

# **Klimawirksamkeit der Abfallbehandlung in Sachsen**

Dr. Barbara Zeschmar-Lahl, BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oyten

Dr. Steffen Wagner, Heiko Ibold, BIWA Consult GbR, Freiberg

## **Vorbemerkung**

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Bestandteil der im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG), Referat Anlagenbezogener Immissionschutz, Klimaschutz, erstellten Studie zur „Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen“ [1]. Die Studie wurde im Mai 2003 abgeschlossen [2].

## **1. Hintergrund**

Mit der Ratifizierung des EG-Rechtsaktes über die gemeinsame Erfüllung des Kyoto-Protokolls hat sich die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um 21 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Gemäß nationalem Klimaschutzprogramm vom 18.10.2000 sollen die Maßnahmen im Bereich Siedlungsabfälle zwischen 1990 und 2005 zu einer Minderung der CH<sub>4</sub>-Emissionen um 15 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente führen [3].

Das Sächsische Klimaschutzprogramm [4] hat das Ziel, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Sachsen in den Bereichen Verkehr, private Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie bis zum Zeitraum 2005 bis 2010 um 2,5 Mio. t gegenüber 1998 zu senken:

„Da in Sachsen nach der Inbetriebnahme der Neubaublöcke im Kraftwerk Lippendorf sowie in Boxberg die weltweit modernsten Braunkohlekraftwerke mit Wirkungsgraden über 40% stehen, ist das Reduktionspotenzial der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Großfeuerungsanlagen in Sachsen auf lange Sicht weitgehend ausgeschöpft. Aus heutiger Sicht werden sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen ab 2001 dauerhaft bei etwa 27 Mio. t jährlich einpendeln. Die Staatsregierung richtet deshalb ihre Bemühungen zur CO<sub>2</sub>-Minderung vorrangig auf die neben den Großfeuerungsanlagen wichtigsten Verursacher Verkehr, private Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie.“

Die angestrebte Reduzierung der Emissionen um 2,5 Mio. t bis zum Zeitraum 2005 bis 2010 erbringt nach derzeitiger Schätzung eine CO<sub>2</sub>-Gesamtemission in Sachsen im Zeitraum 2005 bis 2010 von etwa 44 Mio. t jährlich.“

Für den Sektor Abfallwirtschaft hat das sächsische Klimaschutzprogramm folgende Ziele:

„Durch Abfallvermeidung und Abfallverwertung sollen wichtige Beiträge zum Klimaschutz geleistet werden. Diese Beiträge ergeben sich sowohl durch Rohstoffeinsparungseffekte als auch durch Folgewirkungen wie Energieeinsparungen und geringere Mengen zu deponierender Abfälle. Durch drastisches Absenken insbesondere der Methangasemissionen bei Deponien und Altablagerungen sowie Vermeidung/ Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz von Abfallbehandlungsanlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, sollen die sächsischen Treibhausgasemissionen zusätzlich wirksam reduziert werden. Der Klimaschutz erhält damit künftig in der Abfallwirtschaft vor dem Hintergrund des anspruchsvollen deutschen Minderungsziels ein deutlich größeres Gewicht. ...

Da die Deponierung des Abfalls ohne Vorbehandlung das aus Sicht des Klimaschutzes ungünstigste Verfahren darstellt, werden in Sachsen erhebliche Anstrengungen unternommen, so schnell wie möglich, jedoch spätestens im Jahr 2005, die Ablagerung von unbehandeltem Restabfall zu beenden und Anlagen zur Abfallvorbehandlung zu errichten.“

Deponien und Altablagerungen verursachen 74 % der Methanemissionen in Sachsen, wie Tab. 1 zeigt [5]. Hinzu kommen deren Emissionen an klimarelevantem CO<sub>2</sub>. Insgesamt tragen diese sächsischen Anlagen zu 9,4 % der Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten der klimarelevanten Gase CO<sub>2</sub>, Lachgas und Methan im Freistaat bei.

Tab. 1: Treibhausgasemissionen im Freistaat Sachsen in 1.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent/a, gerundet [5]

<b>Emittentengruppe</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>Summe</b>
Industrie (ohne Feuerungen)	1.875	100	< 1	1.975
GFA (Großfeuerungsanlagen)	26.396	132	17	26.545
sonstige Feuerungen	2.743	21	21	2.785
Kleinverbraucher	2.689	6	2	2.697
Hausbrand	4.152	8	4	4.164
Verkehr	8.738	254	21	9.013
<b>Deponien + Altablagerungen</b>	<b>701</b>	<b>-</b>	<b>4.459</b>	<b>5.160</b>
Abwasserbehandlung	93	21	21	135
Kompostierung	86	19	19	124
Landwirtschaft	297	676	1.151	2.124
Braunkohle-Förderung	-	-	33	33
Erdgas-Verbrauch	-	-	280	280
<b>Summe</b>	<b>47.770</b>	<b>1.237</b>	<b>6.028</b>	<b>55.035</b>

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG), Referat Anlagenbezogener Immissionsschutz, Klimaschutz beauftragte im Jahr 2001 die BIWA Consult GbR, Freiberg, und die BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oyten, mit der Erstellung einer Studie zur „Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen“. Im Rahmen der Studie konzentrieren sich die Untersuchungen auf den Schwerpunkt Siedlungsabfallwirtschaft. Daneben wurden auch andere Abfallbehandlungsverfahren auf ihre Klimarelevanz hin untersucht. Besonders überwachungsbedürftige Abfälle wurden unter dem Kapitel Sonderabfallbehandlung/-verwertung betrachtet. Es zeigte sich jedoch, dass – neben der Frage der Verfügbarkeit einer belastbaren Datenbasis für den Freistaat Sachsen – die gewählten Randbedingungen der jeweiligen Entsorgungslösungen das Ergebnis maßgeblich beeinflussen:

- **Klärschlammbehandlung**

Die Wahl der (fiktiv) substituierten Umweltbelastungen weist die mit Abstand größte Ergebnisrelevanz auf, z.B. Substitution von Strom aus Windkraft. Zudem beeinflussen verfahrens-unabhängige standortspezifische Faktoren (z.B. Transportentfernungen) die Effekte der eigentlichen Behandlung je nach gewählten Größen im Ergebnis mehr als das Verfahren selbst.

- **Sonderabfallbehandlung/-verwertung**

Hier ist der Nutzen nicht in der Kategorie der Klimarelevanz zu erfassen, da das Ziel nicht vorrangig im Klimaschutz, sondern in der schadlosen Beseitigung von Abfällen mit toxischen und/oder ökotoxischen Stoffen liegt. Für diese Verfahren sind in der Regel sehr hohe Energieverbräuche charakteristisch. Dem gegenüber kann der erzeugte Nutzen nicht in der Wirkungskategorie Klimarelevanz modelliert werden.

- **Innovative Verfahren**

Einzelne Verfahren scheiden mangels Verfügbarkeit (die Hochtemperaturverfahren KWU-Schwel-Brenn- und das Noell-Konversionsverfahren) oder mangels ausreichender Betriebserfahrungen aus dem störungsfreien Dauerbetrieb (Holzvergasung, Pyrolyse, die Hochtemperaturverfahren Thermosteact und RCP) aus.

Daher wurden diese Sektoren der Abfallwirtschaft nicht weiter vertieft. Die Aufgabenstellung umfasste zudem nicht die Betrachtung von Verfahren zur stofflichen Verwertung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Abfällen aus Industrie und Gewerbe oder der getrennt gesammelten Abfälle wie Altglas, Altmetalle, Altpapier und dergleichen. Hierzu liegen in der Regel zu wenig Daten vor, um zu belastbaren Aussagen zu gelangen.

In diesem Beitrag werden daher die Ergebnisse für den Bereich Restabfallbeseitigung detaillierter vorgestellt. Die Ergebnisse für die Sektoren Holzabfallverwertung und Verwertung biogener Abfälle werden nur übersichtsartig dargestellt.

## **2. Methodisches Vorgehen**

Die Studie wurde in drei Stufen bearbeitet. Stufe 1 bestand aus der Entwicklung einer Methode, um die klimarelevanten Emissionen der Restabfallbeseitigung zu berechnen bzw. abzuschätzen. Stufe 2 umfasste die Erhebung sachsenspezifischer Daten zur Behandlung von Restabfall bei den Trägern der Abfallentsorgung. Es sollte nicht nur der Status quo (Jahr 2000) erfasst werden, sondern auch eine Prognose für das Jahr 2005 (Stichtag der AbfAbIV) und danach erstellt werden. Daher waren die Planungen und Festlegungen der öffentlich-

rechtlichen Entsorgungsträger (örE) für diesen Zeitraum ebenfalls zu erfassen und zu modellieren. In Stufe 3 wurden mit Hilfe der entwickelten Methode die klimarelevanten Emissionen für die Jahre 2000, 2005 und folgende sowie die möglichen Optimierungspotenziale abgeschätzt.

## 2.1. Berechnungsmodell

Als Basis-Methode für die Berechnung der klimarelevanten Emissionen diente die IPCC-Richtlinie (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) „Good Practice and Uncertainty Management in National Greenhouse Inventories“. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden insbesondere folgende Modifikationen und Ergänzungen vorgenommen:

- **Ökobilanzieller Ansatz 1:** Prinzip der Nutzengleichheit, d.h. jeweils auch Modellierung der Systeme, die denselben Nutzen auf anderem Weg (andere Rohstoffe, andere Verfahren) erzeugen (Äquivalenzsystem). Die Erzeugung dieser äquivalenten Nutzen wird dem jeweiligen Verfahren wie Verdrängung von Strom aus fossilem C gutgeschrieben.
- **Ökobilanzieller Ansatz 2:** Berücksichtigung der erforderlichen Aufwendungen und Vorketten der verbrauchten oder ersetzten Stoffe, wie Bedarf an Zusatzbrennstoff oder erforderlicher Aufwand für Abgasreinigung.
- **Allokation der Energiegutschriften:** Berücksichtigung der Effekte durch abfallwirtschaftliche Maßnahmen, die mit Strom- und/oder Wärmeenergieauskopplung verbunden sind – dies sind ab 2005 alle Verfahren der Restabfallbeseitigung, da die AbfAbIV eine Abtrennung der Heizwertträger vor einer eventuellen Deponierung vorschreibt. Die Heizwertträger werden energetisch verwertet, wobei fossile Energieträger in der Strom- und Wärmeversorgung substituiert werden. Nach IPCC ist der Ersatz von fossilem durch regeneratives CO<sub>2</sub> in der Strom- und Wärmeversorgung nicht im Abfall-, sondern im Energiesektor zu bilanzieren.
- **Modellierung eines sächsischen Restabfalls:** Es wurde, wie vom IPCC vorgesehen, anhand verschiedener aktueller Sortieranalysen und chemischer Analysen ein sächsischer Restabfall modelliert. Dieser wies einen niedrigeren C-Gehalt als der IPCC-Wert auf (28 statt 40% C) und einen höheren Anteil an regenerativem C (75 statt 40 %).

Für die ökobilanzielle Berechnung waren Datensätze für die Last- und Gutschriften erforderlich. Die Basisdaten hierfür wurden im wesentlichen der Datenbank GEMIS4.0 entnommen, die vom Ökoinstitut im Internet kostenlos zum Download zur Verfügung gestellt und regelmäßig fortgeschrieben wird [6]. Diese Daten, z.B. für GUS-Gas oder Heizöl-EL, wurden für die Modellierung eines sächsischen Strommixes 2000 (Braunkohle-dominiert) und eines sächsischen Fernwärme-Mixes 2000 aus 26 % Öl- + 74 % GUS-Erdgasfeuerung verwendet.

## **2.2. Sachsenspezifische Daten zur aktuellen und geplanten Restabfallbeseitigung**

Die Datenerhebung zur realisierten (Status 2000) und zur geplanten Restabfallbeseitigung ab 2005 wurde in mehreren Schritten durchgeführt. Im Jahr 2000 war der gesamte Restabfall in Sachsen deponiert worden. Im LfUG lagen umfangreiche Daten über die sächsischen Deponien vor. Diese galt es aber zu aktualisieren – so waren einige der Deponien mittlerweile stillgelegt worden – und insbesondere die Daten zur vorhandenen oder bis 2005 geplanten Deponiegasfassung und -behandlung/-verwertung waren zu vertiefen.

Für den Zeitraum nach 2005 waren die Planungen und Festlegungen der örE heranzuziehen. Bestandteil der Methodenentwicklung (Stufe 1) war die Erstellung von „Anlagensteckbriefen“, in denen die für die Berechnung der Klimarelevanz erforderlichen Daten zusammengestellt waren. Diese Anlagensteckbriefe wurden an die örE/Entsorger/Träger zwecks Abfrage standortspezifischer Daten inkl. Verkehr, Energienutzungsmöglichkeiten etc. übersandt und die Beantwortung telefonisch flankiert. Die Datenrückläufe wurden zu „Standort-Steckbriefen“ verdichtet, mit dem Auftraggeber abgestimmt und offene Fragen und Inplausibilitäten mit den betroffenen Datengebern z.T. telefonisch, z.T. in persönlichem Gespräch geklärt. In Einzelfällen konnten die offenen Fragen nicht zufriedenstellend geklärt werden, so dass eigene Berechnungsansätze verwendet wurden.

Tab. 2 gibt eine Übersicht über bestehende und geplante Anlagen zur Restabfallbeseitigung im Freistaat Sachsen.

Tab. 2: Bestehende und geplante Anlagen zur Restabfallbeseitigung in Sachsen (Stand Anfang 2003)

**MBA** = Mechanisch-biologische Splittanlage (mit Erzeugung einer ablagerungsfähigen Endrottefraktion); **MBS** = Mechanisch-biologische Stabilisierungsanlage (ohne Endrottefraktion) mit Deponiebedarf für Inertfraktion ([7], ergänzt)

öRE	Verbrennungs- anlage (MVA)	MBS / MA / MBA	Mitver- brennung / Verwertung	Deponie für Reststoffe	Bemerkungen
<b>in Betrieb</b>					
Stadt Dresden	-	MBS Dresden (in Betrieb seit 15.05.01) (85.000 t/a)	SVZ	Dresden	Übermengen können ZAOF überlassen werden
Stadt Hoyers- werda	-	-	direkte Anlieferung (10.000 t/a)	-	SVZ: Aufbereitung, Sortierung, Pelletierung, Vergasung; Vertrag ab 01.06.2005
<b>im Bau</b>					
RAVON	Lauta (im Bau) (115.000 t/a für RAVON)	-	-		Vertrag mit STEAG/ VEAG; Grundsteinlegung war am 04.03.2002; Aufnahme Dauerbetrieb geplant für 04/2004
	(insgesamt 225.000 t/a nach Betreiberangaben [8])				
<b>geplant</b>					
ZAS	Zorbau (Sachsen-Anhalt) (70.000 t/a)				12/2001: Zuschlag an Sita Deutschland GmbH Baubeginn: 9.4.2003

örE	Verbrennungs- anlage (MVA)	MBS / MA / MBA	Mitver- brennung / Verwertung	Deponie für Reststoffe	Bemerkungen
LK Delitzsch	-	MBA, Cröbern (300.000 t/a), siehe ZAW	MVA Delitzsch (Planung) (70.000-80.000 t/a)	Cröbern	11/01: Beschluß Kreistag für Vergabe durch Kreiswerke Delitzsch
ZAOE		MBS Gröbern (geplant) (130.000 t/a)	Stabilat: VEAG/ KW Jänschwalde Teilmengen: MVA Lauta [9]	Gröbern	03/02: Zuschlag an Herhof für MBS; Verbrennungsversuche mit Stabilat laufen im KW Jänschwalde (2002)
AWVC (Chemnitz)	-	MA Chemnitz Weißer Weg (Planung) (100.000 t/a)	SVZ	Weißer Weg	Trocknung, Sortierung, Pelletierung, Vergasung der Pellets im SVZ; am 18.12.2000 entschieden; Auftragnehmer: RTS
ZAZ	-	MA (25.000 t/a)	SVZ (?)	Lohe	03/2002: Entscheidung; Auftragnehmer: Entsorgungsgesellschaft des Landkreises Zwickau (EGZ)
ZAW (Leipzig)	-	MBA, Cröbern (300.000 t/a [10])	MVA Delitzsch [11]	Cröbern	Planung; MBA: Sita Deutschland GmbH
EVV	-	MBA Schneidenbach (65.000 t/a)	Hochkalorik ?	Schneidenbach	08/2001: Entscheidung für Eigengesellschaft
AVN	?	?	?	?	technologie- und standortoffene Ausschreibung (35.000 t/a)

### **2.3. Verknüpfung von Rechenmodell und sachsenspezifischen Daten**

In einem nächsten Schritt wurden die sachsenspezifischen Daten in das zuvor entwickelte Rechenmodell eingebracht und die jeweiligen Einsparungen oder Emissionen an klimarelevanten Verbindungen als kg CO<sub>2</sub>-Äq./t Abfall ermittelt. Als gravierendstes Problem erwies sich dabei der Umstand, dass nur für wenige der in Bau befindlichen und mehr noch der geplanten Anlagen belastbare Daten vorlagen. In diesen Fällen wurde mit Auslegungsdaten und Bandbreiten sowie fundierten Annahmen gerechnet. Zudem wurde mit den öRE/Planern/Betreibern Vertraulichkeit über die zur Verfügung gestellten Daten vereinbart.

## **3. Klimaeffekte der Restabfallbeseitigung**

### **3.1. Klimaeffekte der Restabfallbeseitigung im Jahr 2000**

Im Jahr 2000 wurden in Sachsen Restabfälle ausschließlich deponiert. Die Berechnung der deponiebürtigen Emissionen wurde von der LfUG durchgeführt, da dieses auf umfangreiches Datenmaterial zurückgreifen konnte. In dieser Berechnung wurden die Effekte der Deponiegaserfassung, -behandlung und -nutzung berücksichtigt, ebenso die Restemissionen aus Altablagerungen. Danach entfielen rund 90 % der emittierten gut 6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq./a, auf Methan. Die durch thermische Behandlung eingesparten Emissionen (insbesondere Zerstörung des Methans) beliefen sich auf ca. 0,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq.. Nicht berücksichtigt waren die Emissionen von NMVOC (Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe) und FCKW. Eine worst case-Abschätzung anhand einer maximalen Belastung von Deponiegas mit FCKW ergab, dass die berechneten klimarelevanten Emissionen als CO<sub>2</sub>-Äquivalente maximal um < 10 % höher ausfallen würden. Der Einbau des Materials auf der Deponie mittels Dieselaggregaten wurde mit maximal 3.000 – 4.000 t CO<sub>2</sub>-Äq./a an zusätzlichen Emissionen berechnet und konnte angesichts der ablagerungsbedingten Emissionen als vernachlässigbar betrachtet werden. Ebenfalls nicht berücksichtigt in den LfUG-Berechnungen waren Gutschriften für aus Deponiegas erzeugten Strom (mehrere Anlagen) oder Fernwärme (1 Anlage). Diese Effekte wurden mit insgesamt rund 103.000 t CO<sub>2</sub>-Äq. abgeschätzt (Verstromung mit Deponiegasmotoren, 75 %ige Verfügbarkeit).

Tab. 3 fasst die klimarelevanten Emissionen aus der Restabfallbeseitigung einschließlich Deponierung im Jahr 2000 zusammen. Diese beliefen sich nach der gewählten Modellierung auf 5,6 bis 6,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq..

Tab. 3: Zusammenfassung: Klimarelevante Emissionen aus der Restabfallbeseitigung (Deponierung) im Jahr 2000

Position	1.000 t CO <sub>2</sub> -Äq./a
Restemissionen von den Ablagerungen im Freistaat Sachsen, einschließlich des bei der thermischen Behandlung von Deponiegas gebildeten CO <sub>2</sub>	6.234
Zzgl. Emissionen von FCKW (R11 und R12)	~17 bis ~600
Durch Gasfackeln und Gasmotoren eingesparte Emissionen an klimarelevanten Gasen (Methan und CO <sub>2</sub> )	~ -600
Gutschrift für aus Deponiegas bereitgestellte elektrische und thermische Energie, inkl. Vorketten der Energieträger	~ -103
Emissionen aus Einbau des Deponiematerials	~3,2 bis 3,9
<b>Status quo 2000: klimarelevante Emissionen aus der Restabfallbeseitigung (Deponierung) im Freistaat Sachsen</b>	<b>5.551 bis 6.135</b>

### 3.2. Prognose der Klimaeffekte der Restabfallbeseitigung für das Jahr 2005 und Folgejahre

Die Prognose der klimarelevanten Emissionen oder Emissionseinsparungen für das Jahr 2005 und Folgejahre wurde in mehreren Schritten durchgeführt:

1. Prognose des Aufkommens an Restabfällen und anderen mit Restabfällen zu beseitigenden Abfällen („sichere Abfälle“, siehe Tab. 4),
2. Zuordnung des Abfallaufkommens zu Anlagen entsprechend dem Planungsstand der öRE:  
Abfallwirtschaftliche Maßnahmen, wie z.B.
  - Abfallverbrennung,
  - mechanisch-biologische Behandlung und Verwertung einschließlich der Deponierung des Rottegutes,
  - mechanisch-biologische Stabilisierung und Verwertung,

- mechanische Aufbereitung und Verwertung, sowie
  - Kombinationen der vorstehenden Abfallbehandlungsverfahren
3. Abschätzung des Transport**meh**raufwandes – massenbezogen – für gegenüber 2000 geänderte Entsorgungslösungen, Relevanzuntergrenze: 50 km,
  4. Modellierung der Restabfallbeseitigung 2005 und Folgejahre für die Berechnung der Klimarelevanz,
  5. Zusätzlich wurden die aufgrund abfallwirtschaftlicher Maßnahmen vermiedenen klimarelevanten Emissionen (nach IPCC) an Methan berechnet.

Tab. 4: Mengenprognose: Aufkommen an Abfällen zur Beseitigung im Freistaat Sachsen im Jahr 2005 [12]

Abfallverband oder verbandsfreier örE	„ S i c h e r e A b f ä l l e “				„Unsichere Abfälle“
	Restabfälle aus Haushalten	Sperrige Abfälle aus Haushalten	Abfälle von öffentlichen Flächen	Summe Restabfälle und sperrige Abfälle aus Haushalten sowie Abfälle von öff. Flächen (= 100 %)	Summe Abfälle aus anderen Herkunfts- bereichen (anteilig) ①
ZAS	42.550 67%	11.670 18%	9.180 15%	63.400	33.800
AWVC	78.250 77%	8.640 9%	14.060 14%	100.950	56.430
EVV	27.420 68%	7.440 18%	5.550 14%	40.410	18.780
ZAZ	25.880 74%	3.890 11%	5.180 15%	34.950	36.990
ZAOE	120.030 70%	27.060 16%	23.250 14%	170.340	72.680
RAVON	68.700 74%	11.360 12%	12.380 14%	92.440	47.460
AVN	13.520 65%	4.040 19%	3.380 16%	20.940	20.180
ZAW	98.480 66%	34.110 23%	17.200 11%	149.790	75.170
Hoyerswerda	4.160 63%	1.190 18%	1.270 19%	6.620	3.380
Delitzsch	9.450 63%	2.950 20%	2.630 17%	15.030	16.670
<b>Freistaat Sachsen</b>	<b>488.440 70%</b>	<b>112.350 16%</b>	<b>94.080 14%</b>	<b>694.870</b>	<b>381.540</b>

① Sortierreste, Baumischabfälle, Gewerbeabfälle, produktionspezifische Abfälle, wenn sie den örE angegliedert werden.

Die Ergebnisse der Hochrechnung der klimarelevanten Emissionen der Restabfallbeseitigung im Jahr 2005 und in den Folgejahren sind in Tab. 5 und Tab. 6 wiedergegeben.

Tab. 5: Zusammenfassung der klimarelevanten Emissionen der Restabfallbeseitigung im Jahr 2005 und Folgejahre (Hochrechnung)

Entsorgungslösung	Klimaeffekt 2005 (1.000 t CO <sub>2</sub> /a)	Klimaeffekt Folgejahre (1.000 t CO <sub>2</sub> /a)
Abfallwirtschaftliche Maßnahmen	-28,3 ①	-45,2 ①
Deponien, davon	5.214 bis 5.449	5.214 bis 5.449 ②
<b>Restemissionen</b>	<b>5.701</b>	<b>5.701 ②</b>
Deponiegasnutzung	-135,4 bis -143,4	-135,4 bis -143,4 ②
<b>Vermiedene Methanemissionen ⑤</b>	<b>-438 ③ bis -487 ④</b>	<b>-876 ② bis -974 ②</b>
<b>Gesamtbetrag (gerundet)</b>	<b>5.042 bis 5.099</b>	<b>4.538 bis 4.644</b>

① in Abhängigkeit vom Energienutzungskonzept der MVAs, hier berechnet: MVA in Sachsen-Anhalt mit Prozessdampfnutzung; CO<sub>2</sub> aus der Deponierung von MBA-Rottegut eingerechnet

② Zahlen für 2005 auf ein volles Jahr hochgerechnet

③ auf Basis einer 10 %-igen Wirksamkeit der Methanoxidationsschicht auf allen Deponien

④ keine Methanoxidationsschicht

⑤ Die Berechnung der Methan-Freisetzung erfolgt nach IPCC-Vorgaben für ein Jahr. Deponiebürtige Methanemissionen fallen in der Praxis über einen längeren Zeitraum verteilt an. Eine kontinuierliche Fortsetzung der Deponierung unbehandelter Abfälle und gleichbleibende Abbauvorgänge in den Deponien vorausgesetzt, kumulieren die Methanemissionen in jedem Jahr in der berechneten Höhe. Daher ist es zulässig, die berechneten vermiedenen Emissionen mit den übrigen Emissionen und Einsparungen zu vergleichen.

Tab. 6 fasst die Ergebnisse der Hochrechnung anhand der Abfallmengenprognose und der Planungen der örE für die technischen Lösungen zur Restabfallbeseitigung für den Zeitraum nach 2005 zusammen. Dann wird durch die bereits ergriffenen und derzeit in Realisierung oder Planung befindlichen Maßnahmen zur Einhaltung der AbfAbIV der Beitrag der Abfallwirtschaft („sichere Abfälle“) zu einer merklichen Klimaentlastung führen. Der Einsparung von rund 930.000 bis 1.028.000 t CO<sub>2</sub>-Äq. allein aus Methan in den Jahren nach 2005 (Summe Vorbehandlungsverfahren ohne Deponieanteil; Anmerkung ⑤ in Tab. 5 beachten!) steht eine Freisetzung von nur noch 9.200 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten aus der Ablagerung von MBA-Rottegut gegenüber.

Tab. 6: Klimarelevanz der Restabfallbeseitigung im Freistaat Sachsen nach 2005 – Hochrechnung anhand der Abfallmengenprognose und der Planungen der öRE für die technischen Lösungen zur Restabfallbeseitigung (vgl. Tab. 5)

<b>Entsorgungslösung</b>	<b>Klimaeffekt nach 2005 (1.000 t CO<sub>2</sub>/a)</b>
Abfallwirtschaftliche Maßnahmen	-54,4
Vermiedene Methanemissionen ②	-876 bis -974
<b>Summe Vorbehandlungsverfahren ohne Deponieanteil</b>	<b>-930 bis -1.028</b>
Deponierung von MBA-Rottegut	9,2 ①
<b>Bilanz Vorbehandlungsverfahren</b>	<b>-921 bis -1.019</b>

① Deponierung Rottegut: 204.960 t/a, Restemission: 45 kg CO<sub>2</sub>/t

② vgl. Anmerkung ⑤ in Tab. 5

Die Studie kommentiert die Ergebnisse der Hochrechnung wie folgt:

„Es zeigt sich, dass die Emissionen aus der jahrelang praktizierten und noch bis Mitte 2005 weitestgehend fortgesetzten Deponierung von unbehandeltem Restabfall das Ergebnis maßgeblich bestimmen. Maßnahmen zur Senkung der Emission auf Deponien wie eine energetische Nutzung von Deponiegas, mit Abstrichen auch die Methanoxidationsschicht führen ebenfalls zu merklichen Effekten. Gleiches gilt auch für die mittlerweile im Bau und im Planungsstadium befindlichen Entsorgungslösungen, die auf Deponierung weitgehend verzichten. Die größte Einsparung ergibt sich aus dem Verzicht auf die Deponierung unbehandelter Abfälle, was zu einem sehr deutlichen Rückgang der Methanemissionen führen wird. Auch ohne diese „Gutschrift“ für vermiedene Methanemissionen weisen die meisten der geplanten oder derzeit schon in Betrieb befindlichen Entsorgungsanlagen Einsparungen an klimarelevanten Emissionen auf.“

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die bis Mitte 2005 vorgenommenen Ablagerungen unbehandelten Restabfalls diese Entlastung für die nächsten Jahre noch kompensieren werden.

### 3.3. Sensitivitätsbetrachtung der Ergebnisse der Restabfallbeseitigung

Zu jeder ökobilanziellen Betrachtung gehört u.a. eine Sensitivitätsanalyse. Dabei wird geprüft, wie sich die Ergebnisse verändern, wenn ergebnisrelevante Rahmenbedingungen und Annahmen variiert werden. Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Annahmen und Daten variiert, so z.B.

- Berücksichtigung der “unsicheren” Mengen
- Gutschrift für die Erzeugung von Methanol
- Veränderte Zusammensetzung des Restabfalls (C fossil).

#### 3.3.1. Sensitivitätsanalyse: Veränderte Restabfallzusammensetzung (C fossil)

Maßgeblich für die Berechnung der klimarelevanten Emissionen und Emissionseinsparungen ist der Anteil an **regenerativem C** im Restabfall. Es wurde untersucht, wie sich die Ergebnisse für die Restabfallbeseitigung verändern, wenn der Anteil an regenerativem C deutlich niedriger als die verwendeten 75 % angesetzt wird: in diesem Fall nur rund 60 %, was dem IPCC-Standard-Wert entspricht – oder proportional reduziert in den erzeugten hochkalorischen Fraktionen/Ersatzbrennstoffen.

Die Sensitivitätsanalyse ergibt, dass das Ergebnis – Klimaentlastung – kippt und die Entsorgungslösungen trotz immer noch verbliebender regionaler Entlastungen sich in der Summe in den positiven Zahlenbereich bewegen und damit eine Klimabelastung beschreiben (Bild 1). Dies ist ursächlich auf die Entsorgungslösung mit MBA zurückzuführen (hier örE 1 + 2), die bei gleichem energetischen Aufwand in der MBA in der nur verstromenden MVA nicht mehr genügend CO<sub>2</sub>-Gutschriften erzeugt, um die MBA-Lastschrift zu kompensieren. Die angesetzten 60 % regenerativen Kohlenstoffs sind allerdings für sächsischen Restabfall als deutlich zu niedrig anzusehen.

Die Entsorgungslösungen mit einer Verwertung im SVZ zeigen keine Reaktion auf die Variation des Anteils am fossilen C. Dies liegt daran, dass die für die Methanolerzeugung gutgeschriebenen Emissionen als 100 % fossil angesetzt werden.

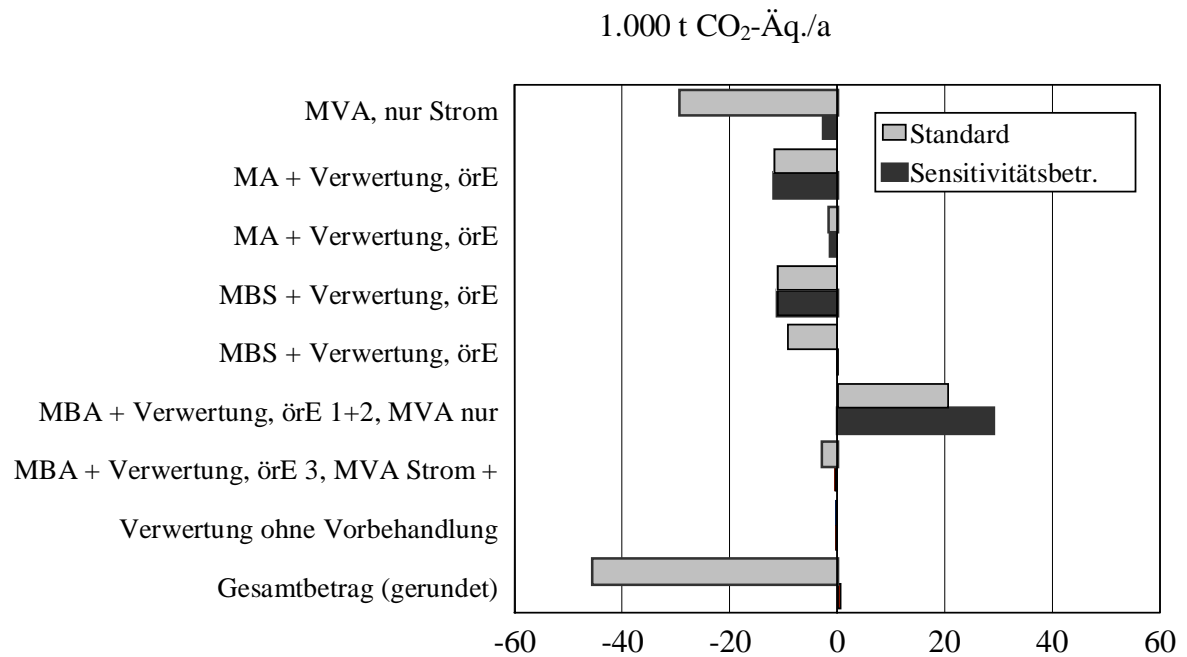


Bild 1: Sensitivitätsbetrachtung: Anteil an fossilem C im Restabfall: 40 % statt 25 %

### 3.4. Optimierungspotenziale der Restabfallentsorgung

Gegenstand der Studie war des Weiteren die Ableitung von Optimierungspotenzialen der Restabfallentsorgung im Hinblick auf die Einsparungen an klimarelevanten Emissionen.

#### 3.4.1. Optimierungspotenziale der thermischen Behandlung / energetischen Verwertung von Restabfall

Als Ergebnis der vorangegangenen Berechnungen wurde festgestellt, dass – abgesehen von den „Altlasten“ bereits abgelagerter Abfälle und der Vermeidung zukünftigen Methanemission durch die Vorbehandlung von Abfällen – die **Energieeffizienz** der einzelnen Komponenten der Restabfallbeseitigung den größten Einfluss auf die Einsparungen klimarelevanter Emissionen hat. Daraus lassen sich folgende Schlüsse für die Optimierung ziehen:

- **MVA/Kraftwerk:** Steigerung der Energieeffizienz durch Kraft-Wärme-Kopplung oder Prozessdampferzeugung mit ganzjähriger Abnahme; auch die Bereitstellung von Kälte nach dem Kühlschranks-Prinzip erscheint je nach Standortgegebenheit prüfenswert.

Gestützt wird die Forderung nach einer Steigerung der Energieeffizienz von Johnke vom Umweltbundesamt, der zu folgendem Schluß gelangt [13]:

„Könnte das aus der Siedlungsabfallverbrennung zusätzlich vorhandene Energiepotenzial nutzbar gemacht werden, würden damit die klimarelevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossil erzeugter Energie weiter reduziert werden können. Wie im Statusbericht (...) dargestellt, kann – unter Berücksichtigung eines anlagentechnisch machbaren Optimierungsaufwands – durch Verbesserung der Energienutzung eine CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparung von bis zu 3.416 Gg CO<sub>2</sub>/a erreicht werden. Bezogen auf die CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen aus der Energieerzeugung würde dies zu einer Einsparung von 0,5% beitragen. Allerdings müsste dann ein zusätzliches (bisher ungenutztes) Energiepotenzial von 13,2 x 10<sup>6</sup> MWh/a als Strom, Fernwärme und/oder Prozessdampf nutzbar gemacht werden.

Hinweis: Würden weitere 13 Mio. t/a Siedlungsabfall, die bisher noch auf Hausmüll-Deponien abgelagert werden, in Siedlungsabfall-Verbrennungsanlagen verbrannt und energetisch genutzt werden, könnte der Beitrag aus der Siedlungsabfall-Verbrennung zur CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung auf 1% verdoppelt werden. Neue Anlagenstandorte sollten deshalb energieabgabeorientiert ausgewählt werden und einen energetischen Gesamtnutzungsgrad aufweisen, der eine Klimaneutralität, besser einen klimaneutralen Energiebonus, ermöglicht!

Bezogen auf das im nationalen Klimaschutzprogramm bis 2005 avisierte, zusätzlich noch zu aktivierende Emissions-Minderungspotenzial von 50.000 – 70.000 Gg CO<sub>2</sub>, könnte über die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung aus der verbesserten Energienutzung ein Anteil von ca. 5% erbracht werden.“

### **3.4.2. Optimierungspotenziale der nicht-thermischen Behandlung / stofflichen Verwertung von Restabfall**

Aus den durchgeführten Berechnungen und Überlegungen ergeben sich für den Bereich der nicht-thermischen Restabfallbeseitigung folgende Optimierungsmöglichkeiten:

- MBS: Problem „Energiefresser“ Pelletierung: diese erhöht den Heizwert nur unwesentlich, bedeutet aber einen enormen Energieaufwand, der nicht mehr „reingeholt“ werden kann. Daher erscheint eine Prüfung sinnvoll, ob andere Abnehmer für die nicht pelletierte hochkalorische Fraktion erschließbar sind.

- MBA (und MBS): Nutzung von bislang energetisch nicht genutztem Deponiegas oder sonst nicht nutzbarem Schwachgas zur Feuerung der Abgasreinigung (RTO) (s.u.).
- Transporte: Minimierung von Transportaufwendungen durch insbesondere Bevorzugung ortsnaher Lösungen.

Weitere grundsätzliche Überlegungen betreffen den Sammel- und Transportaufwand (vor der Anlage; in der Studie nicht untersucht). So ist z.B. über eine Minimierung von Sammel- und Trennaufwand bei Verpackungen analog dem „Wiener Modell“ nachzudenken. Dieses wurde schon von verschiedenen Seiten je nach Randbedingungen für ökologisch sinnvoll erachtet [14, 15]. Beispielsweise kommt das Fraunhofer-IVV in einer Untersuchung aus dem Jahr 2001 zu folgendem Schluß [16]:

“Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wäre es aus ökologischer Sicht gleichwertig und aus ökonomischer Sicht vorteilhaft, schrittweise auf eine Verbrennung der Mischkunststofffraktion der Verpackungsabfälle in den MVA umzustellen und ggf. die eingesparten Mittel für eine weitere Verbesserung der Einbindung der Anlagen in die Energienetze zu verwenden.”

Diese Maßnahme wäre im Freistaat Sachsen ökonomisch und ökologisch nur sinnvoll umsetzbar, wenn die MVA(s jeweils) über ein optimiertes Energienutzungskonzept verfügte(n) oder dieses geschaffen werden kann.

### **3.4.3. Optimierungspotenzial der Deponiegasnutzung**

Die mechanische Aufbereitungsanlage (MA) eines örE soll auf einer Deponie errichtet werden, auf der bereits Deponiegas gefasst und thermisch verwertet wird. Es ist angedacht, dieses Deponiegas zur Befeuerung der Abgasreinigung (RTO) der MA zu verwenden. Hiermit könnte auf den Einsatz von Erdgas weitgehend verzichtet werden. Ein vergleichbares Konzept wird bereits mit Erfolg auf der MBS Aßlar praktiziert [17].

Die Effekte dieser angedachten Maßnahme wurden einer groben Abschätzung unterzogen. Wenn das Deponiegas zukünftig zur Befeuerung der RTO verwendet wird, entfällt die Möglichkeit der Verstromung. Daher ist die bislang bereitgestellte elektrische Energie diesem Verfahren als Lastschrift anzurechnen, da Strom in gleicher Höhe nun mit fossilen

Brennstoffen erzeugt werden muss. Auf der anderen Seite ersetzt dieses Deponiegas Erdgas, also eine fossile Kohlenstoffquelle. Nach Betreiberangaben beträgt der Gasverbrauch für die Stützfeuerung der RTO-Anlage 4,6 m<sup>3</sup>/t Restabfall. Im Fall der Zufeuerung von Deponiegas – in diesem Fall ein thermisch nicht nutzbares Schwachgas mit einem Methangehalt von rund 20 bis 25 % – konnte bei der LARA (**L**uft-**A**ufbereitungs-/**R**einigungs-**A**nlage) in Aßlar der Flüssiggasverbrauch (Propan) deutlich gesenkt werden [17], vgl. Tab. 7.

Tab. 7: Brennstoffverbrauch der RTO für die MBA Aßlar [17]

Parameter	Auslegung	Einheit
Erdgasverbrauch (rechnerisch)	2,4 – 3,2	m <sup>3</sup> /t
Flüssiggasverbrauch (ohne Deponiegasbetrieb)	0,9– 1,2	m <sup>3</sup> /t
Flüssiggasverbrauch (bei Betrieb mit Deponiegas)	0,1	m <sup>3</sup> /t
Deponiegasverbrauch	17 - 22	m <sup>3</sup> /t

Für die weitere Abschätzung wird davon ausgegangen, dass sich der Strombedarf der Anlage durch den Einsatz von Deponiegas nicht verändert, und dass das anfallende Deponiegas ausreicht, um den Verbrauch an Erdgas um 1 m<sup>3</sup> zu senken, und es zudem vollständig verwertet wird. Allerdings muss wegen des unterschiedlichen Heizwertes von GUS-Erdgas – 36,8 MJ/Nm<sup>3</sup> – und Deponiegas – ~25,0 MJ/Nm<sup>3</sup> – mindestens das 1,5-fache an Deponiegas eingesetzt werden, um das Erdgas zu ersetzen. In beiden Fällen ist aber davon auszugehen, dass das aus der Verbrennung freigesetzte CO<sub>2</sub> in der Summe gleich ist. Das CO<sub>2</sub> aus der Erdgasverbrennung ist vollständig fossil, das CO<sub>2</sub> aus der Deponiegasverbrennung ist anteilig regenerativ aus schwer abbaubarer und nicht humifizierter Organik wie Papier, Holz usw.. Dies kann aber nicht quantifiziert werden, daher wird von einer klimarelevanten Emission in Höhe von 90 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emission ausgegangen.

Der Effekt der Deponiegasnutzung für die RTO wird wie folgt vereinfacht abgeschätzt:

- 1 m<sup>3</sup> Deponiegas erzeugt im Mittel 2 kW<sub>el</sub> Strom (25 MJ/m<sup>3</sup> entsprechend 6,9 kWh/m<sup>3</sup>, bei 30 % Wirkungsgrad Verstromung sind das ~2 kW<sub>el</sub>).
- Die Gutschrift für die Erzeugung von 1 kW<sub>el</sub> Sächsischen Strommixes 2000 [7] beläuft sich auf 0,879 kg CO<sub>2</sub>-Äq. / MW<sub>el</sub>.
- Aus diesen Daten errechnet sich für Deponiegas eine Gutschrift von 1,76 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup>.
- 1,5 m<sup>3</sup> (bzw. 1 m<sup>3</sup>) Deponiegas ersetzen 1 m<sup>3</sup> (bzw. 0,67 m<sup>3</sup>) GUS-Erdgas.

- Die Emissionen von Erdgas aus der Verbrennung – 2 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup> – sind zu 100 %, die von Deponiegas geschätzt zu 90 % fossil.
- Daher ist dem Einsatz von Deponiegas 10 % der Verbrennungsemissionen des ersetzten Erdgases gutzuschreiben, in Summe 0,2 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup> Erdgas oder 0,132 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup> Deponiegas.
- GUS-Erdgas hat eine Vorkette von 0,85 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup> (vgl. Tab. 20 in Teil 1).
- 1 m<sup>3</sup> Deponiegas erhält die Gutschrift für die Vorkette von GUS-Erdgas von (0,85·0,67 =) 0,57 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup>.

Daraus lässt sich die Klimarelevanz des Einsatzes von Deponiegas in der RTO grob bilanzieren. Tab. 8 zeigt die Ergebnisse dieser Abschätzung.

Tab. 8: Bilanzierung der Klimarelevanz des Einsatzes von Deponiegas in der RTO einer MBS anstelle der Deponiegasverstromung

<b>Last-/Gutschrift</b>	<b>Betrag</b>
Lastschrift für entgangene Verstromung	1,76 kg CO <sub>2</sub> -Äq./m <sup>3</sup>
Gutschriften:	
Verbrennungsemissionen GUS-Erdgas	-0,132 kg CO <sub>2</sub> -Äq./m <sup>3</sup>
Vorkette von GUS-Erdgas	-0,57 kg CO <sub>2</sub> -Äq./m <sup>3</sup>
<b>Summe</b>	<b>1,058 kg CO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>3</sup></b>

Diese grobe Abschätzung, zeigt, wo die entscheidenden Weichenstellungen bestehen:

- Wird Deponiegas für die RTO verwendet, welches zuvor **ungenutzt abgeleitet** wurde, überwiegen nicht nur die in Tab. 8 aufgeführten Gutschriften, sondern es kommen noch weitere Gutschriften für die Umwandlung von Methan zu CO<sub>2</sub> sowie die Zerstörung von FCKW und anderen klimarelevanten Schadstoffen im Deponiegas hinzu.
- Wird Deponiegas genutzt, welches zuvor **abgefackelt** wurde – was hinsichtlich der Emissionen praktisch als klimaneutral eingestuft werden kann – verbleiben die Gutschriften der Tab. 8 für die Bilanz.
- Wird aber Deponiegas für die RTO verwendet, welches **zuvor energetisch verwertet** wurde, ist genau zu bilanzieren. So zeigt die Modellrechnung in Tab. 8, dass bei einem mittleren Wirkungsgrad der verstromenden Anlage die größere Klimaentlastung erreicht wird, wenn das Deponiegas nicht in der RTO eingesetzt, sondern effizient verstromt wird.

Anders kann sich die Situation darstellen, wenn – wie im Fall Ablar – Deponieschwachgas, welches bis dahin emittiert wurde, in der RTO eingesetzt wird. Eine energetische Verwertung von Schwachgas ist ansonsten in der Regel nicht möglich. In diesem Fall kämen daher noch die Gutschriften für die verdrängte energieintensive Behandlung dieses Gases hinzu, so dass diese Maßnahme im Ergebnis zu einer deutlichen Klimaentlastung führt.

**Das Beispiel Deponiegasnutzung illustriert die Notwendigkeit einer genauen Betrachtung der Randbedingungen des Einzelfalls bei der Berechnung der klimarelevanten Effekte abfallwirtschaftlicher Maßnahmen.**

Weitere klimabezogene Optimierungspotenziale umfassen den Ausbau der Deponiegasnutzung, wo möglich mit Kraft-Wärme-Kopplung; oder die Bildung von Anlagenverbunden mit Nutzung des Gases für andere Anlagen (RTO der MBA/MBS, wenn keine Kraft-Wärme-Kopplung möglich, Klärschlamm-trocknung usw.), insbesondere für Deponieschwachgas.

#### **4. Holzabfallverwertung (thermisch)**

Das im Jahr 2005 anfallende erschließbare Potenzial an Gebrauchtholz beläuft sich auf rund 304.000 t. Es wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2005 etwa 91 % verwertet werden (276.640 t), wobei ca. 90 % auf die energetische Verwertung (248.976 t) entfallen werden. Die restlichen rund 10 % gelangen weiter in die Spanplattenproduktion oder Vergasung [18]. Abzüglich der bereits im Jahr 2000 energetisch verwerteten Menge Altholz von 202.200 t verbleiben theoretisch 46.776 t an Gebrauchtholz, die gegenüber dem Jahr 2000 zusätzlich energetisch verwertet werden, zeitnahe Errichtung und Betrieb entsprechender Anlagen vorausgesetzt. Bei einer energetischen Nutzung nur durch Verstromung wäre – ohne Berücksichtigung der notwendigen Transporte – eine Klimaentlastung von  $(46.776 \text{ t} \cdot \sim 0,400 \text{ t CO}_2\text{-Äq./t Input Holzabfall}) = 18.710 \text{ t CO}_2\text{-Äq.}$  im Jahr 2005 zu erwarten. Bei Realisierung von Kraft-Wärme-Kopplung würde sich die Klimaentlastung noch deutlich steigern lassen.

Für vorhandene und geplante Holzverbrennungsanlagen sind eine Reihe von klimabezogenen Optimierungsmöglichkeiten [19] gegeben. Hierzu zählt insbesondere – neben den mehr technischen Optimierungen – die bedarfsangepasste Auslegung der Anlage, um einen optimalen Absatz der erzeugten Wärmeenergie zu gewährleisten.

## **5. Verwertung biogener Abfälle**

In der Summe sind nach grober Abschätzung rund 10.800 t CO<sub>2</sub>-Äq. durch die Kompostierung in Sachsen emittiert worden, die sich wie folgt aufteilen:

- geschlossene und eingehauste Kompostierungsanlagen: 3.546 t CO<sub>2</sub>-Äq.
- offene Kompostierungsanlagen: 7.245 t CO<sub>2</sub>-Äq..

Für die Vergärungsanlagen wird mit einer Klimaentlastung gerechnet, die allerdings derzeit nicht quantifiziert werden kann.

Für das Jahr 2005 wird keine Änderung erwartet. Unter der Voraussetzung, dass das derzeit nicht einer Kompostierung/Vergärung zugeführte Bioabfallaufkommen von (rechnerisch) knapp 43.000 t im Jahr 2005 zum größten Teil (Annahme: 33.000 t/a) einer Vergärung mit Klärschlamm oder anderen Cosubstraten, nicht mit Gülle zugeführt wird, und dass das Einsparpotenzial klimarelevanter Emissionen bei -50 kg CO<sub>2</sub>-Äq./t Bioabfall liegt, was sich im unteren Bereich für Bioabfall- und Klärschlamm-/Bioabfallvergärungsanlagen bewegt [20], wäre rechnerisch eine Einsparung von rund -1.650 t CO<sub>2</sub>-Äq. für das Jahr 2005 im Bereich Bioabfallverwertung zu erzielen.

Für die Zukunft bedeutet dies: Wenn Planungen für eine Ausweitung der Bioabfallverwertung durchgeführt werden, dann sollte der Vergärung der Vorzug gegeben werden. So sollte im Zuge weiterer Optimierungen (z.B. Vergärungsanlagen für gewerbliche Abfälle wie Speisemittelreste aus Fabrikation oder Großeinrichtungen ...) auch eine Umstellung der Bioabfallkompostierung (energieintensiv) auf Vergärung oder Covergärung geprüft werden.

## **6. Ergebnisse Restabfallbeseitigung, Holzabfall- und Bioabfallverwertung im Überblick**

In Tab. 9 sind die Ergebnisse für die betrachteten Sektoren der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen zusammengefasst. Wie bereits festgestellt, dominieren die „Altlasten“ der Deponierung unbehandelter Abfälle auch im Jahr 2005 und den Folgejahren die Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen.

Tab. 9: Übersicht: Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen – Status quo (2000) und Status 2005 sowie Folgejahre in 1.000 t CO<sub>2</sub>-Äq./Jahr

Abfallart	Emissionen in 1.000 t CO <sub>2</sub> -Äq./Jahr		
	2000	2005	ab 2006
Restabfall (Kap. 2.3) einschließlich Gutschriften für vermiedene Methanemissionen	5.551 bis 6.135	4.698 bis 4.982	4.194 bis 4.527
Restabfall ohne Deponieemissionen einschließlich Gutschriften für vermiedene Methanemissionen			-921 bis -1.019
Holzabfallverwertung (Kap. 4)	- 9,6	(- 9,6 + - 18,7 <sup>①</sup> ) = - 28,3	
Verwertung von Bioabfall (Kap. 5)	7,7	7,7 Optimierungspotenzial: -1,7	

① nur Verstromung; bei KWK deutlich mehr

Dennoch bedeuten die bereits eingeleiteten oder geplanten Maßnahmen zum Klimaschutz in der Abfallwirtschaft eine erhebliche Klimaentlastung, insbesondere wegen der Gutschriften für vermiedene Methanemissionen aus der Deponierung von Restabfall. Die klimaentlastenden Effekte können noch größer ausfallen, wenn die dargestellten Optimierungspotenziale ausgeschöpft werden. Dabei kommt der intelligenten und effizienten Nutzung der Energie eine Schlüsselrolle zu.

## 7. Literatur

- [1] Ausschreibung Nr. 29, 382 des Sächsischen Ausschreibungsblattes
- [2] Wagner S., Ibold H., Zeschmar-Lahl B.: Die Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen. Aktenzeichen: 13-8802.3523/103, Abschlußbericht vom 12.05 2005. Auftraggeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, vertreten durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, Referat Anlagenbezogener Immissionsschutz, Klimaschutz
- [3] Nationales Klimaschutzprogramm. Umwelt Nr. 11/2000, Sonderteil.  
<http://www.bmu.de/download/dateien/klimaschutzprogramm2000.pdf>
- [4] Klimaschutzprogramm des Freistaates Sachsen, Stand 1.6.2001
- [5] Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG), Dresden: Emissionssituation in Sachsen. Ausgabe 2001, <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/veroeffentlichungen/verzeichnis/Luft-Laerm-Strahlen/Endversion.pdf>
- [6] Öko-Institut: GEMIS 4.0. Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (Version 4.0). Download: <http://www.oeko-institut.org/service/gemis/index.htm>

- [7] Kowalski H.-D. (SMUL): Aktuelle Entwicklungen der Abfallentsorgung im Freistaat Sachsen. Manuskript zur Tagung des SIDAF: Aktuelle Situation und Perspektiven in der Abfallwirtschaft, Freiberg, 15.04.-16.04.2002
- [8] STEAG encotec, Hr. Eich, Fax an BIWA Consult vom 4.6.2002, Az. S02/260
- [9] [http://www.zaoe-dresden.de/naviframe/index\\_presse\\_presse.html](http://www.zaoe-dresden.de/naviframe/index_presse_presse.html)
- [10] Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH (WEV GmbH): Schreiben an BIWA Consult GbR vom 4.9.2002
- [11] <http://www.mvg-delitzsch.de/Presse/prse0206/prse0206.html#lz020622a>
- [12] Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG): Überarbeitete Prognose für Abfälle zur Beseitigung, die auf den Gebieten der einzelnen Abfallverbände und verbandsfreien öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger anfallen werden. Grundlage: Regionalisierte Bevölkerungsprognose für den Freistaat Sachsen bis 2010, Sonderheft Nr.2/2000 Statist. Landesamt Kamenz
- [13] Johnke B, Umweltbundesamt Berlin: Statusbericht zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch verbesserte Energienutzung in Siedlungsabfall-Verbrennungsanlagen – Stand Juli 2002. <http://www.itad.de/energie/neuen2000.pdf>
- [14] Heyde M., Kremer M.: Thermische Verwertung heizwertreicher Abfälle in der Müllverbrennungsanlage Borsigstraße in Hamburg. Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnologie und Verpackung, Freising, 1999
- [15] BZL GmbH: Defizitanalyse Ökobilanzen DSD. Rohstoffliche Verwertung von getrennt erfassten LVP-Verpackungen oder Mitbenutzung der Restmülltonne? Erstellt im Auftrag der Landbell AG. Oyten, den 16. Mai 2001. Download: [http://www.bzl.info/files/pdf/End\\_19.01.02.pdf](http://www.bzl.info/files/pdf/End_19.01.02.pdf)
- [16] Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising, Dipl.-Ing. Till Nürrenbach, Dr. rer. nat. Michael Menner, und Technische Universität München, Lehrstuhl für Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Garching, Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, Dr. rer. silv. Gabriele Weber-Blaschke, Dipl.-Ing. Florian Rams! Kurzfassung zum Projektbericht „Energetische Verwertung heizwertreicher Abfälle in bayerischen Müllverbrennungsanlagen: Beurteilung der Energie-, Abfall- und Emissionsbilanz“. Dezember 2001
- [17] BZL GmbH: Thermisch-regenerative Abgasreinigung für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung. Studie im Auftrag der Herhof Umwelttechnik GmbH. Oyten, 1.2.2001; Bezug über die Fa. Herhof
- [18] BIWA Consult GbR, Freiberg: Die Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen. Gebrauchtholzbilanz 2000 und Prognose für Sachsen. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 02-1, Januar 2002, 34 Seiten, [http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/SabfaWeb/sabfaweb-nt/print/FuE\\_gebrauchtholz.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/SabfaWeb/sabfaweb-nt/print/FuE_gebrauchtholz.pdf)
- [19] C.A.R.M.E.N. e.V. (Centrale Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk): Biomasseheizwerke auf dem Prüfstand. Evaluierung von Pilot- und Demonstrationsanlagen zur regenerativen Energieerzeugung auf Basis von Biomasse in Deutschland. – gekürzte Fassung des Endberichts. Download: <http://www.carmen-ev.de/deutsch/publik/evaluier.pdf>
- [20] Knappe F., Vogt R.: Vergleichende ökologische Bilanzierung der Mitbehandlung von biologischen Abfällen in Faulbehältern von Kläranlagen. In: Thomé-Kozmiensky K.-J. (Hrsg.): Reformbedarf in der Abfallwirtschaft. TK-Verlag, Neuruppin, 667 – 687, 2001