. Aachen	360 000
54	MVA	RP	Stadt Mainz	237 000
55	MVA	RP	Stadt Ludwigshafen	180 000
56	MVA	RP	Stadt Primasens	189 000
57	MVA	SH	Stadt Kiel	140 000
58	MVA	SH	Lkr. Ostholstein	60 000
59	MVA	SH	Lkr. Pinneberg	80 000
60	MVA	SH	Lkr. Stormarn	350 000
61	MVA	SL	Lkr. Regionalverband Saarbrücken	255 000
62	MVA	SL	Lkr. Neunkirchen	150 000
63	MVA	SN	Lkr. Bautzen	225 000
64	MVA	ST	Lkr. Saalekreis	390 000
65	MVA	ST	Stadt Magdeburg	650 000
66	MVA	ST	Lkr. Salzlandkreis	300 000
67	MVA	ST	Lkr. Burgenlandkreis	280 000
68	MVA	TH	Lkr. Schmalkalden-Meiningen	160 000
69	MVA	TH	Stadt Erfurt	73 000
Gesamtkapazität				**18 829 000**

Anhang 2

Tabelle: Entwicklung der Deponiezahl und Ablagerungsmenge in Deutschland

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Umwelt, Reihe 1 Abfallentsorgung 2009, Wiesbaden 2011

(http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2305)

	Einheit	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2009
Deponien	Zahl	K.A.	2341	2228	2131	2005	1740	1645	1553
Ablagerungsmengen	Tsd.t	75348	63504	63060	60921	56674	38727	41599	35442

Anhang 3

Tabelle: Die Allokation der Hausmüllentsorgungsanlagen in China

Quelle: China Städtebau Statistik Jahrbuch im Jahr 2009

(http://www.cityup.org/center/gongcheng/Living%20garbage/20120426/85895.shtml)

Region	Die Anlagen zur Hausmüllentsorgung				
	Summe	Deponierung	Kompostierung	Verbrennung	Sonstige
China	**509**	**407**	**14**	**74**	**14**
Peking	18	15	2	1	-
Tianjin	7	5	-	2	-
Hebei	21	16	3	2	-
Shanxi	13	12	-	1	-
Neimenggu	13	13	-	-	-
Liaoning	13	11	1	1	-
Jilin	7	6	-	1	-
Heilongjiang	15	13	-	2	-
Shanghai	13	4	1	3	5
Jiangsu	37	27	-	8	2
Zhejiang	43	26	-	16	1
Anhui	14	13	-	1	-
Fujian	18	12	1	5	-
Jiangxi	12	12	-	-	-
Shandong	44	39	-	3	2
Henan	32	28	2	2	-
Hubei	18	17	-	-	1
Hunan	12	12	-	-	-
Guangdong	37	21	-	16	-
Guangxi	15	10	2	3	-
Hainan	3	2	-	1	-
Chongqing	13	12	-	1	-
Sichuan	30	24	1	4	1
Guizhou	9	9	-	-	-
Yunnan	13	12	-	-	1
Xizang	-	-	-	-	-
Shanxi	10	8	-	1	1

Gansu	11	11	-	-	-
Qinghai	3	3	-	-	-
Ningxia	3	3	-	-	-
Xinjiang	12	11	1	-	-

Universität Bremen
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für ABWL und Logistikmanagement
Wilhelm-Herbst-Str. 12
28359 Bremen

Telefon: +49 0421 218 66981
E-Mail: kotzab@uni-bremen.de
www.lm.uni-bremen.de

ISSN 2365-2101

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht in der Staats- und Universitätsbibliothek Bremen und auf dem Lehrstuhlserver

Veröffentlicht: 2015