Thilo Burkard, Dorothee Jenewein, Gerd Jordan, Jörg Schwensen, Thomas Schwilling

Die Auswirkungen der geplanten Müllverbrennungsanlage sowie die Entwicklung und Bewertung eines alternativen Abfallkonzeptes für Berlin-West

Schriftenreihe des IÖW 4/87

i | ö | w
INSTITUT FÜR
ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Institut für ökologisches Recycling

Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH

Schriftenreihe des IÖW 4/87

DIE AUSWIRKUNGEN DER GEPLANTEN MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE SOWIE DIE ENTWICKLUNG UND BEWERTUNG EINES ALTERNATIVEN ABFALLKONZEPTES FÜR BERLIN-WEST

Gutachten
im Auftrag der Alternativen Liste für Demokratie und Umweltschutz
- Fraktion im Abgeordnetenhaus von Berlin

Vorgelegt am:28.4.1987

Neuauflage : Juli 1987

2. Neuauflage Februar 1988

ISBN 3 - 926930 - 05 - 5

von: Thilo Burkard
Dipl.-Ing. Agr. Dorothee Jenewein
Dipl.-Vw. Gerd Jordan
Jörg Schwensen
Thomas Schwilling

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
Giesebrechtstr.13, 1000 Berlin 12, Tel.: 030/882 52 81

Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin
Schwendenerstr.53, 1000 Berlin 33, Tel.: 030/838 55 85

Institut für ökologisches Recycling
Kurfürstenstr.14, 1000 Berlin 30, Tel.: 030/261 68 54

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Kurzfassung	
2.	Einleitung	1
I.	Abfallwirtschaft in Berlin-West	
1.1	Allgemeines	2
1.2	Abfallmengen 1984	3
1.3	Kosten der Beseitigung	4
1.4	Müllzusammensetzung	7
1.4.1	Aufteilung in Fraktionen	7
1.4.2	Stoffliche Zusammensetzung	10
2.	Müllverbrennung	13
2.1	Situationsbeschreibung	13
2.2	Umweltverträglichkeit	13
2.3	Funktionsschema einer Müllverbrennungsanlage	14
2.4	Emissionen	16
2.4.1	Partikelförmige Schadstoffe	16
2.4.2	gasförmige anorganische Schadstoffe	18
2.4.3	organische Schadstoffe	21
2.5	Emissionsgrenzwerte für Abfallverbrennungsanlagen	22
2.6	Schadstoffbelastung durch die geplante MVA	24
2.7	Reststoffe	26
2.7.1	Schlacke	26
2.7.2	Flugstaub	27
2.8	Energiebilanz	28
2.9	Kosten	31
2.10	Abfallverbrennungsanlage Ruhleben	31
2.11	Umweltbelastung durch alte und geplante MVA	33

II. Alternatives Abfallkonzept

1. Abfallvermeidung 34

1.1 Die Abfallvermeidung als Möglichkeit einer präventiven Abfallpolitik 34

1.2 Wissenschaftliche Untersuchungen zu Öko- und Energiebilanzen 35

1.3 Das Berliner Abfallwirtschaftsprogramm und seine mangelnde Umsetzung 35

2. Abfallvermeidung und Recycling 38

2.1 Alibifunktion des Recycling 38
2.1.1 Glasrecycling 38
2.1.2 Aluminiumrecycling 42

2.2 Einfluß der Abfuhr- und Behältersysteme auf das Müllaufkommen 42
2.2.1 Müllbehälter und Müllaufkommen 42
2.2.2 Auswirkung des Behältervolumens auf die getrennte Sammlung 44

2.3 Das Verhältnis Abfallvermeidung zu Recycling 44

3. Quantifizierung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten von festen Siedlungsabfällen 45

3.1 Allgemein 45

3.2 Abfallvermeidung in Haushalten 45
3.2.1 Maximen für die Abfallvermeidung 45
3.2.2 Quantifizierung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten in Westberliner Haushalten 46
3.2.2.1 Papier und Pappe 46
3.2.2.2 Glas 47
3.2.2.3 Kunststoff 48
3.2.2.4 Eisenmetalle 48
3.2.2.5 Verpackungsverbund, Getränkedosen und NE-Metalle 49
3.2.2.6 Einwegwindeln und Problemfälle 49
3.2.2.7 Materialverbund und Sperrmüll 50
3.2.2.8 Sonstige Hausmüll-Fraktionen 50
3.2.2.9 Vergleichende Zusammenfassung 50

3.3 Abfallvermeidung im Gewerbe 52
3.3.1 Maximen für die Abfallvermeidung im Gewerbe 52
3.3.2 Quantifizierung der Abfallvermeidungs-möglichkeiten im Gewerbe 52
3.3.2.1 Papier und Pappe 52
3.3.2.2 Kunststoff 52
3.3.2.3 Glas 53
3.3.2.4 Metall 53
3.3.2.5 Sperrmüll, Hausmüllartiges und Sonstiges 53
3.3.2.6 Organik 54
3.3.2.7 Vergleichende Zusammenfassung 54

3.4 Zusammenfassung 54

4. Erfassung und Verwertung der nicht vermeidbaren Abfälle 58

4.1. Erfassung 58

4.2. Verwertung 59
4.2.1 Papier/Pappe 59
4.2.2 Glas 59
4.2.3 Metall 60
4.2.4 Organik 60
4.2.4.1 Kompostierung 60
4.2.4.2 Biogas aus der anaeroben Vergärung von Biomüll 62

4.3 Zusammenfassung 65

5. Reststoffbehandlung 69

5.1 Restmüllbeseitigung durch Hochtemperatur-verbrennung 69

5.2 Restmüllbeseitigung durch Deponierung 73
5.2.1 Standort 73
5.2.2 Deponiesicherheit 73

III. Bewertung der Konzepte

1. Betriebswirtschaftliche Kosten 75

2. Volkswirtschaftliche Kosten und Arbeitsplatz-bilanz 76

3. Energie 78

4. Abschließende Bewertung 80

IV. Durchsetzungsmöglichkeiten auf Landesebene bis 1995

1. Der Öffentliche Dienst 83

2. Maßnahmen im Bereich der Wirtschaftsförderung 83

3. Einführung einer getrennten Sammlung 84

4. Abfallgebühren 85

5. Öffentlichkeitsarbeit 85

6. Initiativen auf Bundesebene 85

7. Zusammenfassung 86

V. Tabellenverzeichnis

VI. Abbildungsverzeichnis

VII. Anhang

VIII. Literaturliste

1. Kurzfassung

Das Gutachten untersucht die Auswirkungen der geplanten Müllverbrennungsanlage. Darüberhinaus wird ein alternatives Abfallkonzept für Berlin-West unter besonderer Berücksichtigung von Abfallvermeidungsmöglichkeiten entwickelt und bewertet.

Ende des Jahres 1994 läuft der Langfristvertrag des Landes Berlin mit der DDR über die Verbringung von Siedlungsabfällen, Sonderabfällen, Bauschutt und Bodenaushub aus. Die Frage nach der Entsorgung dieser Abfälle nach 1994 ist ungeklärt. Ungeachtet der in der 4. Novelle des AbfG festgeschriebenen und im Berliner Abfallwirtschaftsplan von 1984 aufgezeigten Zielhierarchie Vermeidung, Verwertung, Beseitigung verdichten sich Vermutungen, daß vor allem die Beseitigung (bzw. "thermische Verwertung") des Mülls in Form einer Verbrennungskapazität von ca. 1 Mio.t Abfälle pro Jahr in die offiziellen Planungen aufgenommen wird.

An der E n t s o r g u n g B e r l i n s sind mehrere Privatunternehmungen und die BSR als Eigenbetrieb von Berlin beteiligt. Die Entsorgung der Haushalte liegt hauptsächlich in der Hand der BSR. Von der Firma ALBA/RGR wurde das sog. "Berliner Modell" eingeführt. Hierbei werden farblich gekennzeichnete zusätzliche Wertstoffsammelgefäße für Glas, Pappe/Papier und Metall/Kunststoffe/Textilien aufgestellt. Neben diesem System existieren noch Sammelsysteme für Altglas in Depotcontainern sowie caritative Sammlungen für Altkleider und Altpapier. Im Jahr 1984 wurden von der BSR ca. 1,5 Mio. t Abfälle erfaßt. Hiervon entfallen etwa 1,08 Mio.t auf Gewerbe- und Haushaltsabfälle. Ca. 40% davon wurden in der Müllverbrennungsanlage in Ruhleben verbrannt. Der Rest gelangte in die DDR.
Ca. 400.000t an Wertstoffen konnten durch die verschiedenen Getrenntsammlungssysteme einer Wiederverwertung zugeführt werden.

Nach offiziellen Aussagen ist die E r w e i t e r u n g d e r M ü l l v e r b r e n n u n g s k a p a z i t ä t von derzeit ca. 400.000 t/a auf 1 Mio.t/a geplant. Dies bedeutet den Neubau einer Verbrennungsanlage mit einer Jahreskapazität von ca. 600.000 t.
Bei der Verbrennung von 600.000 t Müll verbleiben noch rund 230.000 t als Rückstände übrig, davon ca. 200.000 t Schlacke und ca. 30.000 t Flugstaub/Salzgemisch.
Als besonderes Problem erweist sich die Ablagerung der Flugstäube und der Rauchgasreinigungsrückstände. Damit die dort enthaltenen Schadstoffe dem Ökosystem entzogen bleiben, müssen diese Stoffe unter Tage deponiert werden.

Grundlage bei der Abschätzung der zu erwartenden luftseitigen Emissionen sind die Grenzwerte der TA-Luft 1986.
Insgesamt könnte die geplante MVA trotz Rauchgasreinigung jährlich rund 1.650 t Stickoxide (NOx), 330 t Schwefeloxide (SOx), 99 t Staub, 165 t Salzsäure (HCL), 7,2 t Fluorwasserstoff (HF), 16,5 t Schwermetalle und 16,56 t an krebserregenden Schadstoffen emittieren. Hinzu kommen noch, legt man bisher gemessene Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) Emissionskonzentrationen von MVA`s in der Bundesrepublik Deutschland zugrunde, eine Emissionsmenge von 670 g PCDD und 313 g PCDF pro Jahr. Vom Seveso-Dioxin 2,3,7,8 TCDD würde diese Anlage rund 0,7 g/a an die Berliner Luft abgeben.

Tabelle: Umweltbelastung durch alte und geplante Müllverbrennungsanlage

Art der Quelle	Schad-/Reststoffmenge	
Emission von Schadstoffen	Staub	171t/a
	Schwermetalle	28t/a
	Kohlenmonoxid	570t/a
	organ. Stoffe	114t/a
	Schwefeloxide	570t/a
	Chlorverbindungen	285t/a
	Fluorverbindungen	12t/a
	Stickoxide	2.250t/a
	PCDD und PCDF	1.600g/a
Schlacke		ca. 330.000t/a
Flugasche/Salzgemisch		ca. 60-70.000t/a

International setzt sich immer mehr die Ansicht durch (z.B. beim letzten Dioxin-Kongress in Japan, Sept.`86), daß die duldbare Aufnahme von 2,3,7,8 TCDD unter 1 pg/kg Körpergewicht und Tag liegen muß. Dieser Wert wird allein durch die berechnete Penta-CDD-Immissionskonzentration der neuen MVA, gewichtet als 2,3,7,8 TCDD-Äquivalent, zu 10% erreicht. Auch der Summengrenzwert TCDD des New Yorker Gesundheitsamtes wird alleine durch die neue MVA zu 30% ausgefüllt.
Ein Vergleich mit einem modernen Steinkohleheizkraftwerk ergibt, daß die geplante MVA trotz Rauchgasreinigung pro Megajoule (MJ) eingesetzter Energie die 5,6-fache Menge an Stickoxiden (NOx), die 20-fache Menge an Cadmium (Cd), die 50-fache Menge an Zink (Zn) und die 18-fache Menge an Blei (Pb) emittieren würde. Nach TÜV-Untersuchungen aus dem Jahre 1984 wird in den Innenstadtbezirken, z.B. Kreuzberg, der Immissionsgrenzwert für Schwebstaub deutlich überschritten. Werden

die oben beschriebenen Schadstoffmengen, z.B. Staub, bzw. Pb, Cd, über einen Schornstein (Höhe 100m) an die Berliner Luft abgegeben, so ist mit einem weiteren Schadstoffanstieg der ohnedies schon gesundheitsgefährdenden Luftbelastung zu rechnen.

Nach Angaben der BSR werden die Investitionskosten einer solchen Anlage bei rund 400 Mio. DM liegen. Die spez. Verbrennungskosten pro Tonne verbrannten Mülls belaufen sich dementsprechend, nach Abzug der Erlöse für Dampf, auf etwa 130,-- DM/t.
Durch den Bau der MVA sind sehr hohe Investitionen nötig, die in den darauffolgenden 20 Jahren festgelegt wären und einer Neuorientierung hin zu einer ökologischen Abfallpolitik nicht zur Verfügung stünden.
Darüberhinaus wird der Senat nach Inbetriebnahme der MVA keinerlei Initiative zu Abfallvermeidung bzw. Recycling gutheißen können, um die Wirtschaftlichkeit dieser Anlage nicht durch eine Verringerung der absoluten Mengen bzw. durch eine Senkung des Heizwertes zu gefährden.

Für ein alternatives Abfallkonzept muß die Abfallvermeidung im Sinne einer Nichtproduktion überflüssiger Einwegverpackungen bzw. Wegwerfprodukte und deren Substitution durch sinnvolle Mehrwegverpackungen und langlebige Produkte die zentrale Forderung darstellen. Dies würde zu einer Entlastung der Abfallbehandlungskapazitäten führen und den Energiebedarf verringern. Darüberhinaus würde die Beanspruchung von Rohstoffen und Umweltmedien durch den Wegfall von bspw. vorgelagerten Produktions- und Vermarktungsprozessen reduziert. Verschiedene Untersuchungen beweisen die positive Öko- und Energiebilanz der Mehrwegsysteme gegenüber den in Berlin-West stark überdurchschnittlich vertretenen Einwegverpackungen.
Der Senat hat zwar in seinem Abfallwirtschaftsprogramm der Abfallvermeidung die höchste Priorität eingeräumt, jedoch in der Praxis wird der "Beseitigung" (Verbrennung und Deponierung) von Abfällen Vorrang gewährt. Dies soll sich auch nicht ändern.
Recycling dient der Einwegverpackungsindustrie, speziell der Aluminium- und Glasindustrie, als Alibi zur Produktionsausweitung und somit zur Vermehrung der Hausmüllmenge.

Zu große Behältersysteme führen bei den Haushalten zu einem unüberlegten Konsumverhalten. Überdurchschnittliche Müllbehältervolumina sind Ursache für absolut mehr Abfallmengen, kleinere Müllbehälter wie z.B. die 35 l Eimer tragen zu einem bewußteren Konsumverhalten in puncto Abfallstoffvermeidung bei.

Die Bereitschaft zur getrennten Wertstoffsammlung (Glas und Papier) nimmt mit steigendem Behältervolumen ebenfalls ab. Die Akzeptanz des Recyclings ist, laut einer Umfrage, generell sehr hoch. Von öffentlicher Seite wird sie zusätzlich durch die Bereitstellung bequemer Erfassungssysteme, wie das "Berliner System", unterstützt. Diese bewegen die Verbraucher nicht

dazu, auf müllsparsame Verpackungen wie Mehrwegflaschen umzusteigen sondern weiterhin müllintensive Einwegverpackungen zu benutzen, die nach Gebrauch "mit gutem Gewissen" in die Recyclingtonne geworfen werden können. Solange der Bürger (die Öffentlichkeit) nicht über die Zusammenhänge zwischen Recycling und Müllwachstum informiert wird, kann eine wirksame Abfallvermeidung nicht stattfinden.
Eine quantitative und qualitative (stoffbezogene) A b f a l l v e r m e i d u n g bei den festen Siedlungsabfällen muß mit Hilfe von Produktions-, Anwendungs-, Importverboten und anderen gesetzlichen Regelungen wie Steuer- und Subventionsvariationen durchgeführt werden. Eine maximale Vermeidung von Einwegverpackungen muß im Lebensmittel- (u.a. Getränke, Molkereiprodukte, Obst und Gemüse) und im Verbrauchsgüterbereich neben der Nutzung von Mehrwegsystemen u.a. durch die Förderung des Losekaufs und den verstärkten Einsatz regenerierbarer Rohstoffe anstatt knapper, nicht regenierbarer und als Abfall relativ schädlicher Stoffe, wie der aus Öl hergestellten Kunststoffe, erfolgen. Im Produktbereich muß die Langlebigkeit von Gebrauchsgütern durch Änderungen von DIN-Vorschriften gefördert werden.
Bei der Umsetzung dieser Maximen in die abfallpolitische Praxis Berlins ergibt sich ein Abfallvermeidungspotential von 28% bei den in Haushalten anfallenden Abfällen und von 10% im Gewerbebereich (inkl. Recycling). Diese Ergebnisse werden von anderen Studien prinzipiell bestätigt. Durch die Abfallvermeidung würde allein die anfallende Menge fester Siedlungsabfälle in der Stadt um mehr als 250.000 t reduziert werden.

Siedlungsabfälle	Menge [1000 t/a]	Vermeidungs-Potential in %	Rest [1000 t/a]
Hausmüll	672.3	28	487.1
Gewerbemüll	792.2	10	716.3
Summe	1464.5	18	1203.4

Tab.: 24 Siedlungsabfälle Berlin 1984
Vermeidungsquoten bzw -mengen

Für die Erfassung der verringerten Müllmengen sieht das Gutachten die f l ä c h e n d e c k e n d e E i n f ü h r u n g d e r G e t r e n n t s a m m l u n g im Haushalt und Gewerbe vor.
Es gibt die 3-Komponenten-Sammlung für Organik, Papier/Pappe und Restmüll. Die durch Abfallvermeidungsmaßnahmen stark verringerten Mengen von Glas und Metall werden durch Depotcontainer erfaßt. Die Entgiftung des Haushalt- und Gewerbemülls wird durch die Ausweitung der Einsammlung von Problem- und Giftabfällen vorangetrieben.
Die eingesammelte organische Fraktion wird durch aufeinander aufbauende Maßnahmen verwertet:

- Hinterhofkompostierung,
- dezentrale Kompostplätze und
- Biogaserzeugung.

Die getrennte Sammlung der organischen Küchenabfälle und deren Kompostierung wird durch den/die örtliche/n Abfallberater/in angeregt und unterstützt. Durch die getrennte Erfassung der Organik ist ein hochwertiger Kompost zu erzeugen, der als Torfersatz im Garten- und Landschaftsbau (u.ä.) eingesetzt werden kann.
Die gestiegene Menge des Altpapiers kann allein schon zu 60% durch die geplante Erweiterung der BE-PAK-Kartonfabrik in Berlin verwertet werden. Durch Erhöhung der Altpapiereinsatzquote und des Anteils von Recyclingpapier am Gesamt-Papierverbrauch kann die zusätzliche Altpapiermenge verwertet werden.
Durch die genannten Maßnahmen verringern sich die Siedlungsabfälle von rd. 1.200.000 t/a bei einer Recyclingquote von 74% auf einen noch zu beseitigenden Rest von 314.000 t/a.

Siedlungsabfälle	[1000 t/a]	Recycling Menge [1000 t/a]	Recycling Quote [in %]	Rest [1000 t/a]
HausmÜll	487.1	324.0	67	163.1
GewerbemÜll	719.3	564.9	79	151.6
Summe	1206.4	888.9	74	314.7

Tab.: 28 Siedlungsabfälle 1984:
Recyclingquoten bzw -mengen

Es wird eine S i c h e r h e i t s d e p o n i e mit doppelter Basisabdichtung und Drainage- sowie automatischem Kontrollsystem auf dem Gebiet der DDR oder eine H o c h t e m p e r a t u r v e r b r e n n u n g bei 1.200 Grad C mit Einblasung der Flugstäube in eine Schmelzfeuerung als Restmüllbehandlung in Berlin-West vorgeschlagen.

Die K o s t e n eines Abfallwirtschaftskonzeptes setzen sich aus den Teilkosten der Bereiche Altstoff- bzw. Restmüllsammlung, Transport, Altstoffsortierung, -aufbereitung und -verwertung und dem Bereich Restmüllbehandlung zusammen.
Es wird nur die Behälterabfuhr aus Haushaltungen bewertet.
Die Kosten der geplanten MVA liegen bei ca. 130,-- DM/t. Die momentanen Sammlungs- und Transportkosten wurden von der BSR mit ca. 200,-- DM/t angegeben. Bewertet mit der in Haushaltungen anfallenden Abfallmenge ergibt dies Kosten in Höhe von 105,-- DM pro Einwohner und Jahr (DM/E.a.), d.h. die Kosten steigen um ca. 15% zum momentanen Stand.
Nach dem Vorschlag dieses Gutachtens sollen in Zukunft bis zu 3 verschiedene Tonnen abgefahren werden. Die Sammlungs- und Transportkosten bezogen auf den Einwohner erhöhen sich. Erlöse aus dem Wertstoffverkauf werden nur in Höhe der Aufbereitungskosten angenommen. Die Unterdeckung aus der Biogas- bzw. Komposterzeugung beträgt ca. 100,-- DM/t. Die Kosten der Hochtemperaturverbrennung bzw. der Sicherheitsdeponie werden mit 180,-- DM/t angesetzt.
Insgesamt ergeben sich Kosten in Höhe von 115,-- DM/E.a. Im Vergleich mit dem Senatskonzept ist dies eine Kostensteigerung von ca. 10%. Es relativiert sich jedoch erheblich, wenn für die Wertstoffe höhere Erlöse angesetzt werden und wenn, vor allem für Kompost ein Verkaufspreis erzielt wird. Durch Einführung der Eigenkompostierung kann eine erhebliche Kostensenkung bei Sammlung und Transportkosten des Naßmülls erreicht werden.

Die Verbringung des in Berlin-West anfallenden Bauschuttes in die DDR wird jährlich vom Berliner Senat mit rund 50 Mio. DM subventioniert. Daher ist es nicht verwunderlich, daß nur rund 7% des Bauschuttes einer Wiederverwertung zugeführt werden. Nach Expertenaussagen liegt die mögliche Verwertungsquote bei über 50%. Durch S t r e i c h u n g d i e s e r S u b - v e n t i o n e n ließen sich hiermit die jährlichen Mehrkosten des alternativen Abfallkonzeptes abdecken.

Die Ergebnisse einer Untersuchung zur A r b e i t s p l a t z - b i l a n z bei einem Verbot von Einweg-Getränkeverpackungen ergeben für Berlin-West Beschäftigungsverluste von maximal einigen Hundert. Berücksichtigt man die Gewinne aus dem arbeitsintensiven Loseverkauf, dem zusätzlichen Recycling und der Abfallberatung, so fällt die Bilanz positiv aus.

Sowohl die betriebswirtschaftliche (interne Kosten), als auch die volkswirtschaftliche (inkl. externe Kosten) Kostenbilanz fällt z.B. für die Getränke-Mehrwegsysteme eindeutig positiv aus. Dabei sind die zusätzlichen Handling- (Personalkosten) und Raumkosten des Handels ebenso enthalten wie die kaum monetär zu bewertenden Ökobilanzen der beiden Verpackungsalternativen.

Um die Summe der E n e r g i e e i n s p a r u n g durch Vermeidungsmaßnahmen abschätzen zu können, wurden die einzelnen Vermeidungsmengen mit den produktionsspezifischen Energiemengen bewertet.
Danach wird allein durch Müllvermeidung eine Energiemenge von ca. 11.000 Terajoule (TJ) pro Jahr eingespart.
Zusammen mit den Einsparungen durch die Wiederverwendung von Altstoffen ergibt sich eine Energiemenge von ca. 14.000 TJ.
Nach dem Senatskonzept ergeben sich Energiegewinne durch das bisherige Recycling und durch die Verbrennung des Restmülls von insgesamt ca. 10.500 TJ pro Jahr.
Werden noch die Energiemengen bzw. -einsparungen durch die Erzeugung von Biogas bzw. den Einsatz von Komposten hinzugezählt, ergibt ein Vergleich beider Konzepte ein Plus von ca. 6.100 TJ/a für das hier vorgeschlagene Konzept.
Dies entspricht einer Energiemengen, mit der jährlich 41.000 Familienhäuser beheizt werden können. Die vergleichbare Heizölmenge hat einen Marktwert von rund 60 Mio. DM.

Die Durchsetzungsmöglichkeiten des alternativen Abfallkonzeptes auf Landesebene bis 1995 sind eingeschränkt, da die Abfallgesetzgebung, z.B. Anwendung des §14 AbfG, weitgehend in der Kompetenz des Bundes liegt.
Ohne auf eine Neuorientierung der Abfallpolitik in Bonn zu warten bleiben dem Land Berlin dennoch genug Handlungsbereiche, um Alternativen zum Neubau einer MVA zu verwirklichen:

1. Der öffentliche Dienst

Hierunter fallen Maßnahmen wie die vollständige Umstellung des Beschaffungswesens des Landes auf Mehrwegprodukte, bzw. wiederverwendbare oder wiederverwertbare Güter, die Umstellung der Kantinen, Mensen, Cafeterien und sonstigen Einrichtungen; weg von Einweg und Kleinverpackung hin zu Mehrweg und Großpakkung. Hierdurch ließe sich eine Vermeidung in Höhe von 5% bezogen auf den Gewerbemüll erzielen.

2. Maßnahmen im Bereich der Wirtschaft

Ein Schwerpunkt muß die Änderung der Gewerbeansiedlungspolitik zugunsten abfallarmer Produktion sein.
In Berlin-West existiert ein umfangreiches Instrumentarium zur Wirtschaftsförderung: das Berlinförderungsgesetz.
Die Inanspruchnahme von Fördermitteln erfolgte bislang aus rein formalen Gesichtspunkten. Dies muß in eine Überprüfung der Sinnhaftigkeit des Fördertatbestandes unter Einbeziehung der Abfallproblematik geändert werden.

Weitere Maßnahmen sind: Förderung zur Einführung von Kreislaufprozessen, Investitionszulagen für die Umstellung von Einweg- auf Mehrwegbehältnisse, Aufnahme des Aspektes der Abfallvermeidung in Betriebsberatungen, Variationen der Gewerbesteuerhebesätze, usw.

3. Einführung einer getrennten Sammlung

Die getrennte Sammlung von Wertstoffen, Biomüll, Restmüll und Problemstoffen ist schnellstmöglich einzuführen.

4. Abfallgebühren

Um weitere Anreize zur Vermeidung von Abfällen zu schaffen, sollen die Abfuhrgebühren progressiv gestaffelt werden.

5. Öffentlichkeitsarbeit

Ein Erfolg der Abfallreduzierung hängt wesentlich vom öffentlichen Bewußtsein und der Mitarbeit der Einzelnen ab. Voraussetzung ist deshalb eine umfangreiche Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit. Zu diesem Zweck sollen Abfallberater eingestellt werden, die den Bürgern für Fragen zur Verfügung stehen und Anregungen geben.

6. Initiativen auf Bundesebene z.B. zur Anwendung des §14 AbfG.

Nimmt man die momentan anfallende Restmüllmenge als Bezugsgröße, so ließe sich bis 1995 eine Reduktion durch oben beschriebene Maßnahmen auf ca. 460.000 t erreichen.
Diese noch anfallende Menge könnte, da durch Vermeidung und Recycling eine Abnahme des Heizwertes erfolgt, in der noch in Betrieb befindlichen Verbrennungsanlage in Ruhleben so lange entsorgt werden, wie die vorgestellten Maßnahmen noch nicht voll greifen. Eine schrittweise Stillegung kann dann mit der Einführung der andiskutierten Restmüllbehandlungsmaßnahmen erfolgen.
Es besteht also keinerlei Entscheidungsbedarf für eine neue MVA aus Gründen der Entsorgunssicherheit.

Das Abfallwirtschaftsprogramm des Senats von 1984 zeigt tendenziell gute Ansätze, die aber in der Realität nicht umgesetzt werden. Vielmehr bevorzugt der Senat die Verbrennung von 1.000.000t/a Siedlungsabfällen und bezeichnet dies fälschlicherweise als thermische Verwertung. Die politische Gleichstellung von thermischer und stofflicher Verwertung ist jedoch wissenschaftlich nicht haltbar, da die Verbrennung von Müll, auch in Müllheizkraftwerken, einer riesigen Energievernichtung gleichkommt.

Darüberhinaus werden noch große Mengen an Schadstoffen in die bereits in erheblichem Maße belastete Berliner Luft emittiert.
Ein ökologisch orientiertes Abfallwirtschaftskonzept muß im Gegensatz zu den Schwerpunkten des Senats - Beseitigung (Verbrennung) vor Recycling und vor Vermeidung - nach folgender Hierarchie aufgebaut sein: V e r m e i d u n g > V e r w e r t u n g > B e s e i t i g u n g.
Wie nachgewiesen wurde, existieren große Vermeidungs- bzw. Recyclingpotentiale, die im Senatskonzept keinerlei Berücksichtigung finden.
Ein Vergleich beider Konzepte ergibt, daß das alternative Abfallkonzept folgende Vorteile bietet:

- Müllreduzierung
- Energieeinsparung
- Schadstoffreduktion
- Positive Arbeitsplatzbilanz
- Rohstoffrückführung
- Volkswirtschaftliche Kostenvorteile
- Flexibilität

Unter Zugrundelegung dieser Gründe ist es geboten, daß der Senat von seiner bisherigen Abfallpolitik Abstand nimmt, und zu einer Neuorientierung findet.

2. Einleitung

Im November 1986 beauftragte die Fraktion der AL im Abgeordnetenhaus das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), ein Gutachten über die Auswirkungen einer neuen geplanten Müllverbrennungsanlage in Berlin-West und über die Möglichkeiten eines ökologischen Abfallkonzeptes zu erstellen.

Das Gutachten wurde von

Thilo Burkard
Dorothee Jenewein (IföR-Institut)
Gerd Jordan (IföR-Institut)
Jörg Schwensen (IföR-Institut)
Thomas Schwilling (Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin)

bearbeitet.

Es werden die zukünftigen Umweltbelastungen, die Energieverwertung und die zu erwartenden Kosten für die vom Senat geplante, größte Müllverbrennungsanlage der Bundesrepublik Deutschland untersucht. Demgegenüber wird ein ökologisches Abfallkonzept - unter besonderer Berücksichtigung der Müllvermeidung - nach der folgenden Zielhierarchie

Vermeidung
Verwertung
Beseitigung

dargestellt.

Die Verfasser hoffen mit dieser Arbeit den öffentlichen Diskussionsprozess über eine Neuorientierung der Abfallwirtschaftspolitik des Senates hin zu einem ökologisch orientierten Abfallkonzept zu intensivieren.

Unser besonderer Dank gilt den Mitarbeitern des Umweltbundesamtes und der Ingenieurgemeinschaft technischer Umweltschutz, sowie einzelnen Behördenvertretern für Anregungen, Hinweise und Bereitstellung von Materialien.

I. ABFALLWIRTSCHAFT IN BERLIN-WEST

1 Beschreibung der Abfallbeseitigung in Berlin-West

1.1 Allgemeines

An der Entsorgung Berlin-Wests sind Privatunternehmen und die Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) als Eigenbetrieb von Berlin beteiligt. Die Entsorgung der Haushalte liegt in der Hauptsache in der Hand der BSR. Hierfür stehen

8 Betriebshöfe
2 Abfallumladestationen für feste Siedlungsabfälle
1 Umladestation für Sonderabfälle
1 Abfallverbrennungsanlage
1 Deponie in Berlin-West (bis April 1984)

zur Verfügung.

Von der BSR (Betrieb Müllabfuhr) werden Behälter von 35 l bis 1,1cbm und zum Teil auch Großraumcontainer mit bis zu 18cbm eingesetzt. Die Abholung von Sperrmüll erfolgt auf Anruf und ist kostenlos. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Abfallstoffe bis 1 cbm direkt bei den Betriebshöfen anzuliefern. Dem Betrieb Straßenreinigung obliegt die Reinigung der öffentlichen Plätze und Flächen, sowie die Einsammlung von Laubsäcken zur Sammlung von Gartenabfällen, die hierzu vom Abfallerzeuger vorher erworben werden müssen. Mitte 1984 wurden von der BSR auch Altglas und Altpapiersammelgefäße zur Verfügung gestellt (1).
Die wichtigsten privaten Abfuhrunternehmen sind folgende Firmen:

ALBA/RGR	Abfuhr von Gewerbemüll, Wertstoffen, Straßenreinigung, Winterdienst
AGROPA	Abfuhr von Gewerbemüll
Fa. Pennecke & Söhne	Abfuhr von Gewerbemüll/Wertstoffe/ Sonderabfall/Straßenreinigung
Meyer	Altglas
Rhenus WTAG	Altglas

Von der Firma ALBA/RGR wurde das "Berliner Modell" eingeführt. Hierbei werden, gegen Gebühren, farblich gekennzeichnete zusätzliche Wertstoffsammelgefäße aufgestellt (Glas; Pappe/Papier; Metall/Kunststoffe/Textilien). Je nach Bebauungs- und Sozialstruktur ergeben sich Erfassungsgrade von 30-40% für Papier und 50-90% für Altglas.
Neben dem "Berliner Modell" existieren noch Sammelsysteme für Altglas mit Depotcontainern sowie caritative Straßensammlungen von Altpapier und Alttextilien. Diese Sammlungen erfolgen durchschnittlich 14-tägig im gesamten Stadtgebiet.
Zum Umschlag von Bauschutt bzw. Baustellenabfällen bestehen 2 Umladestationen: die Station an der Nonnendammallee zum Transport des Schuttes zu den Deponien Schöneiche und Vorketzin, und die Station Westhafen für die Deponie Deutz. In fünf Bauabfallaufbereitungsanlagen wird, auf privatwirtschaftlicher Basis, Baumaterial zurückgewonnen. Daneben existieren noch ca. 30 Siebungsanlagen zur Absiebung von Füllboden.

Sonderabfälle nach §2 Abs.2 AbfG werden von der BSR und von privatwirtschaftlichen Unternehmen eingesammelt und zu den Verwertungs- bzw. Beseitigungsanlagen befördert. In Berlin existieren 4 Zwischenlagerstätten bzw. 4 Behandlungsanlagen.
Da innerhalb des Stadtgebietes kein ausreichendes Deponievolumen mehr vorhanden ist, wurde 1974 mit der DDR ein Vertrag über die Beseitigung von Abfallstoffen in der DDR abgeschlossen.
Für den Zeitraum vom 1.1.1975 bis zum 31.12.1994 wurde die Ablagerung von 35 Mio.t Siedlungsabfällen, 38 Mio.t Bauschutt und 18 Mio.t Bodenaushub vereinbart. Pro Tonne verbrachten Abfalls sind Schüttgebühren von ca. 40,-- DM zu entrichten. Vereinbart wurden jährliche Verbringungsmengen von 700.000 t 1975, bzw. 2.6 Mio.t im Jahr 1994. Schüttgebühren in Höhe von 80% der vereinbarten Menge sind dabei mindestens zu zahlen.
Nach diesem Vertrag werden Bodenaushub und Bauschutt hauptsächlich auf die Deponie Deutz, aber auch nach Vorketzin und Schöneiche und Siedlungsabfälle nach Vorketzin und Schöneiche verbracht. Sonderabfälle kommen ausschließlich auf die Deponie Vorketzin.

Weil das Berliner Abfallaufkommen weit hinter den Vertragsvereinbarungen zurückblieb, wurden für das zweite Vertragsjahrzehnt - 1985 bis 1994 - Mengen und Preise neu vereinbart. Der Richtwert für Siedlungsabfälle reduzierte sich von ursprünglich durchschnittlich 2,48 Mio. t auf 0,8 Mio.t/a. Gleichzeitig wurde auf Betreiben der DDR der Bau einer Sondermüllverbrennungsanlage am Rande der Deponie Schöneiche vereinbart. Diese Anlage soll spätestens 1988 in Betrieb gehen und über eine Kapazität von 15.000 t/a verfügen (2).

1.2 Abfallmengen 1984

Im Jahr 1984 wurden von der BSR ca. 1,5 Mio.t Abfälle erfaßt. (3) Hiervon entfallen ca. 740.000 t auf die Einsammlung von Abfallstoffen im Stadtgebiet. Der Anteil der Fremdanlieferungen betrug 340.000 t. Fremdanlieferer waren vor allem Gewerbe und Handelsbetriebe, die sich bei Selbstanlieferung den um fast die Hälfte günstigeren Entsorgungspreis zunutze machten.
Die Menge der Haushalts- und Gewerbeabfälle betrug demnach 1,08 Mio.t.
Weiter wurden 236.000 t verseuchter Bodenaushub registriert. Eine Menge von 25.800 t fiel, allein bei der BSR, als Sondermüll an. Knapp ein Drittel hiervon (11.300 t) waren, nach §2 Abs.2 AbfG, nachweisscheinpflichtig.
Im Bereich Straßenreinigung fielen 1984 ca. 150.000 t Kehricht an. Zusätzlich wurden 26.700 t, in Säcken bereitgestellte, Garten- und Laubabfälle eingesammelt.
Hauptsächlich private Unternehmungen sammelten 1984 ca. 400.000 t Wertstoffe ein.
Diese Wertstoffe und der nach der Verbrennung gewonnene Schrott wurden einer Wiederverwertung zugeführt. In der Müllverbrennungsanlage in Ruhleben verbrannte die BSR ca. 400.000 t Abfälle. Die Rückstände aus der Verbrennung fielen mit ca. 160.000 t Schlacke und Flugstäuben ins Gewicht.
Laub- und Gartenabfälle wurden größtenteils auf der ehemaligen Deponie Wannsee kompostiert. Die restlichen nicht verbrannten Siedlungsabfälle, die Verbrennungsrückstände sowie der Hauptanteil der Sonderabfälle wurden in der DDR einer Deponierung zugeführt. Diese Menge betrug insgesamt 1,2 Mio.t.

Zusätzlich fielen 1984 noch ca. 6,4 Mio. t Bauschutt und Bodenaushub an. Ein großer Teil hiervon wurde in Siebanlagen aufbereitet. Es konnten 3,8 Mio. t, davon ca. 3 Mio. t Füll- bzw. Oberboden, zurückgewonnen werden (4).
Zu bemerken ist hierbei noch, daß Bauschutt ein sehr inhomogenes Material darstellt, das durch zahlreiche organische und anorganische Bestandteile verunreinigt ist (5). Es handelt sich deshalb (auch wegen den erheblichen Mengen) um alles andere als harmloses Material, das überall abgelagert werden kann.
Einen Überblick über das Abfallaufkommen in Berlin gibt die nachfolgende Tabelle 1:

Tabelle 1: Abfallaufkommen in Berlin-West 1984

	Aufkommen (t/a)	Verbleib (t/a)
Fremdanlieferer	341.300	
Behälterabfuhr	738.800	
Straßenreinigung	147.600	
Deponie DDR		1.225.300
verun. Bodenaushub	236.100	
Sondermüll	25.800	
Reduktion durch Verbrennung		235.600
Eigenaufkommen	4.800	
Wiederverwertung von Altstoffen, Laub und Gartenabfällen-		43.400
Verbrennungsschrott		12.700
Summe BSR	1.517.000	1.517.000
Summe privater Abfallbes.	398.000	
Bodenaushub und Bauschutt	6.400.000	
Wiederverwertung Altwertstoffe		398.000
Deponierung Bauschutt Bodenaushub DDR		2.600.000
Wiedergewinnung von Füllstoffen, Oberboden und sonst.		3.800.000
Summe	8.315.000	8.315.000

1.3 Kosten der Beseitigung

Der Eigenbetrieb BSR ist ein öffentliches Wirtschaftsunternehmen des Landes Berlin und daher zur Kostendeckung verpflichtet.

Der Haushaltsabfall wird mit 35 l-, 110 l-, 240 l- und 1,1 cbm-Gefäßen eingesammelt. In den letzen Jahren wurden mehr und mehr Müllgroßbehälter eingesetzt, da sie aus betriebswirtschaftlicher Sicht kostengünstiger sind.
Jeder Standort wird durchschnittlich 2mal pro Woche angefahren.
Die Fahrzeuge zur Entleerung der 110 l-Gefäße sind mit einem Kraftfahrer und 4 Müllwerkern besetzt, während die Fahrzeuge zur Entleerung der 1,1 cbm Rollenbehälter mit zwei Müllwerkern auskommen. (1)
Die entstehenden Kosten zur Sammlung des Mülls im Stadtgebiet und Transport zu den Umladestationen bzw. zu der Müllverbrennungsanlage in Ruhleben werden mit 199,10 DM/t angegeben (6).

Im Langfristvertrag mit der DDR wurden Schüttgebühren in Höhe von ca. 40,-- DM/t vereinbart. 95,46 DM/t kostet der Transport von den Umladestationen zu den jeweiligen Deponien inklusive der Schüttgebühren (6).
Im Müllverbrennungswerk werden jährlich ca. 400.000 t Müll verbrannt und dabei ca. 900.000 t Dampf erzeugt. Der Dampf wird zum größten Teil an das benachbarte BEWAG-Heizkraftwerk Reuter abgegeben. Entgegen dem Marktwert von 36,-- DM/t wird dabei nur ein Preis von 16,-- DM/t erzielt (1/3).
Die Kosten pro Tonne verbrannten Mülls belaufen sich, nach Abzug der Erlöse aus Dampf und Schrottverkauf, auf 56,11 DM/t (6).
Bis 1989 soll die MVA mit einer trockenen Rauchgasreinigungsanlage der Firma Fläkt nachgerüstet werden. Danach werden Verbrennungskosten in Höhe von 95,-- DM/t entstehen.
Der Langfristvertrag mit der DDR sieht auch die Beseitigung von Sondermüll vor. Durch eine Mischkalkulation von Siedlungsabfällen und Sondermüll belaufen sich auch hier die Schüttgebühren nur auf 40,-- DM/t.
Weiter wurde ein Abnahmepreis von 40,-- DM/t für die Sondermüllverbrennung vereinbart.
Das Land Berlin hat die Investitionskosten dieser Anlage zu tragen. Im Vergleich sei auf die Verbrennungskosten in bundesdeutschen Sondermüllverbrennungsanlagen in Höhe von bis zu 1.600,-- DM/t hingewiesen, die sich aus den besonderen betriebstechnischen Bedingungen solcher Anlagen ergeben. Es kann davon ausgegangen werden, daß sich, nach Ablauf des Vertrages, die Kosten der Verbrennung in der DDR drastisch erhöhen werden.
Für Privathaushalte ist die Anlieferung von Sonderabfällen bis zu 20 kg kostenlos.
Transport und Deponierung von Bauschutt kosten, wenn der Umschlag im Westhafen und der Transport per Schiff zur Deponie Deutz erfolgt, 13,33 DM/t (4). Die Anlieferungsgebühren beim senatseigenen Betrieb BEHALA liegen jedoch nur bei 1,96 DM/t. Konkret bedeutet dies eine Subventionierung von Abfallerzeugung in Höhe von 50 Mio. DM jährlich. Durch die geringen Annahmepreise der BEHALA werden Recyclingaktivitäten verhindert, da es aus betriebswirtschaftlicher Sicht kostengünstiger ist den Schutt zu deponieren anstatt ihn aufzubereiten und wiederzuverwenden. Dies wäre in erheblichem Maße möglich (5/7). Konsequenz hieraus ist, daß die existierenden Bauschuttsiebungs- und -brechanlagen nicht ausgelastet sind.
Von den privaten Abfuhrunternehmen sei nur das mit Abstand größte, die Firma Alba, erwähnt. Von dieser Firma werden 240 l- , 770 l- und 1,1 cbm-Behälter zur Wertstoffsammlung nach dem "Berliner Modell" aufgestellt. Die Einsammlung erfolgt mit Großraumfahrzeugen. Von Scheffold (8) werden Erfassungskosten von ca. 200,-- DM/t für Altpapier bei einer Abfuhrdichte von 50-70 kg/km und ca. 150,-- DM/t für Glas bei einer Abfuhrdichte von 70-90 kg/km angegeben. Dies wurde auf Anfrage von ALBA bestätigt. Weiter wurde ein Preis von ca. 130,-- DM/t bei flächendeckendem Anschluß an die Wertstoffabfuhr genannt. Bei einer wöchentlichen Entleerung eines 240 l-Gefäßes werden folgende Gebühren erhoben:

Glas	22,44 DM/Monat
Papier	22,33 DM/Monat
Mischtonne	37,08 DM/Monat

Im Vergleich hierzu kostet die 240 l-Glas- bzw. Papierwertstofftonne bei der BSR 22,55 DM/Monat.
Wie aus den jeweiligen Geschäftsberichten ersichtlich bewegte sich der Gesamtaufwand bei der BSR zwischen 440 Mio. DM (1983) und 490 Mio. DM (1985).

Für das Jahr 1987 sind Gesamtaufwendungen von ca. 550 Mio. DM angesetzt worden (10). Bei einer Einwohnerzahl von rd. 1,9 Mio. führt das zu Kosten von ca. 280,-- DM/E.a.
Die Abfallbeseitigung macht, neben der Straßenreinigung, etwas mehr als die Hälfte der Gesamtaufwendungen aus. Die spezifischen Kosten der Abfallbeseitigung liegen demnach bei ungefähr 150,-- DM/E.a. (inkl. Gewerbeabfälle).

1.4 Müllzusammensetzung

1.4.1. Aufteilung in Fraktionen

Bei der Darstellung der Zusammensetzung der Berliner Siedlungsabfälle wird im folgenden auf die Analysen der Arbeitsgruppe ARGUS an der TU Berlin zurückgegriffen (11, 12). Die Daten beziehen sich auf das Jahr 1984. Die prozentuale Verteilung der Fraktionen in (12) wurde auf die Gesamtmengen in (11) bezogen.
Die aus den Sortieranalysen hochgerechnete Gesamtmenge an Siedlungsabfällen beläuft sich auf 1,06 Mio. t. Die Differenz von 20.000t im Vergleich mit den Angaben im Geschäftsbericht der BSR von 1984 wird auf statistische Fehler, Wiegefehler bei der 1mal-Verwiegung der BSR-Fahrzeuge und auf den unterschiedlichen Bewertungszeitraum (BSR-Daten von 1984, ARGUS-Daten von Juni 1984 bis Juni 1985) zurückgeführt. Das Ergebnis der Analysen sind in Tabelle 2 und 3 dargestellt.
Die Unterteilung in die Fraktionen Pappe/Papier, Verpackungsverbund und Kunststoffe im Hausmüllbereich ist nicht unproblematisch, da z.T. keine eindeutige Separation möglich war, bzw. die Sortierkriterien sich überlappen.
Die Pappe/Papier-Fraktion besteht zu 2/3 aus graphischem Papier, davon sind ca. 40% Zeitungen. Dieser und der Pappeanteil ist für Recyclingmaßnahmen von besonderem Interesse.
Im Gewerbemüll überwiegen Kartonagen und bedrucktes Papier. 75% hiervon stammen aus Handel und Gewerbe. Der Rest aus Verwaltung. Auffällig ist, laut ARGUS, der hohe Anteil der Monoladungen. Der Anteil der Getränkedosen an der Metallfraktion im Hausmüllbereich ist mit 24% erschreckend hoch. Hiervon sind ca. 9% aus Aluminium. Noch größer ist der Anteil der Getränkedosen im Gewerbemüll (30-40% der Metallfraktion). Der Rest der Metallfraktion wird durch größere Einzelteile wie Fässer und Maschinenteile bestimmt.
Der Anteil der Tragetaschen an der Fraktion Kunststoffe im Hausmüll macht ca. 20% aus. Die gewerblich bedingte Kunststoffraktion besteht hauptsächlich aus Verpackungsfolien (Schrumpffolien). Auch hier ist der große Anteil an Monoladungen auffällig.
Rund 9.000t an Verpackungsverbundstoffen, hauptsächlich Getränkeweichpackungen, fielen im Jahr 1984 an.
Zur Fraktion Materialverbund wurde sämtliches Verbundmaterial, auch Küchengeräte, zusammengefaßt, das eindeutig keine Verpackung darstellt. Zur Sparte Problemabfälle gehören Lacke, Lösungsmaterial, Batterien und Medikamente.
In der GEWU-Studie zu Sonderabfällen in Haus- bzw. Gewerbemüll (13) wird von höheren Werten ausgegangen: Demnach fallen 3.150 t/a im Hausmüll und 900 t/a in Gewerbeabfällen an. Nach Aussagen von Herrn Fischer von der BSR (14) liegen diese Werte zusammen bei ca. 7.000 t/a.
Nach der Sondermüllsammelaktion von BSR und GEWU von Nov. 1983 bis Juni 1984 wurde die anfallende Menge auf ca. 8.000 t/a hochgerechnet. Diese Zahlen belegen die Brisanz der Entgiftung der Siedlungsabfälle.
Unter Feinmüll bzw. Mittelmüll fallen die Siebreste mit einem Korngrößenbereich von 0-8 mm bzw. 8-40 mm. Feinmüll enthält hauptsächlich Asche, jedoch auch organische Bestandteile, wie z.B. Kaffeesatz. Beim Mittelmüll handelt es sich fast ausschließlich um kleinere organische Küchenabfälle.
Die Rubrik Inertes enthält z.B. Ofenausbruch.

	[1000 t/a]	in %	[1000 t/a]	in %
Pappe	21.6	20.8		
Papier	82.1	79.2		
Summe Pappe/Papier		100.0	103.7	18.4
Fe-Metall	16.0	65.6		
Ne-Metall	2.5	10.2		
Getränkedosen	5.9	24.2		
Summe Metall		100.0	24.4	4.3
Tragetüten	5.9	19.9		
Sonstiges	23.7	80.1		
Summe Kunststoffe		100.0	29.6	5.2
veget.Rest	95.6	52.5		
Gartenabfälle	21.8	12.0		
Mittelmüll	64.8	35.6		
Summe Organik		100.0	182.2	32.3
Glas			78.2	13.9
Textilien			12.2	2.2
Verpackungsverbund			9.1	1.6
Materialverbund			16.0	2.8
Einwegwindeln			11.8	2.1
Problemabfälle			2.9	0.5
Feinmüll			49.1	8.7
Sperrmüll			29.7	5.3
Inertes			15.2	2.7
Summe Hausmüll			564.1	100.0

Tab.: 2 Zusammensetzung des Hausmülls

		[1000 t/a]	[%]	[1000 t/a]	[%]
	Pappe	37.2	56.1		
	Papier	29.1	43.9		
	Summe Pappe/Papier		100.0	66.3	13.2
	Metall			11.1	2.2
	prod. Gewerbe	14.1	66.8		
	Handel	7.0	33.2		
	Summe Kunststoffe		100.0	21.1	4.2
	veget.Rest	20.1	34.8		
	Gartenabfälle	37.7	65.2		
	Summe Organik		100.0	57.8	11.5
	Glas			14.1	2.8
	Holz und Späne			27.1	5.4
	Pappe/Papier	29.7	57.9		
	Kunststoffe	11.0	21.4		
	Holz	10.6	20.7		
	Summe Verpack.-gemisch		100.0	51.3	10.2
	Hausmüllartiges			49.8	9.9
	Renovierungsabf.			8.5	1.7
	Schutt/Inertes			26.6	5.3
	nicht klassifiziert			133.2	26.5
	Sperrmüll			35.7	7.1
Summe Gewerbemüll				502.6	100.0

Tab.: 3 Zusammensetzung des Gewerbemülls

Die unter der Fraktion Verpackungsgemisch im Gewerbemüll zusammengefaßten Kunststoffe, Pappe- und Holzverpackungen werden im weiteren in dieser Arbeit den jeweiligen Fraktionen zugeordnet.
Hausmüllartiges stellt eine Fraktion dar, die ihrem Aussehen nach hausmüllähnlich ist. Eine Stichprobenanalyse dieser Fraktion bestätigte eine ähnliche Verteilung wie Hausmüll.
Leider relativ groß ist im Gewerbebereich die Menge der unbestimmbaren, nicht klassifizierbaren Müllbestandteile. Dies ist vor allem auf das "Sichtverfahren", dessen sich ARGUS bediente, zurückzuführen. Anders als beim Hausmüll sind die einzelnen Gewerbemülladungen in keiner Weise repräsentativ (Monoladungen). Da, je nach Fragestellung, eine repräsentative Probemenge sich in der Größenordnung der Grundgesamtheit bewegt, mußten große Mengen an Abfällen untersucht werden. Dies ist nur mit Sichtverfahren leistbar.
In Tabelle 4 sind die Siedlungsabfälle von Berlin für 1984 nach Fraktion, Entsorgungsbereich und Entsorgungsunternehmen getrennt dargestellt. Die Daten der privatwirtschaftlichen und caritativen Aktivitäten sind (15) und (16) entnommen.
Im weiteren wird von einer gleichbleibenden Abfallmenge ausgegangen, da sich auch in den letzten Jahren keine signifikanten Mengenänderungen ergeben haben.

1.4.2 Stoffliche Zusammensetzung

Neben der Unterteilung des Mülls in einzelne Fraktionen ist es wichtig auch die stoffliche Zusammensetzung zu kennen, um geeignete Maßnahmen zur Umweltentlastung im Rahmen eines Abfallwirtschaftskonzeptes zu treffen. Gerade für den Bereich Vermeidung ergeben sich hieraus eindeutige Handlungshinweise.
In diesem Zusammenhang haben vor allem Schwermetalle und Halogen-Verbindungen Relevanz.
Neben der absoluten Menge ist noch von Bedeutung, die Herkunft der einzelnen Schadkomponenten und ihr Auftreten in den verschiedenen Fraktionen zu kennen.
Von den Schwermetallen seien hier nur Cadmium (Cd), Blei (Pb), Zink (Zn) und Quecksilber (Hg) erwähnt. Die Wege des Cadmiums in den Hausmüll sind vielfältig:
Als Farbpigment (vor allem in Kunststoffen), in Korrosionsschutzmitteln für Metalle, als Stabilisator in Kunststoffen (PVC), als Legierung (Lote) und nicht zuletzt in Form von Batterien.
Blei und Zink gelangen hauptsächlich als Legierungen (Lote), als Bestandteile von Farben und Schutzanstrichen, als Stabilisatoren in Kunststoffen in den Müll. Blei findet sich auch noch in Form von Akkumulatoren an.
Quecksilber im Hausmüll rührt hauptsächlich aus Rückständen des Herstellungsprozesses, Amalgam aus Zahnpraxen, Farbstoffen (Kunststoffen und Papier), Quecksilberbatterien und Thermometern her.
Von den Halogenen fällt vor allem Chlor ins Gewicht. Zum größten Teil stammt es aus Kunststoffen (PVC).

Fraktion	Entsorgungs-bereich	Entsorgung durch	[1000 t/a]	[1000 t/a]	[1000 t/a]
Pappe/Papier	Haushalte	BSR	103.7		
		Berliner Modell u. car. Samml.	33.0	136.7	
	Handel/Gewerbe	BSR	96.0		
		getr. Samml.	157.0	253.0	389.7
Metalle	Haushalte	BSR	24.4	24.4	
	Handel/Gewerbe	BSR	11.1		
		getr. Samml.	92.0	103.1	127.5
Kunststoffe	Haushalte	BSR	29.6		
		Berliner Modell	1.0	30.6	
	Handel/Gewerbe	BSR	32.2		
		getr. Samml.	9.5	41.7	72.3
Glas	Haushalte	BSR	78.2		
		Berliner Modell u. Depotcon.	45.0	123.2	
	Handel/Gewerbe	BSR	14.1	14.1	137.3
Organik	Haushalte	BSR	182.2		
	Laubsäcke	BSR	26.7	208.9	
	Handel/Gewerbe	BSR	57.8		
	nicht bek.	getr. Samml.	30.0	87.8	296.7
Inertes	Haushalte	BSR	15.2		
	Handel/Gewerbe	BSR	26.6		41.8
Sperrmüll	Haushalte	BSR	29.7		
	Handel/Gewerbe	BSR	35.7		65.4
Textilien	Haushalte	BSR	12.2		
		car. Samml.	2.5		14.7
Verbundstoffe	Haushalte	BSR	25.1		25.1
Problemstoffe	Haushalte	BSR	2.9		2.9
Sonstiges	Haushalte	BSR	61.9		
	Handel/Gewerbe	BSR	229.2		291.1
			Summe		1464.5

Tab.: 4 Siedlungsabfälle Berlin 1984

In folgender Tabelle sind einige Komponenten sowie ihre Verteilung auf Müllfraktionen aufgeführt (17).
Dargestellt wird der Anteil der einzelnen Fraktionen an den jeweiligen Gesamtfrachten der Schadstoffe. Leider wurde nur ein Teil des Mülls untersucht. Z.B. ist die für die Schwermetallfracht wichtige Metallfraktion an der Analyse nicht berücksichtigt worden.

Tabelle 5: Schadstoffverteilung in % auf Müllfraktionen

	Pappe/Papier	Kunststoffe	Feinmüll	Vegetabilien
Cd	8,6	51,4	8,6	34,3
Pb	5,8	22,0	15,7	54,6
Hg	4,3	14,3	5,7	71,4
Zn	14,4	22,4	25,1	37,8
F	50,5	15,4	26,6	7,3
Cl	16,0	70,0	4,4	9,7
S	24,0	25,3	18,4	32,0

2. Müllverbrennung

2.1 Situationsbeschreibung

In der Bundesrepublik fallen z.Zt. jährlich rund 25 Mio.t Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle an. Etwa 2/3 werden deponiert und ca. 1/3 wird verbrannt. Kompostierungsverfahren, Biogasanlagen und Materialrückgewinnungsmethoden wurden zwar an mehreren Stellen entwickelt und erprobt, nehmen jedoch mit nur jeweils wenigen Prozenten in der nationalen Entsorgungsstrategie noch keine entscheidende Aufgabe wahr. In Frankreich und Holland ist dagegen der Kompostierungsanteil mit 20% deutlich höher als in der Bundesrepublik mit nur 3%. Stattdessen ist in der Bundesrepublik geplant, den durch Verbrennung zu entsorgenden Anteil in den nächsten 10 Jahren auf 50% zu steigern. In Berlin-West strebt der Senat sogar die Verbrennung der gesamten Hausmüll- bzw. hausmüllähnlichen Gewerbemüllmenge an.
Nach Informationen plant nun der Senat bzw. die BSR den Neubau einer Müllverbrennungsanlage mit einer jährlichen Durchsatzkapazität von 600.000 t in Berlin-West bis 1995 zu errichten (18). Die gesamte Müllverbrennungskapazität beträgt demnach im Jahre 1995 eine Mio.t Haus- bzw. Gewerbemüll.
Für die neue Müllverbrennungsanlage wurden für das Gutachten die folgenden Annahmen getroffen:

- Kapazität 600.000t/pro Jahr
- Heizwert 8.500KJ/kg
- Investitionskosten: 400.000.000 DM
- jährliche Emissionen nach TA Luft 1986.

Dieser Teil des Gutachtens soll die zukünftigen Umweltbelastungen, die Energieverwertung und die zu erwartenden Kosten für die vom Senat geplante MVA untersuchen.

2.2 Umweltverträglichkeit

Der Müll (Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbe- und Sperrmüll), wie er in Müllverbrennungsanlagen verbrannt wird, ist ein mit Schadstoffen stark belasteter Stoff. Der mittlere Schadstoffgehalt im Hausmüll ist nachfolgend aufgelistet (19):

Tabelle 6: Darstellung der Schadstoffmassenanteile für den gesamten Hausmüll

Schadstoff	Massenanteile (g/t Trockenmüll)		
Blei	178,0	-	639,0
Cadmium	3,0	-	5,0
Quecksilber	0,4	-	1,1
Kupfer	178,0	-	296,0
Chlor	3.365,0	-	4.200,0
Fluor	9,0	-	16,0
Schwefel	661,0	-	848,0

Die Konzentration dieser im Müll vorliegenden Schadstoffe liegt teilweise um mehrere 10er Potenzen höher als in fossilen Brennstoffen. Vergleicht man die mittlere chemische Zusammensetzung von Hausmüll mit der von Steinkohle, dann sind im Müll die Elemente Zink, Kupfer, Blei und Cadmium um die Faktoren 10 bis zu 55 und die Elemente Chlor, Quecksilber und Fluor bis zu 10 höher. Bei der Verbrennung des Mülls werden nun die Schadstoffe mobilisiert oder es entstehen sogar neue toxische Verbindungen. Diese Schadstoffe gelangen dann als Gase, Dämpfe, Aerosole oder Stäube in die Umwelt.

Emissionen
Die bei der Müllverbrennung anfallenden Emissionen lassen sich in folgende Klassen unterteilen:

1. partikelförmige Emissionen (Aerosole und daran gebundene Schwermetalle)
2. saure Emissionen (Salzsäure, Schwefeldioxyd, Fluorwasserstoff und Stickoxyde)
3. organische Emissionen (Chlorkohlenwasserstoffe, polyzyklische Aromaten usw.)

Zusätzlich entstehen feste Verbrennungsprodukte:
Schlacke (330 kg pro Tonne Müll)
Elektrofilterasche (ca. 30 kg pro Tonne Müll)
Reingasstaub (ca. 0,15-0,55 kg pro Tonne Müll)
Die Tabelle 7 gibt den Verbleib der Schwermetalle in Schlacke, Elektrofilterasche und Reingasstaub zusammenfassend an (20).

Tabelle 7: Verbleib der Schwermetalle in Rostasche, Elektrofilterasche und Reingasstaub

	Verteilung in %		
Schadstoff	Schlacke	E-Filterstaub	Reingasstaub
Zink	54,4	39,8	5,8
Cadmium	73,5	23,0	3,0
Blei	97,0	2,4	0,6
Kupfer	80,6	17,7	1,6
Chrom	73,7	23,2	3,2
Nickel	97,0	2,0	1,0

2.3 Funktionsschema einer Müllverbrennungsanlage

In der Abbildung 1 ist zunächst einmal vereinfacht dargestellt, wie eine Müllverbrennungsanlage aufgebaut ist. Der Müll, der meist einen hohen Feuchtigkeitsgehalt besitzt, wird im Bunker gelagert. Vom Bunker aus wird der Müll mit Hilfe eines Krans in den Aufgabetrichter gegeben, von wo er auf den Verbrennungsrost rutscht. Dieser Rost besteht aus bewegten Teilen (z.B. Walzen, die sich drehen), die so den Müll langsam vorwärts transportieren. Dabei durchläuft er verschiedene Temperaturzonen: Zunächst wird der Müll bei niedrigeren Temperaturen getrocknet, dann gezündet und bei Temperaturen zwischen 800 und 900 Grad Celsius verbrannt; im letzten Teil des Rostes soll er vollständig ausglühen, so daß nur

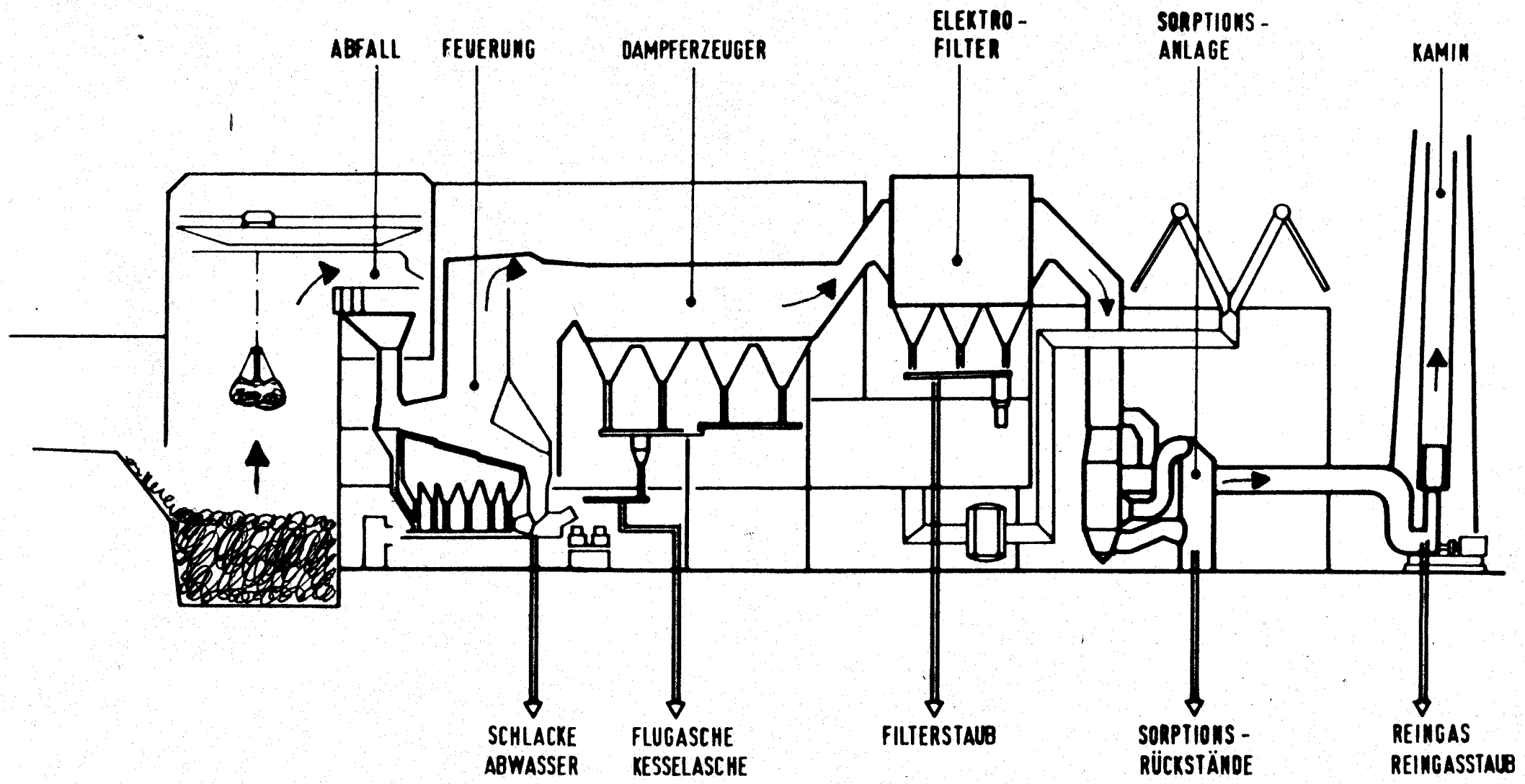

Abbildung 1: Funktionsschema einer Müllverbrennungsanlage mit einem Elektrofilter und einem Naßverfahren

Schlacke übrig bleibt. Beim Verbrennen wandelt sich der Müll durch die Hitze und den Kontakt mit Sauerstoff chemisch um. Aus einer Tonne Müll entstehen dabei etwa 330 kg Schlacke, 30 kg Flugstäube und 5.000 bis 6.000 cbm Rauchgase. Diese Rauchgase sind ein Gemisch aus der zum Verbrennungsvorgang nötigen Luft und gas- bzw. staubförmigen Verbrennungsprodukten. Die Abbildung 2 stellt den Massenfluß in einer Müllverbrennungsanlage dar (21).

Die Gewichts- bzw. Volumenreduktion beträgt 60 bzw. 90%. Die Volumenreduktion ist ja auch eines der Hauptargumente für den Bau von Müllverbrennungsanlagen. Die restliche Masse ist jedoch nicht einfach verschwunden, sondern bildet einen Bestandteil der Rauchgase. Den Hauptteil der gasförmigen Verbrennungsprodukte stellen Wasserdampf (etwa 10-20 Volumenprozent) und Kohlendioxyd (etwa 4-12 Volumenprozent) dar. Neben diesen Substanzen enthält das Rauchgas jedoch auch gasförmige und feste Schadstoffe, die entweder im Müll enthalten sind und bei der Verbrennung freigesetzt werden oder bei der Verbrennung neu gebildet werden.

2.4 Emissionen

2.4.1 Partikelförmige Schadstoffe

Im Rohgas einer Müllverbrennungsanlage sind 5-15 g Staub pro cbm Abgas enthalten, mit einer Konzentration bis 32 mg pro cbm Abgas giftigen Staubes. Bei dem toxischen Anteil des Staubes handelt es sich einmal um Schwermetalle wie Quecksilber, Blei, Cadmium, Nikkel, Kobalt, Kupfer, Zink, Chrom usw. Diese Metalle gelangen je nach ihrem Dampfdruck in das Rohgas (flüchtige Metalle) oder werden in die Schlacke eingebunden. Die leicht flüchtigen Metalle kondensieren vor allem auf den kleinen Staubpartikeln und sind daher an der Oberfläche dieser lungengängigen Teilchen (kleiner 2 µm) angereichert. Bei den Abfallverbrennungsanlagen tritt eine wesentlich stärkere Anreicherung der Schwermetalle in den Feinstaubfraktionen auf als bei Kohlekraftwerken. Unter den Temperaturbedingungen der Müllverbrennungsanlagen wird das Quecksilber zum überwiegenden Teil gas- bzw. dampfförmig emittiert. Für die Reinigung der Abgase aus Müllverbrennungsanlagen von partikelförmigen Schadstoffen stehen nach dem Stand der Technik Elektrofilter oder Gewebefilter zu Verfügung. Bevorzugt werden gegenwärtig Elektrofilter. Mit heutigen Elektrofiltern kann ein Staubgrenzwert von 30 mg/cbm eingehalten werden. Das heutige Problem ist jedoch nicht der Gesamtgehalt an Staub, sondern die emittierten Schwermetalle, die an der Oberfläche kleiner lungengängiger Teilchen angereichert sind. So zeigten Untersuchungen, daß rund 90% der im Reingas enthaltenen Schwermetalle Cadmium, Blei, Zink und Kupfer mit der Feinstaubfraktion emittiert werden (22). Die hohen Anreicherungsraten spiegeln sich auch in der folgenden Tabelle wieder (23).

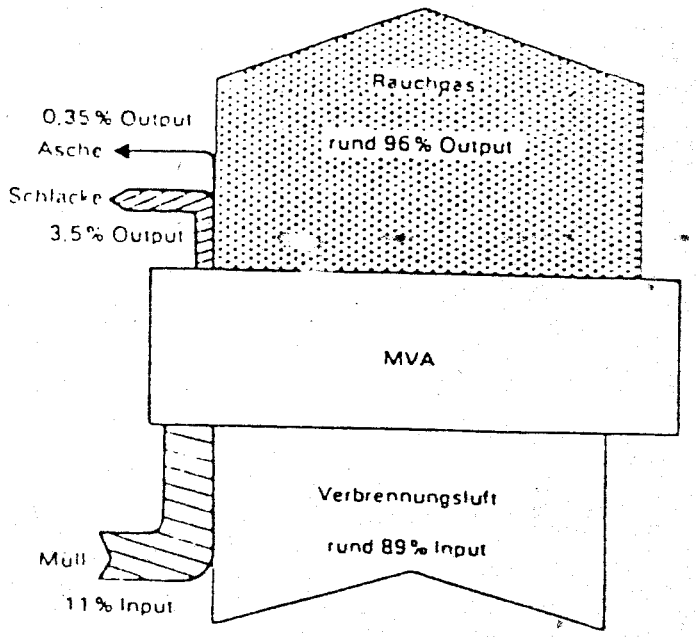

Abb. 2: Massenfluß in einer MVA

Tabelle 8: Emission von Schwermetallen

Element	Reingasstaub (in ppm)	Natürliche Böden (in ppm)	Vergleichsfaktor
Arsen	100	2,0	50
Cadmium	2.000	0,1	20.000
Chrom	200	100,0	2
Kupfer	3.000	50,0	60
Nickel	100	50,0	2
Blei	30.000	10,0	3.000
Thallium	1	0,5	2
Vanadium	100	100,0	1
Zink	80.000	80,0	1.000

Die aus beiden Konzentrationen berechneten Vergleichsfaktoren zeigen, daß die Schwermetalle Blei, Cadmium, Zink usw. außergewöhnlich hohe Anreicherungsfaktoren aufweisen. Hinzu kommt das Quecksilber, welches größtenteils dampfförmig in die Umwelt gelangt. Bei einem Input bis zu 5 g Quecksilber pro Tonne Müll verbleiben in der Schlacke unter 0,5 g, im Filterstaub ca. 1 g, und die restlichen ca. 70% passieren die Entstaubungsanlagen. Das führt zu dampfförmigen Quecksilberwerten im Abgas zwischen 200 und 600 µg/cbm (24).

2.4.2 Gasförmige anorganische Schadstoffe

Beim Verbrennungsprozess einer Müllverbrennungsanlage entstehen bedeutende Mengen an anorganischen Schadstoffen. In der Tabelle 9 sind die Konzentrationen der Stoffe bei einer Müllverbrennungsanlage ohne Rauchgasreinigung dargestellt.

Tabelle 9: Schadstoffkonzentrationen im Abgas einer Müllverbrennungsanlage

Schadgasart	Konzentration (mg/cbm)
Salzsäure (HCl)	800 - 1.600
Fluorwasserstoff (HF)	4 - 15
Schwefeldioxid (SO2)	700 - 2.000
Stickoxide (NOx)	100 - 450
Kohlenmonoxid (CO)	50 - 600

Zur Rückhaltung können nach dem Stand der Technik drei Verfahren eingesetzt werden:

- Trockenverfahren
- Quasitrockenverfahren
- Naßverfahren

Trockenverfahren:

Bei den Trockenverfahren wird ein pulverförmiges Reagenz (in der Regel Calciumhydroxid) in den Abgasstrom eingedüst. Dort reagiert es mit den sauren Schadgasen. Andere Stoffe werden teilweise an diese Partikel angelagert. Eine vorherige Abgaskühlung fördert diese Reaktion. Die Reaktionsprodukte, sowie der im Abgas mitgetragene Flugstaub, werden in einem Filter z.B. Gewebefilter abgeschieden. Um hohe Abscheidegrade für die Schadstoffe zu erhalten, muß Calciumhydroxid im Überschuß zugegeben werden, so daß im Gewebefilter noch relativ viel unreagiertes Calciumhydroxid zurückgehalten wird . Da sich auf dem Filtergewebe eine Staubschicht aufbaut, die vom Abgas durchströmt wird, ergibt sich so eine willkommene Nachreaktion, die einen beträchtlichen Teil der Abscheideleistung erbringt. Um trotz des erforderlichen hohen Reagenzüberschusses den Calciumhydroxidverbrauch möglichst niedrig zu halten, wird ein Teil des abgeschiedenen Staubes rezirkuliert, nachdem er durch mehrstündige Lagerung reaktiviert wurde. So lassen sich Calciumhydroxidverbräuche um das 2,5-3fache des stöchiometrischen Verbrauchs erreichen, d.h. daß das letztlich anfallende Restprodukt neben Calciumchlorid, Calciumsulfit und Flugstaub noch recht viel Calciumhydroxid enthält, also stark alkalisch reagiert. Außerdem finden sich natürlich sämtliche weitere abgeschiedenen Schadstoffe z.B. Schwermetalle im Restprodukt.

Quasitrockenverfahren:

Eine Variante des Trockenverfahrens stellt die quasitrockene Abscheidung dar, bei der eine wässrige Calciumhydroxidsuspension verwendet wird. Die Vorteile bestehen in einer besseren Ausnützung des Reaktionsmittels.

Naßverfahren:

Beim Naßverfahren wird das Abgas im Überschuß mit Waschflüssigkeit bedüst, so daß es auf Sättigungstemperatur abkühlt. Dabei nehmen die Waschflüssigkeitstropfen die sauren Abgase auf, in den Tropfen erfolgt dann teilweise die Reaktion mit vorhandenem Reagenz. Gleichzeitig erfolgt eine teilweise Anlagerung von Stäuben an diese Tropfen sowie eine Kondensation von dampfförmigen kondensierbaren Schadstoffen (z.B. Quecksilber). Die dabei sich bildenden Aerosole werden in besonderen Einrichtungen abgeschieden. Die Waschflüssigkeit ist im Normalfall eine wässrige Lösung oder Suspension, die innerhalb des Wäschers umgewälzt wird. Ein Teilstrom wird zur Abfuhr der aufgenommenen Schadstoffe ständig abgezogen. Dafür wird Frischwasser bzw. frische Lösung oder Suspension zudosiert, so daß der pH-Wert auf der erforderlichen Höhe gehalten wird. Das Abwasser ist bei den meisten Verfahren sauer, wird folglich zunächst neutralisiert und dann der weiteren Behandlung zugeführt, die entweder in der Verdampfung besteht, die ein pulverförmiges Restprodukt liefert, oder in einer chemisch-physikalischen Behandlung d.h. Fällung, Flockung und Sedimentation der derart entfernbaren Stoffe.
Eine moderne abwasserfreie Naßwaschanlage besteht bspw. aus einem Sprühtrockner, in dem das Abwasser verdampft und gleichzeitig das Abgas abgekühlt wird, einem Elektrofilter, in dem das im Sprühtrockner erzeugte Restprodukt und der im Abgas enthaltene Flugstaub abgeschieden wird, und dem eigentlichen Wäscher, der wiederum in drei Stufen unterteilt ist: In der ersten Stufe wird

stark saure Waschflüssigkeit zur Abscheidung von Salzsäure sowie Fluorwasserstoff, Schwefeltrioxid, Stickoxide und Staub umgewälzt. In der zweiten Stufe wird durch leicht saure bis neutrale Waschflüssigkeit vor allem Schwefeldioxid abgeschieden, aber auch Reste der anderen sauren Schadgase, während die dritte Stufe speziell zur Abscheidung von Feinststäuben und Aerosol ausgerüstet ist und mit möglichst sauberem Wasser arbeitet.
Einige Naßwäscher arbeiten in der sauren Stufe ohne Zusatz von Kalkmilch oder anderen Additiven, während in der zweiten Stufe zur Vermeidung von Anbackungen Natronlauge statt Kalkmilch dosiert wird. Das Abwasser einer Stufe fließt zur nächst niedrigeren, d.h. dem Abgasstrom entgegen. Bei solchen Systemen wird der Chemikalienverbrauch minimiert, Verbrauchswerte um das 1,1fache des stöchiometrischen Wertes können erreicht werden, d.h. daß praktisch ohne Überschuß gefahren wird. In jedem Fall sind die Restproduktmengen dadurch geringer als bei dem Trocken- oder Quasitrokkenverfahren.

Zusammenfassende Beurteilung:

Die mit dem Naßverfahren erreichbaren Reingaswerte liegen wesentlich unter denen mit dem Trocken- oder Quasitrockenverfahren erreichbaren Werten. Hinzu kommt, daß bei Trocken- und Quasitrockenverfahren die Grenzwerte der TA-Luft 1986 nur mit einem sehr hohen Überschuß an Kalk zu erreichen sind. Bezüglich Schwefeldioxid stößt die Trockensorbtion hier an ihre Grenzen. Zusätzlich stellen Naßverfahren wegen der erniedrigten Temperaturen das sichere Verfahren für die Abscheidung von gasförmigen Schwermetallen dar, vorausgesetzt ein zur Feinststaubabscheidung geeigneter Wäscher wird eingesetzt. So haben Bilanzmessungen der Kernforschungsanlage Karlsruhe ergeben, daß sich bei einer Anlage mit Trockensorbtion mit Temperaturniveau um 200 Grad Celsius so gut wie keine Rückhaltung des vorliegenden dampfförmigen Quecksilbers ergab. Nach diesen Angaben können trotz Temperaturabsenkungen bei Trockenverfahren nicht die Quecksilberwerte von Naßverfahren erreicht werden (25).
Für das sichere Abfangen rasch auftretender Schadstoffspitzen im Rauchgas ist am ehesten das Naßverfahren geeignet. Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Beurteilung von Rauchgasreinigungsanlagen ist die Menge und die Umweltverträglichkeit der entstehenden Abfälle. Durch den höheren Chemikalienverbrauch fallen vor allem bei Trockenverfahren auch sehr viel größere Mengen an Rückständen an.

Tabelle 10: Rückstände bei unterschiedlichen Rauchgasreinigungssystemen (26)

	Art der Rückst.	Menge d. Rückst. (kg/t Müll)
Trockenverfahren	Gemisch aus Flugasche und Salzen	60-70
Quasitrockenverf.	Gemisch aus Flugasche und Salzen	55-60
Naßverfahren mit Abwasser	Neutralisierungsschlamm aus dem Absetzbecken (30kg Filterasche fallen beim E-Filter an)	12 (davon 1kg Trockensubst.)
abwasserlose Naßverfahren		
- mit Abwassereind.	Salzgemisch ($CaCl_2$ o. NaCl mit $CaSO_4$) (30kg Filterasche fallen beim Staubfilter an)	15
- mit Sprühtrocknung	Salz/Filterstaubgemisch (20kg Flugasche fallen am Sprühtrockner an)	25

Zusammenfassend ergibt sich, aufgrund der erreichbaren Abscheidegrade und der anfallenden Restproduktmengen, daß für den vorliegenden Fall vorzugsweise Naßverfahren oder Quasitrockenverfahren in Betracht kommen, wobei die Naßwäsche eindeutig zu bevorzugen ist. Deshalb wurde bei diesem Gutachten davon ausgegangen, daß die neue Müllverbrennungsanlage mit einem Naßverfahren ausgerüstet wird.

2.4.3 Organische Schadstoffe

Problematisch ist weiterhin die Emission von organischen Schadstoffen aus Müllverbrennungsanlagen. In Bezug auf ihre Emission aus Müllverbrennungsanlagen sind bis jetzt hauptsächlich 3 Gruppen von Schadstoffen diskutiert worden:

- die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (meist mit der Abkürzung PAH)
- die polychlorierten Biphenyle (abgekürzt PCB)
- die polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD) und
- die polychlorierten Dibenzoforane (PCDF)

Unter der Bezeichnung "Dioxine" und "Furane" besteht man zwei Verbindungsklassen aromatischer Ether, d.h. durch Sauerstoffbrücken verbundene Phenylringe: PCDD mit 75 verschiedenen Einzelverbindungen und PCDF mit 135 Einzelverbindungen. Die Anzahl der Chloratome im Molekül wird durch die Vorsilbe Mono bis Okta angegeben, die Stellung der Chloratome wird durch die systematische Bezifferung deutlich.
Die Isomere mit Chlorsubstituenten in 2,3,7,8-Stellung sind besonders toxisch. Zu dieser Klasse gehören ein Pentachlor-, drei Hexachlor- und ein Heptachlordibenzodioxin, zwei Pentachlor-, vier Hexachlor- und zwei Heptachlordibenzofurane, sowie das Tetrachlordibenzofuran und das Tetrachlordibenzodioxin, das sogenannte Seveso-Dioxin, welches die höchste Toxizität dieser Verbindungsklasse aufweist (Anhang 1).

Zur Problematik der Emission von organischen Verbindungen aus Müllverbrennungsanlagen ist vorauszuschicken, daß auf diesem Gebiet wegen der äußerst schwierigen und aufwendigen Analysemethoden nur sehr wenig Datenmaterial vorhanden ist, wobei in Bezug auf die Dioxine und Furane doch die meisten Untersuchungen vorliegen.
Über die Gefahr der Emission von Dioxinen und Furanen ist man sich seit 1977 bewußt, als im Staub aus den Elektrofiltern von Müllverbrennungsanlagen in den Niederlanden Dioxine nachgewiesen werden konnten (27).

Über die Frage wie Dioxine in die Abgase von Müllverbrennungsanlagen geraten, gibt es 2 Hypothesen: einmal, daß sie als Verunreinigungen z.B. in PCB, Holzschutzmitteln oder anderen Substanzen bereits im Müll vorhanden sind, zum anderen, daß sie aus im Müll befindlichen Substanzen während der Verbrennung gebildet werden. Als Ausgangssubstanzen für die Bildung von Dioxinen kommen dabei die bereits erwähnten polychlorierten Biphenyle als auch der verbreitete Kunststoff PVC in Frage.
Vogg und Stieglitz (28) berichteten 1985 über Untersuchungen über das Temperaturverhalten von PCDD in der Flugasche aus kommunalen Müllverbrennungsanlagen im Hinblick auf die Tatsache, daß die Flugasche innerhalb der Verfahrenslinie unterschiedliche Temperaturzonen von rund 1.000 Grad Celsius im Bereich der Feuerung, bis zu 250 Grad Celsius im Bereich des Staubabscheiders durchläuft. Sie kamen zu dem Schluß, daß die Bildung von organischen Substanzen, in diesem Falle PCDD, innerhalb der Flugasche ausgehend von bisher nicht bekannten Vorläuferverbindungen stattfindet. Die Bereiche, in denen diese Prozesse ablaufen, sind wahrscheinlich Ablagerungen auf den Kühlflächen des Kessels im Bereich des Abgasaustrittes am Kessel bei Temperaturen zwischen 300 und 400 Grad Celsius. Auch kann die Dioxinbildung nach ihren Beobachtungen im Staubabscheider selbst bei Temperaturen von 250 Grad Celsius nicht ausgeschlossen werden.

2.5 Emissionsgrenzwerte für Abfallverbrennungsanlagen

Abfallverbrennungsanlagen unterlagen bis 1985 ausschließlich dem förmlichen Genehmigungsverfahren. Mit der Neufassung der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen gilt jetzt für Abfallverbrennungsanlagen mit einer Leistung von weniger als 750kg pro Stunde das vereinfachte Genehmigungsverfahren. Die TA-Luft 1986 faßt die bisher unter verschiedenen Nummern aufgeführten anlagenbezogenen Anforderungen für Müllverbrennungsanlagen unter der Nummer 3.3.8.11 zusammen. Die gesetzlichen Anforderungen an eine Müllverbrennungsanlage sind der Tabelle 11 zu entnehmen (29).

Tabelle 11: Gesetzliche Anforderungen nach TA Luft 1986 an Müllverbrennungsanlagen - Emissionswerte in mg/cbm

	Abfallverbrennungsanlagen
Bezugswert	11% O2 bei Hausmüll Durchsatz > 0,75t/h
Staub	30
Schwermetalle (Klasse 1-3) (s. Anlage 2)	5
krebserzeugende Stoffe (Klasse 1-3) (s. Anlage 3)	5
Kohlenmonoxid	100
organische Stoffe als C	20
Schwefeloxide	100
Chlorverbindungen	50
Fluorverbindungen	2
Stickstoffoxide	500 (nach 3.1.6 TA Luft)

2.6 Schadstoffbelastung durch die geplante Müllverbrennungsanlage

Diese Emissionsgrenzwerte würden wahrscheinlich auch vom Senat für Stadtentwicklung und Umweltschutz für die neue Müllverbrennungsanlage angeordnet werden. Die aufgrund dieser Annahme berechneten jährlichen Schadstoffemissionen der geplanten Müllverbrennungsanlage sind der Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Berechnete jährliche Emissionen der MVA auf Grundlage der TA-Luft 1986

Schadstoff	MVA-Durchsatz: 600.000 t/a Berechnete Emissionen in t/a
Staub	99,0
Schwermetalle	16,5
krebserr. Stoffe	16,5
Kohlenmonoxid	330,0
organ. Stoffe als C	66,0
Schwefeloxide	330,0
Chlorverbindungen	165,0
Fluorverbindungen	7,2
Stickoxide	1.650,0

Hinzu kommen noch die Emissionen von hoch giftigen Schadstoffen wie z.B. Dibenzodioxine und Dibenzofurane. In der nachfolgenden Tabelle wird eine Abschätzung der Dioxin- und Furanemissionen auf der Grundlage von Emissionskonzentrationen, die sich aus bisherigen Messungen an Müllverbrennungsanlagen ergaben, für die neue Müllverbrennungsanlage vorgenommen.

Tabelle 13: Berechnete Jahresemissionen an PCDD und PCDF bei einer MVA mit einer Kapazität von 600.000t/a

Isomere	Emissionskonzentration im Reingas in ng/cbm	Emission in g/a
2,3,7,8 TCDD	0,2	0,66
Summe TCDD	9,9	33,00
Summe Penta-CDD	21,0	69,00
Summe Hexa-CDD	51,0	169,00
Summe Hepta-CDD	41,0	136.00
PCDD (3-7)	150,0	495,00
Summe OCDD	49,0	161,00
2,3,7,8 TCDF	6,0	20,00
Summe TCDF	38,0	126,00
Summe Hexa-CDF	19,0	62,00
Summe Hepta-CDF	27,0	89,00
Summe PCDF (3-7)	87,0	287,00
Summe OCDF	8,0	26,00

Legt man die bisher ermittelten Emissionskonzentrationen von Müllverbrennungsanlagen in der Bundesrepublik zugrunde, so würden bei der zukünftigen Müllverbrennungsanlage rund 670 g Dibenzodioxine und rund 313 g Dibenzofurane emittiert werden. Vom Sevesodioxin 2,3,7,8 TCDD würden rund 0,7 g pro Jahr in die Berliner Luft abgegeben werden.
Die Toxizität der anderen Dioxine und Furane kann mit Hilfe der Äquivalenzfaktoren auf die Toxizität von 2,3,7,8 TCDD bezogen werden. Dabei berücksichtigen die vom Bundesgesundheitsamt veröffentlichten Faktoren lediglich die enzyminduzierenden Wirkungen der jeweiligen Einzelstoffe, jedoch nicht deren kanzerogene Wirkungen. Unter Berücksichtigung der von der EPA (amerikanische Umweltbehörde) empfohlenen Werte sollte für die Bewertung der Pentachlordibenzodioxine ein Äquivalenzfaktor von 0,5 benutzt werden (30). Demnach ergibt sich für die emittierte Pentachlordibenzodioxinmenge von 21 ng/cbm Abgas eine 2,3,7,8 TCDD-Äquivalenzmengen von rund 10 ng/cbm.
Die Zusatzimmission durch die neue Müllverbrennungsanlage kann nur grob abeschätzt werden. Im Entfernungsbereich von 500 m bis 1.000 m sind die maximalen zusätzlichen Immissionswerte um rund den Faktor 300.000 niedriger als die Emissionswerte, wenn man ein klassisches Ausbreitungsmodell nach Gauß voraussetzt. In der Tabelle 14 sind die berechneten Immissionskonzentrationen dargestellt.

Tabelle 14: Abschätzung der zusätzlichen Immissionsbelastung an PCDD und PCDF durch die neue MVA

Isomer	Emissionskonzentration in ng/cbm	Immissionskonzentr. in fg/cbm
2,3,7,8 TCDD	0,2	0,6
Summe TCDD	9,9	33,0
Summe Penta-CDD (gewichtet als 2,3,7,8-Äquiv.	10,0	33,0
PCDD (3-7)	150,0	500,0
PCDF (3-7)	87,0	290,0

Bei einem Atemvolumen eines Menschen von ca. 20 cbm Luft pro Tag werden rund 0,0002 pg 2,3,7,8 TCDD pro kg Körpergewicht und Tag bzw. 0,01 pg 2,3,7,8 TCDD-Äquivalent, gerechnet für Pentachlordibenzodioxin, pro kg Körpergewicht und Tag aufgenommen.
Vom Bundesgesundheitsamt wird ausgesagt, daß nach heutigem wissenschaftlichen Erkenntnisstand die tolerierbare Gesamtbelastung mit 2,3,7,8 TCDD bei 1-10 pg pro kg Körpergewicht und Tag läge. Im Gegensatz zum Wissensstand des Bundesgesundheitsamtes setzt sich international (z.B. beim jüngsten Dioxinkongress in Japan, Sept. 86) die Ansicht durch, daß die tägliche duldbare Aufnahme unter 1 pg pro kg Körpergewicht und Tag liegen muß. Nach neuesten Untersuchungen der EPA resultiert daraus nach Expertenaussagen ein für den Menschen möglicherweise akzeptabler Wert von 0,1 pg 2,3,7,8-TCDD bzw. 2,3,7,8 TCDD-Äquivalent pro kg Körpergewicht und Tag (30). Daraus ergibt sich, daß dieser Wert allein durch die berechnete Pentachlordibenzodioxin-Immissionskonzentration, gewichtet als 2,3,7,8 TCDD-Äquivalent, schon zu 1/10 erreicht wird. Auch der Summengrenzwert TCDD des New Yorker Gesundheitsamtes in Höhe von 90 fg pro cbm Luft wird allein durch die zusätzliche Belastung der Müllverbrennungsanlage zu ca. 30% erreicht (31).

Neuere Studien zeigen, wie hoch die derzeitige Belastung des Menschen ist. Untersuchungen von Forst u.a. zeigen, daß die mittleren Dioxin- und Furankonzentrationen in der Muttermilch bereits so hoch sind, daß für den Säugling nur noch Sicherheitsabstände mit Faktoren zwischen 1 und 10 zu den fragwürdigen tierexperimentell ermittelten no-effect-level-Werten bestehen (32). Daraus muß die Schlußfolgerung gezogen werden, daß es nicht noch zu einer zusätzlichen Dioxin- und Furanbelastung kommen darf.

2.7 Reststoffe

Ein Großteil der Schadstoffe, welcher mit dem Hausmüll in eine Müllverbrennungsanlage gelangen, ist bei einer dem Stand der Technik entsprechenden Rauchgasreinigung in den festen Rückständen konzentriert (s. Tab.7). Als Reststoffe fallen Schlacke und Flugasche bzw. Salzgemische an.

2.7.1 Schlacke

Pro Tonne verbranntem Hausmüll fällt ca. 330 kg Schlacke an. Dies bedeutet, daß bei der geplanten Müllverbrennungsanlage mit einer Durchsatzkapazität von 600.000 t pro Jahr jährlich rund 198.000 t Schlacke trotzdem anfallen werden. Die Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen enthält die in der Tab. 15 aufgeführten Schadstoffgehalte.

Tabelle 15: Schadstoffgehalte von Schlacke (33)

Elemente	Schadstoffgehalt in mg/kg Schlacke	absolute Schadstoffmenge in t bei 198.000t Schlacke
Blei	2.000	396,00
Zink	7.700	1.524,00
Nickel	230	45,00
Cadmium	5	0,90
Chrom	9.600	1.900,00
Kupfer	1.300	257,00
Quecksilber	1	0,19
Sulfat	8.000	1.584,00
Chlorid	4.000	792,00
Fluorid	20	3,90

In der Bundesrepublik bzw. Berlin-West setzt sich die Verwertung der Schlacke für den Straßen- und Wegebau durch. Will man die Schlacke verwerten, so kommt es darauf an, daß die in der Schlacke verbleibenden Metalle möglichst sicher eingebunden und nicht eluierbar sind. Nach Aussagen der wasserwirtschaftlichen Forschungsanstalt ist diese Verwendung der Verbrennungsrückstände unbedenklich, da nur eine geringe Belastung mit organischen Substanzen und

Schwermetallen auftritt (34). Untersuchungen an der Schlacke der Müllverbrennungsanlage Mannheim zeigten zwar absolut gesehen nur eine geringe Eluationsmenge, selbst im sauren Bereich, allerdings liegt die Eluierbarkeit z.B. des Cadmiums bei 25% (35). Untersuchungen zum Langzeitverhalten der Schlacke sind bisher noch nicht durchgeführt worden. Wenn die Schlacke deponiert wird, so sind dieselben Vorsorgemaßnahmen wie bei der Deponierung des Hausmülls zu treffen. In diesem Gutachten wird aus Vorsorgemaßnahmen davon ausgegangen, daß die jährlich anfallende Schlacke deponiert wird.

2.7.2 Flugstaub bzw. Salzgemisch

Pro Tonne verbranntem Hausmüll fallen bei einer Müllverbrennungsanlage mit einem abwasserlosen Naßverfahren die folgenden Mengen an Rückständen an:
a) mit Abwassereindampfung:
15 kg Salzgemisch (Calciumchlorid oder Natriumchlorid) bei der Eindampfung der Abwässer der Rauchgasreinigung und 30 kg Flugstaub im Staubabscheider
b) mit Sprühtrocknung:
45 kg Salz/Filterstaubgemisch

Zu a) Bei der Eindampfung des Abwassers der Rauchgasreinigung an erwärmten Oberflächen entsteht ein Salz. Würde die geplante Müllverbrennungsanlage mit einer Abwassereindampfung ausgerüstet werden, würden jährlich ca. 9.000 t Salze anfallen. Da eine Verwertung des Salzes in der Industrie nach Angaben des Senates nicht möglich erscheint, müssen die Salzmengen so deponiert werden, daß eine Remobilisierung des Salzes und der Schwermetalle verhindert wird.
Zusätzlich entsteht jährlich eine Menge an Flugstäuben in Höhe von 18.000 t. Flugstäube haben einen hohen Anteil an Schwermetallen und anorganischen Salzen z.T. in löslicher Form (Tab. 16).

Tabelle 16: Gehalt an löslichen Schadstoffen in der Flugasche einer Müllverbrennungsanlage (36)

Bestandteil	Anteil in Gewichts-%
Sulfat	3,1
Chloride	0,3
Quecksilber	0,0007
Chrom	<0,002
Nickel	0,013
Kupfer	0,077
Zink	0,7
Cadmium	0,004
Blei	0,1
Kohlenstoff	3,6
Glühverlust	5,4

Zusätzlich weist in vielen Fällen die Flugasche aus dem Staubabscheider Dioxin- und Furan-Gesamtgehalte von 100-200 ug/kg auf. So enthalten die Flugstäube der Ruhlebener Müllverbrennungsanlage allein einen Gehalt an dem Seveso-Dioxin 2,3,7,8 TCDD von ca. 0,4 ppb (37). In Seveso wurden Gebiete mit mehr als 0,15 ppb dieser Substanz im Boden als höchst kontaminierte Zone A festgelegt.

Zu b) Wird das Abwasser unter Verwendung der fühlbaren Abwärme in einem Sprühtrockner eingedampft, so entstehen beim Sprühtrockner und Staubabscheider auch rund 45 kg Abfälle, bestehend aus einem Salz-Flugstaub-Gemisch pro Tonne verbrannten Mülls.
Schließlich müssen sowohl bei der Abwassereindampfung als auch bei der Sprühtrocknung die Restprodukte so abgelagert werden, daß eine Mobilisierung der Salze, der Schwermetalle und der organischen Schadstoffe mit weitestgehender Sicherheit unterbleibt. Dies gewährleistet nur eine Ablagerung unter Tage. Bei der geplanten Müllverbrennungsanlage würde also jährlich eine Menge von rund 27.000 t Salz-Flugstaub-Gemisch anfallen, die unter Tage deponiert werden müßten.

2.8 Energiebilanz

Müllverbrennungsanlagen werden seit einiger Zeit immer häufiger als Anlagen zur thermischen Abfallverwertung bezeichnet.
Die Energieausbeute bei der Müllverbrennungsanlage hängt im wesentlichen von dem Heizwert des Mülls ab. Der untere Heizwert des in Berlin-West anfallenden Mülls liegt nach Senatsangaben im Mittel bei 8.500 kJ pro kg Müll (38). Etwa 80% des Müllheizwertes sind auf den Beitrag des Papiers und des Kunststoffes zurückzuführen.
Beim Einsatz von unsortiertem Hausmüll und hausmüllähnlichem Gewerbemüll als Brennstoff ist folgendes anzumerken:
1. Dieser Müll ist aufgrund seiner Beschaffenheit (Feuchtigkeit, Gehalt an nicht brennbaren Inertmaterialien) ein geringwertiger Energieträger für Müllverbrennungsanlagen. Berechnet man den Gesamtenergieinhalt einer Tonne Müll ergibt sich eine Menge, die etwa einem Äquivalent von 620 l Heizöl entspricht. Von den 620 l Heizöläquivalenten beträgt der brennbare Anteil im Müll nur 250 l Heizöl, entsprechend 40%. Zum Vergleich: 4 kg Müll hat den gleichen Heizwert wie 1 kg Steinkohle.

2. Müll fällt ganzjährig nahezu in gleichen Mengen an und kann nicht längere Zeit zwischengelagert werden.
Ein Müllheizwerk muß deshalb ganzjährig gleichmäßig, d.h. in der Strom- und Wärmegrundlast, betrieben werden. Der erzeugte Strom muß mit billigerem Grundlaststrom aus den Heizkraftwerken konkurrieren. Noch problematischer ist jedoch der Absatz der Wärme. Da Wärmeenergie - außer in Sonderfällen z.B. bei industriellen Nutzungsmöglichkeiten - praktisch nur zur Gebäudeheizung verwendet werden kann, ist der Bedarf stark jahreszeitlich abhängig und in den warmen Jahreszeiten (April bis Oktober) relativ gering. Er beschränkt sich im wesentlichen auf die Warmwasseraufbereitung.
Wird die von dem Senat geplante Müllverbrennungsanlage als Müllheizkraftwerk betrieben, dürften bestenfalls 75% der eingesetzten Energie in Form von Strom und Wärme nutzbar sein. Der Gesamtwirkungsgrad im Jahresmittel sinkt rasch unter 50% wenn die anfallende Wärme nur im Winter genutzt wird. Dies bedeutet, daß die neue Müllverbrennungsanlage bei einem Gesamtwirkungsgrad im Jahresmittel von rund 50% bei einer brennbaren Heizöläquivalentmenge von ca. 250 l pro t Müll nur ca. 125 l verwerten kann. Dies entspricht nur noch 20% der Gesamtenergie, die in einer t Müll beinhaltet ist.
Nach unseren Berechnungen würde die geplante Müllverbrennungsanlage und die Anlage in Ruhleben bei alleiniger Stromerzeugung maximal 500 GWh Strom pro Jahr in das Stromnetz einspeisen können. Bei Müllverbrennungsanlagen mit reiner Stromerzeugung liegt der Wirkungsgrad jedoch unter 25%. Infolge von Verlusten und Eigenbedarf ist es sogar möglich, daß er unter 20% absinkt.

Im Vergleich dazu seien die Wirkungsgrade moderner Kraftwerke genannt, die bei Blockheizkraftwerken mit annähernd 90% und für Fernheizkraftwerke mit ca. 75% deutlich über denen der Müllverbrennungsanlage liegen. Die jährlich erzeugte Strommenge relativiert sich jedoch drastisch, wenn man bedenkt, daß diese Energiemenge nur noch 75% der Gesamtenergiemenge, die in einer Tonne Müll beinhaltet ist, beträgt.
Auch ergibt sich bei einem Vergleich zu einem modernen Kohleheizkraftwerk, daß die geplante Müllverbrennungsanlage trotz moderner Rauchgasreinigung pro Megajoule Heizwert, die 5,6-fache Menge an Stickoxiden, die 20-fache Menge an Cadmium, die 50-fache Menge an Zink und die 18-fache Menge an Blei emittieren würde (Tab. 17).
Aus den o.g. Gründen kann man bei der geplanten Müllverbrennungsanlage auf keinen Fall - wie vom Senat behauptet - von einer sinnvollen thermischen Verwertung bzw. Schadstoffentlastung sprechen.

Schadstoffe	Grenzwerte MVA [mg/cbm]	Grenzwerte Kraftwerk [mg/cbm]	spez. Emissionen MVA [g/MJ]	spez. Emissionen Kraftwerk [g/MJ]	Quotient MVA/KW
Schwefeldioxid	100	400	75	134	0.56
Stickoxide	500	200	375	67	5.6
Staub	30	50	23	17	1.4
HCL	50	100	37	34	1.1
Cadmium	0.026	0.003	0.02	0.001	20
Zink	3.9	0.18	3	0.06	50
Blei	0.9	0.12	0.7	0.04	18

Annahme:	MVA	Kraftwerk
Sauerst. im Rauchgas [Vol.-%]	11	6
Heizwert [KJ/kg]	8000	30000
spez. Rauchgas-menge [cbm/t Brennst.]	6000	10000

Tab.: 17 Vergleich Emissionskonzentrationen u. -faktoren

2.9 Kosten

Die Kosten für die geplante Müllverbrennungsanlage mit einer Kapazität von 600.000 t können nur grob abgeschätzt werden. Die Investitionskosten betragen nach Angaben der BSR für diese Anlage ca. 400 Mio. DM (39). (s. Tab. 18)

Die laufenden Kosten für die geplante Müllverbrennungsanlage bestehen aus dem Kapitaldienst (13% der Gesamtinvestionssumme pro Jahr) und aus den Betriebskosten. Die Personal-, Energie-, Wasser, Chemikalien-, Betriebsmittel-, Unterhalt- und Reparatur sowie Versicherungskosten betragen jährlich für diese Anlage rund 20 Mio. DM. Die Schlackeabfuhr und deren Deponierung in der DDR werden mit 70,-- DM/t veranschlagt. Die Untertagedeponierung in der Bundesrepublik Deutschland kostet momentan rund 500,-- DM/t Flugstaub/Salzgemisch. Damit entstehen jährliche Kosten von ca. 27,5 Mio. DM für die Deponierung der bei der Müllverbrennung anfallenden Rückstände.
Die laufenden jährlichen Kosten, bestehend aus Kapitaldienst- und Betriebsmittelkosten, betragen demnach rund 100 Mio. DM bzw. 165,-- DM/t verbrannten Mülls. Hiervon werden Erlöse aus den Dampflieferungen von 36,-- DM/t Müll abgezogen, so daß die spezifischen Verbrennungskosten allein für die geplante Müllverbrennungsanlage rund 130,-- DM/t betragen würden.
Würde man nach Inbetriebnahme der neuen Müllverbrennungsanlage Papier, Kunststoffe, Metalle und Glas der Wertstofferfassung zuführen und somit der Müllverbrennungsanlage entziehen, wäre die Anlage nicht mehr voll ausgelastet und die spezifischen Verbrennungskosten pro t Müll würden sich dadurch um ca. 50% auf über 200,-- DM erhöhen. Es erscheint klar, daß der Senat nach Inbetriebnahme der geplanten Müllverbrennungsanlage keine konsequente Müllvermeidungs- und -verwertungsmaßnahmen durchführen würde, um keine Heizwertreduktion zu erhalten. Dies würde bedeuten, daß die Müllverbrennungsanlage nicht mehr betriebswirtschaftlich sinnvoll ausgelastet wäre.

2.10 Müllverbrennungsanlage Ruhleben

Die Müllverbrennungsanlage Ruhleben wurde 1967 in Betrieb genommen. Die Verbrennungsanlage besteht z.Zt. aus 7 Feuerungskesseleinheiten für die Verbrennung von Siedlungsabfällen. Im Jahre 1984 wurden in diese Anlage rund 412.000 t Abfälle verbrannt.
Mitte der 70er Jahre stellte der Senat fest, daß die Salzsäureemission bis zu dem Faktor 20 über dem damaligen Grenzwert der TA-Luft 1974 in Höhe von 100 mg pro cbm Abgas lag. Mit Bescheid vom 15.9.1978 hat der Senat die BSR aufgefordert ein Rauchgasreinigungsverfahren in die Müllverbrennungsanlage einzubauen (23). Fast 6 Jahre später war es angeblich der BSR möglich beim Senat für Stadtentwicklung und Umweltschutz einen Antrag auf Planfeststellung für eine Rauchgasreinigung zu stellen. Der Planfeststellungsbeschluß erging nun im Jahre 1985 (40). Die BSR baut nun eine Rauchgasreinigungsanlage nach dem Trockenverfahren der Fa. Fläkt in die Müllverbrennungsanlage Ruhleben ein. Diese Rauchgasreinigung soll endlich 1989 - mehr als 10 Jahre nach der Anordnung des

Investitionskosten	[Mio DM]		
	a) Baukosten	160	
	b) Maschinen und Elektro	240	
			400
Laufende Kosten	[Mio DM/a]		
	a) Kapitaldienst 13%	52	52
	b) Betriebskosten Personal, Energie Wasser, Chemikalien, Sonstige	20	
	Schlackeabfuhr 60-70 DM/t	12 - 14	
	Ablagerungen Flugasche BRD 500 DM/t	13	45 - 47
	Summe [Mio DM/a]		97 - 99
	Kosten ohne Erlöse [DM/t]		162 - 165
	Erlöse Dampf [DM/t]		-36
	Kosten [DM/t]		125 - 130

Tab.: 18 Kostenrechnung MVA Senatskonzept

Senats an die BSR - in Betrieb gehen. Diese Rauchgasreinigungsanlage entspricht schon heute nicht dem modernsten Stand der Technik. Zudem muß, falls die Untersuchungen der Kernforschungsanlage Karlsruhe über den geringen Abscheidegrad für dampfförmiges Quecksilber zutreffen, diese Anlage kurz nach Inbetriebnahme nachgerüstet werden.

2.11 Zusammenfassung der Umweltbelastungen durch den Betrieb der geplanten und alten Müllverbrennungsanlage

Die nachstehende Tabelle gibt zusammenfassend die Umweltbelastungen an, die durch den Betrieb der geplanten Müllverbrennungsanlage mit einer Kapazität von 600.000 t/a und der schon in Betrieb befindlichen Anlage Ruhleben mit einer Kapazität von 400.000 t zu erwarten sind.

Tabelle 19: Umweltbelastung durch alte und geplante Müllverbrennungsanlage

Art der Quelle	Schad-/Reststoffmenge	
Emission von Schadstoffen	Staub	171t/a
	Schwermetalle	28t/a
	Kohlenmonoxid	570t/a
	organ. Stoffe	114t/a
	Schwefeloxide	570t/a
	Chlorverbindungen	285t/a
	Fluorverbindungen	12t/a
	Stickoxide	2.250t/a
	PCDD und PCDF	1.600g/a
Schlacke		ca. 330.000t/a
Flugasche/Salzgemisch		ca. 60-70.000t/a

II. ALTERNATIVES ABFALLKONZEPT

1. Abfallvermeidung

1.1 Die Abfallvermeidung als Möglichkeit einer präventiven Abfallpolitik

Abfallvermeidung bedeutet, daß bestimmte Produkte bzw. Verpackungen nicht mehr produziert werden. Abfälle entstehen also erst gar nicht und müssen daher nicht "beseitigt" werden. Auch die Möglichkeit des Recyclings würde dann entfallen. Diese Definition der Abfallvermeidung grenzt sich vom beseitigungsorientierten Abfallvermeidungsbegriff ab, der vom Standpunkt der Entlastung von "Abfallentsorgungs"-Kapazitäten wie Deponie und Müllverbrennungsanlagen ausgeht und damit die verschiedenen Formen der Müllverwertung einschließt.
Um die besonderen Effekte der Abfallvermeidung zu verstehen, empfiehlt es sich, den gesamten Werdegang eines Produktes zu betrachten. Angefangen vom Rohstoffabbau, dem Rohstofftransport, der Verarbeitung, Vermarktung, dem Konsum, bis hin zur Abfallbehandlung. Im Zuge dieser vom ganzheitlichen Denken inspirierten Betrachtungsweise wird nicht nur der zu behandelnde Abfall berücksichtigt. So ist beispielsweise der gesamte Materialaufwand bestimmter Produkte bzw. Verpackungen in der Herstellung und Vermarktung mehr als doppelt so hoch wie der daraus resultierende Abfall selbst. Jeder einzelne Prozess des Materialflusses ist für sich in unterschiedlicher Weise arbeits- und energieaufwendig sowie mit Umweltbelastungen verbunden. Selbst wenn es gelänge, die Abfallbehandlung absolut umweltfreundlich zu gestalten, wären all die vorgelagerten Belastungen nach wie vor problematisch. Bei einer groben Gewichtung der verschiedenen Belastungen kann oft festgestellt werden, daß bei allen Abfallprodukten der Herstellungsaufwand und die damit verbundenen Umweltbelastungen höher bewertet werden können als der problematisierte Abfallbehandlungsprozess. Interessant ist, daß bei dieser umfassenden Sichtweise auch die Abfallverwertung beispielsweise überflüssiger Verpackungen keinen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Gesamtsituation leisten kann. Es stellt sich vielmehr die Frage, ob die positiv belegte Sammlung von Wertstoffen nicht sogar von den Problemen ablenkt, die durch eine überflüssige Produktion hervorgerufen werden.
Kein Recyclingverfahren kann die einmal bei der Güterproduktion aufgetretenen Umweltschädigungen und Belastungen wieder rückgängig machen. Hinzu kommt, daß ein beim Recycling notwendiger Energie- und Arbeitsaufwand (verursacht durch Sammlung, Transport und Aufbereitung) noch zusätzlich in die gesamtwirtschaftliche Schadensbilanz, bestehend aus den sozialen und ökologischen Folgekosten, mit einberechnet werden muß.
Die Abfallvermeidung sollte sich auf überflüssige Produkte und Verpackungen beziehen. Bei der Bewertung des Begriffs "überflüssig" können einige Differenzen entstehen. Generell kann hier gesagt werden, daß ein Produkt unter anderem dann überflüssig ist, wenn die Herstellung und Beseitigung hohe Umweltbelastungen mit sich bringen, die in keinem Verhältnis zu seinem Nutzen stehen (z.B. Einwegprodukte und -verpackungen). Besonders Einwegverpakkungen sind eindeutig dann überflüssig, wenn sie ohne weiteres durch erprobte Mehrweg-Verpackungssysteme bei positiver Öko- und Energiebilanz zu ersetzen sind. (41, 42)

1.2 Wissenschaftliche Untersuchungen zu Öko- und Energiebilanzen

Zu den überflüssigen - und damit vermeidbaren - Abfällen zählt zweifellos der Bereich der Einwegverpackungen. Hier hat beispielsweise im Getränkesektor in letzter Zeit eine Verschiebung zuungunsten des Mehrwegsystems stattgefunden. Für diesen wichtigen Bereich der Getränkeverpackungen wurden im Zuge dieser Entwicklung mehrere wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die sich hauptsächlich mit Abfall- und Energiebilanzen verschiedener Verpackungsmaterialien beschäftigen. Einige neue Studien beziehen darüberhinaus mehr oder weniger vollständige Ökobilanzen mit ein, in denen der Werdegang der Verpackungen mit den ökologischen Belastungen im Sinne des ganzheitlichen Vermeidungsgedankens berücksichtigt wird.
Das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichte 1985 einen Bericht zu den Verpackungsalternativen für die meisten Getränke (mit Ausnahme von unter anderem Milch) (43). Dabei wird von einer 40-maligen Nutzung der Mehrwegflaschen ausgegangen. Demnach bringt die Abfüllung von 1 l Getränk in einer (durchschnittlichen) Einwegverpakkung 12 mal so viel Abfallmenge, 32 mal so viel Abfallvolumen und benötigt 6 mal so viel Energie wie bei der Nutzung der Mehrwegflasche (mit Spülen).
Das schweizerische Bundesamt für Umweltschutz (BUS) brachte 1984 eine Studie unter dem Titel "Ökobilanzen von Packstoffen" heraus (44). Hier wird bei einer umfassenden Betrachtung auch die Belastung durch Abluft und Abwasser und der Rohstoffverbrauch mit einbezogen. Exemplarisch wird am Beispiel verschiedener Milchverpakkungen die Bilanzierung vorgenommen. Die Mehrwegflasche schneidet hier auch bei geringer Umlaufzahl (20 Umläufe) neben Kunststoff-Schlauchverpackungen weitaus am besten ab. Kunststofflaschen und Verbundverpackungen erzeugen demnach die größten Belastungen.
In einer umfangreichen Untersuchung von E. Gottwald von 1986 (45) werden die Umweltauswirkungen von 1 l ausgewählten Verpackungssystemen für Bier und kohlensäurefreie Getränke verglichen. Hier wurden zusätzlich zu den o.g. 5 Kriterien auch der Frischwasserverbrauch berücksichtigt. Es ergab sich, daß die Mehrwegsysteme den Einwegsystemen schon nach wenigen Umläufen überlegen sind. Dies wird auch grundsätzlich in einer Auftragsstudie von M. Franke bestätigt. In dieser Arbeit kommt die Autorin jedoch zu einer ungünstigen Beurteilung der Mehrwegsysteme, da sie von zu niedrigen Umlaufzahlen ausgeht, die im eklatanten Widerspruch zu den Informationen des UBA stehen (46).
Aus dem Bereich der Molkereiprodukte wurde für Joghurtverpackungen vom Institut für ökologisches Recycling eine Energiebilanz erstellt. Danach ergibt sich nach einem bundesweiten Ersatz der Polystyrolbecher durch Pfandgläser (40 Umläufe) eine jährliche Energieersparnis von ca. 44 Mio.l Heizöl (das entspricht 1.768 TJ), was dem jährlichen Heizbedarf von mehr als 12.000 Einfamilienhäusern entspricht. (47)

1.3 Das Berliner Abfallwirtschaftsprogramm und seine mangelnde Umsetzung

Im Abfallwirtschaftsprogramm Berlin von 1984 (48) wird die "Abfallvermeidung und -verringerung" als abfallpolitisch vorrangiges Ziel vor der Verwertung und "schadlosen Beseitigung" von Abfällen vom Senat propagiert. Als Unterziele werden in diesem Zusammenhang unter anderem die Substitution knapper Rohstoffe und die "Steigerung der Mehrfachverwendung von Produkten wie z.B. im Verpackungs-

sektor" genannt. Als Mittel werden eine Umorientierung der Güterproduktion einhergehend mit einem veränderten Konsumentenverhalten genannt.
Dieses veränderte Verhalten der Konsumenten ("Umdenkungsprozess") wird vom Senat als kurzfristig nicht erreichbar eingestuft, deshalb müsse eine Öffentlichkeitsarbeit die Nutzung abfallarmer Technologien - bzw. eines entsprechenden Warenangebots - fördern. Staat (und Wirtschaft) sollen dazu Informationen über umweltrelevante Eigenschaften der Produkte zu Verfügung stellen. Veränderungen sollen demnach also lediglich vom umweltbewußten Bürger ausgehen.
Zur Zielerreichung will der Senat mehrere konkrete Maßnahmen ergreifen. So soll zugunsten der Mehrwegflasche beim Handel interveniert werden, und es soll die Einführung von Mehrwegverpackungen bei neuen Produkten gefördert werden. Mit Hilfe von Möglichkeiten des Technologietransfers und der Auftragsforschung soll das Gewerbe zur Entwicklung neuer Technologien unterstützt werden. Damit sollen auch die Ursachen für die Verhinderung der Abfallvermeidung erforscht werden. Es sollen gemeinsam mit Medien und Verbraucherverbänden Konzeptionen zur Abfallvermeidung entwickelt werden.
Die Verwirklichung der genannten Maßnahmen ist unbedingt notwendig und erforderlich und stellt eine Mindestbedingung für die Realisierung der Abfallvermeidung dar. Da der Senat bewußt auf bindende rechtliche Eingriffsmöglichkeiten verzichtet, bleiben die Maßnahmen auf der Ebene von Absichtserklärungen. Ihre Verwirklichung liegt im freien Ermessen der Wirtschaft. Das betriebswirtschaftliche Interesse der Industrie an Umsatzerhöhung, des Handels an Personalkostensenkung (Handlingkosten) steht jedoch einer Abfallvermeidung entgegen. So ist beispielsweise der Einweganteil bei den Getränkeverpackungen in Berlin-West auf Kosten des Mehrweganteils gestiegen. Dies geschah, obwohl laut einer freiwilligen Absprache zwischen der Bundesregierung und der Industrie von 1972 gerade dies nicht geschehen sollte. (49)
Darüberhinaus widerspricht auch die politische Praxis des Senats den im Abfallwirtschaftsprogramm aufgestellten Maximen in Bezug auf die Mittelbereitstellung für die verbraucherorientierte Öffentlichkeitsarbeit. So steht dafür z.Zt. jährlich nur die im Vergleich zu den gewerblichen Werbeausgaben geradezu lächerliche Summe von 50.000 DM zur Verfügung (50). Selbst dieser geringe Betrag wird im wesentlichen zur Propagierung des Recyclings ausgegeben, was das noch relativ geringe Interesse an der Abfallvermeidung in der Bevölkerung erklärt.
Dadurch, daß der Senat sich in seinen Kernaussagen zur Abfallvermeidung auf unverbindliche Absichtserklärungen und technische Aussagen appellativen Charakters beschränkt und verbindliche Regelungen (Verordnungen, Verbote, Abgaben, Subventionen usw.) bewußt ausschließt, besteht die Gefahr, daß wirksame und notwendige Abfallvermeidungsmaßnahmen dem Interesse der Wirtschaft zum Opfer fallen. Im Bereich der Abfallwirtschaft sind aber auf kurze Sicht Maßnahmen erforderlich, um in die industriellen Entwicklungsprozesse mit ihren langfristigen und schwerwiegenden Schadfolgen eingreifen zu können.
Aufgrund des höheren Organisationsgrades der Industrie sind hier Abfallvermeidungsmaßnahmen vermutlich schneller und wirkungsvoller umzusetzen und zu kontrollieren. Deshalb müßte die Industrie, stärker als bisher geschehen, in ihre ökologische Verantwortung genommen werden.

Der Senat hat das abfallpolitische Instrumentarium, welches dieser ökologischen Verantwortung Rechnung tragen würde, fast völlig aus seinen programmatischen Aussagen herausgehalten und an beide Seiten, sowohl den Produzenten als auch den Konsumenten, nur unverbindliche Aufrufe gerichtet.
Insgesamt sind wegen der unverbindlichen programmatischen Aussagen, der fehlenden Anwendung landesrechtlicher Mittel und zu geringer Finanzausstattung, bei der Umsetzbarkeit des Aspekts der Abfallvermeidung im Abfallwirtschaftsprogramm Berlin große Bedenken angebracht (51).
Eine parlamentarische Anfrage der AL-Fraktion (52) ergab, daß der Senat seine Haltung in der Abfallpolitik auch zukünftig nicht ändern will. So sind - wie bisher geschehen - keine Förderungsmaßnahmen zur Abfallvermeidung geplant. Statt dessen wird die Verantwortung der Bundesregierung zugeschoben, die nach §14 Abfallgesetz (AbfG) Rechtsverordnungen mit dem Ziel zumindest der Zurückdrängung von Einwegverpackungen erlassen kann. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die vom Senat im Berliner Abfallwirtschaftsprogramm propagierte Zielhierarchie - Vermeidung, Verwertung, "Beseitigung" - in keiner Weise durch die abfallpolitische Praxis erfüllt wird und dies auch durch den geplanten Bau der zweiten Müllverbrennungsanlage in der Stadt fortgeführt wird.

2. Abfallvermeidung und -Recycling

2.1 Alibifunktion des Recycling

An den Beispielen des Glas- und Aluminiumrecyclings soll dargestellt werden, inwieweit die Wiederverwertung von Wertstoffen eine Alibifunktion ausübt. Dies bedeutet, daß eine Abfallvermeidung im Sinne einer Nicht- oder Wenigerproduktion nicht stattfindet. Vielmehr ist gerade bei diesen Industriezweigen, die sich mit der Produktion von Verpackungsmaterial beschäftigen, seit Jahren nachweisbar eine starke Expansion festzustellen.

2.1.1 Glasrecycling

Seit 1970 ist der Anteil an Einwegabfüllungen (EW) bezogen auf die Gesamtabfüllungen auf dem Getränkesektor im Steigen begriffen. Obwohl die Menge der Abfüllungen in Einwegglasflaschen seit Jahren konstant ist, ist speziell der Anteil an Einwegflaschen in Bezug zu Getränkebehältern insgesamt von 11% im Jahre 1970 auf 25% im Jahre 1985 gestiegen (s. Abb.3) (53)
Parallel dazu sinkt der Mehrweganteil von 88% (1970) auf 74% (1984) bundesweit. In Berlin-West werden sogar 40% aller Massengetränke in Einwegverpackungen abgefüllt. Im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt liegt der Einweganteil insgesamt um 80% höher. Diese Entwicklung ist vor dem Hintergrund einer freiwilligen Absprache zwischen der Bundesregierung und der Behälterglasindustrie aus dem Jahre 1972 zu sehen. Infolge der Wirtschaftskrise und dem immer höher werdenden Müllberg schien eine Abkehr von der Einwegglasverpackung notwendig, um gleichzeitig die Mehrwegsysteme zu stützen. Als Mittel der Wahl bot sich der Behälterglasindustrie das Recycling. Durch die Rückführung von Altglas in die Glasherstellung - dies ist heute bei einem Altglaseinsatz von 92% technisch möglich - sollte der bedrohliche Müllberg abgetragen werden (54). Über den Umweg des Recyclings wurde der Einwegflasche der Status einer Mehrwegflasche verliehen. Mit dem Aufstellen von Depotcontainern für Altglas an den Straßenrändern wurde auch tatsächlich die Glasmenge im Hausmüll reduziert.
Betrachtet man die Mengen für das Altglasaufkommen von 1970 zu 1985 so wird deutlich, daß die Mengen, absolut gesehen, gestiegen sind (s. Abb.4) (53)..
Insgesamt hat also nur eine Verlagerung des Altglasanfalls stattgefunden. Anstatt die Gläser nach ihrem Gebrauch in die Hausmülltonne zu werfen, wandern sie nun in den Depotcontainer bzw. in die Glasmülltonne im Hinterhof, falls der betreffende Haushalt an das sog. "Berliner System" angeschlossen ist.
Das Recycling, das gerade im Falle der Glaswiederverwertung zu einem Schrumpfen des Müllbergs und zu einer Stützung der Mehrwegsysteme führen sollte, verhilft auch weiterhin der Behälterglasindustrie zu gesteigerten Umsatzzahlen und zum Anwachsen der Müllhalden. Auf eine Verringerung des Abfallvolumens hat Recycling keinen Einfluß.
Abbildung 5 zeigt eine Gesamtbetrachtung des Abfallvolumens mit und ohne Recycling von Einweg- und Mehrwegverpackungen. Die Darstellung zeigt die Müllvolumina für sämtliche Einwegverpakkungsmaterialien.

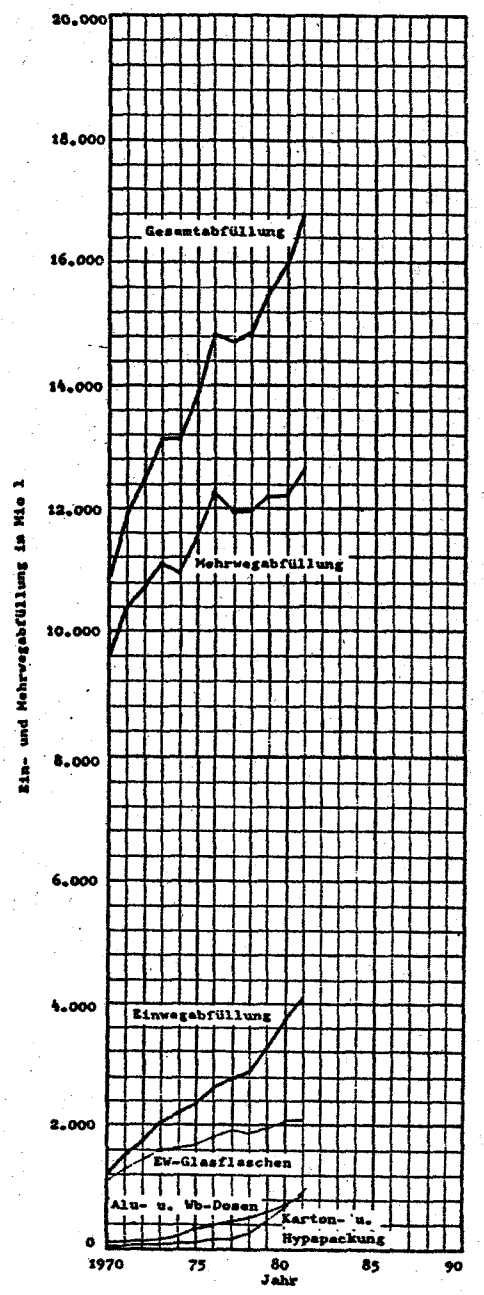

Abb. 3: Ein- und Mehrwegabfüllung der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

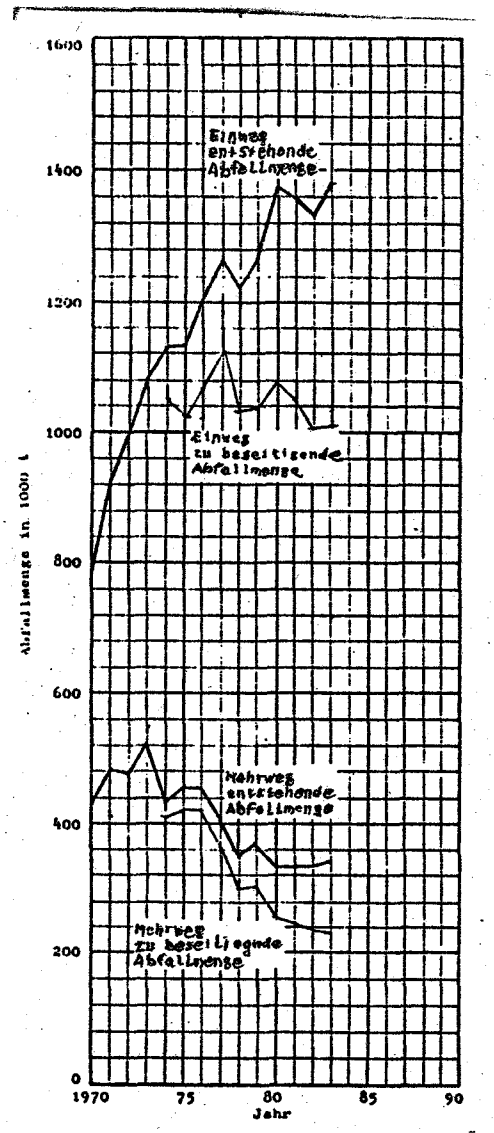

Abb. 4: Abfallmengen mit und ohne Recycling von Ein- und Mehrwegverpackungen der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

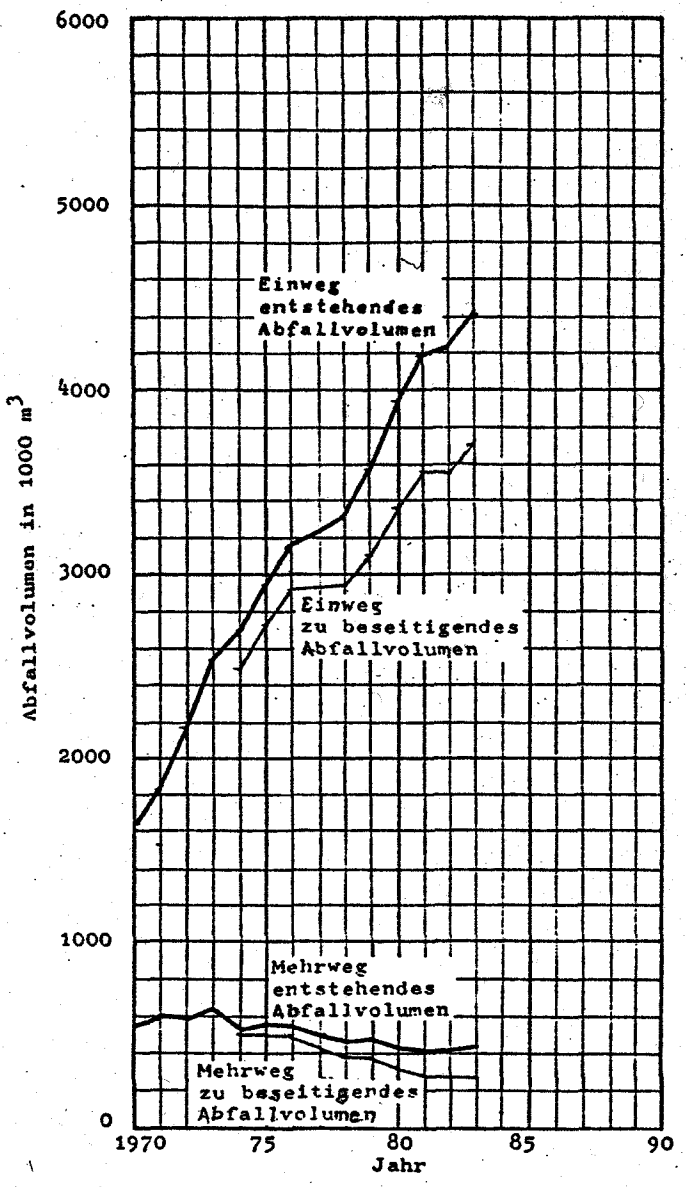

Abb. 5: Abfallvolumen mit und ohne Recycling von Ein- und Mehrwegverpackungen der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

2.1.2 Aluminiumrecycling

Parallel zu den Entwicklungen auf dem Behälterglasmarkt ist auch die Industrie für Getränkedosen und Blockverpackungen an einer Ausweitung ihrer Marktanteile interessiert (Abb.6) (53).
Vor allem die Aluminiumindustrie zeigt Anstrengungen Marktanteile für Getränkedosen zu gewinnen.
Von 1970 bis 1984 stieg der Anteil der Aluminiumdosen an den Getränkepackungen von 0,09% auf 0,93%. Der Aluminiumschrottanteil im Hausmüll Berlins beläuft sich derzeit auf 2.930t, bei einem Anteil am Gesamtmüll von 0,6%. Obwohl die Aluminiummenge im Hausmüll verschwindend gering ist, darf nicht vergessen werden, wie energieintensiv und stark umweltbelastend die Aluminiumherstellung ist.
Diesen geringen Anteil am Getränkemarkt von knapp 1% versucht die Aluminiumindustrie via Recycling hochzuschrauben.
Allerdings ist das Recycling-System für Aluminiumgetränkedosen nur dann wirtschaftlich, wenn der Marktanteil hoch ist. Umgekehrt läßt sich ein hoher Marktanteil der Aludose nur über ein funktionierendes Recyclingsystem begründen. Ein 50%-iger Marktanteil am Getränkedosenmarkt würde laut einem Vertreter dieser Branche ein funktionstüchtiges Recycling garantieren (55).
Um dieses Ziel durchzusetzen, wurde die Bereitschaft der Verbraucher zum Sammeln von Getränkedosen in zahlreichen Pilotprojekten, u.a. auch in Berlin, getestet. Über einen aufwendigen Werbefeldzug in Funk, Fernsehen und Zeitungen und eine entgeltliche Entlohnung für jede zurückgebrachte Aludose ließ sich eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung zum Sammeln ausmachen.

2.2 Einfluß der Abfuhr- und Behältersysteme auf das Müllaufkommen

2.2.1 Müllbehälter und Müllaufkommen

Eine Ursache, die einer wirksamen Abfallvermeidung derzeit entgegensteht, ist in dem zu großen Behältervolumen zu sehen, das den Haushalten pro Kopf zur Verfügung steht. Ein Forschungsbericht im Rahmen der bundesweiten Hausmüllanalyse von G. Eder (1979/80) weist definitiv nach, daß mit steigendem angebotenen Behältervolumen die Hausmüllmenge ansteigt. Aus diesem Bericht geht eindeutig hervor, daß Mülleimer mit einem geringen Volumen (35-40 l) im Gegensatz zu den Müllgroßbehältern (MGB) die Haushalte zu einem bewußten Verhalten im Umgang mit Hausmüll führen (56).
So wurde belegt, daß gerade in Städten mit hohem Anfall von Verpackungsmaterial und Papier gerade dieser Anteil zunimmt, wenn dem einzelnen ein größeres Behältervolumen/Woche zugewiesen wird. Die Abfallstoffe Papier und Verpackungen nehmen im Schnitt um 1 kg/E.Wo zu, Vegetabilien dagegen nur um 0,4 kg/E.Wo. In der folgenden Tabelle 20 ist die anfallende Hausmüllmenge nach Behälterart differenziert zusammengefaßt.

Tabelle 20: Spezifische Hausmüllmengen nach Behälterart

	Eimer	Tonne	120/240 l	240 l	Container
Spez. Behältervolumen (l/E.Wo.)	30.3	32.6	33.4	38.7	46.6
Hausmüllmenge (kg/E.a.)	234.8	240.4	252.8	292.2	261.0

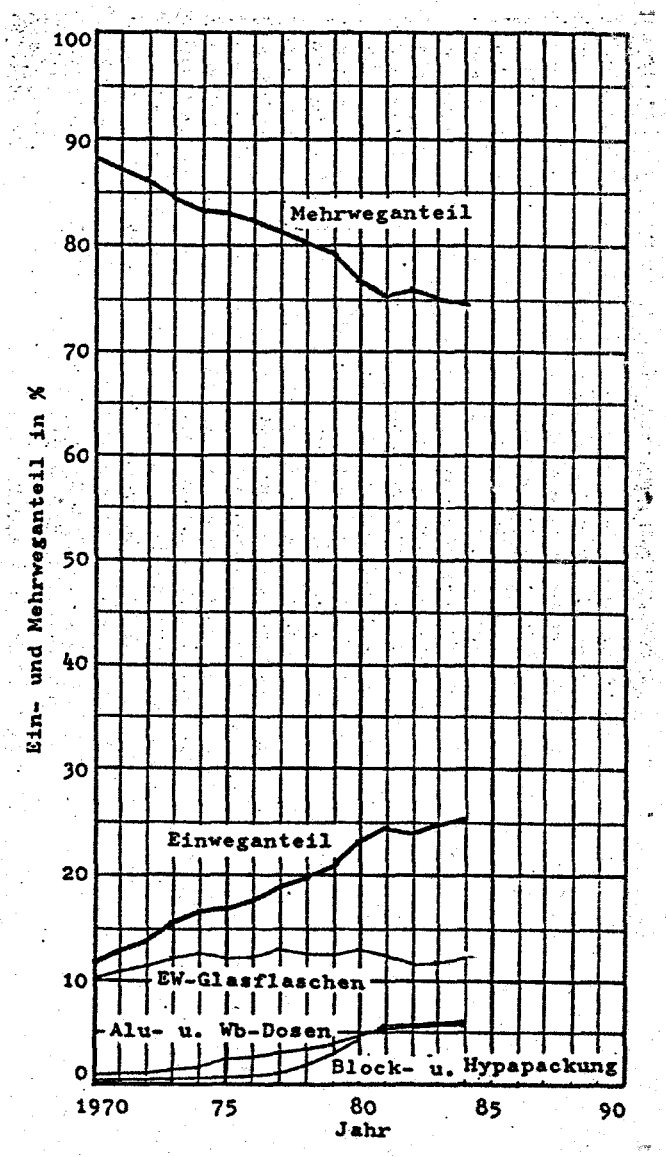

Abb. 6: Ein- und Mehrweganteil der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

2.2.2 Auswirkung des Behältervolumens auf die getrennte Sammlung

Die in 2.2.1 erwähnte Studie läßt tendenziell eine Bereitschaft der Haushalte zur getrennten Sammlung - hier z.B. Glas - erkennen, wenn das zur Verfügung stehende Behältervolumen abnimmt. Dies stimmt mit dem Ergebnis einer Untersuchung von Tuminski (57) überein, nach dessen Aussage ein Drittel der befragten Haushalte Altglas nicht mehr weiterhin sammeln würden, wenn ihnen ein größeres Behältervolumen für Hausmüll angeboten würde. Tatsächlich trifft auch die Behauptung zu, daß der Glasanteil im Hausmüll bei großen Behältervolumina ansteigt.
Eine Reduktion von Glas im Hausmüll ist nur dann spürbar, wenn mindestens 70% der Bevölkerung die getrennte Sammlung nutzen, um eine möglichst hohe Erfassungsquote zu erreichen. Diese läßt sich am besten über Sammelsysteme erzielen, die unmittelbar an der Abfallstelle das Altglas oder andere Wertstoffe aus dem Abfallstrom trennen.

2.3 Das Verhältnis Abfallvermeidung zu Recycling

Die Ausführungen in diesem Kapitel über Recycling und Abfallvermeidung lassen den Schluß zu, daß Recycling bisher nur zu einer Erhöhung der absoluten Müllmengen geführt hat und nicht wie beabsichtigt zu einer Vermeidung von Abfallstoffen.
Anstatt Recycling als Rückführung der Rohstoffe in den ökologischen Kreislauf zu begreifen und über den Einsatz von Mehrwegsystemen die Abfallvermeidung voranzutreiben, wird Recycling dazu mißbraucht der Abfallvermeidung entgegenzuwirken. Erschwerend kommt hinzu, daß der Begriff des "Recycling", dank intensiver Werbung der einschlägigen Industrie, von der Bevölkerung positiv aufgenommen wird. Gemeinhin suggeriert er beim Verbraucher "umweltbewußtes Handeln" oder "einen positiven Beitrag zum Umweltschutz geleistet zu haben." So sind bspw. die in Sammelgefäßen rückgeführten Altglasmengen seit 1972 im Steigen begriffen. Nach G. Eder geben 42,2% aller Haushalte im Bundesgebiet, einschließlich Berlin, an, Glascontainer zu benutzen. 94% aller Haushalte befürworten generell eine getrennte Sammlung aller Wertstoffe (56).
Einschränkend ist anzumerken, daß diese Bereitschaft mit wachsendem Behältervolumen abnimmt.
Kleinere Müllbehälter bieten folglich einen Anreiz zu abfallbewußtem und auch abfallvermeidendem Verhalten.
Abschließend bleibt zu betonen, daß Recycling nur einen Sinn ergibt, wenn der Aufwand für die Durchsetzung der Vermeidung mindestens gleichhoch ist.

3. Quantifizierung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten von festen Siedlungsabfällen in West-Berlin

3.1 Allgemein

Im folgenden soll anhand von Daten aus den neuesten Berliner Haus- (11) bzw. Gewerbemüllanalysen (58) und bei Zugrundelegung bestimmter Annahmen eine Abschätzung der vermeidbaren Abfallmengen in der Stadt vorgenommen werden. Dabei wird von Angaben über die Zusammensetzung der einzelnen Müllfraktionen ausgegangen. Darüber hinaus werden sekundärstatistische Daten und Angaben der Verpackungsindustrie zugrundegelegt. (s. Kap. II.3.4)

3.2 Abfallvermeidung in Haushalten

3.2.1 Maximen für die Abfallvermeidung in Haushalten

Die Abfallvermeidung soll mengenbezogen - quantitativ - und produkt- bzw. stoffbezogen - qualitativ - erfolgen. Sie betrifft überflüssige und ersetzbare Verpackungen und Produkte. Erreicht werden sollen diese Ziele bspw. durch die Nutzung der Möglichkeiten des §14 AbfG, der u.a. ein bedingtes Mehrwegverpackungsgebot enthält. Die Bundesregierung kann demnach bei Nichterreichung gewisser Abfallmengenzielsetzungen durch freiwillige Absprachen mit Industrie und Handel per Rechtsverordnung ein Einwegverpackungsverbot erlassen.
Die Voraussetzung dafür ist schon heute gegeben. Laut freiwilliger Absprache sollten die Einwegverpackungen nicht auf Kosten des Mehrwegsystems zunehmen. Dies ist jedoch bereits eingetreten (59). Im Maßnahmenkatalog zum neuen Abfallgesetz wird ebenfalls eine geringe Erhöhung des Mehrwegverpackungsanteils bei verschiedenen Getränken angestrebt (60). Nach allen Erfahrungen werden selbst diese bescheidenen Ziele ohne gesetzliche Maßnahmen nicht zu erreichen sein.
Darüberhinaus sind im Verpackungsbereich geeignete Maßnahmen des Landes und des Bundes zur Förderung des Loseverkaufs notwendig. Als weitere Maxime gilt der verstärkte Einsatz regenerierbarer Rohstoffe wie Holz und seine Verarbeitungsprodukte für Verpackungen. Entsprechende, die qualitative Abfallvermeidung betreffende, Ge- bzw. Verbote des Bundes und der EG sind notwendig. Im Zusammenhang mit der verstärkten Nutzung von Mehrwegsystemen muß eine sinnvolle Dezentralisierung von Abfüllstandorten vorgenommen werden.
Die Abfallvermeidung aus Einwegverpackungen bezieht sich im wesentlichen auf die Produktbereiche Getränke, Molkereiprodukte und Obst und Gemüse.
Im Bereich der Vermeidung von überflüssigen Produkten muß das AbfG verschärft werden. Mit dem Ziel einer quantitativen Abfallvermeidung muß ein Verbot von kurzlebigen Ge- und Verbrauchsgütern (Einweg- bzw. Wegwerfprodukte), die ökologisch sinnvoll durch langlebigere Produkte substituiert werden können, möglich sein.
Es muß gesetzlich möglich werden, Produkte zu verbieten, deren Herstellung mit unverhältnismäßig hohen ökologischen Belastungen verbunden ist bzw. die bei der Beseitigung große ökologische Schäden - wie z.B. Sondermüll - verursachen (qualitative Abfallvermeidung). Das Verbot dieser Erzeugnisse soll besonders dann möglich sein, wenn ihr Zweck durch andere Produkte bzw. durch andere Methoden erfüllt werden kann.

Darüberhinaus muß mit dem Ziel der quantitativen und qualitativen Abfallvermeidung entweder eine Variation der Mehrwertsteuersätze oder eine neue Umweltsteuer eingeführt werden, was unter anderem bestimmte Produkte - bzw. deren Inhaltsstoffe - stark verteuern soll.
Im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit müssen zwecks Unterstützung der genannten Maßnahmen (Akzeptanz) massiv Abfallberater eingesetzt werden, die bürgernah (kiezbezogen) bei Nutzung aller zur Verfügung stehenden Medien Beratungen von Haushalten und Betrieben durchführen. Sie sollen dabei selbst auf den Handel und die Bürger zugehen.
Ergänzend zu den genannten Maßnahmen muß kurzfristig eine ökologische Struktur- bzw. Gewerbeansiedlungspolitik auf Landesebene durchgeführt werden, die bspw. ein abfallarmes Angebot des Handels über Gewerbesteuervariationen unterstützt. Zumindest müssen Subventionen zur Ansiedlung abfallintensiver Produktionsbetriebe (z.B. Einwegverpackungen) gestrichen werden. Das Berlinförderungsgesetz muß daraufhin überprüft werden.

3.2.2 Quantifizierung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten in West Berliner Haushalten anhand von Daten aus der Berliner Hausmüllanalyse

Im folgenden wird anhand von Ergebnissen über die Zusammensetzung der verschiedenen Hausmüllfraktionen laut Berliner Hausmüllanalyse von 1984/85 (57) eine Abschätzung der Vermeidungsmengen bei der Anwendung der genannten Maximen vorgenommen.

3.2.2.1 Papier und Pappe

Die Gesamtmenge an Papier und Pappe, die in Berlin-West in den Hausmüll gelangt, beträgt 103.700 t. Zuzurechnen sind die bereits über die caritative Sammlung verwerteten Altpapiermengen von 33.000 t (61). Pappe (21.600 t) besteht aus Kartonagen und Wellpappen für Verpackungszwecke. Die Papierfraktion besteht zu 63% aus Druckerzeugnissen. Dies sind Zeitungen, Zeitschriften, Werbeprospekte und Kataloge. Das sonstige Papier setzt sich unter anderem aus Hygiene- und Einwickelpapier zusammen.

Tabelle 21: Zusammensetzung der Papier/Pappe-Fraktion (in %) (62)

Wellpappe		4
Karton/Pappe		14
Verpackungspapier		17
Summe Papier- und Pappeverpackung		35
Zeitungen		12
Zeitschriften		12
Werbematerial		20
sonst. Druckerzeugnisse		5
Schreibwaren		2
Hygiene u. Filterpapier		11
sonstige Papiererzeugnisse		5
Summe graph. u. Hygiene-Papier		65
Gesamtsumme	100	100

Die durchschnittlichen Papier- und Pappeabfälle in der Bundesrepublik Deutschland setzen sich bspw. zu ca. 35% aus Verpackungen, zu 20% aus Werbematerial und zu 11% aus Hygiene- und Filterpapieren zusammen.
Mit Hilfe gesetzlicher Maßnahmen können die beiden letztgenannten Papierfraktionen fast vollständig vermieden werden. Bei einer 50%-Vermeidung aus dem Verpackungsbereich durch verstärkten Loseverkauf und dem Wegfall von überflüssigem Papier aus z.B. den Doppelverpackungen ergibt sich hier eine Abfallvermeidungsquote von 45-50%. In Berlin-West dürfte ein eher noch höheres Vermeidungspotential vorhanden sein, da der Papier- und Pappanteil in der Stadt über dem Bundesdurchschnitt liegt (63).
Dieser - zweifellos hohe - Vermeidungssatz wird von Ergebnissen des Berliner Modellversuchs von 1983/84 bestätigt (64). Hier wurden Vermeidungsquoten bis zu ca. 55% beim Papier ermittelt (65). Dieses Ergebnis wurde zwar bei hochmotivierten Freiwilligen erzielt, jedoch muß man berücksichtigen, daß dabei von der bestehenden Angebots- bzw. Preisstruktur ausgegangen wurde.
Die Substitution von Kunststoffverpackungen durch Papierverpackungen führt jedoch zu einer Steigerung der anfallenden Papier- und Pappmengen um ca. 25%. Daraus errechnet sich ein bilanziertes Abfallvermeidungspotential bei Papier und Pappe in den Haushalten von ungefähr 20%.

3.2.2.2 Glas

Es befinden sich 78.200 t Glas im West-Berliner Hausmüll. Zusätzlich werden in der Stadt ca. 45.000 t Altglas aus Haushalten recycelt. Es handelt sich dabei fast zu 100% um Verpackungen (Flaschen und Gläser). Wegen des hohen Einwegflaschenanteils in Berlin-West liegt der Glasanteil im Hausmüll um ca. 50% über Bundesdurchschnitt (63).
Eine Abschätzung der Abfallvermeidung beim Glas kann unter Zuhilfenahme von Daten über die Behälterglasproduktion in der Bundesrepublik - unter Vernachlässigung z.B. von Importen/Exporten erfolgen (66). Demnach werden ca. 25% der Glasbehälter für die Verpak-

kung von Schaumwein, Spirituosen, Kosmetik und Pharmaprodukte, die laut allgemeiner Auffassung nicht oder nur sehr eingeschränkt in Mehrwegflaschen angeboten werden können, genutzt (67).
Den Bruch aus Mehrwegglasverpackungen für den Haushaltsbereich kann man vernachlässigen. Unter der Annahme, daß 20% des Mehrwegglasbruches in den Haushalten anfallen und 40 Umläufe bei den Getränkeverpackungen, bzw. 30 bei den Mehrwegkonservengläsern und Molkereiproduktverpackungen ergibt sich für Berlin-West eine zusätzliche Glasabfallmenge von ca. 500 t pro Jahr. Daraus leitet sich ein Abfallvermeidungspotential von 75% im Glasbereich durch die Nutzung der Möglichkeiten des §14 des AbfG (Mehrwegsystem) bei den Haushalten ab.

3.2.2.3 Kunststoff

Die Kunststoffraktion im Hausmüll umfaßt 29.600 t (5,5%). Hinzu kommen 1.000 t, die recycelt werden. Hierbei handelt es sich um Folien aller Art, Joghurtbecher, Müllbeutel, Flaschen und zu 20% um Plastiktragetaschen. Es sind also im wesentlichen Verpackungen. Aber auch geringe Mengen Linoleum und Schaumgummi gehören dazu. Von der stofflichen Zusammensetzung her bestehen die Kunststoffe im Abfall zu ca. 60% aus Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP), zu 20% aus Polystyrol (PS) und zu 15% aus Polyvinylchlorid (PVC) (68).
Kunststoffe werden aus dem knappen, nicht regenerierbaren Rohstoff Erdöl sehr energieaufwendig hergestellt. PS und PVC sind bspw. sehr schwer abbaubar bzw. gesundheitsschädlich. Joghurtbecher und verschiedene Folien werden aus diesen Materialien hergestellt (69).
Abfallvermeidungspotentiale aus Kunststoffverpackungen bei den Einsatzstoffen PS und PVC sind durch verstärkten Losekauf und die Nutzung von Mehrwegglasbehältern gegeben. Darüberhinaus müssen die PE-Tragetaschen durch herkömmliche Einkaufstaschen bzw. -netze ersetzt werden.
Durch die Erhebung einer Umweltsteuer bzw. erhöhten Mehrwertsteuer müssen die sonstigen PE-Verpackungen mit dem Ziel der Energieeinsparung und Schonung nicht regenerierbarer Rohstoffe zurückgedrängt werden.
Bei einer 60-80%igen Vermeidung von Kunststoffen in Haushalten und der Substitution von 80% dieser Menge ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf an Papier in der Größenordnung von 34.000 t (s.o.). Dieser Wert errechnet sich aus Angaben von Brahms/Schwitter (70), wonach die spezifischen Gewichte von Papier und Kunststoffen zwar annähernd gleich sind, jedoch der Verpackungsaufwand bei Papier gewichtsmäßig bis zu 100% höher liegt. Diese 34.000 t zusätzliches Verpackungspapier dürften eher zu hoch als zu niedrig angesetzt sein, da das maximale Verhältnis von 1:2 beim Verpackungsaufwand angesetzt ist. Die zusätzlich notwendigen Verpackungspapiere bieten aber auch Einsatzmöglichkeiten für recyceltes Altpapier.

3.2.2.4 Eisenmetalle

Es befinden sich 16.000 t Eisenmetalle (ohne Getränkedosen) im Berliner Hausmüll, die sich im wesentlichen aus Konservendosen für Lebensmittel und Tierfutter zusammensetzen. Aber auch Packhilfsmittel wie Deckel befinden sich in dieser Müllfraktion.
Das Abfallvermeidungspotential liegt hier bei 60%. Dabei wird von einem 5%igen Nichtverpackungsanteil, ca. 25% auch langfristig nicht vermeidbaren Importen von außerhalb des EG-Bereichs und 10%

Eisenmetalldeckeln für Mehrweggläser und bspw. Milchflaschen ausgegangen.
Die Vermeidung muß hier durch eine steuerliche Förderung des Frischkaufs und Einführung von Mehrwegkonserven nach §14 AbfG erreicht werden.

3.2.2.5 Verpackungsverbund, Getränkedosen und NE-Metalle

Der Berliner Hausmüll enthält 9.100 t Verpackungsverbund, der im wesentlichen aus Getränkeweichverpackungen wie Milch- und Safttüten besteht. Außerdem fallen 5.900 t Getränkedosen aus Aluminium und Weißblech an. Des weiteren sind 2.500 t NE-Metalle - fast ausschließlich Aluminium - in Form von Folien, Joghurtdeckeln und einigen Fischkonservendosen enthalten.
Durch die Nutzung des Mehrwegsystems für alle Getränkearten müssen die Verpackungsverbundmaterialien mit Ausnahme bspw. der Kekstüten und Tabakbriefchen zu 90% und die Getränkedosen zu 100% durch ein Verbot vermieden werden. Ebenso die knappen und energieintensiven NE-Metalle. So lassen sich z.B. Alufolien durch Brotdosen und verstärkte Frischkäufe überflüssig machen. Die Joghurt-Mehrweggläser können auch mit einem Weißblechdeckel verschlossen werden.

3.2.2.6 Einwegwindeln und Problemabfälle

3.2.2.6.1 Einwegwindeln

Im Bereich der Produktabfälle hat sich der Anteil an Einwegwindeln und ähnlichen Artikeln (11.800 t) in letzter Zeit sehr stark erhöht. Sie waren 1977/78 "kaum vorhanden" (71).
Bei den Wegwerfwindeln ist eine quantitative und qualitative Vermeidung notwendig.
Unter Berücksichtigung der immer häufiger auftretenden Warnungen vor Gesundheitsgefahren durch Einwegwindeln aus Ärztekreisen erscheint dies umso wichtiger.

3.2.2.6.2 Problemabfälle

Die Problemabfälle (2.900 t) erhöhen den Giftgehalt im Müll. Es handelt sich um Chemikalien, Medikamente, Batterien, Farben, Lösungsmittel usw..
Bei dieser Fraktion muß mit Hilfe von Entgiftungmaßnahmen wie Ge- und Verboten eine Substitution durch ökologisch verträglichere, leichter abbaubare Substanzen - bspw. im Farben- und Lackebereich - erreicht werden. So nicht vermeidbare Mengen müssen durch verstärkte finanzielle Belastungen des Käufers und der Förderung des Kleinmengenverkaufs (z.B. bei Medikamenten) zurückgedrängt werden.

Durch die in Kap. II.3.2.1. genannten Maximen scheint eine 50%ige Abfallvermeidung bei beiden Fraktionen realistisch zu sein.

3.2.2.7 Materialverbund und Sperrmüll

Die Fraktion "Materialverbund" (16.000 t) kann man von der Beschaffenheit her als "Materialmix" bezeichnen. Im Zuge der Umstellung der Müllabfuhr auf größere Behältertypen sind in ihr neben Teppichböden und Kabeln zunehmend Sperrmüllbestandteile wie Haushaltsgeräte enthalten. Der eigentliche, nicht über die Müllabfuhr abgefahrene Sperrmüll aus Haushalten (29.700 t), besteht unter anderem aus Möbeln und elektronischen Geräten (72).
Beim Sperrmüll sind sicher größere Abfallvermeidungsmöglichkeiten durch die Erhöhung der Lebensdauer von Gebrauchsgütern mittels der Veränderung von DIN-Normen gegeben. Durch diese Maßnahmen muß auch die Reparierbarkeit von Produkten erhöht werden.
Dadurch ist ein Abfallvermeidungspotential von 30% beim Sperrmüll und 10% bei den Verbundmaterialien nicht unrealistisch.

3.2.2.8 Sonstige Hausmüllfraktionen

Bei den Fraktionen "Organik" (182.000 t; z.B. Küchen- und Gartenabfälle), Textilien (12.200 t + 2.500 t aus dem Recycling), Feinmüll (49.100 t; z.B. Asche) und Inerte (15.200 t; Mineralien usw.) sehen wir keine oder zu vernachlässigende Abfallvermeidungsmöglichkeiten.

3.2.2.9 Vergleichende Zusammenfassung der Abfallvermeidungsquoten im Hausmüll

Aus dem Westberliner Hausmüll und der Wertstofferfassung aus Haushalten lassen sich demnach 28 (Gewichts-)Prozent vermeiden (s.Tab.22). Da es sich bei den überflüssigen Abfallmengen im wesentlichen um voluminöse Verpackungsmaterialien handelt, dürfte das Müllvolumen insgesamt weitaus stärker absinken.
In einer Studie im Auftrag der Stadt Bielefeld von 1986 wird jedoch von einer möglichen Abfallvermeidungsquote in den Haushalten von 23% ausgegangen (73). Einschränkend ist allerdings anzumerken, daß hier die Eigenkompostierung mit unter den Begriff "Abfallvermeidung" gefaßt wird. Die Grünen Rhein/Neckar gehen in ihrem regionalen Abfallkonzept unter Zugrundelegung anderer Studien von einem langfristigen Abfallvermeidungspotential von 20% beim Hausmüll aus (74).
Die Studien bestätigen unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Prämissen die hier entwickelten Abfallvermeidungspotentiale des West-Berliner Hausmülls, zumal der Verpackungsmüll in der Stadt weit über dem Bundesdurchschnitt liegt.

Fraktion im Hausmüll	Gesamt-Menge [1000 t/a]	Vermeidungs-Potential in %	Rest [1000 t/a]
Papier/Pappe	103.7	20	83.0
Glas	78.2	75	19.6
Fe-Metall	16.0	60	6.4
Ne-Metall	2.5	98	0.1
Getränkedosen	5.9	100	0.0
Kunststoffe	29.6	70	8.9
Organik	182.2	0	182.2
Verpackungsverb.	9.1	90	0.9
Textilien	12.2	0	12.2
Materialverb.	16.0	10	14.4
Einwegwindeln	11.8	50	5.9
Problemabfälle	2.9	50	1.5
Feinmüll	49.1	0	49.1
Sperrmüll	29.7	30	20.8
Inertes	15.2	0	15.2
Summe	564.1	26	420.0
bish. Recycling			
Papier/Pappe	33.0	20	26.4
Glas	45.0	75	11.3
Kunststoffe	1.0	70	0.3
Organik	26.7	0	26.7
Textilien	2.5	0	2.5
Summe	108.2	38	67.2
Gesamtsumme	672.3	28	487.1

Tab.: 22 Hausmüll: Vermeidungsquoten bzw.-mengen

3.3 Abfallvermeidung im Gewerbebereich

3.3.1 Maximen für die Abfallvermeidung im Gewerbe

Als Maximen für die Abfallvermeidung im Gewerbe gelten zunächst auch die oben (2.3.2.1) bereits erwähnten für die Haushalte. Dies ist relevant für End-Konsum-Verpackungen bzw. Produkte, die bei den Gaststätten und Kantinen anfallen und teilweise durch Mehrwegsysteme substituiert werden können.
Hier ist insbesondere auf die Vorreiterfunktion von Behörden und öffentlichen Einrichtungen für eine abfallarme Beschaffungs - bzw. Angebotspolitik (Kantinen) hinzuweisen.
Keine Berücksichtigung finden hier insbesondere eventuell weitergehende Abfallvermeidungsmöglichkeiten im produzierenden Gewerbe und bei den Umverpackungen (Sekundärverpackungen). Im letzteren Bereich wären sicherlich Mehrwegholz- bzw. Kunststoffsteigen oder -paletten denkbar.

3.3.2 Quantifizierung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten im West-Berliner Gewerbe

Für die mengenmäßige Abschätzung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten im Gewerbe wird von aktualisierten Zahlen (vgl. I.1.1) (75) und den Anteilen der verschiedenen Abfallfraktionen an den Gesamtmengen laut Gewerbemüllanalyse von 1983 (58) ausgegangen. Vergleichbare Fraktionen sind - soweit möglich - zusammengefaßt.

3.3.2.1 Papier und Pappe

In den Gewerbemüll der Stadt gelangen unter den genannten Prämissen (1984) 96.000 t Pappe und Papier. Mehr als die doppelte Menge (157.000 t) wird wiederverwertet. Ungefähr 58% der bei den BSR-Annahmestellen angelieferten Abfallmenge stammt aus den Bereichen Handel und produzierendes Gewerbe und ca. 12% aus öffentlichen Verwaltungen.
Unter den oben genannten Maximen ist bei der Pappe- und Papier-Fraktion von keiner Abfallvermeidung auszugehen. Die überflüssigen Pappe- und Papierverpackungen im Hausmüll sind fast nur für den Verbraucher produziert. Gleiches gilt für die bei den Haushalten vermeidbaren Papierprodukte (vgl. II.3.2.2.1).
Der Pappe- und Papieranfall wird sich im Gegenteil durch die Substitution von Kunststoff - Umverpackungen um 20% erhöhen (vgl. 3.3.2.2.).

3.3.2.2 Kunststoff

Die Kunststoffmenge im West-Berliner Gewerbemüll beträgt 32.200 t. 9.500 t werden aus diesem Bereich recycelt. Bei den nicht recycelten Mengen stammen ca. 44% aus dem Bereich des produzierenden Gewerbes und ca. 21% aus dem Handel. Im wesentlichen handelt es sich bei den Kunststoffen um Verpackungsmaterial (hauptsächlich Folien).

Die im Gewerbe anfallenden Kunststoffe können durch Pappe- und Kartonverpackungen ersetzt werden. Bei einem angenommenen spezifischen Verpackungsverhältnis von Kunststoff zu Pappe von 1,75 und einer 70%igen Substitution, ergibt sich eine Steigerung in Pappe- und Papieranfall von rund 20%.

3.3.2.3 Glas

In den Gewerbeabfällen befinden sich 14.100 t Glas. Dabei handelt es sich bei 3/4 im wesentlichen um Flaschen und bei dem Rest um Flachglas (Scheiben usw.).
Legt man für diesen Flaschenanteil aufgrund einer annäherungsweise ähnlichen Zusammensetzung wie bei den Haushaltsabfällen ein Abfallvermeidungspotential von 75% (s.o.) zugrunde und geht man von zusätzlichen ca. 2.500 t jährlichem Glasbruch im Gewerbe aus, so ergibt sich hier eine Abfallvermeidungsquote von ungefähr 40%.

3.3.2.4 Metalle

103.100 t Metalle fallen jährlich im Gewerbe der Stadt an. Davon gelangen 11.100 t in den Gewerbemüll und der größte Teil (92.000 t) wird einer Wiederverwertung zugeführt. Bei 4.600 t aus der der "Abfallbeseitigung" zugeführten Menge handelt es sich im wesentlichen um Getränkedosen. Bei dem Rest im Gewerbemüll handelt es sich hauptsächlich um größere Einzelteile wie Fässer, Maschinenteile usw..
Durch die Realisierung eines Verbots von Getränkedosen wird sich demnach die Abfallmenge für die "Beseitigung" aus diesem Bereich um ca. 35% reduzieren.

3.3.2.5 Sperrmüll, Hausmüllartiges und Sonstiges

Im Gewerbe fallen 35.700 t Sperrmüll, 49.800t hausmüllartige Gewerbeabfälle und 207.000 t sonstiger Müll an. Der Sperrmüll stammt unter anderem aus Entrümpelungen und besteht zu mehr als 25% aus Holz. Die hausmüllartigen Abfälle stammen aus Kantinen, Krankenhäusern usw. und sind in ihrer Struktur dem Hausmüll ähnlich. Bei den sonstigen Gewerbeabfällen handelt es sich z.B. um Autoreifen und Produktionsabfälle, um aus erhebungstechnischen Gründen nicht klassifizierbare Abfälle, um stark verunreinigte Renovierungsabfälle und um Bauschuttmengen mit Verunreinigungen und Inertes aus Feuerungsanlagen.
Bei Anwendung der genannten Maximen ergibt sich bei den drei Gewerbemüllfraktionsgruppen ein Abfallvermeidungspotential von jeweils 30%. Beim Sperrmüll wurde die Begründung oben genannt (Verlängerung der Nutzungsdauer). Da sich der hausmüllartige Gewerbemüll entsprechend der Hausmüllanalyse zusammensetzt, kann hier die oben ermittelte Abfallvermeidungsquote übernommen werden. Bei den sonstigen Gewerbeabfällen ist wegen ihrer Inhomogenität eine Abschätzung des hier gegebenen Abfallvermeidungspotentials schwierig. Wir gehen jedoch von einer Größenordnung von 30% aus. Dies wird auch durch andere Institutionen bestätigt (76).

3.3.2.6 Organik

Die Organikfraktion im West-Berliner Gewerbemüll (57.800 t) besteht vor allem aus den Gartenabfällen öffentlicher Einrichtungen (Gartenbauämter). Aus diesem Bereich werden darüberhinaus bereits 30.000 t kompostiert.
Hier ergeben sich - wie auch beim Hausmüll - keine Vermeidungsmöglichkeiten.

3.3.2.7 Vergleichende Zusammenfassung der Abfallvermeidungsmöglichkeiten im Gewerbe

In Berlin-West lassen sich bei der Anwendung der genannten Maximen im Gewerbebereich insgesamt ca. 10% der anfallenden Abfälle vermeiden (s.Tab.23).
Im Vergleich mit der erwähnten Studie der Grünen Rhein/Neckar (77) fällt dieses Ergebnis eher bescheiden aus. Dort wird von einem langfristig zu erreichenden Abfallvermeidungspotential im Gewerbe von 25% ausgegangen. Dies ist sicherlich auch aus den genannten Einschränkungen dieser Studie für den Gewerbebereich (z.B. keine Mehrwegumverpackungen) zu erklären.
In der Bielefeld-Studie (vgl. 3.2.2.9) wird dagegen von einem Vermeidungspotential von 5,3% im Gewerbe ausgegangen (78).
Demnach liegt der von uns ermittelte Abfallvermeidungssatz für Berlin-West innerhalb der Spannbreite vergleichbarer Untersuchungen.
Der in Punkt 2.1.1 theoretisch entwickelte Umweltentlastungseffekt bei anderen Umweltmedien durch Abfallvermeidung aus den verschiedenen Produktionsstufen spielt darüberhinaus eine große Rolle. Die im Vergleich zu den Haushaltsabfällen relativ geringe Vermeidungsquote erklärt sich einerseits aus den genannten Einschränkungen bei den zugrunde gelegten Maximen und andererseits aus der Tatsache, daß die Produktion bspw. der überflüssigen, vermeidbaren Verpackungen außerhalb von Berlin-West erfolgt.

3.4 Vergleichende Zusammenfassung der quantifizierten Abfallvermeidung bei den Siedlungsabfällen und Schlußfolgerungen

Bezogen auf die Siedlungsabfälle (Hausmüll und Gewerbemüll) ergibt sich unter den genannten Prämissen in Berlin-West eine Abfallvermeidungsquote von 18%, was mehr als 250.000 t ausmacht.
Im Vergleich dazu wird in einer Studie der Zeitschrift "natur", in der von den bestehenden gesetzlichen Möglichkeiten ausgegangen und an freiwilliges Kaufverhalten der Verbrauchen appelliert wird, von einem Abfallvermeidungssatz von 10% ausgegangen (79). Bei der Bielefeld-Studie (vgl. 3.3.2.9) liegt dieser Satz höher, während die Grünen-Studie von einem langfristig mehr als 20%igen Vermeidungspotential ausgeht (80). Dies erklärt sich einerseits aus den zugrunde gelegten Prämissen und andererseits aus den Besonderheiten der West-Berliner Abfallsituation (hoher Einwegverpackungsanteil).
Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang noch der Forschungsbedarf, den ein umfassendes Abfallvermeidungskonzept für seine weitere Konkretisierung benötigt.

Fraktion im Gewerbemüll	Gesamt-Menge [1000 t/a]	Vermeidungs-Potential in %	Rest [1000 t/a]
Papier/Pappe	96.0	-20.0	115.2
Glas	14.1	40.0	8.5
Metall	11.1	35.0	7.2
Kunststoffe	32.2	70.0	9.7
Organik	57.8	0.0	57.8
Sperrmüll	35.7	30.0	25.0
Hausmülartiges	49.8	30.0	34.9
Sonstiges	207.0	30.0	144.9
Summe	503.7	20.0	403.1
bish. Recycling			
Papier/Pappe	157.0	-20.0	188.4
Metall	92.0	0.0	92.0
Kunststoffe	9.5	70.0	2.9
Organik	30.0	0.0	30.0
Summe	288.5	-8.6	313.3
Gesamtsumme	792.2	9.6	716.3

Tab.: 23 Gewerbemüll: Vermeidungsquoten bzw.-mengen

Siedlungsabfälle	Menge [1000 t/a]	Vermeidungs-Potential in %	Rest [1000 t/a]
Hausmüll	672.3	28	487.1
Gewerbemüll	792.2	10	716.3
Summe	1464.5	18	1203.4

Tab.: 24 Siedlungsabfälle Berlin 1984
Vermeidungsquoten bzw.-mengen

Ein konkreter Bedarf ist sicherlich gegeben bei:
- Ökologisch sinnvolle Mehrwegsysteme im Nichtgetränkebereich
- Eventuelle Dezentralisierung der Abfüllung
- Mehrweg-Umverpackungen für das Gewerbe
- Monetäre Bewertung von Ökobilanzen von Einweg-bzw. Mehrweg-systemen

4. Erfassung und Verwertung der nicht vermeidbaren Abfälle

4.1 Erfassung

Für die getrennte Erfassung des Haus- und Gewerbemülls ist ein 3-Tonnen-Abholsystem plus Depotcontainer vorgesehen:
Bio- / Papier bzw. Pappe- / Restmülltonne / Depotcontainer für Glas und Metall. Die Aufstellung der Tonnen bzw. Container sollte flexibel gehandhabt werden, grundsätzlich ist von einem 100%-igem Anschluß an dieses System auszugehen, der durch einen Anschlußzwang durchgesetzt werden kann. Das aufzustellende Behältervolumen muß den anfallenden Mengen angepaßt sein, d.h. daß bei Gewerbebetrieben z.B., bei denen Monoladungen anfallen, entsprechend große Behälter aufzustellen kann. Die Anpassung der Behältervolumen sollte gerade im Gewerbebereich durch die Beratung des/der örtlichen Abfallberater/in geschehen.
Die Entleerung erfolgt durchschnittlich einmal wöchentlich pro Standort und erfaßter Abfallfraktion.
Die B i o - T o n n e ist für den organischen Anteil (Küchenabfälle, verschmutztes Papier, Blumen, u.ä.) des Abfalls, der 1/3 des Hausmülls ausmacht, vorgesehen. Die getrennte Sammlung im Haushalt / Gewerbe sollte in Extra-Gefäßen (Eimern o.ä.) oder in festen Papiertüten erfolgen.
Die P a p i e r- / P a p p e-Fraktion ist möglichst rein und unverschmutzt zu erfasen, da dies die Verwertungsquote erhöht und dadurch auch höhere Preise zu erzielen sind. Deshalb ist die Extra-Erfassung dieser Fraktion notwendig.
Die Wertstoffe G l a s und M e t a l l werden durch Depotcontainer erfaßt. Da durch Vermeidungsmaßnahmen die Mengen beider Abfallfraktionen geringer werden, ist die Depotcontainer-Erfassung wirtschaftlicher als die Erfassung durch zusätzliche Tonnen. Bunt- und Weißglas werden getrennt erfaßt.
T e x t i l i e n werden durch die Intensivierung der Straßensammlungen caritativer Organisationen erfaßt.
Der durch die vorher geschilderten Maßnahmen nicht zu erfassende Abfall wird in der R e s t m ü l l-Tonne gesammelt.
P r o b l e m- bzw. G i f t a b f ä l l e müssen durch Kombination verschiedener Maßnahmen erfaßt werden:

- Rücknahme durch den jeweiligen Handel bzw. Hersteller (für Batterien, Fotochemikalien, Holzschutzmittel, Heimwerkerchemikalien, Medikamente, Leuchtstoffröhren etc.); bei Batterien z.B. sieht der erste Maßnahmenkatalog zum neuen Abfallgesetz des Bundesumweltministers eine Kennzeichnung der Batterietypen sowie eine Rücknahmeverpflichtung des Handels bzw. der Hersteller vor. (81)
- Ausweitung der Abgabemöglichkeit auf den Recyclinghöfen
- Kürzere Sammelintervalle und Erhöhung der Anzahl der Sammelstellen der mobilen BSR-Sammelstelle
- Beratung der Haushalte und des Gewerbes durch die neu einzurichtenden Stellen der Kiez-Abfallberater/in bezüglich Vermeidung bzw. Verringerung der Gift-/Problemabfälle in Haushalt und Gewerbe. Auch bei diesen Stellen sollte die Möglichkeit der Abgabe bestehen.
- Für Gewerbebetriebe ist eine Kombination von regelmäßiger Einsammlung und Einsammlung auf Abruf vorzusehen. (82)

Der durch die vorher geschilderten Maßnahmen nicht zu erfassende Abfall wird in der R e s t m ü l l-Tonne gesammelt.

4.2 Verwertung

Die folgenden Zahlenangaben im Text beziehen sich auf die Tabellen 26 und 27

4.2.1 Papier/Pappe

Durch die flächendeckende getrennte Sammlung von Papier/Pappe ist von einer zusätzlichen Recyclingmenge von ca. 170.000 t/a auszugehen. Bisher wurden in Berlin rd. 200.000 t Altpapier pro Jahr gesammelt. Bei einem Gesamtanfall bei der Papier/Pappe-Fraktion von 400.000 t/a entspricht dies einer Gesamtrecyclingmenge von 380.000 t/a.
Die von uns formulierten Erfassungsquoten von 85% (Haushalt) bzw. 100% (Gewerbe) liegen in der Größenordnung von realisierten bzw. geplanten Getrenntsammlungen in Westdeutschland. Sie liegen dort zwischen 80% (Landkreis Bad Dürkheim) (83) und 90% (Süd- und Südwestpfalz). (84)
Bei Gewerbebetrieben fällt ein großer Teil des zu entsorgenden Abfalls in Form von Monoladungen an, so daß eine 100%-ige Erfassung möglich ist. Aufgrund der Getrenntsammlung ist die Verunreinigung der Fraktion gering;Verwertungsquoten zwischen 90-95% sind realistisch.
Die bisher in Berlin gesammelten Altpapiermengen wurden zum Teil hier an Ort und Stelle zur Kartonherstellung eingesetzt;der größere Anteil wurde ins Bundesgebiet transportiert. In jüngerer Zeit wurde gesammeltes Altpapier in der Müllverbrennungsanlage Ruhleben verbrannt. Der Preisrückgang in den zurückliegenden Monaten ist gestoppt, es werden z.Z. Preise von 50,--bis 60,-- DM pro Tonne gemischtes Altpapier erzielt.
Für die Erweiterung der BE-PAK-Papierfabrik in Berlin-Spandau wird eine zusätzliche Menge von 100.000 t pro Jahr Altpapier benötigt, d.h. 60% der zusätzlichen Recyclingmenge von 170.000 t/a.
Der Beginn der erweiterten Produktion ist für Ende 1988 geplant, es sollen damit u.a. 200 neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Eingesetzt werden soll gemischtes Altpapier, das einen großen Teil der anfallenden Altpapier-Fraktion im Haushalt ausmacht. Durch die Produktionsausweitung soll es zu keiner zusätzlichen Wasserbelastung kommen, da die Abwässer in einem geschlossenen Kreislauf geführt werden. Auch in anderen Bereichen ist eine Ausweitung des Einsatzes von Recyclingpapier möglich. Im Bereich der graphischen Papiere (Schreib-, Kopier-, Computer- und andere Büropapiere) hat Recyclingpapier nur einen Anteil von 14% am Gesamtverbrauch. Hier ist gerade im Bereich der öffentlichen Verwaltungen, Büros usw. ein großes Einsatzpotential von Recyclingpapier gegeben. (Siehe auch Kap.IV.1) Darüberhinaus kann auch die Quote des Altpapiereinsatzes bei den verschiedenen Papiersorten noch gesteigert werden. (85)

4.2.2 Glas

Aufgrund der Umstellung auf ein umfassendes Mehrweg-System, das dem hier formulierten Konzept zugrunde liegt, geht die Gesamtglasmenge stark zurück. Es ergibt sich eine Recyclingmenge von 23.000 t/a (Haushalt) plus 5.000 t/a (Gewerbe). Koch/Seeberger/Petzik geben als maximal erreichbaren Wert für Erfassungsgrade bei Depotcontainern über 50% an. (86) Der Anteil der Störstoffe liegt in Berlin-West bisher zwischen 1-2%. (87)

Bei Betrieben, bei denen branchenspezifisch viele Glasabfälle anfallen, wird ein entsprechend großes Behältervolumen aufgestellt, so daß eine Erfassungsquote von 80% erreicht werden kann. Da die zukünftige Recyclingmenge unter der jetzigen Menge von 45.000 t/a liegt, ergeben sich keine Absatzschwierigkeiten.

4.2.3 Metall

Auch bei dieser Abfallfraktion reduziert sich die durch Vermeidungsmaßnahmen zu erfassende Menge (auf Haushalte bezogen) stark. Die Erfassung der Metallfraktion in den Haushalten ist ein neues Element bezüglich der Getrenntsammlung. Hierbei gehen wir auch von einer Erfassungsquote bei Depotcontainern von 50% aus. Im Gewerbe gehen wir von einer Ausweitung des jetzt schon durchgeführten Recyclings aus. Die bisherige Recylingmenge von 92.000 t/a nimmt nur geringfügig um 10.000 t/a zu.

4.2.4 Organik

4.2.4.1 Kompostierung

Aus Haus- und Gewerbemüll fallen in Berlin-West insgesamt ca. 260.000 t/a verwertbare organische Abfälle an. Bisher werden ca. 130.000 t/a kompostiert (Laub, Grünabfälle) bzw. anders verwertet (Dünger, Verfütterung u.ä.). Dies sind hauptsächlich Abfälle aus dem Landschafts- und Gartenbau, der Tierhaltung und der Nahrungs- und Genußmittelindustrie.
Für die Menge von 260.000 t/a Organik kommen als Verwertungsverfahren Kompostierung und Biogaserzeugung in Frage.
In den letzten 2-3 Jahren wurden mehrere Modellversuche in Westdeutschland (Witzenhausen, Wolfsburg, Göttingen, Landkreis Bad Dürkheim u.a.m.) und in Berlin zur getrennten Sammlung von Küchenabfällen und deren Kompostierung durchgeführt. Von diesen Modellversuchen liegen z.Zt. Zwischenergebnisse bzw. Abschlußberichte vor. Der Schritt vom Modellversuch zur flächendeckenden Einführung ist teilweise vorgesehen oder schon realisiert (Göttingen, Witzenhausen).
Ausgehend von den dabei gesammelten Erfahrungen wird für Berlin ein dreistufiges Verwertungskonzept vorgeschlagen:

- Eigen- bzw. Hinterhofkompostierung,
- dezentrale Kompostierung auf Kompostplätzen und
- Biogaserzeugung.

Die Kompostierung organischer Küchenabfälle sollte sowohl als Hinterhofkompostierung als auch auf dezentralen Kompostplätzen (in Zusammenarbeit mit den bezirklichen Gartenbauämtern) durchgeführt werden. Durch diese Maßnahmen sollten 50% der anfallenden Menge verwertet werden. Die restlichen 50% werden mit organischen Abfällen, die z.Zt. anders verwertet werden, zusammen zur Biogaserzeugung eingesetzt (s. Kap. 4.2.4.2).
In Berlin-West wurden bisher lediglich zwei Modellversuche durchgeführt, die beide die Möglichkeiten der Kompostierung in innerstädtischen Wohngebieten untersuchen. (88), (90)
Peters und Wiegel (89) kommen in ihrem Forschungsprojekt zu dem Schluß, daß "...die dezentrale Kompostierung von Küchenabfällen

ein technisch einfaches, effektives und kostengünstiges abfallwirtschaftliches Instrument (ist)."
Die im Rahmen des Modellversuches durchgeführte getrennte Sammlung der organischen Küchenabfälle in elf Häusern in verschiedenen Bezirken erreichte Erfassungsquoten bis zu 75%, wobei die Verunreinigungen unter 1 Gew.-% lagen. In den bereits erwähnten Modellversuchen im Bundesgebiet lagen die Erfassungsquoten teilweise höher:

- in Göttingen zwischen 85-93% (91);
- in Witzenhausen bei 90% (davon rd. 20% Eigenkompostierer mit Garten)(92);
- im Landkreis Bad Dürkheim bis zu 80% (93);
- auch beim Modellversuch "Abfälle für Kompost" der Stadt Zürich lag die Quote bei 70-80% (93).

In allen bislang veröffentlichten Berichten wird auf den hohen Stellenwert einer guten, informativen Öffentlichkeitsarbeit hingewiesen, die sowohl für die Beteiligung an der getrennten Sammlung als auch für die Trenngenauigkeit große Bedeutung hat. Darüberhinaus ist die Anpassung des aufgestellten Behältervolumens an die einzusammelnden Mengen der getrennt erfaßten Müllfraktionen entscheidend.
Der im Rahmen des Forschungsprojekts von Peters/Wiegel untersuchte Küchenabfall-Kompost lag in Bezug auf die Schwermetallkonzentrationen bis auf wenige Ausnahmen um eine Zehnerpotenz unter den von Hausmüll-Komposten bekannten Werten. Gleichzeitig wurden deutlich höhere Anteile an Pflanzennährstoffen nachgewiesen. Diese Ergebnisse weisen ihn als "nahezu ideales Bodenverbesserungsmittel" (94) aus. Auch die in anderen Modellversuchen erzielten Werte unterstreichen die Möglichkeit der Substitution von Torf durch Kompost.
Für die Einsatzmöglichkeit des Kompostes ist der Gehalt an organischen (z.B. chlorierte Kohlenwasserstoffe) und anorganischen Schadstoffen (Schwermetalle) von Bedeutung, da zu hohe Werte die Ausbringung auf Böden beschränkt bzw. verhindert. Kriterien hierfür liefert das Merkblatt M 10 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).
Für Stadtgebiete, in denen durch die Art der Bebauung keine Hinterhofkompostierung möglich ist, ist die Einsammlung der Bio-Tonnen für die Kompostierung auf dezentralen Kompostplätzen und zur Biogaserzeugung vorgesehen. Bei der dezentralen Kompostierung ist die Zusammenarbeit mit den Gartenbauämtern anzustreben, da dort schon in unterschiedlich starkem Ausmaß Grünabfälle kompostiert werden. Für eine Ausweitung dieser Kompostierung ist die Frage des zusätzlichen Platzbedarfs entscheidend. Hierfür kämen als landwirtschaftlich oder erwerbsgärtnerisch ausgewiesene Flächen in Frage, da dort eine Mietenkompostierung durchgeführt werden kann. Interessant ist die Ausweitung der Kompostierungsaktivitäten für die Gartenbauämter, da sich hohe Einsparungsmöglichkeiten dabei ergeben können.Beim Gartenbauamt Spandau ergibt sich eine 40%-ige Kostenersparnis durch die Einsparung von Beseitigungskosten und minimalem Bedarf an Torf, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. (95)
In (88) wird durch Auswertung verschiedener Statistiken und Umfragen das Absatzpotential von Kompost in Berlin abgeschätzt. Die Autoren kommen dabei zu einem Bedarf von ca. 50.000 t/a für Pflege-

maßnahmen und Neuanlagen. Die Haupteinsatzbereiche sind der öffentliche und private Garten- und Landschaftsbau und die Haus- und Kleingärten. Nach Peters/Wiegel sind bei begrünten Hinterhöfen in der Regel genügend Kompostausbringungsflächen vorhanden, um die durch Hinterhofkompostierung kompostierten Mengen dort zu verwenden. Über die genannten Einsatzbereiche hinaus kann der erzeugte Kompost anderweitig genutzt werden:
Filterbau (Biofilter) / Ziegelherstellung / Preßplatten / Lärmschutzwände (vegetative) / Abbau von organischen Schadstoffen in Böden. (94) Die Relevanz dieser Einsatzmöglichkeiten für Berlin muß überprüft werden.
Die Ausgangsmenge von 260.000 t/a kompostierfähigem Materials ergibt eine Kompostmenge von ca. 100.000 t/a (Rotteverlust von 60%). Die Hälfte davon wäre, wie oben ausgeführt, durch Substitution von Torf absetzbar. Neben der Prüfung von darüberhinausgehenden Einsatzmöglichkeiten ist der Absatz in die DDR in Erwägung zu ziehen.

4.2.4.2 Biogas aus der anaeroben Vergärung von Biomüll

Neben der Kompostierung besteht die Möglichkeit, die organische Fraktion des Hausmülls durch anaerobe Vergärung zur Biogasgewinnung einzusetzen. Der Vorteil gegenüber der Kompostierung liegt in der direkten Nutzung der in der Biomasse enthaltenen Energie. Voraussetzung für diese Biogasnutzung durch anaerobe Vergärung ist die vorausgehende Trennung der organischen Müllfraktion. Das Verfahren der anaeroben Vergärung wird seit langem bei der Behandlung von Klärschlamm eingesetzt. Biogas entsteht beim anaeroben Abbau organischer Substanz durch spezielle Bakterien, und hierbei entsteht ein Gasgemisch aus 50 bis 75% Methan und Kohlendioxyd. In geringen Mengen enthält das Biogas auch noch Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Der durchschnittliche Heizwert von Biogas beträgt aufgrund der Zusammensetzung 25 Megajoule/cbm.(96)Dieser Wert liegt ca 30% niedriger als der Heizwert von Erdgas.
Neben der Prozeßführung hängt die erzielbare Gasausbeute natürlich auch von der Zusammensetzung des Substrats ab. Die heute im praktischen Betrieb aus 1 kg organischer Trockensubstanz erhältliche Gasmenge liegt je nach Prozeßführung und Ausgangsmaterial zwischen 200 und 600 l; somit sind zwischen 3,6 bis 16 Megajoule durch Biogasgewinnung aus 1 kg Ausgangsmaterial gewinnbar. Die Vergärung von organischen Haushaltsabfällen wird bis jetzt in der Bundesrepublik noch nicht großtechnisch betrieben. Untersuchungen werden bzw. wurden bisher in Versuchs- und Pilotanlagen durchgeführt:

1. Pilotanlage in Rottweil

2. Versuchsanlage der REA GmbH

org. Abfallstoffe	ges. Aufkommen [t/a]	org. Trockensub. [t/a]	erfasste Trockensub. [t/a]	Ausbeute Ncbm/kg oTS	Biogasmenge [Mio Ncbm]	Energiemenge [TJ]	spez. Energie des Biogases [MJ/Kg]
Siedlungsabf.	300000	151000	133000	0.3	34.0	800	6
Getreidestroh	3500	3290	3290	0.3	1.0	29	9
Tierexkremente	46740	4162	4162	0.2	0.8	20	5
Schlachthofabw.	145000	58000	58000	0.6	35.0	580	10
Summe	495240				70.8	1429	

Tab.: 25 Biogaserzeugung

Die folgenden organischen Abfälle eignen sich als Ausgangsstoff zur Biogasgewinnung:

- Stallmist
- Pflanzenabfälle
- kommunaler Müll
- Klärschlamm
- spez. Pflanzen und Algen.

Neben 300.000 t Naßmüll fallen jährlich noch in Berlin-West 3.500 t Getreidestroh, 46.740 t Tierexkremente und 145.000 t Schlachthofabwässer an (97). In der Tab.25 wird dargelegt, welche Biogasmenge aus den jährlich anfallenden organischen Feststoffen gewonnen werden kann.

Aus den rd. 500.000 t/a läßt sich eine Biogasmenge von ca. 72 Mio. cbm mit einem Energieinhalt von 1.400 TJ gewinnen.
Biogas kann in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Moderne BHKW`s erreichen heute einen elektrischen Wirkungsgrad von 40%. Die Biogasmenge aus den organischen Abfällen könnte nach eigenen Berechnungen eine Strommenge von rd. 160 GWh/a erzeugen. Dies entspricht ca. 5% der von den Berliner Haushalten verbrauchten Strommenge. Ausgehend von einer Vollbenutzungsdauer von rd. 6.000 h/a müßten hierfür BHKW`s mit einer elektrischen Gesamtkapazität von ca. 27 MW gebaut werden. Unter der Annahme, daß ca. 50% des Naßmülls kompostiert werden würde, verringert sich dementsprechend die Stromproduktion.
Die spezifischen Behandlungskosten bei Biogasanlagen liegen nach Herstellerangaben ohne Abzug der Erlöse bei maximal 80-100 DM pro Tonne.
Damit liegen diese Kosten deutlich - fast um den Faktor zwei - unter denen für die geplante Müllverbrennungsanlage.
Die Düngewirkung von Biodung liegt ca. 30% über der des herkömmlich aufbereiteten Stallmist. Biodung wird sehr schnell von den Pflanzen verwertet und bietet sich als Ersatz für den energieintensiven Kunstdünger an.

4.3 Zusammenfassung

Durch die flächendeckende getrennte Sammlung von organischen Abfällen und Wertstoffen und die Ausweitung des Recyclings können die Abfallmengen nach der Vermeidung weiter stark reduziert werden.
Bei einer Gesamt-Recyclingquote (Haushalt und Gewerbe) von 74% verringern sich die Siedlungsabfälle von ca. 1.200.000 t/a auf einen noch zu beseitigenden Rest von 314.000 t/a (s. Tab.28).

Fraktion im Hausmüll	[1000 t/a]	Erfassungs Quote in%	Erfassungs-Menge [1000 t/a]	Verwertungs-Quote in %	Recycling Menge [1000 t/a]	Recycling Quote [%]	Rest [1000 t/a]
Papier/Pappe	83.0	85	70.6	95	67.0	81	16.0
Glas	19.6	50	9.8	95	9.3	48	10.3
Fe-Metall	6.4	50	3.2	95	3.0	48	3.4
Ne-Metall	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.1
Getränkedosen	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Kunststoffe	8.9	0	0.0	0	0.0	0	8.9
Organik	182.2	85	154.9	100	154.9	85	27.3
Verpackungsverb.	0.9	0	0.0	0	0.0	0	0.9
Textilien	12.2	50	6.1	100	6.1	50	6.1
Materialverb.	14.4	0	0.0	0	0.0	0	14.4
Einwegwindeln	5.9	0	0.0	0	0.0	0	5.9
Problemabfälle	1.5	90	1.4	100	1.4	90	0.2
Feinmüll	49.1	10	4.9	100	4.9	10	44.2
Sperrmüll	20.8	100	20.8	50	10.4	50	10.4
Inertes	15.2	0	0.0	0	0.0	0	15.2
Summe	420.1	65	271.6	95	257.0	61	163.2
bish. Recycling							
Papier/Pappe	26.4				26.4		
Glas	11.3				11.3		
Kunststoffe	0.3				0.3		
Organik	26.7				26.7		
Textilien	2.5				2.5		
Summe	67.2				67.2		
Gesamtsumme	487.2				324.2	67	163.2

Tab.: 26 Hausmüll: Recyclingquoten bzw.-mengen

Fraktion im GewerbemÜll	[1000 t/a]	Erfassungs Quote in%	Erfassungs-Menge [1000 t/a]	Verwertungs-Quote in %	Recycling Menge [1000 t/a]	Recycling Quote [1000 t/a]	Rest [1000 t/a]
Papier/Pappe	115.2	100	115.2	90	103.7	90	11.5
Glas	8.5	80	6.8	75	5.1	60	3.4
Metall	7.2	100	7.2	90	6.5	90	0.7
Kunststoffe	9.7	0	0.0	0	0.0	0	9.7
Organik	57.8	85	49.1	100	49.1	85	8.7
SperrmÜll	25.0	100	25.0	50	12.5	50	12.5
HausmÜllartiges	34.9	60	20.9	80	16.8	48	18.1
Sonstiges	144.9	50	72.5	80	58.0	40	86.9
Summe	409.4	72	296.7	85	251.6	61	151.6
bish. Recycling							
Papier/Pappe	188.4				188.4		
Metall	92.0				92.0		
Kunststoffe	2.9				2.9		
Organik	30.0				30.0		
Summe	308.7				313.3		
Gesamtsumme	718.0				564.9	79	151.6

Tab.: 27 GewerbemÜll: Recyclingquoten bzw.-mengen

Siedlungsabfälle	[1000 t/a]	Recycling Menge [1000 t/a]	Recycling Quote [in %]	Rest [1000 t/a]
Hausmüll	487.1	324.0	67	163.1
Gewerbemüll	719.3	564.9	79	151.6
Summe	1206.4	888.9	74	314.7

Tab.: 28 Siedlungsabfälle 1984:
Recyclingquoten bzw -mengen

5. Reststoffbehandlung

Es werden in diesem Kapitel zwei Möglichkeiten zur Restmüllbeseitigung dargestellt.Da für die Müllpyrolyse noch keine umfassenden und detaillierten Daten über Umweltverträglichkeit, Störanfälligkeit, Verfügbakeit, Energiebilanz sowie Investitions- und Betriebskosten vorliegen ,findet die Müllpyrolyse bei dem Gutachten keine Berücksichtigung.

5.1 Restmüllbeseitigung durch Hochtemperaturverbrennung

Nach Vermeidung und Verwertung fallen jährlich noch ca. 320.000 t Restmüll an. Diese Reststoffe können nach dem derzeitigen Stand der Technik weder aufbereitet noch verwertet werden. Eine Möglichkeit, diesen Restmüll zu beseitigen, ist die Hochtemperaturverbrennung.

Die Anforderungen an diese Anlage müßten wie folgt aussehen:

1. Die Hochtemperaturverbrennung erfolgt bei einer Feuerraumtemperatur von 1.200 Grad Celsius und bei einer Verweilzeit von mehreren Sekunden.

Nach neuesten noch nicht veröffentlichten Untersuchungen des Ingenieurbüros Göpfert und Reimer zeigten Dioxinmessungen an bestehenden Müllverbrennungsanlagen, daß die Bildungsrate an organischen Substanzen, z.B. Dioxine und Furane, bei den dem Feuerungsraum nachgeschalteten Anlagenteilen z.B. Staubabscheider gering ist (98). Der größte Teil der Dioxine bildet sich nach diesen Untersuchungen in der Feuerung. Daher ist bei der Hochtemperaturverbrennung sicherzustellen, daß für einen hinreichend langen Zeitraum die Gesamtheit des brennenden Gases bei Temperaturen oberhalb von 1.200 Grad Celsius verweilt, und daß durch eine geeignete Feuerraumgeometrie, z.B. Gleichstrombrennkammer eine möglichst hohe Turbulenz erzielt wird. Diese Maßnahmen stellen nach der Firma Babcock sicher, daß die Vorläufersubstanzen, z.B. Chlorphenole und Chlorbenzole, die zur Dioxin- bzw. Furanbildung führen, völlig zerstört werden (99). Die Vielzahl organischer Stoffe wird dadurch in eine überschaubare Zahl anorganischer Stoffe (weniger als 100 Stoffe) überführt. Bei der Verbrennung des Restmülls können bei Luftverhältnissen von 1,8-2 Temperaturen über 1.200 Grad Celsius nur durch die Verbrennung von Zusatzbrennstoffen erreicht werden, da der Heizwert des Mülls zu gering ist.

Der Restmüll hat nach eigenen Berechnungen nur einen unteren Heizwert von ca. 6.800 KJ/kg Müll. Deshalb müssen, um die oben genannte Temperatur einhalten zu können, jährlich ca. 16 Mio.cbm Erdgas mit verbrannt werden.

Die anfallende Schlacke muß inert und weitestgehend umweltneutral sein.Die hohe Verbrennungstemperatur führt zu einer guten Einbindung der Salze und der auslaugbaren Schwermetalle innerhalb der Schlacke. Dies wird dadurch unterstützt, daß der pH-Wert im Naßentschlacker unter der Feuerung abgesenkt wird. Durch beide Maßnahmen wird die Schlacke nahezu völlig inertisiert. Auch nach Aussagen der Firma Steinmüller ist bei Feuerraumtemperaturen von 1.200 Grad Celsius die Mineralisierung der Rückstände gegeben (100). Die Schlacke muß so aufgearbeitet werden, damit sichergestellt ist, daß das Eluat der Schlacke den Anforderungen der Trinkwasserverordnung genügt.

2. Der zweite wichtige Reststoffstrom sind die Flugstäube, die im Staubfilter abgeschieden werden.
Der Gehalt an löslichen Schadstoffen in der Flugasche einer Müllverbrennungsanlage ist in der Tabelle 16 dargestellt.
Der Kontakt der Flugasche mit sauren Niederschlägen, der auf einer Deponie zum Herauswaschen z.B. der Schwermetalle führt, wird "technisch vorverlegt" und schon bei der Müllverbrennungsanlage durchgeführt. Die Flugasche wird mit der sauren Waschlösung aus der Rauchgaswäsche ausgelaugt. Die im Waschwasser gelösten Säurebildner z.B. Salzsäure werden dann der Flugasche einen Teil der Schwermetalle entziehen, und die umweltrelevanten Stoffe chemisch fixieren. Zurück bleibt ein metallinertes Material, das in die Feuerung zurückgeführt und in die Schlacke eingebunden wird.
Die anfallenden Flugstäube dieser Müllverbrennungsanlage können auch in einem Kraftwerk mit flüssigem Schlackeabzug eingesetzt und dort in die Schmelzkammern zurückgeführt werden.

Durch diese Maßnahmen ist gewährleistet, daß die eventuell noch vorhandenen organischen Schadstoffe völlig zerstört werden und die anorganischen Stoffe in die Schlacke eingebunden werden.

3. Die Rauchgase werden nach dem modernsten Stand der Technik der Rauchgasreinigung gereinigt. Zudem wird der Restmüll durch die Vermeidung bzw. Recyclingmaßnahmen stark entgiftet. So werden die Problemabfälle gesammelt und die Kunststoffe, die z.B. hohe Salzsäureemissionen verursachen, größtenteils vermieden.

Daher ist es technisch möglich, die folgenden Emissionsgrenzwerte einzuhalten:

Schwefeldioxyd:	10,0 mg/cbm
Salzsäure:	5,0 mg/cmb
Fluorwasserstoff:	0,5 mg/cbm
Stickoxyde:	50,0 mg/cbm
Staub:	1,0 mg/cbm
Kohlenmonoxyd:	50,0 mg/cbm
Schwermet.(Kl.1-3):	0,1 mg/cbm
krebserr. Stoffe (Kl.1-3):	0,1 mg/cbm

4. Die Rauchgaswaschwässer werden gemeinsam mit dem Schlackewasser bzw. ggf. mit dem Flugstaubwaschwasser eingedampft. Die dabei anfallenden Salze werden unter Tage in der Bundesrepublik Deutschland deponiert.

Bei der Hochtemperaturverbrennungsanlage mit einer Durchsatzkapazität von ca. 320.000 t Müll fallen jährlich ca. 104.000 t Schlacke, die überall ohne bauliche Maßnahmen abgelagert bzw. wiederverwertet werden können, und ca. 6.300 t Salze an. Demnach bleibt von dem jährlich anfallenden Restmüll nur ca. 2% übrig, der deponiert werden muß.

Hinzu kommen die Emissionen der Müllverbrennungsanlage. Diese betragen jährlich bei den obengenannten Grenzwerten:

Schwefeldioxyd	17,60 t
Salzsäure	8,80 t
Fluorwasserstoff	0,80 t
Stickoxyde	88,00 t
Staub	1,70 t
Kohlenmonoxyd	88,00 t
Schwermetalle	0,17 t
Krebserregende Stoffe	0,17 t

Zudem entsteht bei der Hochtemperaturverbrennung Dampf, der zur Strom- und Fernwärmeversorgung genutzt werden kann. Aus dem Dampf kann nach eigenen Berechnungen bei alleiniger Stromproduktion der Müllverbrennungsanlage jährlich eine Strommenge von ca. 160 GWh produziert werden, die in das BEWAG-Netz eingespeist werden könnte. Für die Erzeugung der gleichen Dampfmenge wäre eine Verfeuerung von mehr als 70.000 t Steinkohle jährlich nötig.

Die Investitionskosten bzw. die spezifischen Verbrennungskosten pro Tonne Müll sind der Tabelle 29 zu entnehmen. Die Investitionskosten werden sich im Vergleich zu heute im Bau befindlichen Müllverbrennungsanlagen durch Maßnahmen wie Entstickungsanlage, Hochtemperaturverbrennung usw. um etwa 15% verteuern. Die Investitionskosten werden sich demnach auf rund 240 Mio. DM belaufen. Die laufenden Kosten werden jährlich rund 54 Mio. DM bzw. 171,-- DM pro Tonne Müll betragen. Hinzu kommen noch spezifische Kosten in Höhe von mehr als 50,-- DM pro Tonne Müll für die Erdgasstützfeuerung. Abzüglich der Erlöse für den Dampf betragen die spezifischen Entsorgungskosten für die Hochtemperaturverbrennungsanlage rund 184,-- DM pro Tonne Müll.

Investitionskosten	[Mio DM]		241
	a) Baukosten	96	
	b) Maschinen und Elektro	145	
Laufende Kosten	[Mio DM/a]		
	a) Kapitaldienst 13%	32	32
	b) Betriebskosten Personal, Energie Wasser, Chemikalien, Sonstige	12	
	Schlackeabfuhr 60-70 DM/t	7	
	Ablagerungen Salze 500 DM/t	3	23
	Summe [Mio DM/a]		54
	Kosten [DM/t]		171
	Kosten Stützfeuerung 1200 C° 32 Mio. cbm/a Erdgas [DM/t]		51
	Erlöse Dampf [DM/t]		-38
	Kosten [DM/t]		184

Tab.: 29 Kostenrechnung der Hochtemperatur-Müllverbrennungsanlage

5.2 Restmüllbeseitigung durch Deponierung

Neben der Hochtemperaturverbrennungsanlage in Berlin-West bietet sich die Deponierung des Restmülls in der DDR an.Allerdings sind für diesen Standort neue Verträge und Bedingungen nötig, um eine möglichst ungefährliche Deponie für die Umwelt und den Menschen zu garantieren.
Trotz möglicher Schwierigkeiten zwischen der DDR und Berlin-West hinsichtlich Einflußnahme auf bauliche Maßnahmen und die Kontrolle der Deponie, sowohl während der Errichtung als auch später im Betrieb der Deponie, kann die Entscheidung auch zugunsten einer Deponie fallen. Abgesehen von der Tatsache, daß eine Deponie langfristig aus Mangel an Fläche immer ein Argument für Abfallvermeidung sein wird, bedeutet die Verbrennung, auch eine Hochtemperaturverbrennung, eine weiträumige Verteilung der Schadstoffe aus der Verbrennung in Boden, Wasser und Luft. Zusätzlich bleibt auch hier die Verbringung der stark belasteten Verbrennungsrückstände ein Problem. Sie müssen ebenso wie die Salzrückstände aus dem Sikkerwasser unterirdisch endgelagert werden.

5.2.1 Standort

Der exakte Standort der Deponie ist mit der DDR auszuhandeln. Grundsätzlich ist darauf zu achten, daß die Auswahl unter geologischen und hydrogeologischen Gesichtspunkten erfolgen muß. Zu bevorzugen sind Standorte mit einer natürlich anstehenden tonigen Schicht. Ist dies nicht gegeben, sollte sie künstlich eingebaut werden. Der Durchlässigkeitsbeiwert für Flüssigkeiten darf $k=1x10(-10)m/s$ nicht überschreiten.
Die Nähe zu oder gar der Einbau in das Grundwasser ist auszuschließen. Im Falle eines nahegelegenen Trinkwasserreservoirs ist ebenso zu verfahren.
Weiterhin ist darauf zu achten, daß angrenzende Wohngebiete weder durch Transportlärm noch durch andere Emissionen belästigt werden können. Insofern wird ein Mindestabstand zu Siedlungen von mindestens 1 km empfohlen.

5.2.2 Deponiesicherheit

<u>Einbau</u>

Voraussetzung für die Errichtung der Deponie ist, daß sie zum Zeitpunkt des Baus dem Stand der Technik entsprechen muß.
Nach der Anlieferung des Mülls, sollte er vor dem Einbau einer Analyse im Labor unterzogen werden. Die Einbaustellen sind zu dokumentieren und registrieren. Einzulagernde Stoffe sollen möglichst stichfest und inert sein, um Reaktionen im Müllkörper in Grenzen zu halten. Ebenso ist die Verdichtung des Mülls unumgänglich, um das Setzungsverhalten des Mülls einzuschränken.

<u>Dichtungssysteme</u>

Bedingung ist hier die doppelte Abdichtung mit Kunststoffolien nach allen Seiten der Deponie gegen möglichen Sickerwasseraustritt. Einen zusätzlichen Schutz bietet die unter der Deponie natürlich vorkommende oder eingebrachte Lehmdichtung.

Unter dem Müllkörper sollten 2-3 Filterschichten, die gleichzeitig zur Drainage dienen, verlaufen. Sie sind zwischen den Foliendichtungen einzubauen, so daß die dritte Filterschicht auf der Lehmsohle aufliegt.
In den Filterschichten verlaufen Drainagerohre für austretendes Sickerwasser, die in Sammeltanks münden. Desweiteren sind sie über ein Fernüberwachunssystem mit einem Kontrollsystem in der Warte auf dem Deponiegelände angeschlossen. Somit können der Sickerwasseraustritt und Leckagen der Folien frühzeitig erkannt werden. (101)
Die Analyse der austretenden Sickerwasser und des Grundwassers ist in regelmäßigen Abständen auszuführen. Die Sickerwasser werden anschließend eingedampft und die Salzrückstände in der Unter-Tage-Deponie Herfa-Neurode endgelagert.

Abdeckung

Der Eintritt von Niederschlägen in den Deponiekörper ist unter allen Umständen zu vermeiden. Schon beim Einbau des Mülls ist auf eine Oberflächenabdeckung zu achten. Ebenso wichtig ist der Bau von seitlichen Hanggräben wie auch die seitliche Abflachung der Deponie zur Erfassung von Oberflächenwasser.

Entgasungssystem

Die organischen Bestandteile des Restmülls führen unter anaeroben Verhältnisssen erfahrungsgemäß zur Bildung von Deponiegas. Um die Gase nicht wahllos austreten zu lassen, sind im Müllkörper in vertikaler Richtung Drainagerohre zu verlegen, in denen sich das Gas sammeln kann. (102) An geeigneter Stelle wird es abgezapft und einer Verwertung zugeführt. Hierfür bieten sich zwei Möglichkeiten an:
a) Abfackeln des Gases an Ort und Stelle
b) Thermische Nutzung zur Eindampfung des Sickerwassers.
Da es sich bei Deponiegas um eine Energieform handelt, sollte Möglichkeit b) bevorzugt werden.

Nach der Reinigung des Gases von Schadstoffen wird es in einem Blockheizkraftwerk zur Energiegewinnung genutzt.
Die Abwärme wird über Wärmetauscher zum Eindampfen der Sickerwasser genutzt. (103)

Kontrollierbarkeit

Die Kontrolle der Planung des Baus sowie des späteren Betriebes der Deponie obliegt sowohl westlicher wie auch östlicher Autorität gleichermaßen.
Die eingebauten Kontrollsysteme in den Filterschichten müssen austauschbar und reparierbar sein. Als Folge dessen muß die Deponie untergehbar und reparierbar sein, um mögliche Leckagen beheben zu können. (101) Mit diesen ist im Laufe der Betriebszeit immer zu rechnen. Über Langzeitversuche mit Kunststoffolien liegen noch keine Ergebnisse vor. So ist auch ihr Verhalten gegenüber agressiven Substanzen noch unbekannt.
Aus diesem Grund ist die Möglichkeit der Kontrollierbarkeit in der Deponietechnik ein wesentlicher Gesichtspunkt.

III. BEWERTUNG DER KONZEPTE

1. Betriebswirtschaftliche Kosten

Die Gesamtkosten eines Abfallwirtschaftskonzeptes setzen sich aus den Teilkosten der Bereiche Altstoff- bzw. Restmüllsammlung, Transport, Altstoffsortierung, -aufbereitung und -verwertung und Restmüllbehandlung zusammen.
Auf die Kostenermittlung der Kompostierung bzw. Biogasgewinnung sowie Deponierung und Verbrennung wurde in den jeweiligen Kapiteln eingegangen und wird hier deshalb nicht erläutert.
Zur genauen Beurteilung der entstehenden Kosten des Sammelsystems ist die Kenntnis einer Vielzahl von Größen notwendig. Einige der wichtigsten sind:

- benötigte Behälter, Fahrzeuge, Personal
- Abfuhrfrequenz von Naß-, Alt- und Reststoffen
- benutztes Behältersystem
- Entleerungs-, Ladungs- und Transportzeiten
- Transportwege
- Befüllungsgrad und Dichte der Stoffe
- entsprechende Vergleichswerte für die momentane Abfall- bzw. Wertstoffsammlung

Die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Versuchen zur getrennten Sammlung von Wertstoffen aus Haushalten ist meist nicht gegeben, da sich die unterschiedlichen Rand- und Ausgangsbedingungen sehr stark auf die Kostensituation auswirken.
Es wird hier nur die Behälterabfuhr aus Haushaltungen bewertet. Der entsprechende momentane Wert errechnet sich aus den Sammlungs-Transport- und Behandlungskosten bezogen auf die Menge aus Haushaltungen:

	(t/a)	(kg/E.a.)
Restmüll	564.000	290
bish. Recycl.	108.000	60
Summe	672.200	350

Die Kosten der einzelnen Bereiche sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 30: Kosten der Müllbeseitigung

	(DM/t)	(DM/E.a.)
Restmülltransport BSR	200	60
Wertstofftr. Basis RGR 150-200 DM/t	180	10
Restmüllbehandlung (40% MVA 56 DM/t, 60% Dep. 96 DM/t)	86	20
Summe momentane Kosten		90

Die Kosten der geplanten neuen MVA liegen bei ca. 130,-- DM/t. Da die alte MVA in Ruhleben weiter in Betrieb bleiben soll (Kosten: 95,-- DM/t nach Einbau der Rauchgasreinigungsanlage) ergibt sich ein Mischpreis für die Abfallbehandlung von 115,-- DM/t bzw. 35,-- DM/E.a.

Daraus lassen sich Kosten für das Senatskonzept in Höhe von 105 DM/E.a errechnen.Dies entspricht einer Kostensteigerung zum momentanen Stand von ca. 10%.

Nach dem alternativen Müllkonzept sollen in Zukunft bis zu drei verschiedene Tonnen abgefahren werden. Zur Zeit wird jeder Behälterstandort durchschnittlich zweimal die Woche angefahren. Da jeder der neuen Behälter getrennt abgefahren werden soll, muß jeder Standort durchschnittlich dreimal in der Woche bedient werden. Die pro Behälter und Leerung abgefahrene Menge hat nur wenig Einfluß auf die insgesamt benötigte Sammelzeit (104). Dies bedeutet, daß im ungünstigen Fall, die 1 1/2 fache Tourenzahl pro Jahr gefahren werden muß. Dies bedeutet, nach oben hin geschätzt, eine Erhöhung der Sammel- und Transportkosten bezogen auf den Einwohner von 1,5. Bezogen auf die abgefahrene Menge erhöht sich der Preis um mehr als das, da die absolute Menge durch Abfallvermeidung geringer wird. (Voraussetzung ist eine Anpassung der Behälter und Fahrzeuggrößen an den Anfall der einzelnen Fraktionen). Bei momentanen Kosten von 60,-- DM/E.a. für Sammlung und Transport müssen also 90,-- DM/E.a. angesetzt werden.
Die Aufbereitung von Material aus einer Einstofftonne ist nicht so kostenintensiv, da eine aufwendige Sortierung nicht notwendig ist. Um mit der Abschätzung auf der sicheren Seite zu bleiben, werden nur Erlöse in Höhe der Kosten zur Aufbereitung der Wertstoffe angenommen.

Die Unterdeckung aus der Biogas - bzw. Kompostproduktion beträgt ca. 100,-- DM/t. Eine Hochtemperaturverbrennung sowie - mangels konkreter Werte - auch eine Sicherheitsdeponie werden mit 180,-- DM/t angesetzt.
Zusammenfassend ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 31: Kosten des alternativen Abfallkonzepts

	(DM/t)	(kg/E.a.)	(DM/E.a.)
Sammlung u. Transport	360	250	90
Deponie bzw. Verbrennung	180	80	15
Biogas bzw. Kompostierung	100	90	10
Summe des alternativen Konzeptes			115

Im Vergleich mit dem Senatskonzept ergibt sich eine Kostensteigerung von ca. 10%. Dies relativiert sich jedoch erheblich, wenn für die Wertstoffe höhere Erlöse angesetzt werden und wenn vor allem für Kompost ein Verkaufspreis erreicht wird. Durch Einführung der Eigenkompostierung kann darüberhinaus eine erhebliche Kostensenkung bei Sammlung und Transport des Naßmülls erreicht werden.

2. Volkswirtschaftliche Kosten- bzw. Arbeitsplatzbilanz

Eine neuere Untersuchung zu den verschiedenen Getränkeverpackungen beschäftigt sich unter anderem mit den Konsequenzen eines bundesweiten Verbots von Einweggetränkeverpackungen für die Beschäftigung in der Bundesrepublik (67).

Bei Herstellern und Abfüllern ergeben sich bei Berücksichtigung der arbeitsintensiven Mehrwegabfüllung einerseits und unterstellten Arbeitsplatzeinbußen durch das Einwegverbot andererseits ein bilanzierter Arbeitsplatzverlust von ca. 5.000-10.000 Beschäftigten. Hinzu kommen Verluste bei der wenig arbeitsintensiven Verpackungsindustrie in der Größenordnung von ca. 5.000. Berücksichtigt man den zusätzlichen Arbeitskräftebedarf im Handel durch z.B. die Leergutmanipulation von 5.000-10.000 Personen, so ergibt sich - auf die gesamte Bundesrepublik bezogen - ein Arbeitsplatzverlust von ca. 5.000 Beschäftigten.
Überträgt man diese Zahlen auf Berlin-West, so ergeben sich Arbeitsplatzverluste von einigen Hundert für den Getränkebereich. Fügt man dem noch die Bereiche Obst und Gemüse und Milchprodukte hinzu, wo bisher im wesentlichen Konservendosen und Kunststoffverpackungen eingesetzt wurden, so fällt die Bilanz positiv aus. So ist bspw. der Loseverkauf relativ arbeitsintensiv.
Bei der Bilanzierung des Arbeitskräftebedarfs des gesamten alternativen Abfallkonzepts müssen zusätzlich zu den Abfallvermeidungswirkungen noch die Arbeitsplätze durch die erweiterte Getrenntsammlung berücksichtigt werden.
Darüberhinaus werden allein für die kiezbezogene Abfallberatung ca. 200 Personen benötigt.
Bei den Kosten ergibt sich laut der genannten Untersuchung bei den Getränkeverpackungen - bezogen auf die rein betriebswirtschaftliche Ebene (interne Kosten) - für einen Liter Packgut(Produkt) bei durchschnittlichen Einweg- /Mehrwegverpackungen ein Verhältnis von 1:1 bis 2:1. In dieser Durchschnittsangabe sind so unterschiedliche Dinge wie die verschiedenen Packgüter und bspw. verschiedene Einwegpackstoffe berücksichtigt. Darüberhinaus sind unterschiedliche zu verpackende Mengen eingerechnet, wobei mit steigenden Mengeneinheiten der Kostenvorteil des Mehrwegsystems zunimmt. Die Handling- und Raumkosten des Handels durch das Mehrwegsystem sind ebenfalls enthalten. Allein bezüglich der bei verschiedenen Betrieben entstehenden internen Kosten schneidet im Getränkebereich das Mehrwegsystem im Durchschnitt besser ab.
Zu einer volkswirtschaftlichen Betrachtung gehören jedoch auch die externen Kosten, die als Folge betrieblicher Aktivitäten mittelbar entstehen. Hier sind es vor allem der zu bewertende Verbrauch von Umweltmedien.
Bei den Abfallbeseitigungskosten ergibt sich - bezogen auf einen Liter - ein Verhältnis von ca. 30:1 zugunsten des Mehrwegsystems. Wegen der schwierigen Zurechenbarkeit ist eine Quantifizierung der sonstigen externen Kosten kaum möglich. Die Untersuchungen zu Öko- und Energiebilanzen sprechen jedoch eindeutig gegen die verschiedenen Einwegsysteme. Auch unter volkswirtschaftlichen Kostenaspekten sollte man die Einwegverpackungen - zumindestens im Getränkebereich - weitestgehend zurücknehmen. Langfristig liegen die externen Kosten eines Einwegsystems über den betriebswirtschaftlichen Kosten.
Diese Tatsache läßt auch die zusätzlich entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten, die bei der Realisierung des alternativen Abfallkonzepts in Berlin-West (s.o.) und vor allem durch die erweiterte Getrenntsammlung und die Abfallberatung entstehen würden, als unerheblich erscheinen.
Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß eine volkswirtschaftliche Kosten- bzw. Arbeitsplatzbilanz bei der Gegenüberstellung des Senatskonzepts und des alternativen Abfallkonzepts mit Sicherheit für letzteres spricht.

3. Energie

Die Energiebilanz des geplanten Senatskonzeptes und des alternatives Abfallkonzeptes ist der Tabelle 32 zu entnehmen.

Tabelle 32: Energiebilanz

Vermeidungsmengen

Fraktion	HM (1000t/a)	GM (1000t/a)	Summe (1000t/a)	Energieeinsparung (GJ/t)	Summe (TJ/a)
Pappe/Papier	27.3	-50.4	-23.1	20.0	-462
Kunststoffe	21.4	29.1	50.5	200.0	10.100
Glas	92.4	5.6	98.0	12.0	1.176
Metalle	9.6	3.9	13.5	15.0	203
Aluminium	2.0	0.0	2.0	173.0	346
Summe					11.363

Recyclingmengen

Pappe/Papier	93.4	292.1	385.5	5.0	1.928
Glas	20.6	5.1	25.7	4.5	116
Metall	3.0	98.5	101.5	6.9	700
Summe					2.744
Einsparung durch Vermeidung und Recycling					14.106

Einsparung Senatskonzept

Recycling	2000 (TJ/a)	
Verbrennung	8500 (TJ/a)	10.500
	Differenz	3.606
Energie aus Biogas		1.430
Energie aus MVA abz. Stützfeuerung		1.100
	Differenz	6.136

Um die Summe der Energieeinsparung durch Vermeidungsmaßnahmen abschätzen zu können, wurden die einzelnen Vermeidungsmengen mit der zur Produktion spezifischen Energiemenge bewertet. Demnach ergibt sich allein durch die Müllvermeidung eine Energieeinsparung von ca. 11.000 Terajoule (TJ) pro Jahr. Bei der Wiederverwertung von Altstoffen ergeben sich Energieeinsparungen pro Tonne Wertstoff von (105):

Papier: 5,0 Gigajoule
Glas: 4,5 Gigajoule
Metall: 6,9 Gigajoule

Es ergibt sich demnach insgesamt ein Energiegewinn von rund 2.700 TJ pro Jahr. Die Summe beträgt demzufolge ca. 14.000 TJ pro Jahr. Die Energieeinsparungspotentiale, die sich durch Vermeidung und Recycling der Stoffe, die in der Fraktion "Sonstiges" vor allem im Gewerbemüll zusammengefaßt werden, können nicht quantifiziert werden. Die oben angegebenen Energiemengen stellen deshalb eine untere Abschätzung dar. Jährlich fallen in Berlin-West rund 500.000 t organische Abfallstoffe an, davon 300.000 t Naßmüll. Durch die Vergasung der organischen Abfallstoffe in Biogasanlagen ließe sich eine Energiemenge von mehr als 1.400 Terrajoule gewinnen. Pro

Tonne Kompost wird von Koch und Seeberger eine Energieeinsparung von 1,5 Gigajoule angegeben. Je nachdem, ob eine alleinige Kompostierung der Naßmüllfraktion bzw. eine anschließende Kompostierung der Rückstände aus der Biogaserzeugung vorgenommen wird, ließe sich zusätzlich Energie in Höhe von 150 bis 180 TJ pro Jahr gewinnen. Überschlagsmäßig entsprechen diese Energiemengen denen für die Müllaufbereitung. Jährlich fallen bei dem alternativen Abfallkonzept noch 315.000 t Restmüll an. Der Restmüll hat nach eigenen Berechnungen noch einen unteren Heizwert von ca. 6,8 Gigajoule pro Tonne Müll. Dies entspricht einer jährlichen Energie von 2.100 TJ. Würde man nun diesen Restmüll in einer Hochtemperaturverbrennungsanlage bei Mindesttemperaturen von 1.200 Grad Celsius verbrennen, müßten dafür jährlich 32 Mio. cbm Erdgas, dies entspricht einer Energie von 1.000 TJ, mitverfeuert werden. Nach Abzug der vernichteten Erdgasenergiemenge errechnet sich also ein Plus von rund 1.100 TJ pro Jahr. Bei dem alternativen Abfallkonzept ergibt sich insgesamt durch Vermeidung, Recycling und Restmüllverbrennung ein Energiegewinn von 16.600 TJ pro Jahr. Nach dem Senatskonzept werden jährlich 400.000 t Wertstoffe recycelt und 1 Mio.t Müll verbrannt. Es ergeben sich dadurch Einsparungen von 2.000 TJ bzw. 8.500 TJ; zusammen also rund 10.500 TJ pro Jahr.

Vergleicht man beide Konzepte miteinander, so ergibt sich ein Plus von ca. 6.100 TJ pro Jahr für das alternative Abfallkonzept. Dies entspricht einer Heizölmenge von rund 150 Mio. Liter. Diese Energiemenge würde ausreichen, ca. 41.000 Einfamilienhäuser jährlich zu beheizen. Diese Heizölmenge entspricht bei einem derzeitigen Preis von 0,40 DM pro Liter einem Marktwert von rund 60 Mio. DM jährlich. Für 20 Jahre hochgerechnet bedeutet dies eine Energievernichtung beim Senatskonzept von ca. 3 Mrd. Liter Heizöl bzw. von ca. 1,2 Mrd. DM.

4. Abschließende Bewertung

Im Abfallwirtschaftsprogramm Berlin-West von 1984 wird die Abfallvermeidung und Abfallverringerung als abfallpolitisch vorrangiges Ziel vor der Verwertung von schadloser Beseitigung vom Senat propagiert. Da bewußt auf bindende rechtliche Eingriffsmöglichkeiten verzichtet wurde, bleiben die im Abfallwirtschaftsprogramm genannten Maßnahmen auf der Ebene von Absichtserklärungen, und ihre Verwirklichung liegt im freien Ermessen der Wirtschaft. Das betriebswirtschaftliche Interesse an Umsatzerhöhung und Personalkostensenkung steht jedoch einer Abfallvermeidung entgegen.
So ist aufgrund fehlender Eingriffe des Senates z.B. der Einweganteil an den Getränkeverpackungen in Berlin-West auf Kosten des Mehrweganteils gestiegen. Darüberhinaus wurde sogar die Ansiedlung einer der größten Getränkeeinwegdosenhersteller - die Firma PLM/Ball - vom Senat subventioniert.
Auch bei der stofflichen Verwertung bleibt es bei Absichtserklärungen. Stattdessen plant der Senat bis zum Ablauf des Müllverbringungsvertrages eine neue MVA mit einer Durchsatzkapazität von 600.000 t/a zu errichten. Damit wächst die Verbrennungskapazität in Berlin-West auf ca. 1 Mio.t Siedlungsabfälle pro Jahr.

Die politische Gleichsetzung von thermischer und stofflicher Nutzung unter Energiegesichtspunkten ist wissenschaftlich nicht haltbar, da die alleinige Verbrennung von Müll auch in Heizkraftwerken einer riesigen Energievernichtung gleichkommt.

Es wurde gezeigt, daß die Abfallvermeidung und die stoffliche Nutzung von Wertstoffen im Vergleich zu einer Verbrennung eine große Energieeinsparung bedeutet.

Beim Vergleich beider Konzepte ergibt sich deshalb eine jährliche Primärenergieeinsparung von 6.100 TJ für das alternative Abfallkonzept. Diese Energiemenge würde ausreichen, jährlich rund 41.000 Einfamilienhäuser zu beheizen.Bei Realisierung des Senatskonzepts würde dagegen diese Energiemenge vernichtet werden.
Durch den Bau und Betrieb der geplanten MVA werden sehr hohe Investitionsmittel notwendig sein, die in den darauffolgenden Jahren festgelegt wären, und einer Neuorientierung hin zu einem umweltverträglichen Abfallkonzept nicht zur Verfügung stünden. Darüberhinaus würde der Senat nach Inbetriebnahme der neuen MVA keinerlei Anstrengung zur Abfallvermeidung bzw. für das Recycling unternehmen, um die Wirtschaftlichkeit dieser Anlage nicht durch eine Verringerung der anfallenden Müllmenge bzw. des Müllheizwertes zu gefährden.Dies bedeutet eine große Inflexibilität, auf Veränderungen bei den Erfordernissen der Abfallpolitik reagieren zu können.

Das Senatskonzept ist sehr kosten- aber wenig arbeitsintensiv. Bei Berücksichtigung der Arbeitsplatzgewinne durch arbeitsintensiven Loseverkauf, dem zusätzlichen Recycling und der konsequenten Abfallberatung, fällt die Arbeitsplatzbilanz, trotz Beschäftigungsverlusten z.B. im Getränkeeinwegverpackungsbereich, positiv aus.

Beim Vergleich beider Konzepte ergibt sich bei dem alternativen Konzept, unter Zugrundelegung eines konservativen Ansatzes eine Müllgebührensteigerung von ca. 10%. Dies relativiert sich jedoch erheblich, wenn für die Wertstoffe - heute durchaus erreichbare - höhere Erlöse angesetzt werden.Zudem kann festgestellt werden, daß der Marktwert der jährlich durch das alternative Konzept eingesparten Energiemenge bei weitem die jährlichen Mehrkosten übertrifft. Zudem wird die Deponierung des jährlich anfallenden Bauschutts mit 50 Mio. DM subventioniert. Da ist es nicht verwunderlich, daß nur 7% davon einer Wiederverwertung zugeführt werden. Nach Angaben in (7, 8) liegt die mögliche Verwertungsquote bei über 50%. Durch den Wegfall der Subvention ließen sich hiermit die jährlichen Mehrkosten des alternativen Konzepts abdecken.
Sowohl die betriebswirtschaftliche als auch die volkswirtschaftliche Kostenbilanz fällt, z.B. für die Getränkemehrwegsysteme, eindeutig positiv aus.

Bei der Verbrennung von einer Mio. t Siedlungsabfällen würden trotz Rauchgasreinigung z.B. 1.650 t Stickoxide und 330 t Schwefeloxide emittiert werden und zu einer Mehrbelastung der ohnehin schon kritischen Berliner Luft führen. Diese Schadstoffemissionen ließen sich beim alternativen Konzept weitestgehend vermeiden.

Ein Vergleich beider Konzepte ergibt, daß das alternative Abfallkonzept eindeutige Vorteile aufweist:

- Müllreduzierung
- Energieeinsparung
- Schadstoffreduktion
- volkswirtschaftliche Kostenvorteile
- positive Arbeitsplatzbilanz
- Rohstoffrückführung
- Flexibilität

Daher ist es geboten, daß der Senat von seiner bisherigen Abfallpolitik Abstand nimmt und eine Neuorientierung hin zu einem umweltverträglicheren, sinnvolleren Abfallkonzept durchführt.

IV. DURCHSETZUNGSMÖGLICHKEITEN AUF LANDESEBENE BIS 1995

IV. Durchsetzungsmöglichkeiten auf Landesebene bis 1995

Der Senat ist aufgefordert bis zum 31.6.1987 sein Abfallwirtschaftskonzept für die Zeit nach 1994 dem Abgeordnetenhaus darzustellen. Dies bedeutet, daß eine Entscheidung für eine zusätzliche MVA mit einer Durchsatzkapazität von 600.000 t/a in den nächsten beiden Jahren gefällt wird.
Entscheidend ist hierbei, inwieweit sich die oben dargestellten Vermeidungs- und Recyclingpotentiale kurzfristig verwirklichen lassen.
Bedingt durch die weitgehende Kompetenz des Bundes in der Abfallgesetzgebung sind die Handlungsmöglichkeiten des Landes Berlin eingeschränkt. Gerade der zur Abfallvermeidung wichtige §14 AbfG kann auf Landesebene keine Anwendung finden.
Ohne auf eine Neuorientierung der Abfallpolitik in Bonn zu warten, bleiben dem Land Berlin dennoch genug Handlungsbereiche um Alternativen zum Neubau einer MVA zu verwirklichen.

1. Der öffentliche Dienst

Hierunter fallen Maßnahmen wie die vollständige Umstellung des Beschaffungswesens des Landes auf Mehrwegprodukte, bzw. wiederverwendbare oder wiederverwertbare Güter, die Umstellung der Kantinen, Museen, Cafeterien und sonstigen Einrichtungen weg von Einweg- und Kleinverpackungen hin zu Mehrweg- und Großpackungen.
In diesem Zusammenhang sei auf die Verwaltungsvorschriften der Ministerien des Landes Baden-Württemberg über die Berücksichtigung umweltfreundlicher Produkte bei Ausschreibung und freihändiger Vergabe oder die Richtlinien der Bayerischen Staatsregierung über die Beschaffung umweltfreundlicher Güter hingewiesen.
Exakte Zahlen, wie groß der Anteil des öffentlichen Dienstes am Müllaufkommen in Berlin ist, liegen nicht vor. Hier kann nur eine Abschätzung gegeben werden.Eine prozentuale Verteilung der Gewerbeabfälle auf verschiedene Branchen findet sich in (12).
Die Sparte Verwaltungen/Dienstleistungen beträgt hier einen Anteil von ca. 20% am Gesamtgewerbemüllaufkommen. An der Zahl der Beschäftigten gemessen macht der öffentliche Dienst ca. 60% dieser Sparte aus. Der Anteil des Abfallaufkommens am Gewerbemüll dürfte demnach in der Größenordnung um 10% liegen. Hinzu kommen noch Schulen und Hochschulen mit einem Anteil von ca. 5%. Bewertet mit oben ermittelter Vermeidungsquote (20%) ergibt dies eine Verringerung um ca. 5%, bezogen auf den Gesamt-Gewerbemüll.

2. Maßnahmen im Bereich der Wirtschaftsförderung

Ein Schwerpunkt muß die Änderung der Gewerbeansiedlungspolitik zugunsten abfallarmer Produktion sein.
In Berlin-West existiert ein umfangreiches Instrumentarium zur Wirtschaftsförderung. Das Berlinförderungsgesetz sieht steuerliche Maßnahmen zugunsten der Berliner Wirtschaft vor, um eventuelle Standortnachteile auszugleichen, wie z.B. Abschreibungsvergünstigungen, Investitionszulagen, Ermäßigung der Körperschafts- und Einkommensteuer, Kredite zu Sondervergünstigungen, Umsatzsteuerpräferenzen beim Absatz Berliner Waren und Dienstleistungen in die Bundesrepublik Deutschland.
Die Inanspruchnahme der Fördermittel erfolgte bislang aus rein formalen Gesichtspunkten. Dies muß in eine Überprüfung der Sinnhaftigkeit des Fördertatbestandes, unter Einbeziehung der Abfallproblematik, umgeändert werden.

Die bisherige Handhabung der Berlinförderung zeigt nicht nur keine positive Wirkung auf das Abfallaufkommen der Stadt. Die spezielle Ausgestaltung der Umsatzsteuerpräferenz z.B. bewirkt eine größere Subventionierung von Produktionsprozessen mit niedrigerer Wertschöpfungsquote. (106) Dadurch werden typische Einweg-Massenprodukte verstärkt gefördert (siehe PLM/Ball, Tetrapak). Dies macht sich auch in dem um fast 80% erhöhten Einwegverpackungsanteil, hier, im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt deutlich.
Recyclingaktivitäten müssen mehr gefördert werden.
Als gängiges steuerliches Instrument gilt die Gestaltung der Gewerbesteuerhebesätze. Zu überprüfen wäre, ob eine Variation dieser Sätze, je nach Engagement des Unternehmens zur Abfallvermeidung, bzw. -wiederverwendung, rechtlich zulässig ist.
Ein weiteres Instrument ist die Ausweisung neuer bzw. Wiederherrichtung alter Gewerbeflächen. Durch eine bewußte Grundstückspolitik können Unternehmungen gefördert werden, die bestimmten Umweltstandards entsprechen.

Im Rahmen der Altanlagensanierung ist verstärkt der §5 Abs.3 BImSchG zu berücksichtigen.Weitere Maßnahmen sind: Förderungen zur Einführung von Kreislaufproduktion, Investitionszulagen für die Umstellung von Einweg- auf Mehrwegabfüllungen, Aufnahme des Aspektes der Abfallvermeidung in Betriebsberatungen.
Eine Einflußnahme des Landes auf bereits bestehende Unternehmungen wird aufgrund des Bestandsschutzes als gering eingeschätzt. Maßnahmen zur Strukturverbesserung greifen nur langsam. Eine Verminderung der Abfallmengen bis 1995 wird deshalb alleine durch diese Maßnahmen nicht mehr als 1-2% ausmachen.

3. Einführung einer getrennten Sammlung

Die getrennte Sammlung von Wertstoffen, Biomüll, Restmüll und Problemstoffen ist schnellstmöglich einzuführen. Zum Einsatz von Kompost aus der Naßmüllfraktion zu stadtpflegerischen Maßnahmen, bzw. des Biogases zum Einsatz als Brennstoff (eventuell Einspeisung in GASAG-Netz) bedarf es keiner bundesgesetzlichen Maßnahmen.
Im produzierenden Gewerbe wird schon im erheblichen Umfang getrennt gesammelt und die wiedergewonnenen Stoffe einer Verwertung zugeführt (z.B. Metall). Darüberhinaus fallen viele Altstoffe als Monoladung an, so daß eine Erfassung relativ problemlos erfolgen könnte. Wir gehen deshalb davon aus, daß das Recyclingpotential im Gewerbemüll bis 1995 zu 90% erreicht sein wird. Anders sieht es im Hausmüllbereich aus. Hier hängt noch mehr vom Willen der Einzelnen ab (siehe auch Punkt 5).
Durch größere Inhomogenität des Mülls, Unkenntnis des Müllerzeugers und z.T. auch Ignoranz wird es schwieriger sein, ein solches "Gewöhnungsverhalten", wie es die getrennte Sammlung darstellt, durchzusetzen.
Wie jedoch die Umfrage der "Stiftung Warentest" vom Januar dieses Jahres zeigte, ist eine Akzeptanz grundsätzlich vorhanden.
Die technischen Voraussetzungen zur Einführung eines getrennten Sammlungssystem stellen, wie in vielen Versuchen dargestellt wurde, keine weiteren Probleme dar. Es ist wahrscheinlich eher pessimistisch geschätzt eine 75%ige Verwirklichung des Recyclingpotentials anzunehmen.

4. Abfallgebühren

Um auch im privaten Bereich einen weiteren Anreiz zur Müllvermeidung zu stellen, müssen die Abfuhrgebühren progressiv gestaffelt werden. Die Preise sind so zu gestalten, daß eine Verringerung des Müllanfalles sofort an einer Abfuhrkostensenkung spürbar wird. Die Wertstoffbehälter sollten preisgünstiger angeboten werden. Eventuell ist eine Mischkalkulation zwischen Restmüll- und Wertstoffabfuhr vorzunehmen. Das Behältervolumen ist flexibel zu gestalten und den entsprechenden Mengen anzupassen.

5. Öffentlichkeitsarbeit

Ein Erfolg der Abfallreduzierung hängt wesentlich vom öffentlichen Bewußtsein und der Mitarbeit des Einzelnen ab. Voraussetzung ist deshalb eine umfassende Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit.
Zu diesem Zweck werden Abfallberater eingestellt, die den Bürgern für Fragen zur Verfügung stehen, Anregungen geben und den Erfolg der getrennten Sammlung kontrollieren. Sie bieten Seminare, Kurse und Ausstellungen an, besuchen Schulen, Stadtteilgruppen, Hausgemeinschaften und Haushalte.
Die Abfallproblematik (wie natürlich Umweltschutz allgemein) muß verstärkt in die Schulen getragen werden. Wettbewerbe zur "Abfallarmen Stadt" können ausgeschrieben (ähnlich denen "Unser Dorf soll schöner werden"), Werbekampagnen gestartet werden. Auf dem Weg über den Verbraucher lassen sich durchaus auch Veränderungen im Gewerbebereich bewirken. Erste Zeichen dieser Wirkung zeigen sich an Produkten, die offen mit ihrer Umweltfreundlichkeit werben.
In den Jahren 1983 und 1984 wurde von der Plenums GmbH für wiss. Beratung eine Untersuchung im Auftrag des UBA zur Reduzierung von Hausmüllmengen durch eine Beeinflussung des Verbraucherverhaltens in Berlin durchgeführt. (107) Ergebnis war eine durchschnittliche Vermeidung des anfallenden Mülls von ca. 20%. Dies wurde bei bestehendem Warenangebot und bestehender sozioökonomischer Struktur erreicht. Andererseits müssen die erzielten Quoten als überdurchschnittlich hoch angesehen werden, da es sich um Versuchspersonen gehandelt hat, die von vorneherein als hoch motiviert angesehen werden müssen und ständig betreut und informiert wurden. Die Schaffung eines vergleichbaren Abfallbewußtseins bei einer Großzahl von Konsumenten wird nicht in der gleichen Zeitspanne zu erreichen sein, die aus dem Modellversuch hervorgeht.
Ein kurzfristig zu erreichendes Vermeidungspotential von 10% erscheint uns realistischer.

6. Initiativen auf Bundesebene

Das Land Berlin kann auf Bundesebene in folgenden Punkten initiativ werden: Anwendung des §14 AbfG, Einführung einer Verpackungs-/Umweltsteuer, einer Flaschennormung, homogenerer Verpackungsmaterialien, eine Kennzeichnungspflicht schadstoffreicher, abfallintensiver Produkte (Umweltteufel). Mit Hinweis auf die besondere Situation Berlins sollte es möglich sein, eine Sonderregelung zum §14 AbfG durchzusetzen. Bis 1995 wird diesen Maßnahmen jedoch kein Erfolg eingeräumt und sie bleiben bei der weiteren Abschätzung unberücksichtigt.

7. Zusammenfassung

Zusammenfassend gehen wir von den in der folgenden Tabelle dargestellten, bis 1995 möglichen, Vermeidungs- und Recyclingquoten aus.Als Bezugsgröße diente die momentan anfallende Müllmenge von 1,06 Mio. t/a.

Tabelle 33: Vermeidung und Recycling bis 1995

	Potent.		Realisier.		R.-Menge nach	
	Verm.	Recycl.	Verm.	Recycl.	Verm. u. Recycl.	
	(in %)		(in %)		(in 1000 t/a)	
Gewerbemüll	19	63	9	58	460	190
Hausmüll	26	62	10	47	510	270
Summe					970	460

Für kurz- bis mittelfristig zu erreichende Vermeidungsquoten werden in verschiedenen Untersuchungen Werte in ähnlicher Größenordnung angegeben. Das für die Stadt Bielefeld vorgestellte Abfallwirtschafskonzept (108) geht von Vermeidungsquoten in Höhe von 13% für Hausmüll, realisierbar in den nächsten 3 Jahren, aus. In dem Abfallkonzept der Grünen Rhein Neckar wird auf kurzfristig erreichbare Vermeidungsquoten von 10% hingewiesen. (109)
Die 1995 noch anfallenden 460.000t Restmüll können aufgrund des Rückganges des Heizwertes durch Vermeidung und Recycling in der, in Betrieb befindlichen Müllverbrennungsanlage in Ruhleben entsorgt werden, solange die hier vorgestellten Maßnahmen noch nicht in vollem Umfang greifen. Eine schrittweise Stillegung dieser Anlage ist mit Einführung der andiskutierten Restmüllbehandlungsmaßnahmen durchzuführen.

Es besteht also keinerlei Entscheidungsbedarf für eine neue MVA aus Gründen der Entsorgungssicherheit.

V. TABELLENVERZEICHNIS

Tab.1: Abfallaufkommen in Berlin (West), 1984

Tab.2: Zusammensetzung des Hausmülls

Tab.3: Zusammensetzung des Gewerbemülls

Tab.4: Siedlungsabfälle Berlin (West), 1984

Tab.5: Schadstoffverteilung auf Müllfraktionen in %

Tab.6: Darstellung der Schadstoffmassenanteile für den gesamten Hausmüll

Tab.7: Verbleib der Schwermetalle in Rostasche, Elektrofilterasche und Reingasstaub

Tab.8: Emission von Schwermetallen

Tab.9: Schadstoffkonzentration im Abgas einer MVA

Tab.10: Rückstände bei unterschiedlichen Rauchgasreinigungssystemen

Tab.11: Gesetzliche Anforderungen nach TA Luft 1986 an Müllverbrennungsanlagen - Emissionswerte in mg/cbm

Tab.12: Berechnete jährliche Emissionen der MVA auf Grundlage der TA Luft 1986

Tab.13: Berechnete Jahresemissionen an PCDD und PCDF bei einer MVA mit einer Kapazität von 600.000 t/a

Tab.14: Abschätzung der zusätzlichen Immissionsbelastung an PCDD und PCDF durch die neue MVA

Tab.15: Schadstoffgehalte von Schlacke

Tab.16: Gehalt an löslichen Schadstoffen in der Flugasche einer MVA

Tab.17: Emissionsfaktoren für Verbrennungsanlagen

Tab.18: Kostenrechnung für die geplante Müllverbrennungsanlage mit der Kapazität von 600.000 t/a

Tab.19: Umweltbelastung durch die alte und geplante MVA

Tab.20: Spezifische Müllmengen nach Behälterart

Tab.21: Zusammensetzung der Papier/Pappe-Fraktion in %

Tab.22: Hausmüll, Vermeidungsquoten bzw. -mengen

Tab.23: Gewerbemüll, Vermeidungsquoten bzw. -mengen

Tab.24: Siedlungsabfälle Berlin (West), 1984;
Vermeidungsquoten bzw. -mengen

Tab.25: Biogaserzeugung

Tab.26: Hausmüll, Recyclingquoten bzw. -mengen

Tab.27: Gewerbemüll, Recyclingquoten bzw. -mengen

Tab.28: Siedlungsabfälle Berlin (West), 1984;
Recyclingquoten bzw. -mengen

Tab.29: Hochtemperaturverbrennungsanlage mit einer Kapazität von
315.000 t/a

Tab.30: Kosten der Müllbeseitigung

Tab.31: Kosten des alternativen Abfallkonzeptes

Tab.32: Energiebilanz

Tab.33: Vermeidung und Recycling bis 1995

VI. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.1: Funktionsschema Müllverbrennungsanlage

Abb.2: Massenfluß einer MVA

Abb.3: Ein- und Mehrwegabfüllung der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

Abb.4: Abfallmengen mit und ohne Recycling von Ein- und Mehrwegverpackungen der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

Abb.5: Abfallvolumen mit und ohne Recycling von Ein- und Mehrwegverpackungen der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

Abb.6: Ein- und Mehrweganteil der Getränke Bier, Mineralwasser, kohlensäurehaltige und kohlensäurefreie Erfrischungsgetränke und Wein

VII. ANHANG

Anhang 1: Zahl und Bezeichnung der PCDD- und PCDF-Chlorhomologen und Stellungsisomere

Monochlor (2) - (Mono-CDD)

1; 2;

Monochlor (4)- (Mono-CDF)

3; 4;

Dichlor (10)- (Di-CDD)

1,2; 1,3; 1,4; 1,6; 1,7; 1,8;
1,9; 2,3; 2,7; 2,8;

Dichlor (16)- (Di-CDF)

2,4; 2,6; 3,4; 3,6; 3,7; 4,6;

Trichlor (14) - (Tri-CDD)

1,2,3; 1,2,4; 1,2,6; 1,2,7; 1,2,8;
1,2,9; 1,3,6; 1,3,7; 1,3,8; 1,3,9;
1,4,6; 1,4,7; 1,7,8; 2,3,7;

Trichlor (28) - (Tri-CDF)

1,3,4; 1,4,8; 1,4,9; 1,6,7; 1,6,8;
2,3,4; 2,3,6; 2,6,7; 2,3,8; 2,4,6;
2,4,7; 2,4,8; 3,4,6; 3,4,7;

Tetrachlor (22) - (TCDD)

1,2,3,4; 1,2,3,6; 1,2,3,7; 1,2,3,8;
1,2,3,9; 1,2,4,6; 1,2,4,7; 1,2,4,8;
1,2,4,9; 1,2,6,8; 1,2,6,7; 1,2,7,8;
1,2,6,9; 1,2,8,9; 1,2,7,9; 1,3,6,9;
1,3,6,8; 1,3,7,9; 1,3,7,8; 1,4,7,8;
1,4,6,9; $\boxed{2,3,7,8}$;

Tetrachlor (38) - (TCDF)

1,3,4,6; 1,3,4,7; 1,3,4,8; 1,3,4,9;
1,3,6,7; 1,4,6,7; 1,4,6,8; 1,6,7,8;
2,3,4,6; 2,3,4,7; 2,3,4,8; 2,3,6,7;
2,3,6,8; 2,4,6,7; 2,4,6,8; 3,4,6,7;

Pentachlor (14) - (Penta-CDD)

1,2,3,4,6; 1,2,3,4,7; 1,2,3,6,7;
1,2,3,6,8; 1,2,3,6,9; $\boxed{1,2,3,7,8;}$
1,2,3,7,9; 1,2,3,8,9; 1,2,4,6,7;
1,2,4,6,8; 1,2,4,6,9; 1,2,4,7,8;
1,2,4,7,9; 1,2,4,8,9;

Pentachlor (28) - (Penta CDF)

1,2,3,4,8; 1,2,3,4,9; 1,3,4,6,7;
1,2,4,6,8; 1,3,4,7,8; 1,2,6,7,8;
1,3,6,7,8; 1,3,6,7,9; 1,4,6,7,9;
1,4,6,8,9; 2,3,4,6,7; 2,3,4,6,8;
2,3,4,6,9; $\boxed{2,3,4,7,8;}$

Hexachlor (10) - (Hexa-CDD)

1,2,3,4,6,7; 1,2,3,4,6,8; 1,2,3,4,6,9;
$\boxed{1,2,3,4,7,8;}$ $\boxed{1,2,3,6,7,8;}$ 1,2,3,6,7,9;
1,2,3,6,8,9; $\boxed{1,2,3,7,8,9;}$ 1,2,4,6,7,9;
1,2,4,6,8,9;

Hexachlor (16) - (Hexa-CDF)

1,2,3,4,8,9; 1,2,4,6,7,8; 1,2,4,7,8,9;
1,3,4,6,7,8; 1,3,4,6,7,9; $\boxed{2,3,4,6,7,8;}$

Heptachlor (2) - (Hepta-CDD)

1,2,3,4,6,7,8; 1,2,3,4,6,7,9;

Heptachlor (4) - (Hepta-CDD)

1,2,3,4,6,8,9; 1,2,3,4,7,8,9;

Octachlor (1) - (Octa-CDD)

1,2,3,4,6,7,8,9;

Octachlor (1) - (Octa-CDF)

Anhang 2: Emissionsbegrenzung für krebserregende Stoffe nach TA Luft 1986 (Nr.2.3)

2.3 Krebserzeugende Stoffe

Die im Abgas enthaltenen Emissionen krebserzeugender Stoffe sind unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit so weit wie möglich zu begrenzen.
Auf Teil III A 1 und A 2 der MAK-Liste wird hingewiesen.
Die nachstehenden genannten krebserzeugenden Stoffe dürfen, auch beim Vorhandensein mehrerer Stoffe derselben Klasse, folgende Massenkonzentrationen im Abgas nicht überschreiten:

Klasse I
Asbest
Beryllium
Dibenz(ah)anthracen
2-Naphtylamin
bei einem Massenstrom von
0,5 g/h oder mehr 0,1 mg/cbm

Klasse II
Arsen
Chrom
Kobalt
3,3-Dichlorbenzidin
Dimethylsulfat
Ethylenimin
Nickel
bei einem Massenstrom von
5 g/h oder mehr 1,0 mg/cbm

Klasse III
Acrylnitril
Benzol
1,3-Butadien
1-Chlor-2,3-epoxypropan
1,2-Dibromethan
1,2-Epoxypropan
Ethylenoxid
Hydrazin
Vinylchlorid
bei einem Massenstrom von
25 g/h oder mehr 5,0 mg/cbm

Beim Vorhandensein von Stoffen mehrerer Klassen darf unbeschadet des Absatzes 3 beim Zusammentreffen von Stoffen der Klassen I und II die Massenkonzentration im Abgas insgesamt 1 mg/cbm sowie beim Zusammentreffen von Stoffen der Klasse I und III oder der Klassen II und III die Massenkonzentration im Abgas insgesamt 5 mg/cbm nicht überschreiten.

Anhang 3: Emissionsbegrenzung für Schwermetalle nach TA Luft 1986 (Nr. 3.1.4)

3.1.4 Staubförmige anorganische Stoffe

Die nachstehend genannten staubförmigen anorganischen Stoffe dürfen, auch beim Vorhandensein mehrerer Stoffe derselben Klasse, insgesamt folgende Massenkonzentrationen im Abgas nicht überschreiten:

Klasse I
Cadmium
Quecksilber
Thallium
bei einem Massenstrom von
1 g/h oder mehr 0,2 mg/cbm

Klasse II
Arsen
Kobalt
Nickel
Selen
Tellur
bei einem Massenstrom von
5 g/h oder mehr 1,0 mg/cbm

Klasse III
Antimon
Blei
Chrom
Zyanid
Fluoride
Kupfer
Mangan
Platin
Palladium
Rhodium
Vanadium
Zinn
bei einem Massenstrom von
25 g/h oder mehr 5,0 g/cbm

Staubförmige anorganische Stoffe mit begründetem Verdacht auf krebserzeugendes Potential sind der Klasse III zuzuordnen; auf Teil III B der MAK-Liste wird hingewiesen.

Beim Vorhandensein von Stoffen mehrerer Klassen darf unbeschadet des Absatzes 1 beim Zusammentreffen von Stoffen der Klasse I und II die Massenkonzentration im Abgas insgesamt 1 mg/cbm sowie beim Zusammentreffen von Stoffen der Klassen I und III oder der Klassen II und III die Massenkonzentration im Abgas insgesamt 5 mg/cbm nicht überschreiten.

Sind bei der Ableitung von Abgasen physikalische Bedingungen (Druck, Temperatur) gegeben, bei denen die Stoffe zu einem wesentlichen Anteil dampf- oder gasförmig vorliegen können, ist zu prüfen, ob unter Berücksichtigung der besonderen Umstände des Einzelfalles die in Absatz I genannten Massenkonzentrationen auch für die Summe der dampf-, gas- und staubförmigen Emissionen eingehalten werden können.

VIII. LITERATURLISTE

(1) Landerer, Ch.: Projekt "Berliner Eigenbetriebe" Teil 2, Die BSR-Analyse eines öffentlichen Entsorgungsunternehmens, Berlin 1983

(2)Berliner Abgeordnetenhaus-Vorlage zur Kenntnisnahme Nr. 24 vom 27.11.1985

(3) BSR-Geschäftsberichte 1983, 1984, 1985

(4) Kleine Anfrage Nr. 2452 des Abgeordneten Klinski (AL-Fraktion im Berliner Abgeordnetenhaus) vom 14.10.1986

(5) Schmitt-Tegge, J.: Keine sicheren Märkte für Recycling?, Vortrag anläßlich der Tagung Kommune und Umwelt, Berlin 14.2.1987

(6) Mündliche Anfrage Nr. 17 des Abgeordneten Klinski (AL im Abgeordnetenhaus) vom 12.3.1987

(7) Wilbertz, J.: Deponieentlastung durch Aufbereitung von Bauschutt und Baustellenabfällen, Müll und Abfall 6/85

(8) Scheffold, K.H.: Getrennte Sammlung und Kompostierung, E.F.-Verlag, 1985, S. 258

(9) Auskunft der Kundenberatung der BSR, Januar 1987

(10) Haushaltsplan für das Land Berlin (West), 1987, S. 1054

(11) Abschlußbericht zur Hausmüllanalyse 1984-1985, ARGUS Fachbereich 20 der TU Berlin, Mai 1986

(12) Abschlußbericht zur Gewerbemüllanalyse , ARGUS Fachbereich 20 der TU Berlin, Nov. 1983

(13) Gesellschaft für Energie, Wirtschaft und Umwelt (GEWU): "Einsammlung von in kleinen Mengen anfallenden Sonderabfällen" (Forschungs- und Demonstrationsvorhaben), Berlin 1984

(14) Tagesspiegel vom 3.3.1984

(15) Abfallwirtschaftsplan des Landes Berlin, Drucksache 9/1551, Berlin 1983

(16) Hross u.a.: "Vorschläge zur abfallwirtschaftlichen Planung im Land Berlin, Projektarbeit an der TU Berlin, Fachgebiet Abfallwirtschaft, Berlin 1984

(17) Chemisch/Physikalische Untersuchungen zum Hausmüll, ARGUS, Fachbereich 20 der TU Berlin, 1983

(18) Tagesspiegel vom 12.9.1986

(19) s. (17)

(20) Nottrodt, A.: "Die festen Verbrennungsrückstände in: Straub, Hösel, Schenkel (Hrsg.); Müll und Abfallbeseitung - Müll - Handbuch, Bd.4, Berlin (38 Lfg XI/75)

(21) Dannecker, W.: VGB Kraftwerkstechnik 63, 237 (1983)

(22) Fürmaier, B.: "Schwermetallhaltige Stäube" in: Entsorgungspraxis 3/84, S. 116

(23) Prof. Dr. Vogg u.a.: Stand und Entwicklungstendenzen der Müllverbrennung in: Thermische Verfahren der Abfallwirtschaft, Statusbericht 1985 des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, S. 67

(24) s. (23), S. 67 u. 68

(25) s. (23), S. 70

(26) IFEU-Gutachten: Gutachten zu der geplanten Müllverbrennungsanlage im Raum Koblenz, Heidelberg 1985, S. 37

(27) K. Olie, K.L. Vermeulen, O. Hutzinger: Chlordibenzo-p-dioxins and dibenzofurans are trace components of fly ash and flue gas of some municipal incinerators in the Netherlands, in: Chemosphere 8, S.455, 1977

(28) Nottrodt, A.: "Ausbrandoptimierung bei Abfallverbrennungsanlagen" auf dem FGU-Seminar: TA Luft 1986 (150.Seminar) vom 5.-6.3.1987 in Berlin

(29) Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft), Gemeinsames Ministerialblatt 1986, S. 95ff

(30) Prof. Wassermann, Dr. Alsen-Hinrichs: "Stellungnahme zur Pressemitteilung des Bundesgesundheitsamtes:" Dioxinspuren in der Innenraumluft unerwünscht, Gesundheitsschädlichkeit von Sachverständigen bestritten".", in: Informationsdienst Chemie und Umwelt, 1987, S. 5ff

(31) Bruckmann u. Hackhe: Immissionsmessungen von Dioxinen und Furanen in Hamburg an Orten mit unterschiedlicher Luftqualität, Kurzfassung des Vortrages auf dem 21. MTK, S. 3

(32) Forst et. al.: "Polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans in human milk samples from Western Germany in: Dioxin 86, EL 05, p. 136; Program and abstracts, Sept. 16-19, Fukuoka, Japan 1986

(33) Fichtel: Rückstände aus Müllverbrennungsanlagen, Umwelt 3/78, S. 141

(34) Amann, W.: "Die thermische Abfallbehandlung aus der Sicht des Gewässerschutzes", Drittes mülltechnisches Seminar an der TU München, 1980

(35) s. (23), S. 63

(36) Thilo Koch, Jürgen Seeberger: Ökologische Müllverwertung, Alternative Konzepte 44, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1984, S. 77

(37) Planfeststellungsbeschluß des Senates für Stadtentwicklung und Umweltschutz für die Errichtung und Betrieb von 16 Schadgasreaktoren zur Reduzierung der Schadstoffe im Abgas der Abfallverbrennungsanlage Ruhleben vom 30.9.1985, S. 35

(38) Persönliche Mitteilung des Senates für Stadtentwicklung und Umweltschutz

(39) Tagesspiegel vom 12.9.1986

(40) s. (37), S. 18ff

(41) Kopytziok, N.: Abfallvermeidung - Das präventive Element der Abfallwirtschaft; in: Alternativen zum Müll, (VI.11), Hrsg.: IföR-Institut, Berlin 1986

(42) Reiser, B.: Abfallvermeidung - Anspruch und Wirklichkeit; in: Alternativen zum Müll, (VI.21.), Hrsg.: IföR-Institut, Berlin 1986

(43) UBA: Verpackungen für Getränke. 4. Fortschreibung 1970-1984, Berlin 1985

(44) Bundesamt für Umweltschutz (Schweiz) (BUS): Ökobilanzen von Packstoffen, Bern 1984

(45) Gottwald, E.: Vergleichende Untersuchungen über die Umweltauswirkungen durch Verpackungssysteme für Bier und Co2-freie Erfrischungsgetränke, TU Berlin 1986

(46) Franke, M.: Umweltauswirkungen durch Getränkeverpackungen, Berlin 1984

(47) Kopytziok/Wessel: Diskussionsvorlage zur Entwicklung von Strategien zur Abfallvermeidung, in: Alternativen zum Müll (VI.31.21.), Hrsg.: IföR-Institut, Berlin 1986

(48) Abgeordnetenhaus von Berlin, Drs. 9/1551: Mitteilung zur Kenntnisnahme über externe Erarbeitung eines Abfallwirtschaftsplanes (Abfallwirtschaftsprogramm Berlin), Berlin 1984

(49) s. (41), VI.11.03

(50) s. (42), VI.21.10

(51) s. (42)

(52) Antwort auf die Kleine Anfrage Nr. 2896 vom 19.1.1987 des Abgeordneten Klinski (AL- Fraktion im Berliner Abgeordnetenhaus) über Ziele und Maßnahmen der Abfallwirtschaft

(53) s. (43)

(54) Strenge, U., Alk S.: Glasklar, in: Alternativen zum Müll, (VI.21.), Hrsg.: IföR-Institut, Berlin 1986

(55) Lewinski, A. v.: Aluminiumrecyclingaktivitäten in Europa unter Berücksichtigung der Getränkedosen
Vortrag auf 4. IRC, Berlin 1984

(56) Eder, G.: Einflußgrößenuntersuchung zum Abfallverhalten privater Haushalte, Studie im Auftrag des UBA, Berlin 1983

(57) Tuminsky, R.: "Untersuchung der Auswirkungen einer Umstellung auf größere Hausmüllbehälter bzg. der getrennten Sammlung von Wertstoffen am Beispiel des Altglasrecycling", in: Forschungsbericht 103 01 203 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Hannover 1982

(58) s. (12)

(59) Koch/Seeberger: Ökologische Müllverwertung. Handbuch für optimale Müllkonzepte, Karlsruhe 1984

(60) "Umwelt", Informationen des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erster Maßnahmenkatalog zum neuen Abfallgesetz, Konzeption zur Umsetzung des §14 des Abfallbeseitigungs-Gesetzes, Nr. 1/87, S. 31ff., Bonn 1987

(61) s. (15)

(62) Brahms, E.: Hausmüllschätzung mittels sekundärstatistischer Daten, in: Planung von Abfallbehandlungsanlagen, Hrsg.: K.J. Thomé-Kozmiensky, Berlin 1985

(63) s. (11), S. 66

(64) Ermittlungen von Möglichkeiten zur Reduzierung von Hausmüllmengen mittels Beeinflussung des Verbraucherverhaltens, Plenum GmbH für wissenschaftliche Beratung, Berlin 1985

(65) s. (64), Kurzfassung S. 16

(66) Rationalisierungs-Kuratorium der deutschen Wirtschaft (RKW); RG-Verpackung im RKW: Produktionsmenge und Produktionswert der Verpackungsindustrie in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West) 1983-84, S. 19, Eschborn/Ts. 1985

(67) Breitenacher/Grefermann/Wurzbacher: Wettbewerbliche Auswirkungen möglicher staatlicher Eingriffe in den Markt für Getränkeverpackungen, Ifo-Institut, Studien zur Industriewirtschaft 32, München 1986

(68) s. (16)

(69) Wirth, B.: Kunststoffe-Problemaufriß bei der Herstellung, der Verwendung und Beseitigung, in: Alternativen zum Müll (II.21), Berlin 1986

(70) Brahms/Schwitters: Hausmüllaufkommen und Sekundärstatistik, Berlin 1984

(71) s. (11), S. 70

(72) s. (11), S. 220

(73) Ökologisches Abfallwirtschaftskonzept Bielefeld, IFEU-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg e.V., Heidelberg 1986

(74) Die Grünen Rhein-Neckar; Regionales Abfallkonzept, herausgegeben vom AK "Regionale Abfallwirtschaft" der grünen Kreisverbände und Fraktionen im Rhein-Neckar-Raum, Wiesloch 1986

(75) s. (11), S. 220

(76) Persönliche Mitteilung des UBA vom 12.2.87

(77) s. (74), S. 6

(78) s. (73), S. 142

(79) AG Abfallwirtschaft Darmstadt (AAD): "So werden wir den Müllberg los", in: "natur" 9, S. 54-66, München 1984

(80) s. (74)

(81) Umwelt 1/87, Informationen des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

(82) Gesellschaft für Energie, Wirtschaft und Umwelt (GEWU): Einsammlung von in kleinen Mengen anfallenden Sonderabfällen (Forschungs- und Demonstrationsvorhaben), Berlin 1984

(83) Jager, Steiner, Wiegel: "Vergleichende Untersuchungen zur Gewinnung verwertbarer Altstoffe und schadstoffarmen Kompostrohstoffes aus Hausmüll durch zwei bzw. drei Komponentensammlungen - Landkreis Bad Dürkheim -", Nov. 1986; (veröffentlicht als UBA-Studie)

(84) Bischofsberger, W. (TU München), Ing.-Büro Born: Gutachten für ein Alternativkonzept in der Süd- und Süd-West-Pfalz, Juli/Okt. `85

(85) Jordan, Wessel: "Bäume, Bild und Altpapier", in: Alternativen zum Müll, Berlin 1986

(86) Koch, Seeberger, Petrik: "Ökologische Müllverwertung", Alternative Konzepte 44, C.F. Müller-Verlag, `86

(87) s. (11)

(88) Habighorst, Neuhaus, Reipschläger: "Kompostierung in Berlin", Hauptstudiumprojektarbeit am Fachbereich 21, TU Berlin, Dez. `85

(89) Peters, Wiegel: "Dezentrale Kompostierung von Küchen- und Gartenabfällen in dicht besiedelten Wohngebieten", Forschungsprojekt im Rahmen der "Berlin-Forschung" der FU Berlin, Okt. `86

(90) Güterbock, Rottkord: "Dezentrale Kompostierung von Haushaltsabfällen in einem großstädtischen Sanierungsgebiet der internationalen Bauausstellung Berlin", in: Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen e.V. (ANS), Heft 7, März `85

(91) Stadtreinigungsamt Göttingen: Komposttonne Göttingen - Zwischenbericht -, Mai `86

(92) Fricke, Vogtmann, Turk: Projekt "Grüne Tonne Witzenhausen", in: Schriftenreihe des ANS e.V., Heft 7, März `85

(93) Racine, M.: "Kompostierung von Grünabfällen am Beispiel Zürich", in: Kompostierung organischer Abfälle außerhalb zentraler Kompostwerke, Ministerium für Umwelt und Gesundheit Rheinland-Pfalz (Hrsg.), 1985

(94) Karbe: Versuche zur Kompostierung von Grünflächen - und Friedhofsflächen zusammen mit besonderen organischen Abfällen im Gartenbauamt des Bezirkes Berlin-Spandau, in: Schriftenreihe des ANS e.V., Heft 7, März `85

(95) Naujokat, Prietzel, Sommer: "Derzeitige und zukünftige Chancen für eine Verwertung und Vermarktung von Kompost aus getrennt gesammeltem organischen Hausmüll unter besonderer Berücksichtigung des Raumes Bremen", erarbeitet im Auftrag des Senators für Umweltschutz Bremen, Okt. `85

(96) Demel, G. u.a.: "Verwertung organischer Abfälle in: Informationsschriften zur Abfallwirtschaft, Umweltbundesamt, Stand 1977/78

(97) Antwort auf die in der 44. Sitzung des Berliner Abgeordnetenhauses am 22. Jan. 1987 nicht behandelte Mündliche Anfrage Nr. 18 des Abgeordneten Klinski (AL) über organische Abfälle

(98) Mitteilung des Ingenieurbüros Göpfert und Reimer auf dem FGU-Seminar: TA Luft 1986 am 5.-6.3.1987 in Berlin

(99) Erörterungstermin im Rahmen des abfallrechtlichen Planfeststellungsverfahrens für das Müllheizkraftwerk der Gemeinnützigen Müllheizkraftwerks-GmbH Ludwigshafen a. Rhein in der Bürgermeister-Grünzweig-Str. 97, 6700 Ludwigshafen am 30.6.86 im Pfalzbau, 6700 Ludwigshafen

(100) Brief der Firma Steinmüller vom 7.4.1986 an das Umweltbundesamt

(101) Semesterarbeit am FB 21 der TU Berlin: Die Einsetzbarkeit des Systems Strabag als Hochsicherheitsdeponie für Sonderabfälle, Berlin 1985

(102) Ahting, D.: Entgasung von Deponien in der Praxis. Aktuelle Probleme der Deponietechnik. 8. Abfallwirtschaftssemimar an der TU Berlin, 3/1978

(103) Rettenberger: Entstehung, Folgen, Erfassung und Verwertung von Deponiegas und Fortschritte in der Deponietechnik. Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft Bd. 9

(104) s. (8), S. 219ff

(105) s. (86)

(106) Jänicke, M./Ranneberg, Th.: Umwelteffekte industriellen Wandels und regionaler Wirtschaftspolitik in Berlin (West), USUS-Berichte 3/83

(107) s. (64)

(108) s. (73)

(109) s. (74)

Publikationen des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung

Das IÖW veröffentlicht die Ergebnisse seiner Forschungstätigkeit in einer Schriftenreihe, in Diskussionspapieren sowie in Broschüren und Büchern. Des Weiteren ist das IÖW Mitherausgeber der Fachzeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“, die allvierteljährlich im oekom-Verlag erscheint, und veröffentlicht den IÖW-Newsletter, der regelmäßig per Email über Neuigkeiten aus dem Institut informiert.

Schriftenreihe/Diskussionspapiere

Seit 1985, als das IÖW mit seiner ersten Schriftenreihe „Auswege aus dem industriellen Wachstumsdilemma“ suchte, veröffentlicht das Institut im Eigenverlag seine Forschungstätigkeit in Schriftenreihen. Sie sind direkt beim IÖW zu bestellen und auch online als PDF-Dateien verfügbar. Neben den Schriftenreihen veröffentlicht das IÖW seine Forschungsergebnisse in Diskussionspapieren – 1990 wurde im ersten Papier „Die volkswirtschaftliche Theorie der Firma“ diskutiert. Auch die Diskussionspapiere können direkt über das IÖW bezogen werden. Informationen unter *www.ioew.de/schriftenreihe_diskussionspapiere*.

Fachzeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“

Ausgabe 2/2010

Das IÖW gibt gemeinsam mit der Vereinigung für ökologische Wirtschaftsforschung (VÖW) das Journal „Ökologisches Wirtschaften“ heraus, das in vier Ausgaben pro Jahr im oekom-Verlag erscheint. Das interdisziplinäre Magazin stellt neue Forschungsansätze in Beziehung zu praktischen Erfahrungen aus Politik und Wirtschaft. Im Spannungsfeld von Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft stellt die Zeitschrift neue Ideen für ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Wirtschaften vor. Zusätzlich bietet „Ökologisches Wirtschaften online“ als Open Access Portal Zugang zu allen Fachartikeln seit der Gründung der Zeitschrift 1986. In diesem reichen Wissensfundus können Sie über 1.000 Artikeln durchsuchen und herunterladen. Die Ausgaben der letzten zwei Jahre stehen exklusiv für Abonnent/innen zur Verfügung. Abonnement unter: *www.oekom.de*.

IÖW-Newsletter

Der IÖW-Newsletter informiert rund vier Mal im Jahr über Neuigkeiten aus dem Institut. Stets über Projektergebnisse und Veröffentlichungen informiert sowie die aktuellen Termine im Blick – Abonnement des Newsletters unter *www.ioew.de/service/newsletter*.

Weitere Informationen erhalten Sie unter *www.ioew.de* oder Sie kontaktieren die

IÖW-Geschäftsstelle Berlin
Potsdamer Straße 105
10785 Berlin
Telefon: +49 30-884 594-0
Fax: +49 30-882 54 39
Email: *vertrieb(at)ioew.de*

INSTITUT FÜR
ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

GESCHÄFTSTELLE BERLIN
MAIN OFFICE
Potsdamer Straße 105
10785 Berlin
Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0
Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

BÜRO HEIDELBERG
HEIDELBERG OFFICE
Bergstraße 7
69120 Heidelberg
Telefon: + 49 – 6221 – 649 16-0
Fax: + 49 – 6221 – 270 60

mailbox@ioew.de
www.ioew.de