

Klimarelevanz der Abfallwirtschaft IV

Gerd Mauschitz
TU-Wien

Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften,
Abteilung: Mechanische Verfahrenstechnik und Luftreinhaltetechnik

Studie im Auftrag des
Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Wien, im Februar 2009

Kurzfassung

Österreich hat sich zur Erreichung des Kyoto-Protokolls im Rahmen einer Burden-sharing-Vereinbarung innerhalb der Europäischen Union verpflichtet seine Treibhausgasemissionen bis zum Zielzeitraum 2008 - 2012 um 13% zu reduzieren; daraus ergibt sich im Hinblick auf das Basisjahr 1990 eine erforderliche Verringerung der Gesamtemissionsmenge an Treibhausgasen (THG) von ca. 88 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent (im Jahr 2007) um 21,8% auf 68,8 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent. Zum Erreichen dieses Reduktionsziels wurde die „Österreichische Klimastrategie“ von der Bundesregierung verabschiedet, in der Zielwerte und Maßnahmen für acht Sektoren festgelegt wurden. Darunter findet sich der Bereich der Abfallwirtschaft.

Die vorliegende Studie bilanziert die durch die Behandlung von Restmüll verursachten Treibhausgasemissionen in Bezug auf Methan und Kohlendioxid und zeigt, welchen Beitrag die österreichische Abfallwirtschaft zur Erreichung des nationalen Treibhausgasreduktionsziels leisten kann. Als Restmüllbehandlungsverfahren wurden die Deponierung, die thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen und die mechanisch-biologische Behandlung betrachtet.

Es wurden exemplarisch für den Abfallbereich THG-Emissionsbilanzen für die Jahre 2006 und 2013 gerechnet und mit der des Jahres 1990 verglichen. 1990 ist das Basisjahr für die protokollgemäße Reduzierung der Treibhausgase. 2006 ist jenes Jahr über welches die aktuellsten Daten zur österreichischen Abfallwirtschaft verfügbar sind. Mit 2013 wird jenes Jahr gewählt, in dem voraussichtlich auch jene Müllverbrennungsanlagen ihren Betrieb aufgenommen haben werden, die sich derzeit in der Realisierungsphase befinden.

- Die Emissionsbilanz für 2006 zeigt, daß der Anteil der durch Restmüll bedingten Treibhausgasemissionen an der gesamtösterreichischen CO₂- und CH₄-Emission im Umfang von 84,22 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent mit ca. 1,254 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent rund 1,5% beträgt.
- Die Bilanzen verdeutlichen, daß im Jahresvergleich 2006 mit 1990 eine stete Abnahme der sektoralen THG-Emissionen von ca. 2,028 auf ca. 1,254 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent zu verzeichnen war, dies entspricht einem Rückgang um mehr als 38%. Damit sanken die sektoralen spezifischen THG-Emissionen um ca. 18% auf 0,889 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent je Tonne Restmüll. Für diese Entwicklung hauptverantwortlich war die Emissionsverminderung aus dem Bereich der Mülldeponierung. Waren 1990 noch THG-Emissionen aus der Restmülldeponierung im Umfang von 1,672 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent zu verzeichnen, so reduzierten sich die Emission bis 2006 um ca. 56%, dies infolge schärferer gesetzlicher Bestimmungen im Rahmen der Deponieverordnung, welche die deponierte Restmüllmenge von ca. 1,21 Millionen Jahrestonnen im Jahr 1990 bis 2006 um mehr als 88% absinken ließ. Darüber hinaus wirkten sich die vermehrte Deponiegassammlung, die höhere Verwertungsquoten des Deponiegases, die Verstromung in effizienteren Deponiegasmotoren, der deutlich höhere Anteil thermisch verwerteten Restmülls und die effizientere externe Verbrennung, der in den mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen gezogenen heizwertreichen Leichtfraktion emissionsmindernd aus.
- Die Resultate der achtzehn für 2013 gerechneten Szenarien veranschaulichen den Einfluß der sich ergibt, wenn der Aufteilungsschlüssel für die anfallende Restmüllmenge für die Behandlungsvarianten thermische Restmüllverwertung und mechanisch-biologische Abfallbehandlung variiert wird. Es wird deutlich, daß eine stärkere THG-Emissionsreduktion erzielt werden könnte, wenn durch Müllvermeidung weniger Restmüll zur Behandlung anfallen würde und wenn vor allem der Behandlungsanteil durch Müllverbrennungsanlagen erhöht, hingegen der mechanisch-biologische Behandlungsanteil zurückgenommen werden würde. Bei vollständiger thermischer Verwertung des Restmülls in Müllverbrennungsanlagen würde sich die THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 im günstigsten Fall um ca. 85% absenken lassen. Bei ausschließlich mechanisch-biologischer Restmüllbehandlung ergäbe sich im ungünstigsten Fall eine THG-Emissionsreduktion um ungefähr 15% gegenüber 1990.
- Die vorliegenden THG-Emissionsbilanzen verdeutlichen, daß der Bereich Restmüll am nationalen Treibhausgasemissionsreduktionsziel von 22,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent einen Beitrag in der Größenordnung von 1,2 bis 1,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent zu leisten vermag. Ein Beitrag der als leicht realisierbar einzustufen ist.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung.....	3
2 Aufgabenstellung.....	5
3 Emissionsbilanzierung.....	6
4 Datengrundlage.....	9
5 Zur Berechnung.....	12
6 Emissionsbilanzen.....	17
7 THG-Emissionsentwicklung in der österreichischen Abfallwirtschaft.....	23
8 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	29
9 Anhang.....	31
9.1 Gesamtergebnisse in tabellarischer Form.....	31
9.2 Detaillierte Emissionsbilanz für 2006.....	34
9.3 Detaillierte Emissionsbilanz für 2013 (Standardszenario M1D).....	35
9.4 Detaillierte Emissionsbilanz für 2013 (erwartetes Szenario M1F).....	36
9.5 Graphische Darstellung der Bilanzergebnisse.....	37
9.6 Datenkatalog.....	43
9.7 Symbolverzeichnis.....	45
9.8 Formelverzeichnis.....	48
9.9 Tabellenverzeichnis.....	55
9.10 Abbildungsverzeichnis.....	56
10 Literaturverzeichnis.....	57

1 Einleitung

Der durch anthropogene Treibhausgasemissionen postulierte Klimawandel ist seit der wissenschaftlichen Konferenz in Toronto im Jahr 1988 zum globalen Thema und einer weltweit zu lösenden Aufgabe geworden.

In der United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC wurde 1992 vereinbart die Konzentration der Treibhausgase (THG) in der Erdatmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, sodaß eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Diese Absichtserklärung wurde durch den Rat der Europäischen Union im März 2005 konkretisiert (ER2005), indem der globale mittlere Temperaturanstieg auf unter zwei °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau beschränkt werden soll.

Durch das Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls mit 16. Februar 2005 wurden nun erstmals rechtsverbindliche Treibhausgas-Reduktionsziele für Industriestaaten festgelegt. Die Europäische Union verpflichtete sich darin, ihre Treibhausgasemissionen (i.e. CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) bis zum Zeitraum 2008 - 2012 um 8% gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren.

Im Rahmen einer Burden-sharing-Vereinbarung unter den Mitgliedsstaaten der EU wurden unter Berücksichtigung länderspezifischer Einflußfaktoren für die einzelnen Mitgliedsstaaten unterschiedliche Reduktionsziele festgelegt (Tabelle 1-1). Österreich hat sich im Rahmen der EU-Lastenaufteilung zu einer Treibhausgas-Emissionsreduktion von 13% bis zum Zielzeitraum 2008 - 2012 verpflichtet; daraus ergibt sich im Hinblick auf das Basisjahr 1990 eine erforderliche Verringerung der Gesamtemissionsmenge an direkten Treibhausgasen von ca. 88 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent (im Jahr 2007 ohne LULUCF*) [1] um jährlich ca. 19,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent auf 68,8 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent, gleichbedeutend einer jährlichen Reduktion um 21,8%.

EU - 15		Neue Mitglieder	
Luxemburg	-28%	Tschechien	-8%
Deutschland	-21%	Estland	-8%
Dänemark	-21%	Lettland	-8%
Österreich	-13%	Litauen	-8%
United Kingdom	-12,5%	Slowakei	-8%
Belgien	-7,5%	Slowenien	-8%
Italien	-6,5%	Polen	-6%
Niederlande	-6%	Ungarn	-6%
Finnland	±0%	Malta	-*
Frankreich	±0%	Zypern	-*
Schweden	+4%		
Irland	+13%		
Griechenland	+25%		
Portugal	+27%		
Spanien	+15%		
EU-Gesamt	-8%		

* nicht in der Liste der 38 Industriestaaten enthalten

Tabelle 1-1: Lastenaufteilung zur THG-Emissionsreduktion innerhalb der Europäischen Union

Zur Erreichung des Emissionsreduktionsziels des Kyoto-Protokolls wurde die „Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels - Österreichische Klimastrategie“ erarbeitet und von der österreichischen Bundesregierung und der Landeshauptleutekonferenz (Tabelle 1-2) verabschiedet. In der 2002 erstmals veröffentlichten [2] und 2007

* LULUCF: Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land Use Change and Forestry)

überarbeiteten Klimastrategie [3] sind Zielwerte und Maßnahmen für acht Sektoren festgelegt. Darunter findet sich die Abfallwirtschaft.

Maßnahmen der Klimastrategie 2007	Inventur 2005	Inventur 2006 (A)	Klimastrategie Zielwert 2010 (B)	Zielwerte bez. auf 1990	Abstand zum Zielwert	
					(A-B)	(A-B)/A
	Mio. t CO ₂ -Äqu.	Mio. t CO ₂ -Äqu.	Mio. t CO ₂ -Äqu.	[%]	Mio. t CO ₂ -Äqu.	[%]
Industrie und produzierende Gewerbe (CO ₂ +N ₂ O+CH ₄) (inkl. Prozesse, ohne Strombezug)	24,69	25,3	23,25	+ 4,5	+ 2,05	+ 8,1
Verkehr (CO ₂ +N ₂ O+CH ₄)	24,44	23,3	18,90	+ 48,1	+ 4,40	+ 18,9
Energieaufbringung (Elektr.- u. Wärmeeerz., Raffinerien; CO ₂ +N ₂ O+CH ₄)	15,90	15,5	12,95	- 5,5	+ 2,55	+ 16,5
Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch ¹⁾ ; (CO ₂ +N ₂ O+CH ₄)	15,60	14,2	11,90	- 20,4	+ 2,30	+ 16,2
Landwirtschaft: Viehhaltung und Stickstoffdüngung (CH ₄ +N ₂ O)	7,82	7,9	7,10	- 22,2	+ 0,80	+ 10,1
Abfallwirtschaft, insbes. Mülldeponien (CO ₂ +N ₂ O+CH ₄)	2,28	2,2	2,10	- 42,4	+ 0,10	+ 4,6
Fluorierte Gase (HFKW, FKW, SF ₆)	1,32	1,5	1,40	- 12,8	+ 0,10	+ 6,7
Sonstige CO ₂ +N ₂ O+CH ₄ -Emissionen (v.a. Lösemittelverwendung)	1,22	1,3	0,90	- 10,2	+ 0,40	+ 30,8
Rundungsdifferenz ²⁾		-0,1				
Summe Inland	93,28	91,1	78,50		+ 12,60	+ 13,8
Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft			-0,70			
Beitrag JI/CDM			-9,00			
Kyoto-Ziel			68,80	- 13,0		

¹⁾ Die offizielle Emissionsinventur weist in dieser Kategorie neben den heizenergiebedingten Emissionen von Haushalten, Betrieben und Dienstleistungen (Hausbrand) auch Kleinverbräuche aus Maschineneinsatz in der Land- und Forstwirtschaft aus.

²⁾ Diese kann sich aus der Darstellung mit lediglich einer Nachkommastelle ergeben.

Tabelle 1-2: Sektorale Emissionen und Reduktionsziele der Klimastrategie 2007 [nach 4 und 5]

Bis Herbst 2002 waren die THG-Emissionen des Maßnahmenbereiches Abfallwirtschaft die Summe aus den THG-Emissionen der Sektoren Abfalldeponierung, mechanisch-biologische Abfallbehandlung sowie Abfallverbrennung. Im Herbst 2002 hat das EU-Klimasekretariat dem die nationale Treibhausgasbilanz erstellenden Umweltbundesamt über eine Änderung in der Emissionszuordnung informiert. Demgemäß sind THG-Emissionen aus Monoverbrennungsanlagen, die aus der Produktion von Strom resultieren, dem Maßnahmenbereich Energieaufbringung, bei einer Abwärmennutzung je nach System entweder der Energieaufbringung oder dem Maßnahmenbereich Raumwärme zuzuordnen. Daraus ergaben sich eine Erhöhung der Emissionswerte in diesen Bereichen und eine aliquote Senkung der Werte im Maßnahmenbereich Abfallwirtschaft. Dies gilt für die Basisdaten, das Reduktionspotential und die Zielwerte. Trotz dieser Zuordnungsänderung bleibt die Umsetzung von Maßnahmen, die im Bereich der Abfallwirtschaft gesetzt werden, wichtiger Bestandteil zur Erreichung der österreichischen Klimaschutzziele.

2 Aufgabenstellung

Die zu erarbeitende Studie wird mit der Absicht in Angriff genommen, die durch die Behandlung von Restmüll* verursachten Treibhausgasemissionen in Bezug auf Methan und Kohlendioxid zu bilanzieren, um damit zu verdeutlichen, welchen Beitrag die österreichische Abfallwirtschaft zur Erreichung des nationalen THG-Reduktionsziels leisten kann. Dazu ist es erforderlich, zunächst das tatsächlich realisierbare Reduktionsziel anzugeben und jene Randbedingungen zu nennen, die für die Erfüllung des Reduktionszieles notwendig bzw. noch zu schaffen sind. Infolge sind die entsprechenden Belastungs- und Vermeidungspotentiale für THG-Emissionen aus den unterschiedlichen Reststoffbehandlungsverfahren zu berechnen und die Randbedingungen unter denen sie erreichbar sind, zu nennen. Als Restmüllbehandlungsverfahren sollen die Deponierung, die thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) und die mechanisch-biologische Behandlung (MBA) in die Bilanzierung aufgenommen werden, wobei sich die Studie insbesondere mit der Beurteilung des THG-Reduktionszieles bei der thermischen Verwertung von Restmüll (Monoverbrennung) befassen soll. Die vorliegenden Studien [6,7] leisten für die Ermittlung des realisierbaren Reduktionszieles wichtige Hilfestellungen, bedürfen jedoch einer entsprechenden Aktualisierung. Durch Beibehalten des Bilanzierungsalgorithmus ist eine Übernahme der Bilanzergebnisse für 1990 (Kyoto-Basisjahr) und für 1996 aus [7] möglich.

In der vorzulegenden Studie sind die THG-Bilanzen für die Jahre 2006 und 2013 zu erstellen. 2006 ist jenes Jahr über welches die aktuellsten Daten der Abfallwirtschaft verfügbar sind. Mit 2013 wird jenes Jahr gewählt, in dem voraussichtlich alle Müllverbrennungsanlagen ihren Betrieb aufgenommen haben werden, die sich derzeit in der Realisierungsphase* befinden.

Ein Vergleich der THG-Emissionsbilanzen für 2013 bzw. 2006 mit 1990 soll zeigen, in welcher Größenordnung die Abfallwirtschaft im Teilbereich Restmüll

- die nationalen Treibhausgasbilanzen dieser Jahre belastet,
- ihre Treibhausgasemissionen in diesem Zeitintervall verringern kann bzw. konnte,
- inwieweit durch bevorzugte thermische Verwertung des Restmülls in Müllverbrennungsanlagen die Treibhausgasemissionen reduziert werden können.
- Die Studie soll darüber hinaus eine Bestätigung für die Richtigkeit bereits getroffener legislativer Vorgaben, sowie Entscheidungsgrundlagen für zusätzliche Maßnahmen liefern.

* Als Restmüll wird im Sinne der zu erarbeitenden Studie jener Anteil des Abfalls aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen bezeichnet, der nach der getrennten Sammlung von Altstoffen (wie Papier, Glas, Metall), biogenen Abfällen, Problemstoffen sowie Sperrmüll zur Behandlung verbleibt.

* In Realisierung bedeutet, daß sich die jeweilige Anlage bereits im Bau befinden oder zumindest ein positiver UVP-Bescheid vorliegt.

3 Emissionsbilanzierung

Stoffliche Verwertung, thermische Behandlung sowie Deponierung mit oder ohne vorgeschalteter mechanisch-biologischer Behandlung sind pyrogene und/oder biogene Quellen für die wichtigsten Treibhausgase, i.e. Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O) (Tabelle 3-1).

Bei der Bewertung des Treibhausgases Kohlendioxid wird im Rahmen der zu erstellenden THG-Bilanzen davon ausgegangen, daß aus biogenem Kohlenstoff entstandene Kohlendioxidemissionen als klimaneutral, das heißt nicht bilanzwirksam, einzustufen sind. Dies unter der Annahme, daß die freigesetzten Kohlendioxidemissionen während der Biosynthese durch Pflanzen neuerlich als Biomasse inventarisiert werden.

Im Gegensatz zu biogenen Kohlendioxidemissionen werden alle Methanemissionen, die durch Abfallbehandlungsverfahren freigesetzt werden, als klimaaktiv angesehen und mit dem vom IPCC empfohlenen Treibhausgasbildungspotential von 21 (für einen Beobachtungszeitraum von 100 Jahren) [8] in die Bilanzierung aufgenommen.

Behandlungsmethode	Emissionen						
	Treibhausgase						klassische Luftschadstoffe
	pyrogen			biogen			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
stoffliche Verwertung*	✓			✓	✓	✓	✓
Deponierung mit Deponiegasnutzung	✓		✓	✓	✓	✓	✓
thermische Behandlung	✓		✓				✓
mechanisch-biologische Behandlung mit Rottereststoffdeponierung und Verbrennung der gezogenen Leichtfraktion	✓		✓	✓	✓	✓	✓
* einschließlich Kompostgewinnung und des Energiebedarfs							

Tabelle 3-1: THG- und klassische Luftschadstoffbildung bei Abfallbehandlungsverfahren

Generell kann zur Datenverfügbarkeit und Datenqualität bei Abfallbehandlungsverfahren festgestellt werden, daß insbesondere bei der thermischen Abfallbehandlung über die Zusammensetzung vor allem des Roh- und Reingases genügend Daten veröffentlicht wurden, die fundierte Aussagen über die Schadstofffreisetzung aus Müllverbrennungsanlagen zulassen.

Für kalte Abfallbehandlungsverfahren, insbesondere für die mechanisch-biologischen Methoden, ist mangels Definition eines gemeinsamen Standes der Technik, aufgrund fehlender einschlägiger Verordnungen, angesichts der großen Unterschiede in der Zusammensetzung des Deponiegutes und wegen unzureichender Meßtätigkeit trotz einer Vielzahl von betriebenen Anlagen, eine Aussage darüber, ob die veröffentlichten Meßwerte als repräsentativ für diese Behandlungstechnik zu bezeichnen sind, aus heutiger Sicht nicht möglich.

Es ist zwar bekannt, daß es unter bestimmten Betriebsbedingungen (Deponie-, Rotteführung), bei Eingangsmaterialien mit höheren biologisch abbaubaren Stickstoffgehalten, abhängig von der Population der vorhandenen Mikroorganismen, zu einer vermehrten N₂O-Bildung bei biologischen Abbauprozessen wie sie bei der Deponierung und der mechanisch-biologischen Behandlung von Restmüll auftreten, kommen kann. Die bisher veröffentlichten Daten über die Zusammensetzung der Deponie- bzw. der Rotteabgase bei unterschiedlichen Deponie- bzw. Rottebedingungen sind zum Teil widersprüchlich, zum Teil wenig aussagekräftig, sodaß in der vorliegenden Studie eine Quantifizierung der N₂O-Emissionen nicht mit der genügenden Genauigkeit erfolgen kann und somit unterbleiben muß.

Jene Daten die notwendig wären, um eine Quantifizierung der Kohlenstoffeinbindung in die Lithosphäre vornehmen zu können - dies würde THG-Freisetzungen mindern - sind bis dato noch nicht in ansprechender Qualität verfügbar. Infolgedessen muß eine mögliche Kohlenstoffimmobilisierung in Böden, auch im Hinblick auf den dafür notwendigen Zeitraum von mehreren hundert Jahren, bei der vorliegenden THG-Bilanzierung der kalten Verfahren unberücksichtigt bleiben.

Die zu erstellende THG-Gesamtbilanz umfaßt sowohl direkte als auch indirekte bzw. vermiedene THG-Emissionen.

Direkte Emissionen der Abfallwirtschaft

Direkte Emissionen wirken sich generell belastend auf die THG-Bilanz der Abfallwirtschaft aus. Geht man von der Prämisse aus, daß aufgrund des ständig steigenden Energiebedarfs, stets Nutzenergie in Form von Strom, Prozeßwärme bzw. Fernwärme im zunehmenden Maß nachgefragt wird und somit bereitgestellt werden muß, so wird deutlich, daß durch die Inkaufnahme eines Nutzungsverzichts des chemisch gespeicherten Energieinhaltes deponierter Reststoffe im entsprechenden Ausmaß durch andere Energielieferanten Nutzenergie verfügbar gemacht werden muß. Dies führt zu vermehrten THG-Emissionen, zwar nicht am Ort der Reststoffdeponierung selbst, jedoch am Standort beispielsweise fossilbefeuerter Kraftwerksanlagen, die anstelle für die Aufbringung der Nutzenergie herangezogen werden müßten. Ein vermehrter Einsatz von klimaneutralen, erneuerbaren Energieträgern als Ersatzenergielieferanten ist zwar wünschenswert, jedoch nur eingeschränkt möglich. Somit sind direkte THG-Emissionen aus den Behandlungsvarianten Restmülldeponierung und mechanisch-biologische Restmüllbehandlung durch den Verzicht auf energetische Nutzung gekoppelt mit einer Erhöhung der THG-Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerken/Industrie/Hausbrand. Die lokalen Gegebenheiten hinsichtlich der Strom- und Wärmeerzeugung und die daraus resultierende Art der Verwertung der anfallenden Nutzenergie (Strom, Prozeßwärme, Fernwärme) entscheiden darüber, in welcher der drei Emittentengruppen Kraftwerke, Industrie oder Hausbrand THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern eingespart werden können.

Indirekte Emissionen der Abfallwirtschaft

Als indirekte Emissionen werden im Rahmen der vorliegenden Studie jene THG-Emissionen bezeichnet, welche durch den Verzicht auf Energienutzung, als direkte Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand entstehen und demzufolge in deren THG-Emissionsinventuren zu berücksichtigen sind. Demzufolge belasten biologische Verfahren, die den Energieinhalt der Reststoffe nicht oder nur unzureichend nutzen die THG-Bilanzen i.g. Emittentengruppe, während thermische Verfahren der Abfallbehandlung mit energetischer Nutzung die THG-Bilanzen entlasten. Indirekte THG-Emissionen der Abfallwirtschaft sind somit verursachte, direkte THG-Emissionen anderer ersatzenergieliefernder Emittenten bzw. Emittentengruppen.

Vermiedene Emissionen

Jede Behandlung von Reststoffen vermeidet in Abhängigkeit vom angewandten Behandlungsverfahren pyrogene und/oder biogene THG-Emissionen. Die THG-Emissionsbilanz der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand wird durch das gewählte Behandlungsverfahren erhöht oder verringert. So bewirken vermiedene Emissionen durch die Lagerung (bspw. in Ermangelung thermischer Behandlungskapazitäten) oder durch die biologische Behandlung (Energielieferant für mikrobielle Umsetzungen) durch den Verzicht auf die energetische Nutzung des vorhandenen Energieinhalts des Reststoffes einen Anstieg der THG-Emissionen bei der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand. Andererseits verringert die thermische Nutzung eines im Reststoff vorhandenen Energiepotentials die THG-Emissionen in der THG-Emissionsbilanz der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand. Für beide Fälle wird in der vorliegenden THG-Bilanz dieser Beitrag getrennt ausgewiesen, da er in einem kausalen Zusammenhang mit der Abfallbehandlung steht. Die Zuordnung der vermiedenen THG-Emissionen erfolgt entsprechend den Richtlinien des Klimasekretariats in den entsprechenden Teilbilanzen der davon betroffenen Emittentengruppen.

Die österreichische THG-Bilanz eines Jahres setzt sich zusammen aus den Teilbilanzen spezifischer Emittentengruppen. Eine dieser Gruppen ist die Abfallwirtschaft - andere Gruppen sind Industrie, Kraftwerke, Hausbrand, Verkehr etc. Im Hinblick auf die nationale Gesamtbilanz werden in den vorliegenden Jahresbilanzen sowohl die direkten als auch die indirekten bzw. vermiedenen THG-Emissionen der Abfallwirtschaft ausgewiesen. Indirekte THG-Emissionen der Abfallwirtschaft sind direkte THG-Emissionen einer anderen Emittentengruppe, die im unmittelbaren Zusammenhang stehen mit Aktivitäten und Unterlassungen der Abfallwirtschaft bezüglich der Behandlungskette für den angefallenen Restmüll. Die lokalen Gegebenheiten und die daraus folgenden Verwertungsarten der anfallenden Nutzenergie (i.e. Strom, Prozeßwärme, Fernwärme) entscheiden darüber, in welcher der drei Emittentengruppen (i.e. Kraftwerke, Industrie,

Hausbrand) THG-Emissionen aus der Verfeuerung fossiler Energieträger eingespart werden können; demzufolge werden in den vorliegenden THG-Bilanzen bei der Berechnung der indirekten THG-Emissionen durch Restmüllbehandlung eine Differenzierung zwischen den Ersatzenergielieferanten kohle-, heizöl-, bzw. erdgasbefeuerte Kraftwerksanlagen und heizölbefeuerte Zentralheizungsanlagen vorgenommen.

THG-Emissionen aus der Anlieferung von Restmüll und Betriebsstoffen (bspw. Rauchgasreinigungsagentien) zu den Behandlungseinrichtungen respektive der Abtransport von Rückständen (bspw. Schlacken, Filterstäube) zu ihren Endlagerstätten blieben in der vorliegenden THG-Inventur unberücksichtigt.

Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden die Bereitstellungsemissionen für fossile Energieträger [9], sowohl für die Bereitstellung des Fremdenergiebezuges der Abfallwirtschaft, als auch für den Energieverbrauch der Kraftwerke, der Industrie, des Hausbrandes zur Bereitstellung der Ersatzenergie.

4 Datengrundlage

Als wichtige Inputdaten sind zunächst entsprechend der Bilanzierungsalgorithmen

- die Massenströme an Restmüll,
- ihre für die THG-Bilanzierung notwendigen abfallspezifischen Kennwerte (u.a. Feuchtegehalt, Heizwert, fossiler und biogener Kohlenstoffgehalt, Ausgasungsvermögen) und
- prozeßspezifische Kennwerte (u.a. Deponieklassifikation, Ofensystem, Abgasnachbehandlungsanlagen, Wirkungsgrade, Rottefaktoren)

jeweils für die Bilanzjahre 2006 und 2013 zu ermitteln bzw. zu prognostizieren.

Anschließend erfolgt für die Berechnung der direkten und indirekten bzw. vermiedenen THG-Emissionen in den abfallwirtschaftlichen Teilbereichen Deponierung, Restmüllverbrennung (MVA) und mechanisch-biologische Restmüllbehandlung (MBA) eine Aufteilung und Zuordnung der Restmüllmenge auf i.g. Behandlungsverfahren.

Bei der THG-Bilanzierung für 2006 und 2013 werden generell

- die pyrogenen Emissionen des jeweiligen Bilanzjahres und
- die biogenen Emissionen des jeweiligen Bilanzjahres, die sich zusammensetzen aus den Deponiegasmengen der jeweils bis zu 31 Jahren zurückreichenden, abgelagerten Müll- und Rottereststoffmengen,

berücksichtigt.

Zunächst galt es für das Bilanzjahr 2006 die vorhandenen technischen Bedingungen und Einrichtungen für Deponierung, Müllverbrennung und mechanisch-biologische Behandlung zu ermitteln. Nach der Festlegung der diesen Behandlungsverfahren zugeführten Restmüllanteile werden die direkten pyrogenen und biogenen Emissionen der einzelnen Behandlungsverfahren errechnet. Die Summe der Emissionen aus den drei Behandlungswegen ergeben die direkten Gesamtemissionen der Abfallbranche im jeweiligen Bilanzjahr.

Für die THG-Bilanzierung der Abfallwirtschaft im Jahr 2013 war zunächst zu ermitteln, welche Restmüllbehandlungseinrichtungen mit welchen Kapazitäten zur Verfügung stehen werden und unter welchen technischen Gegebenheiten diese Anlagen die Restmüllbehandlung vornehmen werden, wobei es den Stand fortschrittlicher Technik sowie die für die kommenden Jahre zu erwartende Entwicklung zu berücksichtigen galt. Darüber hinaus mußte abgeschätzt werden wieviel Restmüll zukünftig anfallen und wie sich diese Menge auf die einzelnen Behandlungsverfahren aufteilen wird.

Bei der Bilanzierung des Restmüllaufkommens für den Zeitraum 1960 bis 1996 wurde auf die Erhebung in [7] zurückgegriffen. Diese Zeitreihe basiert auf Informationen des Österreichischen Bundesinstituts für Gesundheitswesen (ÖBIG) [10,11], sowie auf die Bundesabfallwirtschaftspläne 1992 [12], 1995 und 1998 [13]. Für die Fortsetzung der Zeitreihe bis 2006 wurde auf Informationen der Bundesabfallwirtschaftspläne 2001 [14] und 2006 [15] sowie auf [16] zurückgegriffen, um eine kontinuierliche Datenreihe für Restmüll in Österreich für die Zeit zurück bis 1960 zu erhalten.

Im einzelnen wurden folgende für die Bilanzierung erforderliche Daten zum Teil näherungsweise ermittelt bzw. aus Literatur und Praxis abgeleitet:

4.1 Restmüllmengen

- Jährliches Gesamtrestmüllaufkommen von 1960 bis 2006
 - 1.) direkt deponierte jährliche Restmüllmengen jeweils für die Jahre 1960 bis 2008
 - 2.) in MVAs thermisch verwertete jährliche Restmüllmengen für die Jahre von 1963 bis 2006
 - 3.) mechanisch-biologisch behandelte jährliche Restmüllmengen für die Jahre 1973 bis 2006

- Prognose des Gesamtrestmüllaufkommens für die Jahre 2007 bis 2013, unter Abschätzung einer wahrscheinlich anfallenden Restmüllmenge, einem im Vergleich zur wahrscheinlichen Restmüllmenge anfallenden geringeren und höheren Restmüllmenge, innerhalb einer Bandbreite von $\pm 10\%$.
- Prognose für die den drei Behandlungstechniken zuzuordnenden jährlich zu behandelnden Restmüllmengen für
 - 1.) die Deponierung im Zeithorizont 2007 bis 2013,
 - 2.) die Müllverbrennung (MVA) im Zeithorizont 2007 bis 2013,
 - 3.) die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) im Zeithorizont 2007 bis 2013.
- Erstellen eines Verteilungsschlüssels für die prognostizierten Restmüllmengen zwischen MVA und MBA für 2013.

4.2 Restmüllzusammensetzung

- Sowohl die Änderungen in der Zusammensetzung des Restmülls hinsichtlich seines Gehaltes an organisch abbaubaren sowie fossilen Kohlenstoffen (Kunststoffanteil) für den Zeitraum 1960 bis 2013, als auch.
- die Feuchte des Restmülls, waren als wichtige Inputdaten zu ermitteln.

4.3 Deponierung

Für das Bilanzjahr 2006 wurden u.a. ermittelt:

- die Deponiegasmenge[^], welche aus jenen Restmüllmengen freigesetzt wird, welche innerhalb der letzten 31 Jahre (von 1976 bis inkl. 2006) deponiert wurden;
- der Erfassungsgrad des durch installierte Entgasungssysteme gesammelten Deponiegases (Sammelgas);
- ein Aufteilungsschlüssel für das Sammelgas zwischen Fackel und energetischer Nutzung in entsprechenden Gasmotoren.

Bei der Berechnung jener Sammelgasmengen die abgefackelt oder energetisch genutzt wurden, war u.a. zu berücksichtigen:

- die Qualität und Quantität des erfaßten Deponiegases. Ältere, passiv arbeitende Sammelsysteme weisen zumeist einen geringeren Erfassungsgrad auf, liefern jedoch zumeist unverdünntes Deponiegas höheren Energieinhalts. Neuere, aktiv arbeitende Systeme mit im Deponiekörper installierten Absaugvorrichtungen zeigen zumeist höhere Erfassungsgrade, während sich die Sammelgasqualität aufgrund eingesaugter Falschlufte verschlechtern kann.
- die Betriebszeit des Sammelsystems, der Fackel, des ggf. vorhandenen Deponiegasmotors sowie der Fackelzusatzfeuerung. Hierbei gilt es zu beachten, daß bei einem Methangehalt unter 27 Vol.-% das Sammelgas nicht selbstständig verbrennt und in diesem Fall eine Erd- oder Flüssiggas-Stützfeuerung hinzugeschaltet werden muß. Ferner ist in die Ermittlung der Betriebszeiten des Deponiegassammelsystems miteinzubeziehen, daß bei aktiver Entgasung des Deponiekörpers bei einem Sauerstoffgehalt im Sammelgas von über 2,5 Vol.-% der Saugzug wegen Explosionsgefahr zur Abschaltung gelangt. Es ist darauf zu achten, daß aus betrieblichen Gründen die Entgasung des Müllkörpers oft nicht betriebsparallel erfolgt, sondern erst nachträglich ein Gassammelsystem in bereits verfüllte Deponieabschnitte installiert wird, somit wird nur ein Teil des sammelbaren Deponiegases erschlossen. Recherchen haben zudem ergeben, daß in einigen Deponien zwar ein Sammelsystem installiert wurde, dieses jedoch aus betrieblichen Gründen, insbesondere wegen zu geringer Gasbildungsrate und/oder zu geringen Energieinhalts, nur zeitweise betrieben wird.

[^] Hiermit ist nicht das Gasbildungspotential jener im Beobachtungszeitraum 1976 bis 2006 deponierten Restmüllmengen gemeint, sondern nur jener Anteil am Gasbildungspotential der speziell im Jahr 2006 aufgrund der im Beobachtungszeitraum 1976 bis 2006 deponierten Restmüllmengen freigesetzt wurde.

Die mittels Datenrecherche im Rahmen der vorliegenden Studie gewonnenen Erkenntnisse erlauben die näherungsweise Berechnung der THG-Emissionen aus dem Deponiebereich für die Bilanzjahre 2006 und 2013.

Im Bilanzjahr 2006 wurden rund 140.000 t Restmüll einer direkten Deponierung zugeführt. Die Deponierung erfolgte in 21 Anlagen von welchen alle mit einem Deponiegassammelsystem ausgestattet waren. Für die in diesen Deponien gebildeten Deponiegase wird ein Erfassungsgrad von 30% angenommen. Von den 19 mit aktiver Gassammlung arbeitenden Anlagen verfügt rund die Hälfte über eine Einrichtung zur Deponiegasnutzung in Form von Deponiegasmotoren bzw. Deponiegasbrennern. Mit Anfang 2009 ist es laut Deponieverordnung [18] endgültig untersagt, unbehandelten Abfall zu deponieren. Nach Betreiberangaben kann davon ausgegangen werden, daß 2013 nur mehr 15 Deponien betrieben werden, in welchen ausschließlich Reststoffe der Abfallverbrennung und Rottereststoffe aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung zur Ablagerung kommen sollen. Es ist anzunehmen, daß alle 2013 in Betrieb stehenden Deponien mit Gassammelsystemen ausgestattet sind. Dadurch sollte eine durchschnittliche Erfassung von 50% des 2013 gebildeten Deponiegases möglich sein.

4.4 Thermische Restmüllbehandlung in Müllverbrennungsanlagen

Zur Berechnung der THG-Emissionen aus der thermischen Restmüllbehandlung in den Bilanzjahren 2006 und 2013 wurden u.a. folgende Daten wie

- der Heizwert des Restmülls und seine zeitliche Änderung aufgrund der variierenden Restmüllzusammensetzung,
- der energetische Nettowirkungsgrad der (für 2013 teilweise noch zu errichtenden) Verbrennungsanlagen und
- der Restmüllmengenverteilungsschlüssel* für das Bilanzjahr 2013 zwischen der thermischen und mechanisch-biologischen Behandlungsmethode, ermittelt bzw. aus Literatur und Praxis abgeleitet.

4.5 Mechanisch-biologische Behandlung

Die Berechnung der THG-Emissionen aus der mechanisch - biologischen Abfallbehandlung macht es u.a. erforderlich für 2006 und 2013 die folgenden Parameter zu ermitteln bzw. festzulegen:

- den Restmüllmengenverteilungsschlüssel zwischen MVA und MBA, welcher die Berechnung der Restmülleinsatzmengen für die mechanisch-biologische Behandlung im Bilanzjahr 2013 erlaubt,
- die gezogenen Mengen an energiereicher Leichtfraktion für die externe Verbrennung,
- den energetischen Nettowirkungsgrad, der für die externe Verbrennung der Leichtfraktion vorgesehenen Industriekessel,
- die Wahl des Ersatzenergieträgers für die bei der externen Verbrennung der Leichtfraktion generierten Energiemenge,
- den Kohlenstoffgehalt und das Gasbildungspotential des Rottereststoffes sowie die Zusammensetzung des Restgases aus der Rottereststoffdeponie.

Eine Zusammenfassung aller für die THG-Bilanzierung herangezogenen Parameter finden sich im Datenkatalog des Anhangs (Tabelle 9-9, Seite 47).

* Die THG-Bilanzierung geht von der Voraussetzung aus, daß ab 2008 kein un behandelter Restmüll auf die Deponie gelangt.

5 Zur Berechnung

Tabelle 5-1 faßt jene Einflußgrößen zusammen, die für die Berechnung der THG-Emissionen aus der Restmülldeponierung notwendig sind.

	Bilanzzeitraum	Wert	Dimension
➤ Kunststoffanteil im Restmüll (Kunststoffe und ihr Beitrag aus Verbundstoffen und Textilien)	1960 - 1969	6	[m.-%]
	1970 - 1979	7	[m.-%]
	1980 - 1989	10	[m.-%]
	1990 - 1995	15	[m.-%]
	1996 - 2002	20	[m.-%]
2003 - 2013	25	[m.-%]	
➤ fossiler Kohlenstoffgehalt im Kunststoff		80	[m.-%]
➤ biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse	1960 - 1969	230	[kg C/tRestmüll _{FS}]
	1970 - 1979	220	[kg C/tRestmüll _{FS}]
	1980 - 1989	210	[kg C/tRestmüll _{FS}]
	1990 - 2013	200	[kg C/tRestmüll _{FS}]
➤ Feuchtigkeitsgehalt des Restmülls		25	[m.-%]

	Bilanzzeitraum	Wert	Dimension	
➤ Deponiegasbildungspotential $V(DG_{spez})$ gemäß Formel $V(DG_{spez}) = 1,868 \cdot Morg(Müll) \cdot (0,014 \cdot 9 + 0,28) \cdot [1 - 10^{-(k \cdot t)}]$				
➤ Methangehalt im Deponiegas (Restmülldeponie)	1960 - 1969	55	[Vol.-%]	
	1970 - 2013	55	[Vol.-%]	
➤ Temperatur im Deponiekörper der Restmülldeponie	1970 - 2008	30	[°C]	
➤ Abbaukonstante für den Restmüll in der Restmülldeponie	1970 - 2008	0,035	[a ⁻¹]	
➤ Anteil an CH ₄ , das beim Freisetzen aus der Restmülldeponie oxidiert wird	1970 - 2013	20	[Vol.-%]	
➤ Erfassungsgrad durch ein Gassammelsystem (bezogen auf Gesamt-Deponiegas)	1990	15	[Vol.-%]	
	2006	30	[Vol.-%]	
	2013	50	[Vol.-%]	
	techn. Grenze	70	[Vol.-%]	
➤ Anteil des nicht selbstbrennbaren Sammelgases (Fackel)	1970 - 2013	10	[Vol.-%]	
➤ Sammelgasbehandlung	Fackel	1990	100	[Vol.-%]
	mit Gasmotor	1990	0	[Vol.-%]
	Fackel	2006	80	[Vol.-%]
	mit Gasmotor	2006	20	[Vol.-%]
	Fackel	2013	70	[Vol.-%]
	mit Gasmotor	2013	30	[Vol.-%]
➤ netto-elektrischer Wirkungsgrad eines Deponiegasmotors	1990	30	[%]	
	2006	35	[%]	
	2013	38	[%]	

Tabelle 5-1: erhobene bzw. angenommene Parameter zur Deponiegasbildung, -freisetzung und -nutzung

Für die Berechnung der THG-Emissionen aus der thermischen Restmüllverwertung im Jahr 2006 und 2013 wurden die in Tabelle 5-2 ausgewiesenen Restmüllheizwerte herangezogen. Zu Vergleichszwecken findet sich in der Tabelle 5-2 auch der Heizwert für Restmüll aus dem Jahr 1990 [7].

	Bilanzjahr	Wert	Dimension
➤ Heizwert des Restmülls	1990	8,5	[GJ/tMüll _{FS}]
	2006	9,5	[GJ/tMüll _{FS}]
	2013	11	[GJ/tMüll _{FS}]
* Feuchtsbstanz			

Tabelle 5-2: erhobene bzw. angenommene Heizwerte für den thermisch zu verwertenden Restmüll in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013

Tabelle 5-3 zeigt eine Aufstellung der in den Jahren 1990 und 2006 in Österreich betriebenen Abfallverbrennungsanlagen mit ihren Kennwerten. In Tabelle 5-4 sind alle Abfallverbrennungsanlagen aufgelistet, die voraussichtlich 2013 in Österreich betrieben werden, inklusive ihrer projizierten Kennwerte.

Bilanz-jahr	Bezeichnung	Standort	Bemerkung	Inbetrieb-nahme	Technik	BWL	Brennstoff	Wirkungsgrad			Strom-anteil	Wärme-anteil	Strom-anteil	Wärme-anteil	TOC	TBC	C abiogen
								Minimum	Maximum	Mittelwert							
								vom WG									
						[MW]		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m.-%]	[m.-%]	[m.-%]	
2006	MVA Flötzersteig	Flötzersteig	3 Linien	1963	Rost	50	Restmüll	65	70	67							
	MVA Spittelau	Spittelau	2 Linien	1971	Rost	85	Restmüll	70	74	72							
	AVN	Dümrrohr	Linie 1 + 2	2003	Rost	120	Restmüll	40	70	58							
	WAV (AVE)	Wels	Linie 1	1995	Rost	28,7	Restmüll, Gewerbe	20	60	25							
			Linie 2	Jun.06	Rost	80	Restmüll, Gewerbe	20	60	25							
	RVL (AVE, Lenzing)	Lenzing		1998	WS	110	Kunststoff, Klärschlamm	75	80	79							
	TRV (ENAGES)	Niklasdorf		Dez.03	WS	40	Verpackung, Restmüll	55	80	80							
	KRV	Arnoldstein		Sep.04	Rost	30	Restmüll	28	57	42,5							
Summe						543,7											
gewichteter Mittelwert								59,7	32,75	67,25	19,56	40,18	24,0	12,1	11,9		
1990	MVA Flötzersteig	Flötzersteig	3 Linien	1963	Rost	50	Restmüll										
	MVA Spittelau	Spittelau	2 Linien	1971	Rost	85	Restmüll										
	Summe						135										
Mittelwert								73	3,70	96,30	2,70	70,30	32,0	20	12		

Tabelle 5-3: Auflistung der Abfallverbrennungsanlagen, die im Bilanzjahr 1990 bzw. im Bilanzjahr 2006 betrieben wurden

Bilanz- jahr	Bezeichnung	Standort	Bemerkung	Inbetrieb- nahme	Technik	BWL	Brennstoff	Wirkungsgrad			Strom- anteil	Wärme- anteil	Strom- anteil	Wärme- anteil	TOC	TBC	C abiogen
								Minimum	Maximum	Mittelwert							
								vom WG									
						[MW]		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m.-%]	[m.-%]	[m.-%]	
2013	MVA Flötzersteig	Flötzersteig	3 Linien	1963	Rost	50	Restmüll	65	70	67							
	MVA Spittelau	Spittelau	2 Linien	1971	Rost	85	Restmüll	70	74	72							
	FWW Pfaffenau	Pfaffenau	2 Linien	Sep.08	Rost	80	Restmüll	70	76	73							
	AVN	Dümrohr	Linie 1 + 2	2003	Rost	120	Restmüll	40	70	58							
			Linie 3	Sep.09	Rost	90	Restmüll	40	70	58							
	.A.S.A.	Zistersdorf		Mär.09	Rost	45	Restmüll, Klärschlamm	18	25	20							
	WAV (AVE)	Wels	Linie 1	1995	Rost	28,7	Restmüll, Gewerbe	20	60	25							
			Linie 2	Jun.06	Rost	80	Restmüll, Gewerbe	20	60	25							
	RVL (AVE, Lenzing)	Lenzing		1998	WS	110	Kunststoff, Klärschlamm	75	80	79							
	RHKW (Linz AG)	Linz		2011	WS	66	Gewerbe, MBA, Klärschlamm	55	80	59							
	TRV (ENAGES)	Niklasdorf		Dez.03	WS	40	Verpackung, Restmüll	55	80	80							
	MMK (Mayr-Melnhof)	Frohnleiten	2 Linien	2012	WS	160	biogene Ersatz, Gewerbe	55	80	68							
	KRV	Arnoldstein		Sep.04	Rost	30	Restmüll	28	57	42,5							
	RVH (BEGAS)	Heiligenkreuz		2013	WS	99	Restmüll, Klärschlamm	55	80	59							
Summe						1.083,7											
gewichteter Mittelwert								60,1	31,92	68,08	19,18	40,92	24,0	12,1	11,9		

Tabelle 5-4: Auflistung der Abfallverbrennungsanlagen, die voraussichtlich 2013 betrieben werden

Tabelle 5-3 verdeutlicht, daß seit dem Kyoto-Basisjahr ein deutlicher Anstieg der thermischen Behandlungskapazität für Reststoffe in Österreich zu verzeichnen ist. Waren 1990 lediglich die beiden Wiener Müllverbrennungsanlagen* Flötzersteig und Spittelau mit einer Brennstoffwärmeleistung von zusammen 135 MW in Betrieb, so erfolgte 2006 die thermische Verwertung von Reststoffen in bereits sieben Anlagen mit einer installierten Gesamtbrennstoffwärmeleistung von 543,7 MW. Damit erhöhte sich die Brennstoffwärmeleistung um mehr als 300%. Mit einem weiteren Ausbau der thermischen Behandlungsanlagen ist auch zukünftig zu rechnen, wobei bis 2013 mit nahezu einer Verdoppelung der Gesamtbrennstoffwärmeleistung auf 1.083,7 MW gerechnet werden kann.

Derzeit sind die thermischen Reststoffverwertungsanlagen AVN-Linie 3 in Dürnrohr, die MVA in Zistersdorf und das Reststoffheizkraftwerk in Linz mit einer gemeinsamen Brennstoffwärmeleistung von 201 MW in Bau. Für die RVH-Anlage in Heiligenkreuz und die neue Energiezentrale der Mayr-Melnhof Kartonfabrik in Frohnleiten, zusammen verfügen sie über eine projektierte Brennstoffwärmeleistung von 259 MW, liegen positive UVP-Bescheide vor.

Die zeitliche Entwicklung des Netto-Anlagenwirkungsgrades zeigt, daß durch die Errichtung von thermischen Reststoffverwertungsanlagen mit im Gegensatz zu den Wiener Anlagen geringeren Potential an Fernwärmeauskoppelung bzw. durch den Bau von Anlagen mit keiner oder nur ungenügender Abwärmenutzung der gewichtete Netto-Anlagenwirkungsgrad aller österreichischen MVAs von ca. 73% im Jahr 1990 auf knapp unter 60% im Jahr 2006 gesunken ist. Recherchen verdeutlichen, daß dieser Kennwert mit knapp über 60% bis 2013 auf annähernd gleichem Niveau bleiben wird.

Tabelle 5-5 faßt jene Einflußgrößen zusammen, die für die Berechnung der THG-Emissionen aus der mechanisch-biologischen Restmüllbehandlung erforderlich sind.

	Bilanzzeitraum	Wert	Dimension
➤ Rottereststofffaktor		0,7	[tRRST/tInput]
➤ jährliche Restmüllmengen die in der MBA zur Behandlung gelangen	1973 - 2013	eigene Tabelle	[tMüll _{FS}]
	1973 - 1979	7	[m.-%]
	1980 - 1989	10	[m.-%]
➤ Kunststoffanteil im Restmüll	1990 - 1995	15	[m.-%]
	1996 - 2002	20	[m.-%]
	2003 - 2013	25	[m.-%]
	1990	0	[m.-%]
➤ Menge an gezogener Leichtfraktionsmenge (LF) die extern verbrannt wird	2006	100	[m.-%]
	2013	gemäß (M1A - M3F)	[m.-%]
➤ biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne RRST (feucht)	1973 - 2003	49,709	[kgC/tRRST _{FS}]
➤ biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne RRST (feucht)	2004 - 2013	13,766	[kgC/tRRST _{FS}]
➤ Nettowirkungsgrad des externen Wirbelschichtkessels (LFV ^(a))		75	[%]
➤ Anteil an CH ₄ , das beim Freisetzen aus der RRST-Deponie oxidiert wird		20	[Vol.-%]
➤ Heizwert der Leichtfraktion (LF)		17,5	[GJ/t(LF)]
➤ Temperatur im Deponiekörper der Rottereststoffdeponie		30	[°C]
➤ Abbaukonstante für den Rottereststoff (RRST) in der RRST-Deponie		0,035	[a ⁻¹]
➤ spezifischer Energieeigenverbrauch in der Rotteanlage		120	[kWh/tMüll _{FS}]
➤ Net.-Wirkungsgrad des gasbef. Ind.-kessels der durch LFV ^(a) substituiert wird	2006, 2013	80	[%]
➤ Net.-Wirkungsgrad des ölbeif. Ind.-kessels der durch LFV ^(a) substituiert wird	2006, 2013	80	[%]
➤ Net.-Wirkungsgrad des kohlebef. Ind.-kessels der durch LFV ^(a) substituiert wird	2006, 2013	75	[%]
➤ langfristige Gasproduktion des Rottereststoffes (RRST)	1973 - 2003	65	[m ³ /tRRST _{FS}]
	2004 - 2013	18	[m ³ /tRRST _{FS}]
➤ Methangehalt im Deponiegas der RRST-Deponie	1973 - 2013	60	[Vol.-%]
➤ Anteil an CH ₄ , das beim Freisetzen aus der RRST-Deponie oxidiert wird		20	[Vol.-%]

^(a) Wirbelschichtkesselanlage zur Leichtfraktionsverbrennung

Tabelle 5-5: ermittelte und angenommene Einflußgrößen für die Bilanzierung der THG-Emissionen aus mechanisch-biologischer Abfallbehandlung (MBA)

* ausgenommen die einzige österreichische Sondermüllverbrennungsanlage in Wien Simmering

Für die Berechnung jener Verluste an nutzbaren Energieinhalten des Restmülls, des energetisch ungenutzt gebliebenen Deponiegases und der Leichtfraktion sowie des Rottereststoffes einer MBA wurden folgende Ansätze gewählt:

- Für das mit dem freigesetzten Deponiegas der Nutzung entzogene Methan einer Mülldeponie wird angenommen, daß bei konsequentem Anwenden von Gassammelsystemen ein Erfassungsgrad von höchstens 70%, bezogen auf das rechnerisch ermittelte Gasbildungspotential, technisch realisierbar ist [17]. Für dieses Sammelgas wird unter Berücksichtigung der Bildungsstärke und der Gasqualität ein zur energetischen Nutzung geeigneter Anteil von 50% angenommen. Das bedeutet, daß 35% des Gesamtgasbildungspotentials nutzbar wären und geringere Prozentsätze für den Nutzungsanteil einen dementsprechenden Verzicht auf energetische Nutzung gleichkommt.
- Bei der thermischen Behandlung von Restmüll in Müllverbrennungsanlagen wurde für die Bilanzjahre 2006 und 2013 neben dem Energiegewinn aus der Nutzung des Restmüllwärmehaltes, auch ein Verlustbetrag errechnet. Dieser resultiert daraus, daß mit den zwischen 1990 und 2013 neu hinzukommenden Anlagen der energetische Nettowirkungsgrad als gewichteter Mittelwert aller österreichischen Anlagen gegenüber 1990, aufgrund einer geringeren Abwärmenutzung, absinken wird (siehe Tabelle 5-3 auf Seite 13 und Tabelle 5-4 auf Seite 14).
- Im Bereich der mechanisch-biologischen Restmüllbehandlung ist der im Rotteverfahren abgebaute chemisch gespeicherte Energieinhalt der Schwerfraktion sowie das aus der Rottereststoffdeponie freigesetzte Deponiegas als energetischer Verlust zu bewerten. Es wird darauf hingewiesen, daß im Gegensatz zu 2006 und 2013, in diesen Jahren wurde bzw. wird die gezogenen Leichtfraktion in externen Wirbelschichtkesseln verfeuert und ihr Energieinhalt genutzt, die im Bilanzjahren 1990 gezogenen Leichtfraktion nicht verbrannt, sondern in Ermangelung brauchbarer externer Verfeuerungsanlagen zwischengelagert wurde. Somit blieb der Energieinhalt der Leichtfraktion 1990 im Gegensatz zu 2006 und 2013 ungenutzt und wurde infolge in der THG-Bilanz für 1990 als Belastung kalkuliert.

Direkte Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand stammen aus der Verfeuerung der fossilen Brennstoffe Kohle, Heizöl Schwer, Erdgas bei Kraftwerken und Industrie sowie Heizöl Extraleicht im Hausbrandbereich. Da diese als Ersatz für ungenützte Energieinhalte des Abfalls erfolgende Energiebereitstellung bezüglich ihrer Aufbringungsform von Fall zu Fall verschieden ist und verschieden sein wird, wurden die resultierenden CO₂-Emissionen jeweils für jedes dieser vier Brennstoffsysteme gerechnet und die daraus errechneten arithmetischen Mittelwerte für die Darstellung der direkten Emissionen i.g. Emittentengruppe in den Bilanzen verwendet. Die den einzelnen Brennstoffsystemen eigenen Emissionswerte können der Tabelle 5-6 entnommen werden.

Kohlendioxidmasse emittiert über das Rauchgas	Wert	Dimension	Bemerkungen
➤ einer kohlebefeuerter Kraftwerksanlage	0,84	[kgCO ₂ /kWh _{el}]	Hu (Kohle): 26,38 MJ/kg (C = 70,0 m-%), net.-elekt. WG.: 41,5%
➤ einer erdgasbefeuerter Kraftwerksanlage	0,47	[kgCO ₂ /kWh _{el}]	Hu (EG): 36,0 MJ/m ³ , net.-elekt. WG.: 42,0%
➤ einer Heizöl-S-befeuerter Kraftwerksanlage	0,71	[kgCO ₂ /kWh _{el}]	Hu (HÖS): 40,7 MJ/kg net.-elekt. WG.: 40,0%
➤ von ölbefeuerter Heizkesselanlagen	113,93	[kgCO ₂ /GJ _w]	Hu (HEL): 42,8 MJ/kg (C = 86,5m-%), net.therm. Jahres-NG.: 65%

Tabelle 5-6: THG-Emissionen der ersatzenergieliefernden Anlagen

Die im Kapitel 6 „Emissionsbilanzen“ (Seite 17), sowie im Anhang angegebenen Werte sind mathematische Ergebnisse. Sie können daher in den letzten Stellen vor dem Komma nicht den Anspruch auf Darstellung der tatsächlichen Situation genügen. Im Kapitel 7 „THG-Emissionsentwicklung in der österreichischen Abfallwirtschaft“ (Seite 23) werden daher die Absolutwerte der Emissionen jeweils auf Tausend Tonnen gerundet angegeben.

Das für die Berechnungen verwendete Formelwerk (Kapitel 9.8, Seite 48f.) und die notwendigen Parameter (Tabelle 9-9, Seite 47f.) können dem Anhang entnommen werden.

6 Emissionsbilanzen

Die für 2006 und 2013 errechneten THG-Emissionsbilanzen umfassen sowohl die direkten THG-Emissionen der Abfallwirtschaft als auch ihre indirekten Emissionen, die sich als verursachte direkte Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand (EG3) darstellen lassen, jeweils unterteilt nach den Anteilen aus den Behandlungsverfahren Deponierung, Müllverbrennung und mechanisch-biologische Restmüllbehandlung.

Um die THG-Emissionsprognose der Abfallwirtschaft für das Bilanzjahr 2013 auf eine möglichst breite statistische Basis zu stellen und damit abzusichern, wurden 18 Szenarien mit folgenden Annahmen gerechnet:

➤ *Standardszenario M1D:*

Beim Szenario M1D wird mit einem Anwachsen der Restmüllmenge von 1,411 Millionen Jahrestonnen im Jahr 2006 auf 1,4562 Millionen Jahrestonnen im Jahr 2013 gerechnet²¹ (Abbildung 6-1). Die sechs mit dieser Restmüllmenge bilanzierten Szenarien werden mit M1 indiziert.

Die Kapazitätsausweitung infolge der Neuerrichtung von thermischen Restmüllverwertungsanlagen bis zum Bilanzjahr 2013 läßt einen Überhang des Behandlungsanteils in MVAs gegenüber MBAs erwarten. Insbesondere kann angenommen werden, daß es zu einer Verlagerung von Restmüllmengen aus standortnahen MBAs zu den neu errichteten MVAs kommen wird. Um diesen Sachverhalt in einer ersten Näherung zu entsprechen, wird ein Mengenaufteilungsschlüssel von 60% MVA zu 40% MBA angenommen und dieses Szenario in der Auswertung als Standardszenario M1D bezeichnet.

➤ *Erwartetes Szenario M1F:*

Die geplante Kapazitätsausweitung bei thermischen Reststoffverwertungsanlagen wird fast zu einer Verdoppelung der Brennstoffwärmeleistung von 543,7 MW im Jahr 2006 auf projektierte 1.083,7 MW im Jahr 2013 führen. Aufgrund dieses starken Anstiegs ist damit zu rechnen, daß deutlich größere Mengen an Restmüll 2013 einer thermischen Verwertung als einer mechanisch-biologischen Behandlung unterzogen werden, als dies im Standardszenario M1D angenommen wird. Es ist wahrscheinlicher, daß die derzeit installierten MBA-Behandlungskapazitäten von ca. 680.000 Jahrestonnen zukünftig bei weitem nicht in Anspruch genommen werden. Erhebungen im Rahmen der vorliegenden Studie lassen bis 2013 einen Rückgang der mechanisch-biologisch behandelten Restmüllmenge auf ca. 200.000 Jahrestonnen erwarten. Das Szenario M1F trägt dem Rechnung indem davon ausgegangen wird, daß die im Jahr 2013 erwartete Restmüllmenge M1 mit 1,4562 Millionen Jahrestonnen zu 86% thermisch und zu 14% mechanisch-biologisch behandelt werden wird.

➤ *Mögliche Szenarien:*

Um die THG-Bilanzergebnisse auf eine breitere statistische Basis zu stellen, falls die Situation im Jahr 2013 Abweichungen von den i.g. Szenarien bezüglich des Restmüllaufkommens zeigen sollte, wurde auch mit Restmüllmengen von +10% und -10% gerechnet. Die Szenarien mit einem 10% kleineren Restmüllaufkommen, dies entspricht 1,31058 Millionen Jahrestonnen, werden mit M2, die mit einem 10% größeren Restmüllaufkommen, dies entspricht 1,60182 Millionen Jahrestonnen, mit M3 indiziert. Zusätzlich wird der Aufteilungsschlüssel variiert. So werden auch Behandlungsanteile von MVA zu MBA von 0, 40, 50 und 100% gerechnet. Aus dieser Matrix ergeben sich neben dem Standardszenario M1D und dem erwarteten Szenario M1F, weitere 16 Szenarien. Ihre Indizierung erfolgt analog zu ihrem MVA-Anteil von 0, 40, 50, 60, 100 mit A, B, C, D, E (Tabelle 6-1).

²¹ prognostiziertes Mengenwachstum (nach Information des UBA): 2007: 1.392.400t; 2008: +0,5% gegenüber 2007; 2009: gleichbleibend; 2010: +0,5% gegenüber 2009; 2011: +1,5% gegenüber 2010; 2012: +1% gegenüber 2011; 2013: +1% gegenüber 2012

Für das Bilanzjahr 2013 wird in Tabelle 6-3 (Seite 20) die Darstellung für das Standardszenario M1D, in Tabelle 6-4 (Seite 21) für das erwartete Szenario M1F gegeben. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der verbliebenen 16 Szenarien finden sich in Tabelle 6-5 (Seite 22).

Szenario	behandelte Restmüllmenge [t _{FS}]	Behandlungsanteil MVA [%]	Behandlungsanteil MBA [%]
M1A	1.456.200	0	100
M1B	1.456.200	40	60
M1C	1.456.200	50	50
M1D	1.456.200	60	40
M1E	1.456.200	100	0
M1F	1.456.200	86	14
M2A	1.310.580	0	100
M2B	1.310.580	40	60
M2C	1.310.580	50	50
M2D	1.310.580	60	40
M2E	1.310.580	100	0
M2F	1.310.580	86	14
M3A	1.601.820	0	100
M3B	1.601.820	40	60
M3C	1.601.820	50	50
M3D	1.601.820	60	40
M3E	1.601.820	100	0
M3F	1.601.820	86	14

Tabelle 6-1: Aufstellung des für die einzelnen Szenarien gewählten Verteilungsschlüssels zwischen den in Müllverbrennungsanlagen und mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen verwerteten bzw. behandelten Restmüllmengen des Bilanzjahres 2013

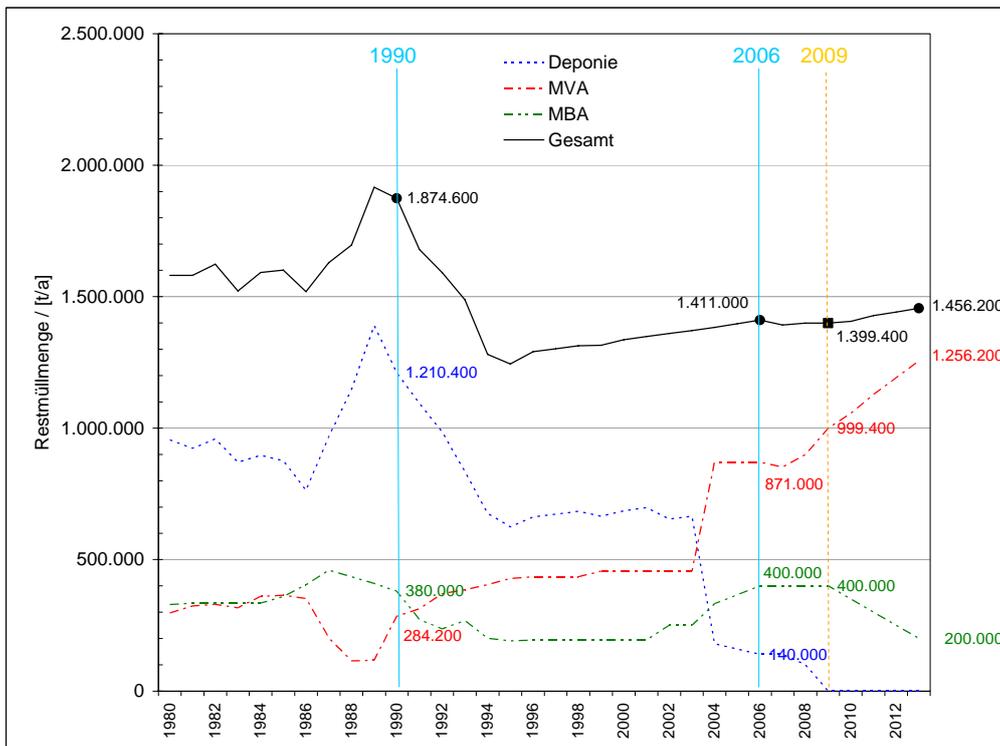


Abbildung 6-1: erhobenes bzw. angenommenes jährliches Restmüllaufkommen im Beobachtungszeitraum 1980 bis 2013

	Bilanzjahr		Restmüllmenge
	2006		[t _{FS}]
➤ Basisdaten Restmüll			
	Deponierung		140.000
	MVA		871.000
	MBA		400.000
➤ Direkte Emissionen Abfallwirtschaft	THG - Emission	THG - Emission	THG - Emission
	[t CO ₂ - Äqu.]	[t CO ₂ - Äqu.]	[t CO ₂ - Äqu.]
<u>1.) Deponierung</u>			
Freies Deponiegas aus abgelagerten (Rest-)Müll (1976 - 2006)	732.718		
CO ₂ aus Fackelzusatzfeuerung	2.490		
<u>2.) MVA</u>			
Verbrennung Restmüll einschl. Erdgasbedarf für Behördenbrenner und SCR	641.274		
<u>3.) MBA</u>			
Externe Verbrennung der Leichtfraktion	290.400		
Freies Deponiegas aus der Rottereststoffdeponie (1976 - 2006)	79.041		
Teilsumme	1.745.923		1.745.923
➤ Verursachte direkte Emissionen EG3*	THG - Emission		
	[t CO ₂ - Äqu.]		
<u>1.) Deponierung</u>			
Belastung durch Verzicht auf Deponiegasnutzung	53.586		
Fremdenergieverbrauch des Gassammelsystems	432		
Entlastung durch energetische Nutzung von Deponiegas	-9.978		
Teilsumme	44.040	44.040	
<u>2.) MVA</u>			
Entlastung durch Energienutzung	-651.912		
Belastung aus MVA-Wirkungsgraddifferenz (73% - 59,7%)	101.822		
Teilsumme	-550.090	-550.090	
<u>3.) MBA</u>			
Belastung durch Fremdenergieverbrauch der MBA	29.162		
Belastung durch Energienutzungsverzicht bei Schwerfraktion	120.000		
Entlastung durch energetische Nutzung der Leichtfraktion	-134.736		
Teilsumme	14.426	14.426	
Teilsumme		-491.624	-491.624
Insgesamt			1.254.299
* Emittentengruppe: Kraftwerke, Industrie, Hausbrand			

Tabelle 6-2: Emissionsbilanz 2006. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (auf ganze Zahlen gerundet (Rundungungenauigkeit: ±1 t) - Detailbilanz siehe Tabelle 9-4, Seite 34)

	Bilanzjahr 2013 (M1D)		Restmüllmenge
			[t _{FS}]
➤ Basisdaten Restmüll			
			Deponierung 0
			MVA 873.720
			MBA 582.480
➤ Direkte Emissionen Abfallwirtschaft	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]
<u>1.) Deponierung</u>			
Freies Deponiegas aus abgelagerten (Rest-)Müll (1983 - 2013)	276.426		
CO ₂ aus Fackelzusatzfeuerung	1.918		
<u>2.) MVA</u>			
Verbrennung Restmüll einschl. Erdgasbedarf für Behördenbrenner und SCR	643.277		
<u>3.) MBA</u>			
Externe Verbrennung der Leichtfraktion	422.880		
Freies Deponiegas aus der Rottereststoffdeponie (1983 - 2013)	39.888		
Teilsumme	1.384.389		1.384.389
➤ Verursachte direkte Emissionen EG3*	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]		
<u>1.) Deponierung</u>			
Belastung durch nur geringe Nutzung von Deponiegas	21.192		
Fremdenergieverbrauch des Gassammelsystems	380		
Entlastung durch energetische Teilnutzung von Deponiegas	-14.305		
Teilsumme	7.267	7.267	
<u>2.) MVA</u>			
Entlastung durch Energienutzung	-759.160		
Belastung aus MVA-Wirkungsgraddifferenz (73% - 60,1%)	114.924		
Teilsumme	-644.236	-644.236	
<u>3.) MBA</u>			
Belastung durch Fremdenergieverbrauch der MBA	42.466		
Belastung durch Energienutzungsverzicht bei Schwerfraktion	235.758		
Entlastung durch energetische Nutzung der Leichtfraktion	-196.202		
Teilsumme	82.022	82.022	
Teilsumme		-554.947	-554.947
Insgesamt			829.442
* Emittentengruppe: Kraftwerke, Industrie, Hausbrand			

Tabelle 6-3: Emissionsbilanz 2013 für Szenario M1D. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (auf ganze Zahlen gerundet (Rundungsungenauigkeit: ±1 t) - Detailbilanz siehe Tabelle 9-5, Seite 35)

	Bilanzjahr 2013 (M1F)		Restmüllmenge
			[t _{FS}]
➤ Basisdaten Restmüll			
			Deponierung 0
			MVA 1.256.200
			MBA 200.000
➤ Direkte Emissionen Abfallwirtschaft	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]
<u>1.) Deponierung</u>			
Freies Deponiegas aus abgelagerten (Rest-)Müll (1983 - 2013)	276.426		
CO ₂ aus Fackelzusatzfeuerung	1.918		
<u>2.) MVA</u>			
Verbrennung Restmüll einschl. Erdgasbedarf für Behördenbrenner und SCR	924.878		
<u>3.) MBA</u>			
Externe Verbrennung der Leichtfraktion	145.200		
Freies Deponiegas aus der Rottereststoffdeponie (1983 - 2013)	37.271		
Teilsumme	1.385.693		1.385.693
➤ Verursachte direkte Emissionen EG3*	THG - Emission [t CO ₂ - Äqu.]		
<u>1.) Deponierung</u>			
Belastung durch nur teilweise Nutzung von Deponiegas	21.192		
Fremdenergieverbrauch des Gassammelsystems	380		
Entlastung durch energetische Nutzung von Deponiegas	-14.304		
Teilsumme	7.268	7.268	
<u>2.) MVA</u>			
Entlastung durch Energienutzung	-1.091.490		
Belastung aus MVA-Wirkungsgraddifferenz (73% - 60,1%)	165.232		
Teilsumme	-926.258	-926.258	
<u>3.) MBA</u>			
Belastung durch Fremdenergieverbrauch der MBA	14.581		
Belastung durch Energienutzungsverzicht bei Schwerfraktion	80.950		
Entlastung durch energetische Nutzung der Leichtfraktion	-67.368		
Teilsumme	28.163	28.163	
Teilsumme		-890.827	-890.827
Insgesamt			494.866
Emittentengruppe: Kraftwerke, Industrie, Hausbrand			

Tabelle 6-4: Emissionsbilanz 2013 für Szenario M1F. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (auf ganze Zahlen gerundet (Rundungungenauigkeit: ±1 t) - Detailbilanz siehe Tabelle 9-6, Seite 36)

Szenario	RM-Menge	MVA-Anteil	MBA-Anteil	direkte Emissionen Abfallwirtschaft	direkte Emissionen EG3*	Gesamtergebnis
	[t]	[t]	[t]	[t CO ₂ -Äquivalent]	[t CO ₂ -Äquivalent]	[t CO ₂ -Äquivalent]
M1A	1.456.200	0	1.456.200	1.391.278	212.321	1.603.598
M1B	1.456.200	582.480	873.720	1.385.575	-299.192	1.086.383
M1C	1.456.200	728.100	728.100	1.384.982	-427.070	957.912
M1D	1.456.200	873.720	582.480	1.384.389	-554.948	829.442
M1E	1.456.200	1.456.200	0	1.382.019	-1.066.460	315.559
M1F	1.456.200	1.256.200	200.000	1.385.693	-890.827	494.866
M2A	1.310.580	0	1.310.580	1.282.259	191.815	1.474.074
M2B	1.310.580	524.232	786.348	1.276.793	-268.546	1.008.247
M2C	1.310.580	655.290	655.290	1.276.260	-383.636	892.624
M2D	1.310.580	786.348	524.232	1.275.726	-498.726	777.000
M2E	1.310.580	1.310.580	0	1.274.333	-959.087	315.246
M2F	1.310.580	1.130.580	180.000	1.278.399	-801.018	477.381
M3A	1.601.820	0	1.601.820	1.500.297	232.826	1.733.122
M3B	1.601.820	640.728	961.092	1.494.356	-329.838	1.164.519
M3C	1.601.820	800.910	800.910	1.493.704	-470.503	1.023.201
M3D	1.601.820	961.092	640.728	1.493.053	-611.169	881.883
M3E	1.601.820	1.601.820	0	1.490.445	-1.173.833	316.613
M3F	1.601.820	1.381.820	220.000	1.492.987	-980.637	512.350

* Emittentengruppe: Kraftwerke, Industrie, Hausbrand

Tabelle 6-5: direkte Emissionen der Abfallwirtschaft, direkte Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3) und das daraus resultierende Gesamtergebnis für die 18 Variantenszenarien des Bilanzjahres 2013.
Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (gerundet auf ganze Zahlen).

7 THG-Emissionsentwicklung in der österreichischen Abfallwirtschaft

7.1 THG-Emissionen der Abfallwirtschaft im Jahr 2006

Die angestellten Berechnungen, ergänzt mit Daten aus [6] und [7], verdeutlichen, daß im Jahresvergleich 2006 mit 1990 eine stete Abnahme der absoluten, sektoralen THG-Emissionen von ca. 2,028 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent auf ca. 1,254 Millionen Jahrestonnen zu verzeichnen war, dies entspricht einem Rückgang um mehr als 38%. Für diese Entwicklung hauptverantwortlich war die Verminderung der direkten THG-Emissionen aus dem Bereich der Mülldeponierung. Waren 1990 noch direkte THG-Emissionen aus der Restmülldeponierung im Umfang von 1,672 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent zu verzeichnen, so reduzierten sich diese bis 2006 um ca. 56% auf annähernd 735.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent (Abbildung 9-1, Seite 37). Im gleichen Zeitraum verringerte sich infolge schärferer gesetzlicher Bestimmungen im Rahmen der Deponieverordnung [18] die unbehandelt deponierte Restmüllmenge von ca. 1,2104 Millionen Jahrestonnen im Jahr 1990 um mehr als 88% auf 140.000 Jahrestonnen im Jahr 2006.

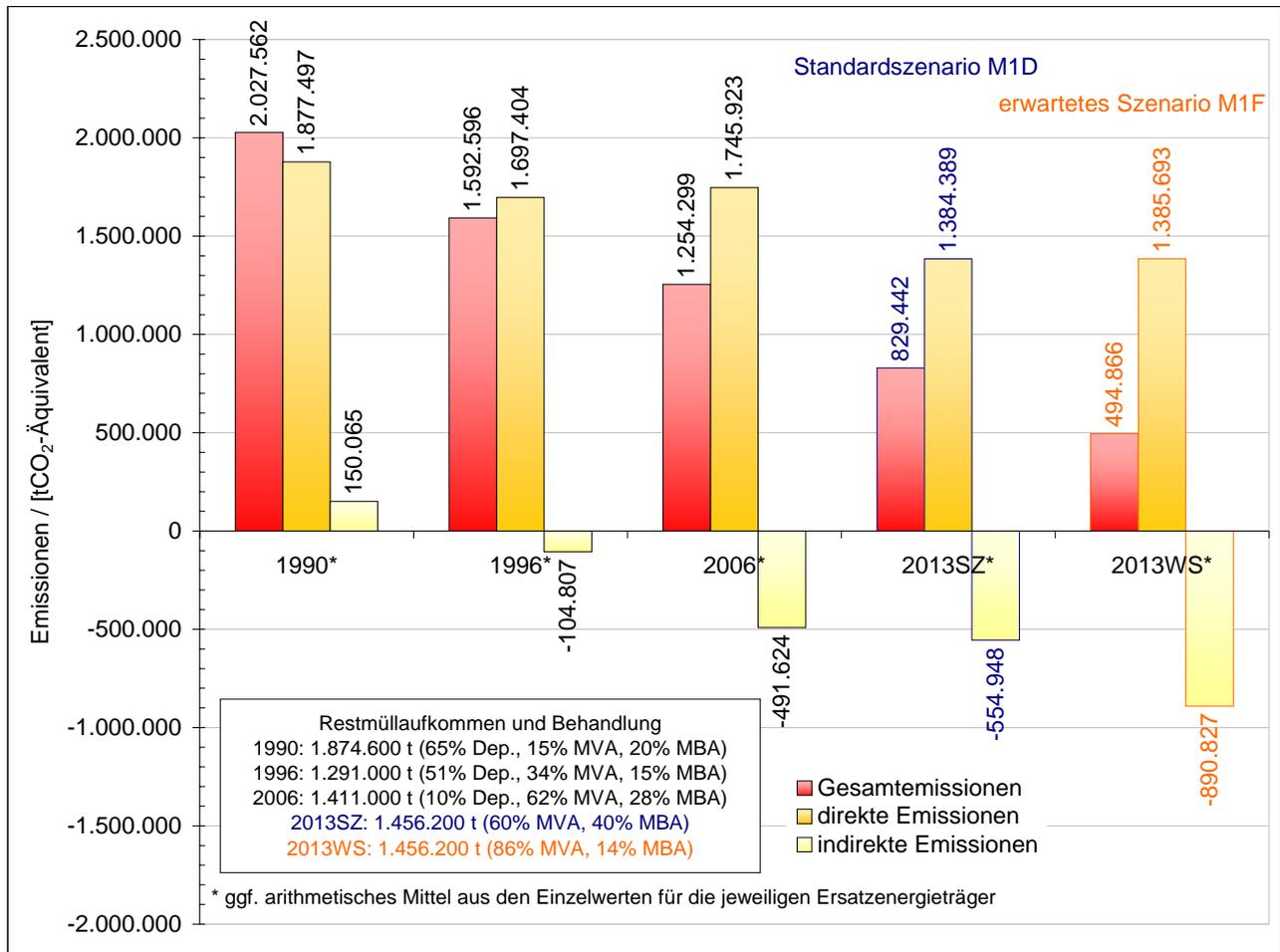


Abbildung 7-1: graphische Darstellung der direkten, indirekten** Emissionen sowie der Gesamtemissionen der Abfallwirtschaft für die Bilanzjahre 1990, 1996, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F); die Emissionsberechnung erfolgt ggf. durch arith. Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (** gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))

Der im Jahresvergleich 2006 zu 1990 feststellbare deutliche Rückgang der aus der Restmülldeponierung stammenden THG-Emissionen ist nicht ausschließlich eine Folge der starken Verringerung der deponierten Restmüllmenge, sondern auch ein Ergebnis des sinkenden Gehaltes an biologisch abbaubaren Kohlenstoff und der höheren Deponiegassammelquote. Beides sind Faktoren, die sich schmälernd auf die direkten THG-Emissionen auswirken. Verstärkt wurde der Rückgang der THG-Emissionen infolge der Restmülldeponierung durch eine gleichzeitige Verringerung der indirekten Freisetzung, welche sich auf eine bessere energetische Verwertung des gesammelten Deponiegases mittels effizienterer Deponiegasmotoren zurückführen läßt. Der Rückgang der THG-Emissionen aus der Restmülldeponierung wurde jedoch

durch den wachsenden Restmüllheizwert als Folge höherer Kunststoffabfallanteile, die bei der Deponierung energetisch ungenutzt bleiben, geschmälert.

Neben der stark gestiegenen Menge an thermisch in Monoverbrennungsanlagen (die industrielle Mitverbrennung war nicht Gegenstand dieser Studie) verwerteten Restmüll ist auch der Zuwachs an fossilem Kohlenstoff im Abfall zu nennen, der für die Erhöhung der direkten THG-Emissionen dieser Behandlungsvariante mitverantwortlich ist. Der gestiegenen Restmüllheizwert, ebenfalls eine Konsequenz des zunehmenden Kunststoffabfallanteils, der in Müllverbrennungsanlagen bestmöglich genutzt werden kann, führte zu deutlich negativeren, also entlastend wirkenden, indirekten THG-Emissionen als direkte Emissionen anderer Emittentengruppen. Einschränkend ist festzustellen, daß sich die Verminderung des Nettoanlagenwirkungsgrades der Gesamtheit der österreichischen Müllverbrennungsanlagen aufgrund unvollständiger Wärmenutzung, belastend auf das Resultat ausgewirkt hat und zukünftig noch auswirken wird.

Wachsende Mengen an mechanisch-biologisch behandelten Restmüll sowie ein höherer Kunststoffabfallanteil verursachten im Jahresvergleich 2006 mit 1990 größere Massenströme an gezogener, heizwertreicher Leichtfraktion, deren thermische Verwertung in externen Anlagen, sich belastend auf die direkten THG-Emissionen ausgewirkt hat. Durch verbesserte Rotteführung konnte hingegen das Treibhausgasbildungspotential des Rottereststoffes abgesenkt und damit direkte THG-Emissionen teilweise vermieden werden. Neben der größeren Menge an Leichtfraktion fielen zusätzlich im mechanischen Anlagenteil vermehrt Schwerfraktion an, die im Verlauf der Rotte durch biologischen Kohlenstoffabbau einer energetischen Nutzung entzogen wurde. Dieser Nutzungsverzicht verursachte höhere Beiträge an indirekten THG-Emissionen, welche sich besonders belastend auf die THG-Bilanz dieser Behandlungsmethode ausgewirkt haben.

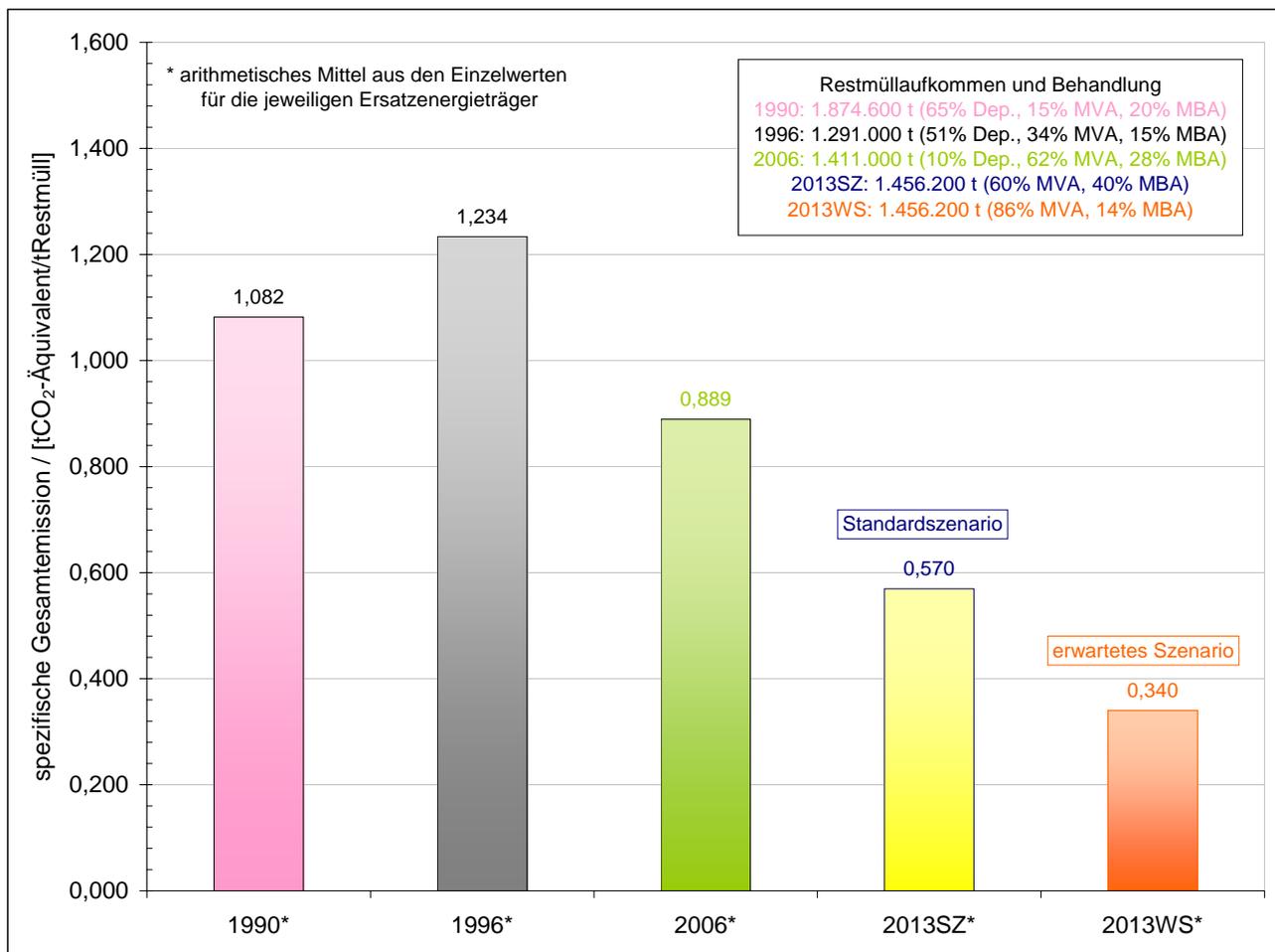


Abbildung 7-2: Vergleich der spezifischen Gesamtemissionen, ausgedrückt in Tonnen CO₂-Äquivalent je Tonne Restmüll, in den Bilanzjahren 1990, 1996, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F)

Der in Abbildung 7-2 dargestellte Verlauf der spezifischen THG-Gesamtemission, ausgedrückt in Jahrestonnen CO₂-Äquivalent je Tonne Restmüll, zeigt im Jahresvergleich 2006 mit 1990 einen Rückgang um 0,193 Einheiten oder ca. 18%. Der Verlauf der spezifischen THG-Gesamtemission verdeutlicht ferner, daß der Kennwert für 1996 gegenüber 1990 eine deutliche Erhöhung erfahren hat. Dieser Anstieg ergibt sich daraus, daß im Vergleich der beiden Bilanzjahre das Aufkommen an Restmüll von 1,8746 Millionen Jahrestonnen im Jahr 1990 auf 1,291 Millionen Jahrestonnen im Jahr 1996 um rund 31% zurückgegangen war, hingegen die Gesamtemissionen nur um ca. 21%, wobei die direkten Emissionen der Abfallwirtschaft nur um ca. 10% geringer gelegen sind. Die Reduktion der Gesamtemissionen in 1996 ist somit weitgehend durch den Rückgang im Restmüllaufkommen bewirkt worden. Darüber hinaus haben höhere direkte, spezifische Teilemissionen aus dem Bereich MVA, insbesondere wegen des Anstiegs des fossilen Kohlenstoffgehaltes im thermisch verwerteten Restmüll, zur Erhöhung der spezifischen THG-Gesamtemission im Jahr 1996 beigetragen.

7.2 Erwartete THG-Emissionen der Abfallwirtschaft im Jahr 2013

Die THG-Emissionsprognose für das Jahr 2013 zeigt für das erwartete Szenario M1F (86% MVA; 14%MBA) im Vergleich zum Kyoto-Basisjahr 1990 einen Rückgang der Gesamtemissionen von annähernd 2,028 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent um mehr als 75% auf etwas weniger als 495.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent.

Diese Verringerung ist u.a. auf einen deutlichen Rückgang (-26,2%) der direkten THG-Emissionen zurückzuführen, wobei auch hier die Verminderung von freigesetzten Deponiegasen mit ca. 83%, wegen des ab 2008 voll wirksamen Ablagerungsverbot es unbehandelten Restmülls [18], besonders ins Gewicht fällt. Demgegenüber ist ein pyrogen bedingter Anstieg der THG-Emissionen im Bereichen MVA im geringeren Ausmaß im Bereich MBA zu verzeichnen (Tabelle 7-1, Seite 26).

Der deutliche Rückgang der THG-Gesamtemissionen im Jahresvergleich 2013 zu 1990 kann jedoch in erster Linie auf die bessere energetische Nutzung des Energieinhaltes des Restmülls zurückgeführt werden. Durch vermehrte Deponiegassammlung, höhere Verwertungsquoten des Deponiegases, Verstromung in effizienteren Deponiegasmotoren, durch den deutlich höheren Anteil thermisch verwerteten Restmülls und durch die externe Verbrennung, der in den mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen gezogenen heizwertreichen Leichtfraktion, können die direkten Emissionen in anderen Emittentenbereichen beispielsweise bei Kraftwerken, in der Industrie, beim Hausbrand verringert, die dort verfeuerten fossilen Brennstoffe eingespart und somit die THG-Gesamtemissionen deutlich reduziert und natürliche Ressourcen geschont werden.

Wählt man für die Berechnung der THG-Emissionen im Jahr 2013 einen Restmüllmengenverteilungsschlüssel von 60% MVA und 40% MBA, wie dies für Szenario M1D angesetzt wird, so zeigt sich gegenüber 1990 eine Verringerung der THG-Gesamtemissionen um 1,198 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent, dies sind ungefähr -59%. Durch die schlechtere Ausnützung des Wärmeinhaltes des Restmülls durch höhere MBA-Behandlungsquoten ist gegenüber dem erwarteten Szenario M1F mit höheren direkten Emissionen sowohl im Sektor Abfallwirtschaft als auch in den Bereichen Kraftwerke, Industrie und Hausbrand zu rechnen. Ein Vergleich der beiden Szenarien M1F mit M1D zeigt ferner, daß durch ein Erhöhen der Restmüllbehandlungsquote in thermischen Verwertungsanlagen von 60% auf 86%, bzw. durch ein Absenken der Behandlungsquote in mechanisch-biologischen Anlagen von 40% auf 14%, zusätzlich THG-Emissionen im Umfang von ca. 335.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent durch effizientere Nutzung des Restmüllenergieinhaltes reduziert werden können.

Für das erwartete Szenario M1F (86% MVA, 14% MBA) errechnet sich eine voraussichtliche Reduktion der spezifischen THG-Gesamtemission im Jahresvergleich 2013 zu 1990 von ca. 69%. Obwohl der Aufkommensrückgang an Restmüll bezogen auf 1990 voraussichtlich nur ca. 22% betragen wird, kann durch Anlagenoptimierungen bei den Behandlungsverfahren eine weitere Verbesserung dieses Kennwertes erreicht werden, wobei eine noch intensivere Abwärmennutzung bei den pyrogenen Behandlungsvarianten im Mittelpunkt des Interesses stehen müßte.

7.3 Variantenvergleich

Die Resultate (Abbildung 9-6, Seite 42) der achtzehn für 2013 gerechneten Szenarien zeigen den Einfluß, der sich ergibt, wenn der Aufteilungsschlüssel für die anfallende Restmüllmenge für die Behandlungsvarianten thermische Restmüllverwertung und mechanisch-biologische Abfallbehandlung variiert wird. Die errechneten THG-Gesamtemissionen für diese Szenarien veranschaulichen, daß für den günstigsten Fall (Szenario M2E) mit 10% weniger Restmüllanfall (1.310.580 t/a) und 100% Anteil für MVA, die THG-Gesamtemissionen mit ca. 315.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent im Vergleich zum Szenario M1F um weitere ca. 180.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent abgesenkt werden können. Dies entspräche einer THG-Emissionsreduktion um ca. 85% gegenüber 1990.

Im ungünstigsten Fall (Szenario M3A) mit 10% mehr Restmüllanfall (1.601.820 t/a) im Jahr 2013 und ausschließlich mechanisch-biologischer Restmüllbehandlung würde sich die Gesamtemission um ca. 1,238 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent gegenüber dem Szenario M1F erhöhen. Dies entspräche einer THG-Emissionsreduktion um ca. 15% gegenüber 1990.

Die Resultate lassen somit eindeutig erkennen, daß eine verstärkte THG-Emissionsreduktion erzielbar ist, wenn durch Müllvermeidung weniger Restmüll zur Behandlung anfällt und der Behandlungsanteil durch MVA zunimmt, bzw. der Behandlungsanteil durch MBA abnimmt.

Bilanzjahr	1990	2013 (M1F)	Differenz	
	(A)	(B)	(B - A)	
	THG-Emission	THG-Emission	[t CO ₂ -Äqu.]	[%]
Emissionszuordnung	[t CO ₂ -Äqu.]	[t CO ₂ -Äqu.]	[t CO ₂ -Äqu.]	[%]
➤ Direkte Emissionen Abfallwirtschaft				
1.) Deponierung	1.671.634	278.344	-1.393.290	
2.) MVA	131.430	924.878	793.448	
3.) MBA	74.434	182.472	108.038	
Teilsumme	1.877.497	1.385.693	-491.804	-26,19
➤ Direkte Emissionen EG3				
1.) Deponierung	90.270	7.268	-83.002	
2.) MVA	-204.487	-926.258	-721.770	
3.) MBA	264.283	28.163	-236.120	
Teilsumme	150.065	-890.827	-1.040.892	
Insgesamt	2.027.562	494.866	-1.532.697	-75,59

Tabelle 7-1: Emissionsreduktionspotential im Jahresvergleich 2013/1990 (Szenario M1F)

Bilanzjahr	1990	2006	2013 (M1D)	2013 (M1F)
	THG-Emission	THG-Emission	THG-Emission	THG-Emission
Emissionszuordnung	[t CO ₂ -Äqu.]			
➤ Direkte Emissionen Abfallwirtschaft				
1.) Deponierung	1.671.634	735.208	278.344	278.344
2.) MVA	131.430	641.274	643.277	924.878
3.) MBA	74.434	369.441	462.769	182.472
Teilsumme	1.877.497	1.745.923	1.384.389	1.385.693
➤ Direkte Emissionen EG3				
1.) Deponierung	90.270	44.040	7.268	7.268
2.) MVA	-204.487	-550.090	-644.236	-926.258
3.) MBA	264.283	14.426	82.021	28.163
Teilsumme	150.065	-491.624	-554.948	-890.827
Insgesamt	2.027.562	1.254.299	829.442	494.866
spezifische Gesamtemission [t CO ₂ -Äqu./t Restmüll]	1,082	0,889	0,570	0,340

Tabelle 7-2: THG-Emissionsvergleich für die Jahre 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F, jeweils auf ganze Zahlen gerundet (Rundungsungenauigkeit: ±1 t))

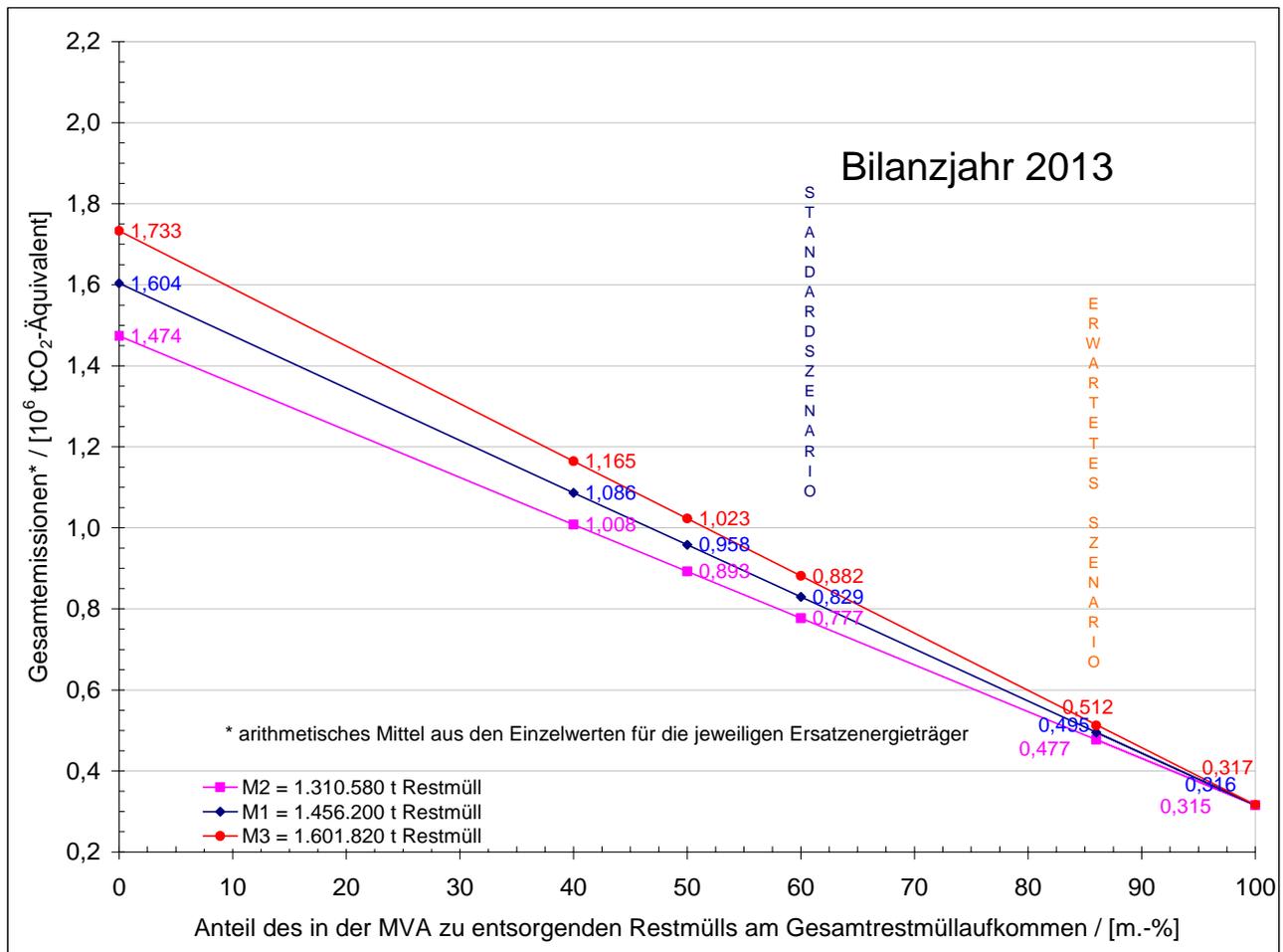


Abbildung 7-3: graphische Darstellung des Gesamtemissionsverlaufs für das prognostizierte Restmüllaufkommen (M1 ± 10 m.-%) im Bilanzjahr 2013 in Abhängigkeit vom jeweiligen Massenanteil des thermisch verwerteten bzw. mechanisch-biologisch behandelten Restmülls. Die Berechnung erfolgt jeweils durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger.

In Abbildung 7-3 ist der prinzipielle Zusammenhang zwischen dem Verteilungsschlüssel MVA zu MBA und der THG-Gesamtemission mit dem Parameter der Gesamtrestmüllmenge für 2013 graphisch dargestellt. Mit zunehmendem Anteil der thermischen Verwertung in Müllverbrennungsanlagen nimmt die THG-Gesamtemission ab. Vom Standardszenario M1D mit 1,4562 Millionen Jahrestonnen Restmüll und einer 60% zu 40% Verteilung zwischen MVA und MBA ausgehend, ist ersichtlich, daß mit einer Steigerung des MVA-Anteils um 10% eine weitere Reduktion der Treibhausgasemissionen um ca. 129.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent möglich ist. Diese Darstellung erlaubt es somit, unabhängig von den für 2013 gerechneten 18 Behandlungsszenarien, Emissionsminderungspotentiale auch für andere Mengenverteilungsverhältnisse MVA zu MBA abzulesen, die innerhalb des angenommenen Bereiches der Restmüllmengen zwischen 1,31058 und 1,60182 Millionen Jahrestonnen liegen.

8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Studie bilanziert die durch die Behandlung von Restmüll verursachten Treibhausgasemissionen in Bezug auf Methan und Kohlendioxid und verdeutlicht damit, welchen Beitrag die österreichische Abfallwirtschaft zur Erreichung des nationalen Treibhausgasreduktionsziels leisten kann. Als Restmüllbehandlungsverfahren wurden die Deponierung, die thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) und die mechanisch-biologische Behandlung (MBA) betrachtet.

Es wurden exemplarisch für den Abfallbereich Restmüll-Emissionsbilanzen für die Jahre 2006 und 2013 gerechnet und mit der des Jahres 1990 [7] verglichen. 1990 ist das Basisjahr für die protokollgemäße Reduzierung der Treibhausgase. 2006 ist jenes Jahr über welches die aktuellsten Daten zur österreichischen Abfallwirtschaft verfügbar sind. Mit 2013 wird jenes Jahr gewählt, in dem voraussichtlich auch jene Müllverbrennungsanlagen ihren Betrieb aufgenommen haben werden, die sich derzeit in der Realisierungsphase befinden.

Die Treibhausgasbilanzen umfassen sowohl direkte Emissionen, welche durch die Restmüllbehandlung vor Ort entstehen, als auch indirekte Emissionen, die, bedingt durch ungenutzte Energieinhalte des Restmülls, seiner Fraktionen und des Deponiegases, aus fossilen Energieträgern in anderen Emittentengruppen wie in Kraftwerken, in der Industrie und im Hausbrand zur Freisetzung gelangen.

Während der Bilanz für 2006 die reale abfallwirtschaftliche Situation zugrunde liegt, wurde für 2013 ein Szenario angenommen, welches die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung bezüglich der Restmülldaten und der Kennwerte für die Behandlungsverfahren darstellt. Dieses erwartete Szenario M1F wurde um weitere 17 Szenarien ergänzt, in welchen mögliche Abweichungen beim Restmüllanfall sowie beim Behandlungsanteil von MVA und MBA zur Darstellung gelangen. Die Treibhausgasbilanz umfaßt für 2013 auch jene Szenarien, die bei ausschließlicher thermischer Verwertung des Restmülls oder durch alleinige mechanisch-biologische Restmüllbehandlung resultieren.

Die vorliegende Emissionsbilanz für 2006 zeigt, daß der Anteil der durch Restmüll bedingten Treibhausgasfreisetzungen an der gesamtösterreichischen CO₂- und CH₄-Emission im Umfang von 84,22 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent [19] mit ca. 1,254 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent rund 1,5% beträgt.

Die Bilanzen verdeutlichen, daß im Jahresvergleich 2006 mit 1990 eine stete Abnahme der absoluten, sektoralen Treibhausgasemissionen von ca. 2,028 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent auf ca. 1,254 Millionen Jahrestonnen zu verzeichnen war, dies entspricht einem Rückgang um mehr als 38%. Für diese Entwicklung hauptverantwortlich war die Verminderung der direkten Treibhausgasemissionen aus dem Bereich der Mülldeponierung. Waren 1990 noch direkte Treibhausgasemissionen aus der Restmülldeponierung im Umfang von 1,672 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent zu verzeichnen, so reduzierten sich diese bis 2006 um ca. 56% auf annähernd 735.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent, dies infolge schärferer gesetzlicher Bestimmungen im Rahmen der Deponieverordnung [18], welche vor allem die unbehandelt deponierte Restmüllmenge von ca. 1,2104 Millionen Jahrestonnen im Jahr 1990 um mehr als 88% auf ca. 140.000 Jahrestonnen im Jahr 2006 absinken ließ.

Die spezifischen Treibhausgasgesamtemissionen, ausgedrückt in Jahrestonnen CO₂-Äquivalent je Tonne Restmüll, sanken im Jahresvergleich 2006 mit 1990 von 1,082 auf 0,889 Einheiten oder ca. 18%.

Für den Emissionsrückgang im Jahresvergleich 2006 mit 1990 waren die vermehrte Deponiegassammlung, die höhere Verwertungsquoten des Deponiegases, die Verstromung in effizienteren Deponiegasmotoren, der deutlich höhere Anteil thermisch verwerteten Restmülls und die effizientere externe Verbrennung, der in den mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen gezogenen heizwertreichen Leichtfraktion hauptverantwortlich.

Die Treibhausgasemissionsprognose für das Jahr 2013 zeigt für das erwartete Szenario M1F, basierend auf einer Restmüllmenge von 1,4562 Millionen Tonnen und einem Behandlungsschlüssel von 86% MVA zu 14% MBA, im Vergleich zum Kyoto-Basisjahr 1990 einen Rückgang der Gesamtemissionen von annähernd 2,028 Millionen Jahrestonnen CO₂-

Äquivalent um mehr als 75% auf etwas weniger als 495.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent. Diese Abnahme ist u.a. auf einen deutlichen Rückgang (-26,2%) der direkten Treibhausgasemissionen zurückzuführen, wobei auch hier die Verminderung von freigesetzten Deponiegasen mit ca. 83%, besonders ins Gewicht fällt. Demgegenüber ist ein pyrogen bedingter Anstieg der Treibhausgasemissionen im Bereich MVA, im geringeren Ausmaß im Bereich MBA zu verzeichnen. Der deutliche Rückgang der Gesamtemissionen im Jahresvergleich 2013 mit 1990 resultiert jedoch in erster Linie auf der besseren energetischen Nutzung des Restmüllenergieinhaltes durch vermehrte thermische Verwertung.

Im Jahresvergleich 2013 mit 1990 errechnet sich für das erwartete Szenario M1F eine wahrscheinliche Reduktion der spezifischen Treibhausgasgesamtmissionen von annähernd 69%. Obwohl der Aufkommensrückgang an Restmüll bezogen auf 1990 voraussichtlich nur ca. 22% betragen wird, kann durch entsprechende Anlagenoptimierungen im Rahmen der Behandlungsverfahren eine weitere Verbesserung dieses Kennwertes erreicht werden, wobei eine noch intensivere Abwärmenutzung bei den pyrogenen Behandlungsvarianten im Mittelpunkt des Interesses stehen müßte. Dies würde eine weitere Reduktion von fossilen Kohlendioxidemissionen aus der Bereitstellung von Ersatzenergie bringen.

Die Resultate der achtzehn für 2013 gerechneten Szenarien zeigen den Einfluß der sich ergibt, wenn der Aufteilungsschlüssel für die anfallende Restmüllmenge für die Behandlungsvarianten thermische Restmüllverwertung und mechanisch-biologische Abfallbehandlung variiert wird. Im günstigsten Fall mit 10% weniger Restmüllanfall (1.310.580 t/a) und 100% Anteil für MVA würde sich die Gesamtemissionen mit ca. 315.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent im Vergleich zum erwarteten Szenario M1F um weitere ca. 180.000 Jahrestonnen CO₂-Äquivalent verringern. Dies entspräche einer Emissionsreduktion um ca. 85% gegenüber 1990. Im ungünstigsten Fall mit 10% mehr Restmüllanfall (1.601.820 t/a) im Jahr 2013 und ausschließlich mechanisch-biologischer Restmüllbehandlung würde sich die Gesamtemission um ca. 1,238 Millionen Jahrestonnen CO₂-Äquivalent gegenüber dem Szenario M1F erhöhen, gleichbedeutend einer Treibhausgasemissionsreduktion um ungefähr 15% gegenüber 1990.

Die vorliegenden Treibhausgasbilanzen verdeutlichen, daß der Bereich Restmüll am nationalen Treibhausgasemissionsreduktionsziel von 22,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent (2006) einen Beitrag in der Größenordnung von 1,2 bis 1,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent zu leisten vermag. Ein Beitrag der als leicht realisierbar einzustufen ist.

Die Bilanzresultate zeigen eindeutig, daß eine stärkere Emissionsreduktion erzielt werden könnte, wenn durch Müllvermeidung weniger Restmüll zur Behandlung anfallen würde und wenn vor allem der Behandlungsanteil durch MVA erhöht, hingegen der Behandlungsanteil durch MBA zurückgenommen wird.

9 Anhang

9.1 Gesamtergebnisse in tabellarischer Form

9.1.1 Ergebnistabellen für die Bilanzjahre 1990 und 2006

Bilanzjahr	Behandlungsverfahren	Ersatzenergie	direkte Emission [t CO ₂ -Äquivalent]	indirekte resp. vermiedene Emissionen [t CO ₂ -Äquivalent]	Gesamtemission [t CO ₂ -Äquivalent]
1990	Deponierung mit Abfackeln des teilweise gesammelten Deponiegases		1.671.633,73		
		Kohle		124.809,84	1.796.443,57
		Erdgas		69.834,08	1.741.467,81
		Heizöl-S		105.494,03	1.777.127,76
		Ölheizungen		60.941,25	1.732.574,98
1990	Müllverbrennung		131.429,67		
		Kohle		-208.699,02	-77.269,35
		Erdgas		-201.995,47	-70.565,80
		Heizöl-S		-206.343,72	-74.914,05
		Ölheizungen		-200.911,11	-69.481,44
1990	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung		74.433,81		
		Kohle		337.193,02	411.626,83
		Erdgas		180.678,67	255.112,48
		Heizöl-S		257.994,65	332.428,46
		Ölheizungen		281.263,91	355.697,73
2006	Deponierung mit Abfackeln und energet. Nutzung des teilweise gesammelten Deponiegases		735.208,17		
		Kohle		60.891,41	796.099,58
		Erdgas		34.070,19	769.278,36
		Heizöl-S		51.467,74	786.675,91
		Ölheizungen		29.731,62	764.939,79
2006	Müllverbrennung		641.274,02		
		Kohle		-756.430,30	-115.156,28
		Erdgas		-590.073,40	51.200,62
		Heizöl-S		-697.980,58	-56.706,56
		Ölheizungen		-563.163,66	78.110,36
2006	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung		369.441,06		
		Kohle		362.147,87	731.588,93
		Erdgas		194.028,38	563.469,44
		Heizöl-S		277.014,22	646.455,28
		Ölheizungen		302.399,06	671.840,12

Tabelle 9-1:
direkte und indirekte* (resp. vermiedene)
THG-Emissionen der Abfallwirtschaft sowie
die sich daraus ergebenden Gesamt-
emissionen für die einzelnen Behand-
lungsvarianten für Restmüll in den Bilanz-
jahren 1990 und 2006

* gleichbedeutend mit den direkten
Emissionen der Emittentengruppe
Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)

9.1.2 Ergebnistabellen für das Bilanzjahr 2013

Szenario	RM-Menge [t]	MVA-Anteil [t]	MBA-Anteil [t]	Energieträger	direkte Emission [t CO ₂ -Äquivalent]	indirekte Emission [t CO ₂ -Äquivalent]	Gesamtergebnis [t CO ₂ -Äquivalent]
M1A	1.456.200	0	1.456.200		1.391.277,82		
				Kohle		281.768,37	1.673.046,19
				Erdgas		154.316,79	1.545.594,61
				Heizöl		226.869,68	1.618.147,50
				Ölheizungen		186.327,46	1.577.605,28
M1B	1.456.200	582.480	873.720		1.385.574,54		
				Kohle		-335.781,20	1.049.793,33
				Erdgas		-287.692,10	1.097.882,44
				Heizöl		-324.956,07	1.060.618,46
				Ölheizungen		-248.336,98	1.137.237,56
M1C	1.456.200	728.100	728.100		1.384.981,98		
				Kohle		-490.168,60	894.813,39
				Erdgas		-398.194,32	986.787,67
				Heizöl		-462.912,51	922.069,47
				Ölheizungen		-357.003,08	1.027.978,90
M1D	1.456.200	873.720	582.480		1.384.389,43		
				Kohle		-644.555,99	739.833,44
				Erdgas		-508.696,54	875.692,90
				Heizöl		-600.868,95	783.520,48
				Ölheizungen		-465.669,19	918.720,24
M1E	1.456.200	1.456.200	0		1.382.019,23		
				Kohle		-1.262.105,56	119.913,67
				Erdgas		-950.705,42	431.313,81
				Heizöl		-1.152.694,70	229.324,53
				Ölheizungen		-900.333,63	481.685,60
M2A	1.310.580	0	1.310.580		1.282.259,09		
				Kohle		254.596,38	1.536.855,47
				Erdgas		139.447,34	1.421.706,44
				Heizöl		205.032,05	1.487.291,14
				Ölheizungen		168.185,35	1.450.444,44
M2B	1.310.580	524.232	786.348		1.276.792,83		
				Kohle		-301.198,24	975.594,59
				Erdgas		-258.360,65	1.018.432,18
				Heizöl		-291.611,13	985.181,70
				Ölheizungen		-223.012,64	1.053.780,19
M2C	1.310.580	655.290	655.290		1.276.259,53		
				Kohle		-440.146,89	836.112,64
				Erdgas		-357.812,65	918.446,88
				Heizöl		-415.771,93	860.487,61
				Ölheizungen		-320.812,14	955.447,40
M2D	1.310.580	786.348	524.232		1.275.726,24		
				Kohle		-579.095,54	696.630,69
				Erdgas		-457.264,65	818.461,59
				Heizöl		-539.932,72	735.793,52
				Ölheizungen		-418.611,64	857.114,60
M2E	1.310.580	1.310.580	0		1.274.333,16		
				Kohle		-1.134.890,16	139.443,00
				Erdgas		-855.072,64	419.260,52
				Heizöl		-1.036.575,90	237.757,26
				Ölheizungen		-809.809,63	464.523,53
M3A	1.601.820	0	1.601.820		1.500.296,55		
				Kohle		308.940,36	1.809.236,91
				Erdgas		169.186,23	1.669.482,78
				Heizöl		248.707,31	1.749.003,86
				Ölheizungen		204.469,57	1.704.766,11
M3B	1.601.820	640.728	961.092		1.494.356,24		
				Kohle		-370.364,17	1.123.992,07
				Erdgas		-317.023,54	1.177.332,70
				Heizöl		-358.301,01	1.136.055,23
				Ölheizungen		-273.661,31	1.220.694,93
M3C	1.601.820	800.910	800.910		1.493.704,44		
				Kohle		-540.190,30	953.514,14
				Erdgas		-438.575,98	1.055.128,45
				Heizöl		-510.053,10	983.651,34
				Ölheizungen		-393.194,03	1.100.510,40
M3D	1.601.820	961.092	640.728		1.493.052,63		
				Kohle		-710.016,43	783.036,20
				Erdgas		-560.128,43	932.924,20
				Heizöl		-661.805,18	831.247,45
				Ölheizungen		-512.726,75	980.325,88
M3E	1.601.820	1.601.820	0		1.490.445,40		
				Kohle		-1.389.320,96	101.124,44
				Erdgas		-1.046.338,20	444.107,21
				Heizöl		-1.268.813,51	221.631,90
				Ölheizungen		-990.857,63	499.587,77

Tabelle 9-2: Angaben zu den Restmüllmengen die in den jeweiligen Behandlungsszenarien im Bilanzjahr 2013 thermisch verwertet, bzw. mechanisch-biologisch behandelt werden und die daraus resultierenden Jahresemissionen (Teil 1)

Szenario	RM-Menge	MVA-Anteil	MBA-Anteil	Energieträger	direkte Emission	indirekte Emission	Gesamtergebnis
	[t]	[t]	[t]		[t CO ₂ -Äquivalent]	[t CO ₂ -Äquivalent]	[t CO ₂ -Äquivalent]
M1F	1.456.200	1.256.200	200.000		1.385.692,84		
				Kohle		-1.050.064,09	335.628,75
				Erdgas		-798.937,50	586.755,34
				Heizöl		-963.220,13	422.472,71
				Ölheizungen		-751.087,50	634.605,34
M2F	1.310.580	1.130.580	180.000		1.278.398,69		
				Kohle		-944.052,84	334.345,85
				Erdgas		-718.481,52	559.917,17
				Heizöl		-866.048,78	412.349,91
				Ölheizungen		-675.488,11	602.910,58
M3F	1.601.820	1.381.820	220.000		1.492.986,99		
				Kohle		-1.156.075,35	336.911,64
				Erdgas		-879.393,49	613.593,50
				Heizöl		-1.060.391,47	432.595,52
				Ölheizungen		-826.686,88	666.300,11

Tabelle 9-3: Angaben zu den Restmüllmengen die in den jeweiligen Behandlungsszenarien im Bilanzjahr 2013 thermisch verwertet, bzw. mechanisch-biologisch behandelt werden und die daraus resultierenden Jahresemissionen (Teil 2)

9.2 Detaillierte Emissionsbilanz für 2006

Bilanzjahr			1990		2006		2013 (M1, 50/50)	
	[t]		[t CO ₂ -Äqu.]					
direkte Emission								
➤ Deponierung								
deponierte Restmüllmenge 1990	1.210.400	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas	1.671.312,87		732.718,02		276.425,60	
deponierte Restmüllmenge 2006	140.000	CO ₂ -Masse aus der Fackelzusatzfeuerung	320,86		2.490,15		1.918,02	
deponierte Restmüllmenge 2013	0		1.671.633,73	1.671.633,73	735.208,17	735.208,17	278.343,61	278.343,61
➤ MVA								
verbrannte Restmüllmenge 1990	284.200	CO ₂ -Masse aus KS-Verbrennung inkl. Behördenbr. + DENO*	131.429,67	131.429,67	641.274,02	641.274,02	536.063,85	536.063,85
verbrannte Restmüllmenge 2006	871.000							
verbrannte Restmüllmenge 2013	728.100							
➤ MBA								
behandelte Restmüllmenge 1990	380.000	CO ₂ -Masse aus der ext. Verbrennung der LF (KS,...)	0,00		290.400,00		528.600,60	
behandelte Restmüllmenge 2006	400.000	CO ₂ -Masse aus Rauchgasreinigung der ext. LF-Verbren.	0,00		0,00		0,00	
behandelte Restmüllmenge 2013	728.100	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas der RRST-Deponie	74.433,81		79.041,06		41.973,92	
			74.433,81	74.433,81	369.441,06	369.441,06	570.574,52	570.574,52
SUMME direkte Emissionen				1.877.497,21		1.745.923,25		1.384.981,98
spezifische, direkte Emission in [t CO ₂ -Äqu./tRestmüll]					1,002		1,237	0,951

Bilanzjahr		2006		2006		2006		2006	
		[t CO ₂ -Äqu.]							
direkte Emission									
➤ Deponierung									
		735.208,17		735.208,17		735.208,17		735.208,17	
➤ MVA									
		641.274,02		641.274,02		641.274,02		641.274,02	
➤ MBA									
		369.441,06		369.441,06		369.441,06		369.441,06	
SUMME direkte Emissionen		1.745.923,25							
indirekte* (resp. vermiedene) Emissionen									
➤ Deponierung									
	Belastung durch teilweise Energienutzung	74.090,30		41.455,29		62.623,95		36.176,28	
	Energieverbrauch zum Betrieb des Gassammelsystems	597,23		334,16		504,80		291,61	
		74.687,53	74.687,53	41.789,45	41.789,45	63.128,75	63.128,75	36.467,89	36.467,89
	Entlastung aufgrund des Deponiegasmotoreinsatzes	-13.796,13	-13.796,13	-7.719,26	-7.719,26	-11.661,01	-11.661,01	-6.736,27	-6.736,27
➤ MVA									
	Belastung aus MVA-Wirkungsgraddifferenz (73%-59,7%)	101.821,93	101.821,93	101.821,93	101.821,93	101.821,93	101.821,93	101.821,93	101.821,93
	Entlastung der EVUs durch MVA	-756.430,30	-756.430,30	-590.073,40	-590.073,40	-697.980,58	-697.980,58	-563.163,66	-563.163,66
➤ MBA									
	Belastung durch Fremdenergieverbrauch der MBA	40.320,00		22.560,00		34.080,00		19.687,16	
	Belastung durch teilweise Energienutzung	151.605,37		80.774,63		114.440,47		133.178,78	
	Belastung durch energetisch ungenutzte Leichtfraktion (LF)	0,00		0,00		0,00		0,00	
	Entlastung durch externe LF-Verbrennung	-170.222,50		-90.693,75		-128.493,75		-149.533,13	
		21.702,87	21.702,87	12.640,88	12.640,88	20.026,72	20.026,72	3.332,81	3.332,81
SUMME indir. resp. verm. Emissionen		-572.014,10		-441.540,40		-524.664,20		-428.277,31	
GESAMTERGEBNIS			1.173.909,15		1.304.382,85		1.221.259,05		1.317.645,94
spezifische Gesamtemission in [t CO ₂ -Äqu./tRestmüll]				0,832		0,924		0,866	0,934

Tabelle 9-4: detaillierte Emissionsbilanz für das Bilanzjahr 2006 (* gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))

9.3 Detaillierte Emissionsbilanz für 2013 (Standardszenario M1D)

Bilanzjahr			1990		2006		2013 (M1, 60/40)	
[t]			[t CO ₂ -Äqu.]					
direkte Emission								
➤ Deponierung								
deponierte Restmüllmenge 1990	1.210.400	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas	1.671.312,87		732.718,02		276.425,60	
deponierte Restmüllmenge 2006	140.000	CO ₂ -Masse aus der Fackelzusatzfeuerung	320,86		2.490,15		1.918,02	
deponierte Restmüllmenge 2013	0		1.671.633,73	1.671.633,73	735.208,17	735.208,17	278.343,61	278.343,61
➤ MVA								
verbrannte Restmüllmenge 1990	284.200	CO ₂ -Masse aus KS-Verbrennung inkl. Behördenbr. + DENOX	131.429,67	131.429,67	641.274,02	641.274,02	643.276,62	643.276,62
verbrannte Restmüllmenge 2006	871.000							
verbrannte Restmüllmenge 2013	873.720							
➤ MBA								
behandelte Restmüllmenge 1990	380.000	CO ₂ -Masse aus der ext. Verbrennung der LF (KS,...)	0,00		290.400,00		422.880,48	
behandelte Restmüllmenge 2006	400.000	CO ₂ -Masse aus Rauchgasreinigung der ext. LF-Verbren.	0,00		0,00		0,00	
behandelte Restmüllmenge 2013	582.480	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas der RRST-Deponie	74.433,81	74.433,81	79.041,06	369.441,06	39.888,72	462.769,20
			74.433,81	74.433,81	369.441,06	369.441,06	462.769,20	462.769,20
SUMME direkte Emissionen			1.877.497,21	1.877.497,21	1.745.923,25	1.745.923,25	1.384.389,43	1.384.389,43
spezifische, direkte Emission in [t CO ₂ -Äqu./tRestmüll]				1,002		1,237		0,951

Bilanzjahr		2013 (M1, 60/40)		2013 (M1, 60/40)		2013 (M1, 60/40)		2013 (M1, 60/40)	
		[t CO ₂ -Äqu.]							
direkte Emission									
➤ Deponierung									
		278.343,61		278.343,61		278.343,61		278.343,61	
➤ MVA									
		643.276,62		643.276,62		643.276,62		643.276,62	
➤ MBA									
		462.769,20		462.769,20		462.769,20		462.769,20	
SUMME direkte Emissionen		1.384.389,43							
indirekte* (resp. vermiedene) Emissionen									
➤ Deponierung									
	Belastung durch teilweise Energienutzung	29.300,72		16.394,45		24.766,09		14.306,75	
	Energieverbrauch zum Betrieb des Gassammelsystems	525,72		294,16		444,36		256,70	
		29.826,45	29.826,45	16.688,61	16.688,61	25.210,45	25.210,45	14.563,44	14.563,44
	Entlastung aufgrund des Deponiegasmotoreneinsatzes	-19.777,99	-19.777,99	-11.066,26	-11.066,26	-16.717,11	-16.717,11	-9.657,05	-9.657,05
➤ MVA									
	Belastung aus MVA-Wirkungsgraddifferenz (73%-60,1%)	114.923,57	114.923,57	114.923,57	114.923,57	114.923,57	114.923,57	114.923,57	114.923,57
	Entlastung der EVUs durch MVA	-878.215,98	-878.215,98	-688.720,23	-688.720,23	-811.636,39	-811.636,39	-658.067,58	-658.067,58
➤ MBA									
	Belastung durch Fremdenergieverbrauch der MBA	58.713,98		32.851,87		49.627,30		28.668,44	
	Belastung durch teilweise Energienutzung	297.851,98		158.694,14		224.835,84		261.650,12	
	Belastung durch energetisch ungenutzte Leichtfraktion (LF)	0,00		0,00		0,00		0,00	
	Entlastung durch externe LF-Verbrennung	-247.878,00		-132.068,24		-187.112,60		-217.750,14	
		108.687,96	108.687,96	59.477,77	59.477,77	87.350,54	87.350,54	72.568,43	72.568,43
SUMME indir. resp. verm. Emissionen		-644.555,99	108.687,96	-508.696,54	59.477,77	-600.868,95	87.350,54	-465.669,19	72.568,43
GESAMTERGEBNIS			739.833,44	739.833,44	875.692,90	875.692,90	783.520,48	783.520,48	918.720,24
spezifische Gesamtemission in [t CO ₂ -Äqu./tRestmüll]				0,508		0,601		0,538	0,631

Tabelle 9-5: detaillierte Emissionsbilanz für das Bilanzjahr 2013 (Standardszenario M1D) (* gleichbedeutend den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))

9.4 Detaillierte Emissionsbilanz für 2013 (erwartetes Szenario M1F)

Bilanzjahr			1990		2006		2013 (M1, 86/14)	
	[t]		[t CO ₂ -Äqu.]					
direkte Emission								
➤ Deponierung								
deponierte Restmüllmenge 1990	1.210.400	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas	1.671.312,87		732.718,02		276.425,60	
deponierte Restmüllmenge 2006	140.000	CO ₂ -Masse aus der Fackelzusatzfeuerung	320,86		2.490,15		1.918,02	
deponierte Restmüllmenge 2013	0		<u>1.671.633,73</u>	1.671.633,73	<u>735.208,17</u>	735.208,17	<u>278.343,61</u>	278.343,61
➤ MVA								
verbrannte Restmüllmenge 1990	284.200	CO ₂ -Masse aus KS-Verbrennung inkl. Behördenbr. + DENO*	131.429,67	131.429,67	641.274,02	641.274,02	924.877,64	924.877,64
verbrannte Restmüllmenge 2006	871.000							
verbrannte Restmüllmenge 2013	1.256.200							
➤ MBA								
behandelte Restmüllmenge 1990	380.000	CO ₂ -Masse aus der ext. Verbrennung der LF (KS,...)	0,00		290.400,00		145.200,00	
behandelte Restmüllmenge 2006	400.000	CO ₂ -Masse aus Rauchgasreinigung der ext. LF-Verbren.	0,00		0,00		0,00	
behandelte Restmüllmenge 2013	200.000	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas der RRST-Deponie	74.433,81		79.041,06		37.271,59	
			<u>74.433,81</u>	74.433,81	<u>369.441,06</u>	369.441,06	<u>182.471,59</u>	182.471,59
SUMME direkte Emissionen			1.877.497,21	1.877.497,21	1.745.923,25	1.745.923,25	1.385.692,84	1.385.692,84
spezifische, direkte Emission in [t CO ₂ -Äqu./tRestmüll]				1,002		1,237		0,952

Bilanzjahr		2013 (M1, 86/14)		2013 (M1, 86/14)		2013 (M1, 86/14)		2013 (M1, 86/14)	
		[t CO ₂ -Äqu.]							
direkte Emission									
➤ Deponierung									
		278.343,61		278.343,61		278.343,61		278.343,61	
➤ MVA									
		924.877,64		924.877,64		924.877,64		924.877,64	
➤ MBA									
		182.471,59		182.471,59		182.471,59		182.471,59	
SUMME direkte Emissionen		1.385.692,84							
indirekte* (resp. vermiedene) Emissionen									
➤ Deponierung									
	Bilanzjahr	2013 (M1, 86/14)							
	Ersatzenergieträger	Kohle	[t CO ₂ -Äqu.]	Erdgas	[t CO ₂ -Äqu.]	HÖS	[t CO ₂ -Äqu.]	Öl-Heizungen	[t CO ₂ -Äqu.]
	Belastung durch teilweise Energienutzung	29.300,72		16.394,45		24.766,09		14.306,75	
	Energieverbrauch zum Betrieb des Gassammelsystems	525,72		294,16		444,36		256,70	
		<u>29.826,45</u>	29.826,45	<u>16.688,61</u>	16.688,61	<u>25.210,45</u>	25.210,45	<u>14.563,44</u>	14.563,44
	Entlastung aufgrund des Deponiegasmotoreinsatzes	-19.777,99	-19.777,99	-11.066,26	-11.066,26	-16.717,11	-16.717,11	-9.657,05	-9.657,05
➤ MVA									
	Belastung aus MVA-Wirkungsgradifferenz (73%-60,1%)	165.232,55	165.232,55	165.232,55	165.232,55	165.232,55	165.232,55	165.232,55	165.232,55
	Entlastung der EVUs durch MVA	-1.262.664,14	-1.262.664,14	-990.214,66	-990.214,66	-1.166.938,65	-1.166.938,65	-946.143,49	-946.143,49
➤ MBA									
	Belastung durch Fremdenergieverbrauch der MBA	20.160,00		11.280,00		17.040,00		9.843,58	
	Belastung durch teilweise Energienutzung	102.270,29		54.489,13		77.199,50		89.840,04	
	Belastung durch energetisch ungenutzte Leichtfraktion (LF)	0,00		0,00		0,00		0,00	
	Entlastung durch externe LF-Verbrennung	-85.111,25		-45.346,88		-64.246,88		-74.766,56	
		<u>37.319,04</u>	37.319,04	<u>20.422,25</u>	20.422,25	<u>29.992,63</u>	29.992,63	<u>24.917,05</u>	24.917,05
SUMME indir. rsp. verm. Emissionen		-1.050.064,09	-1.050.064,09	-798.937,50	-798.937,50	-963.220,13	-963.220,13	-751.087,50	-751.087,50
GESAMTERGEBNIS			335.628,75	335.628,75	586.755,34	586.755,34	422.472,71	422.472,71	634.605,34
spezifische Gesamtemission in [t CO ₂ -Äqu./tRestmüll]				0,230		0,403		0,290	0,436

Tabelle 9-6: detaillierte Emissionsbilanz für das Bilanzjahr 2013 (erwartetes Szenario M1F) (* gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))

9.5 Graphische Darstellung der Bilanzergebnisse

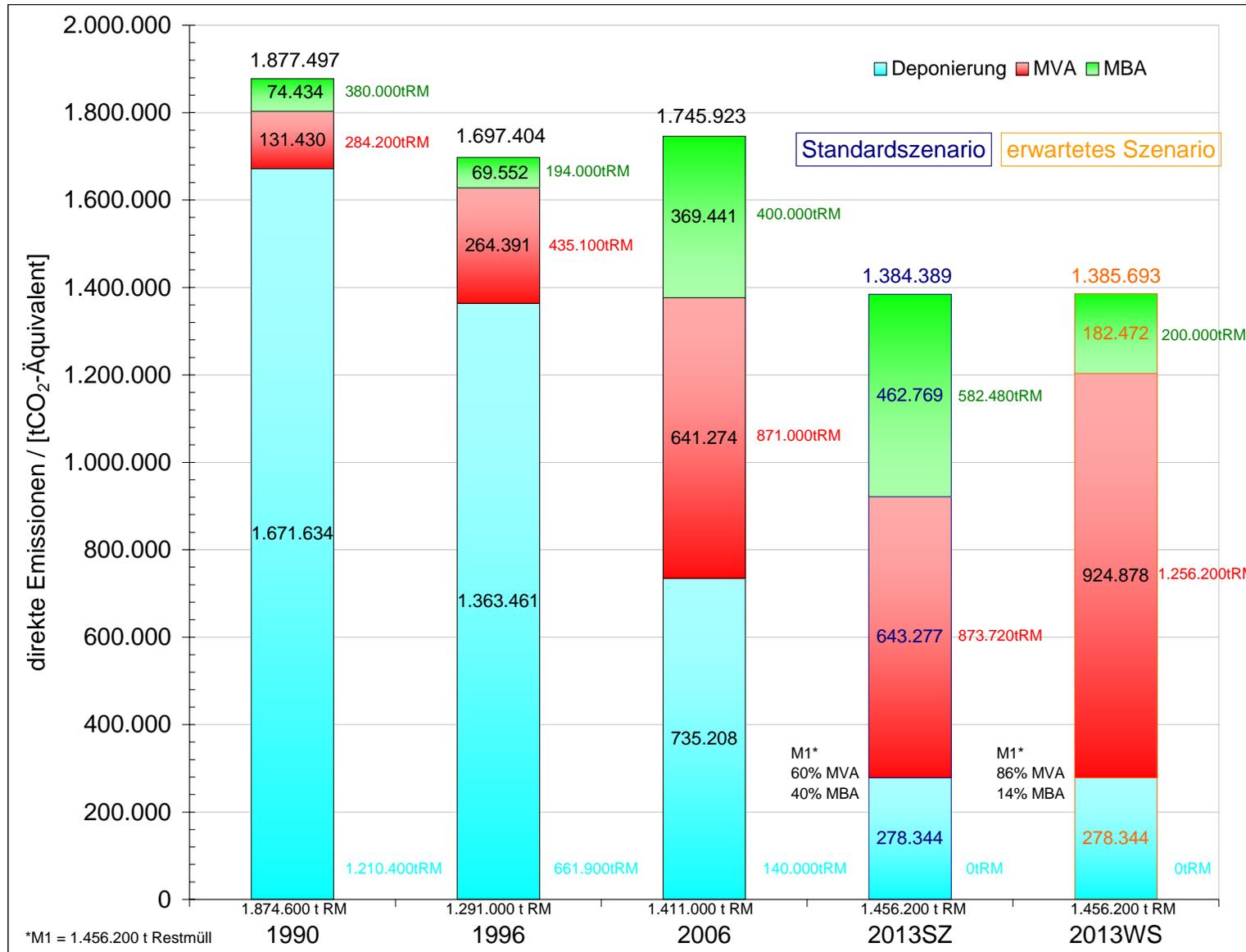


Abbildung 9-1: graphische Darstellung der direkten THG-Emissionen der Abfallwirtschaft, aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Behandlungsarten für die Bilanzjahre 1990, 1996, 2006 und 2013

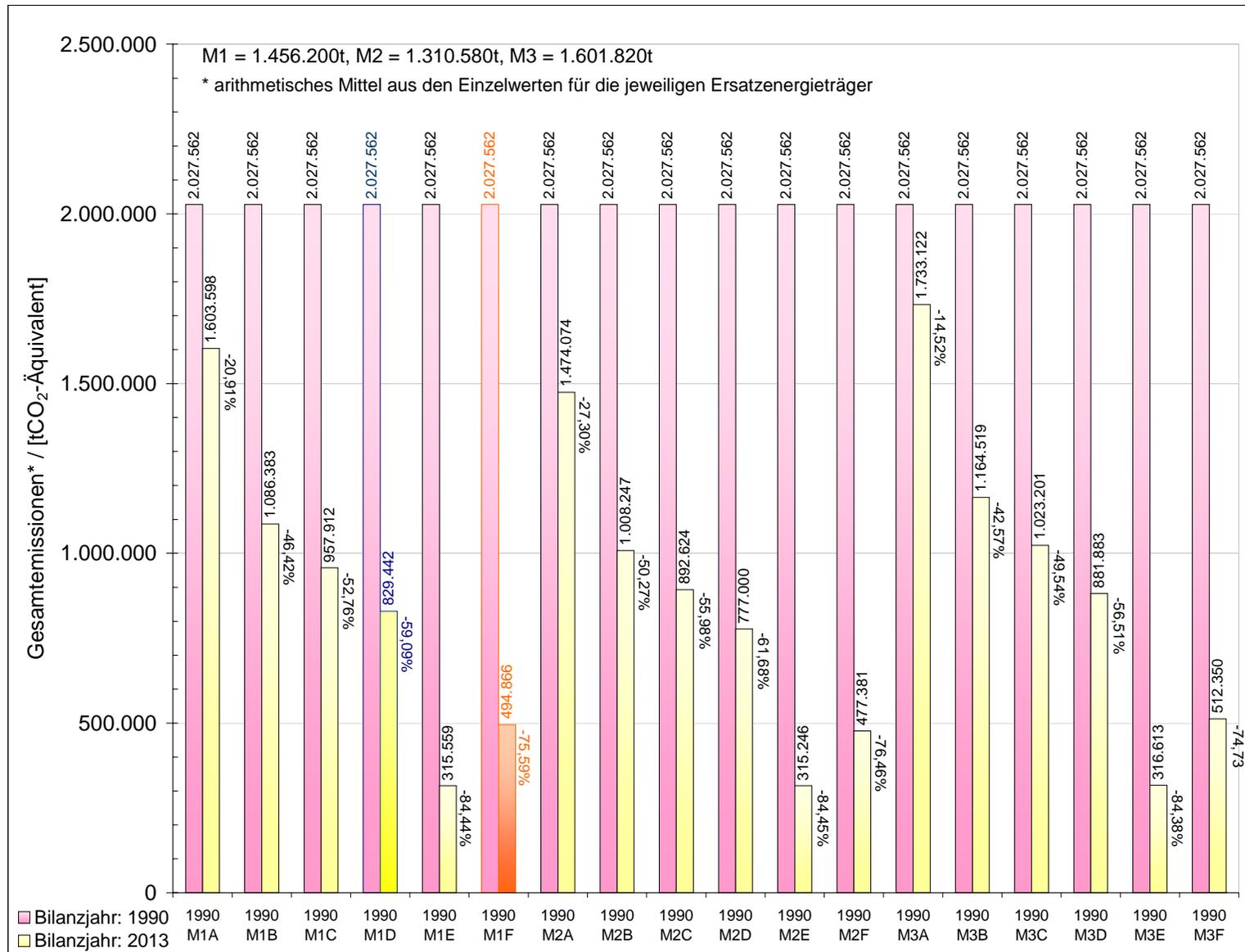


Abbildung 9-2: Vergleich der Gesamtemissionen (direkte Emissionen der Abfallwirtschaft zuzüglich der direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)) aller 18 Behandlungsszenarien des Bilanzjahres 2013 mit den Gesamtemissionen des Bilanzjahres 1990. Die Berechnung erfolgt jeweils durch arith. Mittelwertbildung der Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger.

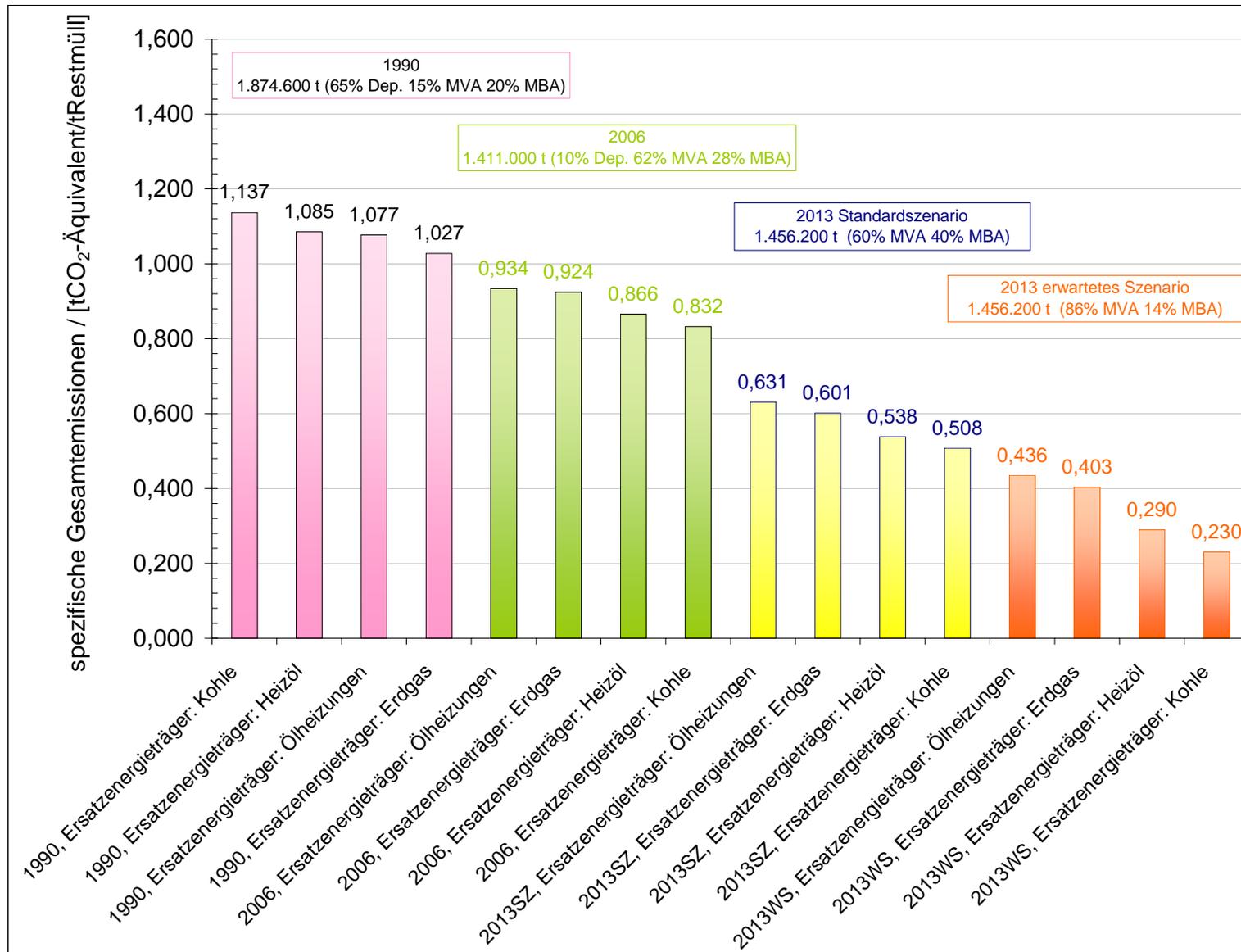


Abbildung 9-3: Vergleich der spezifischen Gesamtemissionen in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F) aufgeschlüsselt nach Ersatzenergieträgern

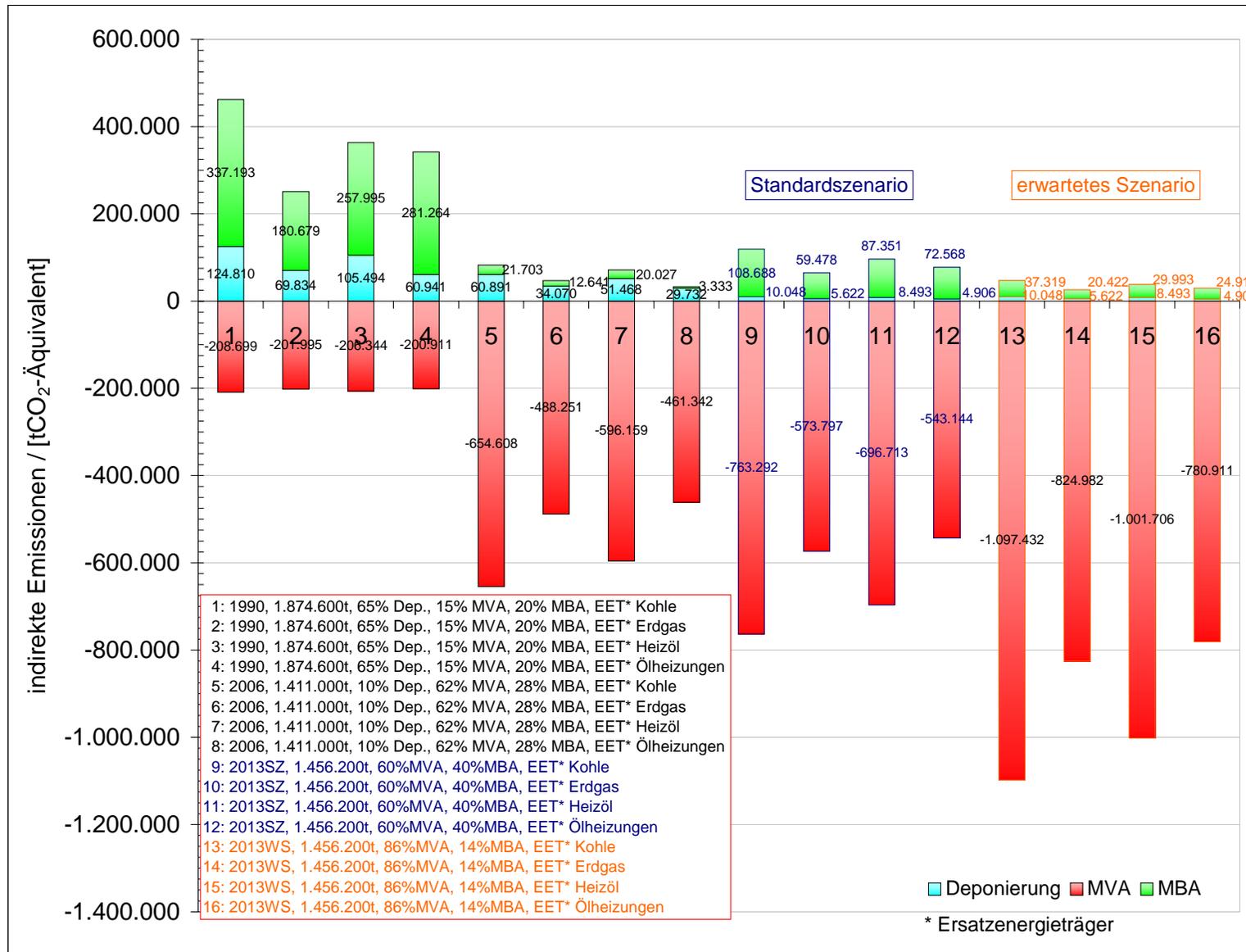


Abbildung 9-4: graphische Darstellung der indirekten** Teilemissionen der Abfallwirtschaft in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F), aufgeschlüsselt nach Behandlungsmethoden und Ersatzenergieträgern (** gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))

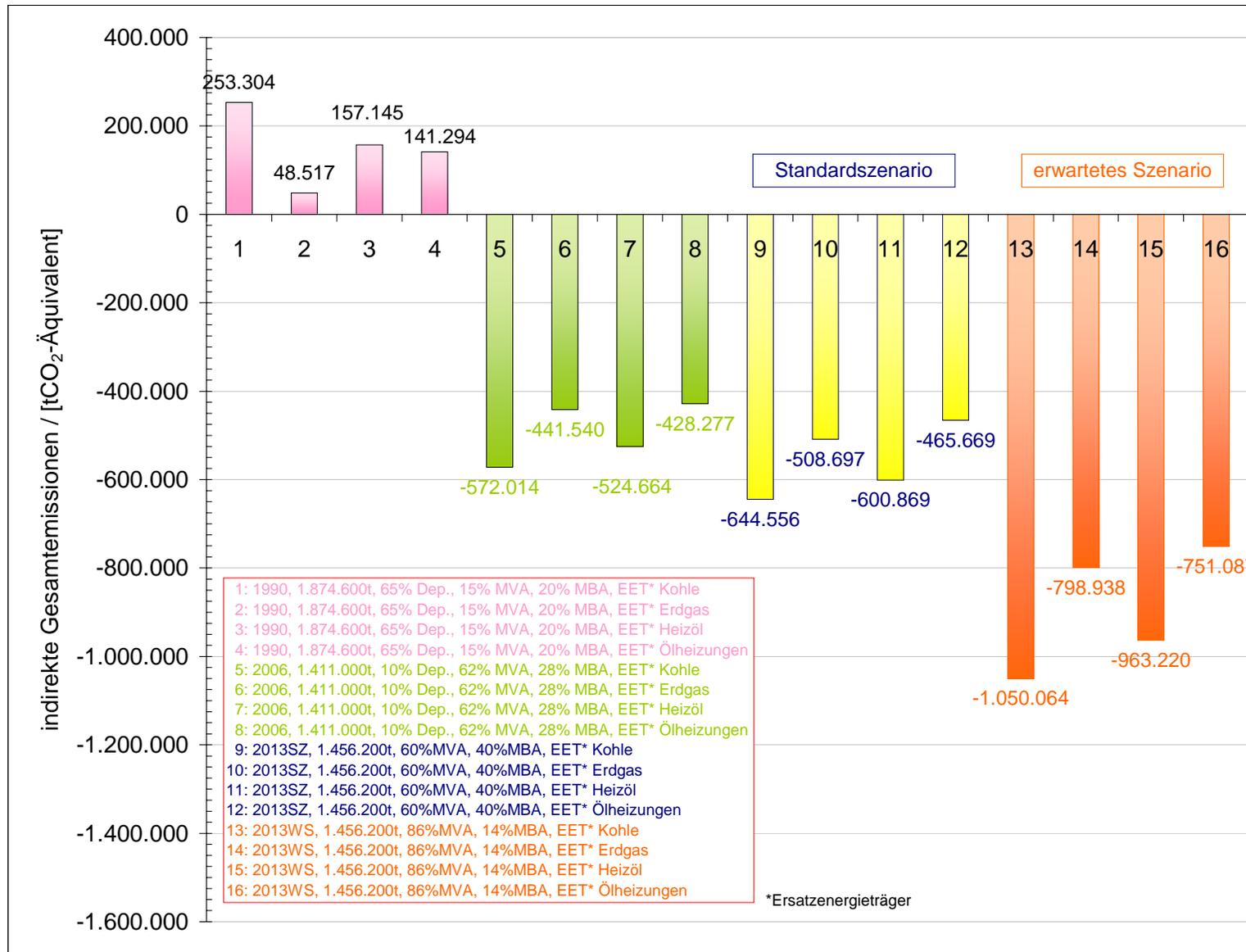


Abbildung 9-5: graphische Darstellung der summierten, indirekten** Teilemissionen (aus Abbildung 9-4) der Abfallwirtschaft in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F), aufgeschlüsselt nach Ersatzenergieträgern (** gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))

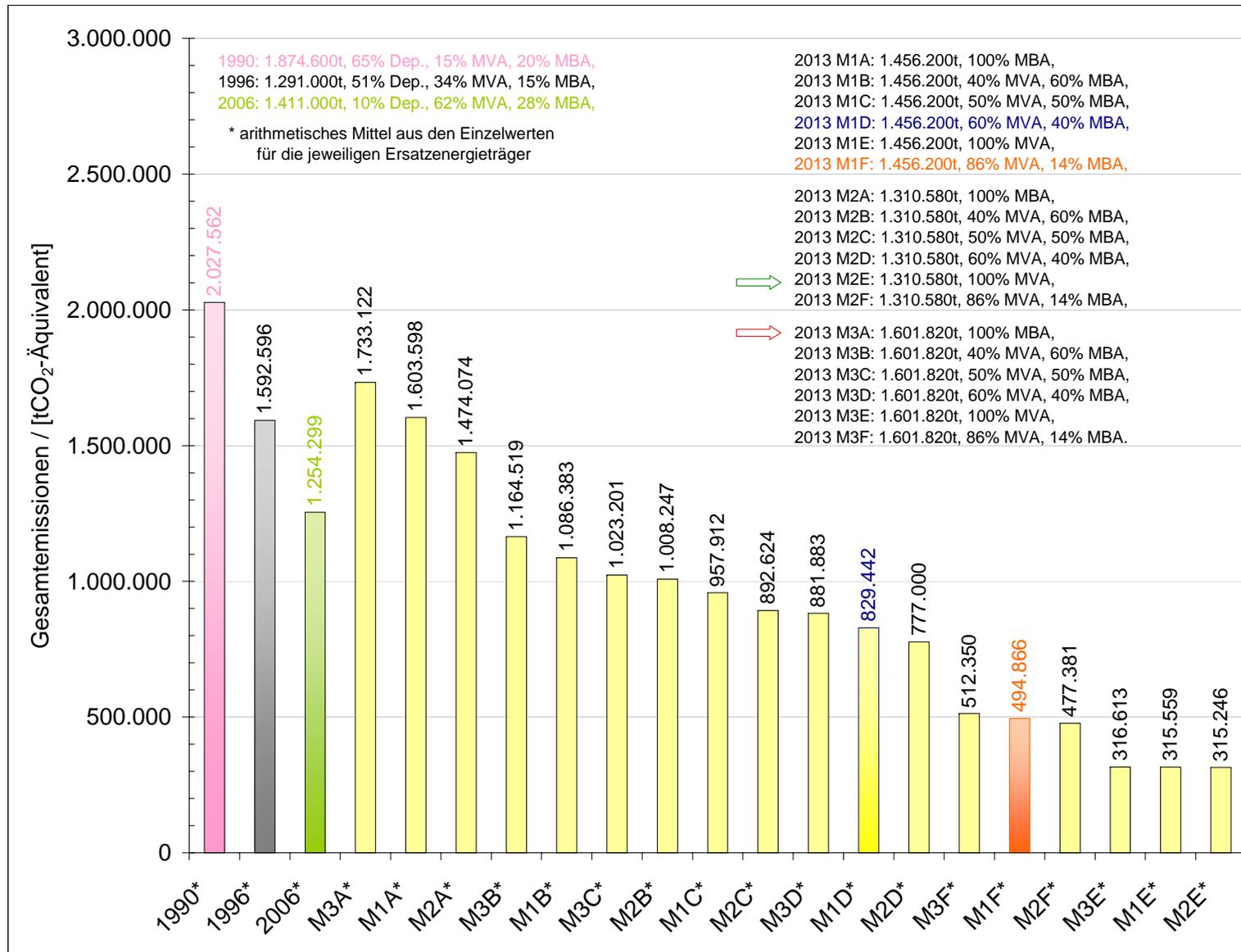


Abbildung 9-6: graphischer Vergleich der Gesamtemissionen (direkte Emissionen der Abfallwirtschaft zuzüglich der direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)) in den Bilanzjahren 1990, 1996, 2006 und 2013; die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger.

9.6 Datenkatalog

9.6.1 Müllaufkommen und Müllbehandlung im Bilanzzeitraum 1960 bis 1996

Jahr	Restmüll Aufkommen ohne Sperrmüll [t _{FS}]	direkt deponierte Restmüllmenge [t _{FS}]	in MVAs thermisch verwertete Restmüllmenge [t _{FS}]	mechanisch- biologisch behandelte Restmüllmenge [t _{FS}]
1960	757.200	757.200	0	0
1961	883.000	883.000	0	0
1962	820.100	820.100	0	0
1963	736.000	736.000	37.700	0
1964	820.600	820.600	122.200	0
1965	904.000	904.000	134.100	0
1966	956.600	956.600	142.000	0
1967	967.300	967.300	127.300	0
1968	1.025.900	1.025.900	119.600	0
1969	1.051.300	1.051.300	119.100	0
1970	1.127.000	1.127.000	124.700	0
1971	1.155.600	1.155.600	189.900	0
1972	1.185.400	925.400	260.500	0
1973	1.252.800	917.400	303.400	32.000
1974	1.298.000	956.900	309.100	32.000
1975	1.365.600	1.014.100	319.500	32.000
1976	1.374.600	975.700	324.900	74.000
1977	1.502.500	978.200	322.300	202.000
1978	1.542.600	973.400	288.200	281.000
1979	1.561.800	940.800	316.000	305.000
1980	1.580.900	955.000	296.900	329.000
1981	1.580.800	923.000	323.800	334.000
1982	1.623.400	959.000	329.400	335.000
1983	1.522.000	870.500	316.500	335.000
1984	1.592.000	896.600	360.400	335.000
1985	1.600.900	876.100	364.800	360.000
1986	1.519.400	763.500	351.900	404.000
1987	1.628.800	966.000	202.800	460.000
1988	1.696.800	1.146.800	115.000	435.000
1989	1.916.100	1.389.800	117.300	409.000
1990	1.874.600	1.210.400	284.200	380.000
1991	1.679.000	1.093.900	313.100	272.000
1992	1.591.000	985.000	370.000	236.000
1993	1.488.000	834.400	385.600	268.000
1994	1.281.000	675.700	404.300	201.000
1995	1.244.000	624.400	428.600	191.000
1996	1.291.000	661.900	435.100	194.000
1997	1.302.000	672.900	435.100	194.000
1998	1.313.000	683.900	435.100	194.000
1999	1.315.000	665.000	456.000	194.000
2000	1.336.000	686.000	456.000	194.000
2001	1.348.000	698.000	456.000	194.000
2002	1.360.000	654.000	456.000	250.000
2003	1.371.000	665.000	456.000	250.000
2004	1.383.000	180.000	871.000	332.000
2005	1.397.000	160.000	871.000	366.000
2006	1.411.000	140.000	871.000	400.000
2007	1.392.400	140.000	852.400	400.000
2008	1.399.400	100.000	899.400	400.000
2009	1.399.400	0	999.400	400.000
2010	1.406.400	0	1.056.400	350.000
2011	1.427.500	0	1.127.500	300.000
2012	1.441.800	0	1.191.800	250.000
2013	1.456.200	0	1.256.200	200.000

Tabelle 9-7: erhobenes bzw. prognostiziertes jährliches Restmüllaufkommen und seine Behandlung im Beobachtungszeitraum 1960 bis 2013

9.6.2 Verteilungsschlüssel der thermisch zu verwertenden (MVA) bzw. mechanisch-biologisch zu behandelnden (MBA) Restmüllmengen im Bilanzjahr 2013

Bilanzjahr	2013						2013						2013					
Mengen	1.456.200 M1 = 100%						1.310.580 M2 = 90% M1						1.601.820 M3 = 110% M1					
Szenarien	M1A	M1B	M1C	M1D	M1E	M1F	M2A	M2B	M2C	M2D	M2E	M2F	M3A	M3B	M3C	M3D	M3E	M3F
MVA	0%	40%	50%	60%	100%	86%	0%	40%	50%	60%	100%	86%	0%	40%	50%	60%	100%	86%
MBA	100%	60%	50%	40%	0%	14%	100%	60%	50%	40%	0%	14%	100%	60%	50%	40%	0%	14%
MVA	0	582.480	728.100	873.720	1.456.200	1.256.200	0	524.232	655.290	786.348	1.310.580	1.130.580	0	640.728	800.910	961.092	1.601.820	1.381.820
MBA	1.456.200	873.720	728.100	582.480	0	200.000	1.310.580	786.348	655.290	524.232	0	180.000	1.601.820	961.092	800.910	640.728	0	220.000

Tabelle 9-8: angenommener Verteilungsschlüssel für die Mengen an thermisch zu verwertenden bzw. mechanisch-biologisch zu behandelnden Restmüll im Bilanzjahr 2013

9.7 Symbolverzeichnis

Einflußgrößen	Wert	Dimension	Symbol	Bemerkungen bzw. Annahmen
Anteil des Methans, das beim Freisetzen von Gas aus der Deponie in der Deckschicht oxidiert wird	20	[Vol.-%]	α	CH ₄ -Oxidation in der gut durchlüfteten Deponiedeckschicht
Rottereststofffaktor	0,7	[tRRST/tInput]	\otimes	bezogen auf Rotteinputmenge (gleichbedeutend Schwerfraktionsmenge)
Anteil an Methan, das beim Freisetzen aus der RRST-Deponie oxidiert wird, am Gasbildungspotential	20	[Vol.-%]	α (MBA)	CH ₄ -Oxidation in der gut durchlüfteten Rottereststoffdeponiedeckschicht
Anteil des nutz- und selbstbrennbaren Deponiegases am erfaßten Deponiegas	90	[Vol.-%]	β 2a	Erfordernis für Fackelzusatzfeuerung
Methangehalt im Deponiegas stammend aus der Restmülldeponie	55	[Vol.-%]	c(CH ₄)	bleibt während des genannten Bilanzzeitraumes unverändert
Methangehalt im Deponiegas stammend aus der Rottereststoffdeponie	60	[Vol.-%]	c(CH ₄)MB	bleibt während des genannten Bilanzzeitraumes unverändert
Kohlendioxidgehalt im Deponiegas stammend aus der Restmülldeponie	45	[Vol.-%]	c(CO ₂)	bleibt während des genannten Bilanzzeitraumes unverändert
Kohlendioxidgehalt im Deponiegas stammend aus der Rottereststoffdeponie	40	[Vol.-%]	c(CO ₂)MB	bleibt während des genannten Bilanzzeitraumes unverändert
spezifischer Erdgasverbrauch für Denox-Anlage und Behördenbrenner in der MVA 1990	17,18	[m ³ /tMüll(FS)]	C(EG)(90)	
spezifischer Erdgasverbrauch für Denox-Anlage und Behördenbrenner im MVA-Park 2006 und 2013	8,836	[m ³ /tMüll(FS)]	C(EG)(06/13)	
spezifischer Erdgasverbrauch in der MBA (Rauchgasreinigung, ...)	0	[m ³ /tMüll(FS)]	C(EGMBA)	
Kohlendioxidmasse über das Rauchgas einer kohlebefeuchten Kraftwerksanlage emittiert	0,84	[kgCO ₂ /kWh _{el}]	C(RG)	Hu (Kohle): 26,38MJ/kg (C=70,0m-%), net.-elekt. Wirkungsgrad Kohle-KWs: 41,5%
Kohlendioxidmasse über das Rauchgas einer erdgasbefeuchten Kraftwerksanlage emittiert	0,47	[kgCO ₂ /kWh _{el}]	C(RGEG)	Hu (EG): 36,0MJ/m ³ , net.-elekt. Wirkungsgrad des Erdgas-KWs: 42,0%
Kohlendioxidmasse über das Rauchgas einer Heizöl-S-befeuchten Kraftwerksanlage emittiert	0,71	[kgCO ₂ /kWh _{el}]	C(RGHÖS)	Hu (HÖS): 40,7MJ/kg net.-elekt. Wirkungsgrad des HÖ-S-KWs: 40,0%
Kohlendioxidmasse über das Rauchgas von ölbefeuchten Heizkesselanlagen emittiert	113,93	[kgCO ₂ /GJ _W]	C(RGW)	Hu (HEL): 42,8MJ/kg (C=86,5m-%), net.therm. Jahresnutzungsgrad Öl-Kessel: 65% (ÖMV)
Kohlenstoffgehalt im brennbaren Material fossilen Ursprungs (in Kunststoffen...)	80	[m.-%]	δ	bezogen auf M(BM)
Emissionsfaktor für Erdgas	1,99	[kgCO ₂ /m ³]	EF(EG)	je m ³ Erdgas wird bei vollständiger Verbrennung die i.g. CO ₂ -Masse freigesetzt
EF für Erdgas, das im Industriekessel verbrannt wird, der 2006 bzw. 2013 mit LF befeuert werden soll	55,28	[kgCO ₂ -Äqui./GJ]	EF(Sub)	bezogen auf den Brennstoffheizwert (Hu=36,00MJ/m ³)
EF für HS, das im Industriekessel verbrannt wird, der 2006 bzw. 2013 mit LF befeuert werden soll	78,32	[kgCO ₂ -Äqui./GJ]	EF(Sub1)	bezogen auf den Brennstoffheizwert (Hu=40,70MJ/kg)
EF für Kohle, die im WS-Kessel verbrannt wird, der 2006 bzw. 2013 mit LF befeuert werden soll	97,27	[kgCO ₂ -Äqui./GJ]	EF(Sub2)	bezogen auf den Brennstoffheizwert (Hu=26,38MJ/kg)
Umrechnungsfaktor von Joule in kWh	277,777	[kWh/GJ]	F	1kWh=3,6MJ
Erfassungsgrad am Deponiegas der Restmülldeponie im Bilanzjahr 1990	15	[Vol.-%]	γ (90)	bezogen auf das Gasbildungspot., gültig nur für jene RM-Deponien mit Gassammelsystem
Erfassungsgrad am Deponiegas der Restmülldeponie im Bilanzjahr 2006	30	[Vol.-%]	γ (06)	bezogen auf das Gasbildungspot., gültig nur für jene RM-Deponien mit Gassammelsystem
Erfassungsgrad am Deponiegas der Restmülldeponie im Bilanzjahr 2013	50	[Vol.-%]	γ (13)	bezogen auf das Gasbildungspot., gültig für alle in Befüllung stehenden RM-Deponien
Heizwert Methan	50,21	[GJ/tCH ₄]	Hu(CH ₄)	dieser Wert entspricht bei ρ (CH ₄)=0,717kg/m ³ (Vn) einem Hu(CH ₄) von 36MJ/m ³ (Vn)
Heizwert der im mechanischen Anlagenteil der MBA gezogenen Leichtfraktion	17,5	[GJ/t(LF)]	Hu(LF)	
Heizwert Restmüll (feucht) im Bilanzjahr 1990	8,5	[GJ/tMüll(FS)]	Hu(Müll)(90)	Annahme: Beim Verbrennen von Restmüll in der MVA entsteht aus C nur CO ₂
Heizwert Restmüll (feucht) im Bilanzjahr 2006	9,5	[GJ/tMüll(FS)]	Hu(Müll)(06)	Annahme: Beim Verbrennen von Restmüll in der MVA entsteht aus C nur CO ₂
Heizwert Restmüll (feucht) im Bilanzjahr 2013	11	[GJ/tMüll(FS)]	Hu(Müll)(13)	Annahme: Beim Verbrennen von Restmüll in der MVA entsteht aus C nur CO ₂
Temperatur im Deponiekörper der Restmülldeponie	30	[°C]	ϑ	wie in Studie I
netto-elektrischer Wirkungsgrad eines Deponiegasmotors im Bilanzjahr 1990	30	[%]	φ (DGM)(90)	netto-elektrischer Wirkungsgrad (ohne Abwärmenutzung, nur Stromerzeugung)
netto-elektrischer Wirkungsgrad eines Deponiegasmotors im Bilanzjahr 2006	35	[%]	φ (DGM)(06)	netto-elektrischer Wirkungsgrad (ohne Abwärmenutzung, nur Stromerzeugung)
netto-elektrischer Wirkungsgrad eines Deponiegasmotors im Bilanzjahr 2013	38	[%]	φ (DGM)(13)	netto-elektrischer Wirkungsgrad (ohne Abwärmenutzung, nur Stromerzeugung)
Wirkungsgrad des eingesetzten externen Wirbelschichtkessels (WS)	75	[%]	φ (MKW6)	verbrennt die im mechanischen Anlagenteil der MBA gezogenen Leichtfraktion (Kunststoffe,...)
Wirkungsgrad eines erdgasbef. Industriekessels im Jahr 2006 bzw. 2013 der durch LF-Kessel substituiert wird	80	[%]	φ (MKW7)	netto (unter Berücksichtigung von Hilfsenergieeinsatz)
Wirkungsgrad eines ölbef. Industriekessels im Jahr 2006 bzw. 2013 der durch LF-Kessel substituiert wird	80	[%]	φ (MKW8)	netto (unter Berücksichtigung von Hilfsenergieeinsatz)
Wirkungsgrad eines kohlebefeuchten Wirbelschichtkessels der durch LF-Kessel substituiert wird	75	[%]	φ (MKW9)	netto (unter Berücksichtigung von Hilfsenergieeinsatz)
mittlerer, energetischer Nettowirkungsgrad MVA-Park im Bilanzjahr 2006	59,74	[%]	φ (Σ MKW3)(06)	Strom- und Wärmeabgabe (Min. = 25% und Max. des MVA-Parks 2006 = 80%)
mittlerer, energetischer Nettowirkungsgrad MVA-Park im Bilanzjahr 2013	60,10	[%]	φ (Σ MKW3)(13)	Strom- und Wärmeabgabe (Min. = 20% und Max. des MVA-Parks 2013 = 80%)
maximaler energetischer Nettowirkungsgrad einer MVA in den Bilanzjahren 1990 und 2006	73	[%]	φ (Σ MKW3)(90/06)	Strom- und Wärmeabgabe
Temperatur im Deponiekörper der Rottereststoffdeponie	30	[°C]	ϑ MB	wie in Studie [5]
Abbaukonstante für den Restmüll in der Restmülldeponie	0,035	[a ⁻¹]	k	wie in Studie [5]

Einflußgrößen	Wert	Dimension	Symbol	Bemerkungen bzw. Annahmen
Fackelzusatzfeuerung: Faktor für Erdgasverbrauch	0,33	[-]	k	je 3m ³ abzufackelndes nicht selbstbrennbares Deponiegas sind 1m ³ Erdgas zusätzlich nötig
Abbaukonstante für den Rottereststoff in der Rottereststoffdeponie	0,035	[a ⁻¹]	kMB	wie in Studie [5]
Anteil der extern verbrannten Leichtfraktion an der in der MBA gezogenen Leichtfraktionsmasse 1990	0	[m.-%]	Λ(90)	1990 keinerlei externe LF-Verbrennung
Anteil der extern verbrannten Leichtfraktion an der in der MBA gezogenen Leichtfraktionsmasse 2006	100	[m.-%]	Λ(06)	2006 die gesamte gezogene LF-Menge wird verbrannt
Anteil der extern verbrannten Leichtfraktion an der in der MBA gezogenen Leichtfraktionsmasse 2013	100	[m.-%]	Λ(13)	2013 die gesamte gezogene LF-Menge wird verbrannt
Anteil des Behördenbrenners an C(EG)	7,1	[%]	LK	
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll 1960 bis 1969	60	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(60/69)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll 1970 bis 1979	70	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(70/79)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll 1980 bis 1989	100	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(80/89)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll 1990 bis 1995	150	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(90/95)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll 1996 bis 2002	200	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(96/02)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll 2003 bis inkl. 2013	250	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(03/13)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll des Bilanzjahres 1990	150	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(90)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll des Bilanzjahres 2006	250	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(06)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Restmüll des Bilanzjahres 2013	250	[kg/tMüll(FS)]	M(BM)(13)	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
Masse an brennbarem Material fossilen Ursprungs (Kunststoffe...) im Rottereststoff (RRST)	0	[kg/tRRST(FS)]	M(BM)KS	Biologisch nicht abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Rottereststoff
Verlust am eingesetzten C durch unverbrannten C in der MVA-Schlacke/Asche	1	[%]	M(CMVAS)	bezogen auf Gesamt-C-Input in die Rostfeuerung der MVA
Verlust am eingesetzten C durch unverbrannten C in der MVA-Schlacke/Asche der externen Verbrennung	1	[%]	M(CMVASM)	bezogen auf Gesamt-C-Input in die externe Verbrennungsanlage
direkt deponierte Restmüllmenge (feucht) im Bilanzjahr 1990	1.210.400	[tMüll _(FS)]	m(DMüll _(FS))(90)	
direkt deponierte Restmüllmenge (feucht) im Bilanzjahr 2006	140.000	[tMüll _(FS)]	m(DMüll _(FS))(06)	
direkt deponierte Restmüllmenge (feucht) im Bilanzjahr 2013	0	[tMüll _(FS)]	m(DMüll _(FS))(13)	
Masseanteil der im mech. Anlagenteil der MBA gezogenen Leichtfraktion (LF) am Restmüllinput 1990	150	[kg(LF)/tMüll(FS)]	M(LF)(90)	Annahme: die Kunststofffraktion wird im mech. Anlagenteil vollständig ausgesondert
Masseanteil der im mech. Anlagenteil der MBA gezogenen Leichtfraktion (LF) am Restmüllinput 2006	250	[kg(LF)/tMüll(FS)]	M(LF)(06)	Annahme: die Kunststofffraktion wird im mech. Anlagenteil vollständig ausgesondert
Masseanteil der im mech. Anlagenteil der MBA gezogenen Leichtfraktion (LF) am Restmüllinput 2013	250	[kg(LF)/tMüll(FS)]	M(LF)(13)	Annahme: die Kunststofffraktion wird im mech. Anlagenteil vollständig ausgesondert
mechanisch biologisch aufzubereitende Restmüllmenge (feucht) im Bilanzjahr 1990	380.000	[tMüll _(FS)]	m(MBAMüll _(FS))(90)	
mechanisch biologisch aufzubereitende Restmüllmenge (feucht) im Bilanzjahr 2006	400.000	[tMüll _(FS)]	m(MBAMüll _(FS))(06)	
mechanisch biologisch aufzubereitende Restmüllmenge (feucht) im Bilanzjahr 2013	582.480	[tMüll _(FS)]	m(MBAMüll _(FS))(13)	Szenario M1D (60% MVA und 40% MBA)
im Bilanzjahr 2013 in MVAs verbrannte Restmüllmenge (feucht)	873.720	[tMüll _(FS)]	m(VMüll _(FS))(13)	Szenario M1D (60% MVA und 40% MBA)
im Bilanzjahr 1990 in MVAs verbrannte Restmüllmenge (feucht)	284.200	[tMüll _(FS)]	m(VMüll _(FS))(90)	
im Bilanzjahr 2006 in MVAs verbrannte Restmüllmenge (feucht)	871.000	[tMüll _(FS)]	m(VMüll _(FS))(06)	
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) 1960 bis 1969	230	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(60/69)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) 1970 bis 1979	220	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(70/79)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) 1980 bis 1989	210	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(80/89)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) 1990 bis inkl. 2013	200	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(90/13)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) im Bilanzjahr 1990	200	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(90)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) im Bilanzjahr 2006	200	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(06)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne Müll (feucht) im Bilanzjahr 2013	200	[kgC/tMüll(FS)]	Morg(Müll)(13)	Biologisch abbaubare C-hältige Komponenten im feuchten Restmüll
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne RRST (feucht) von 1973 bis inkl. 2003	49,709	[kgC/tRRST(FS)]	Morg(RRST)	Biol. abbau. C-hältige Komp. im feuchten zu dep. RRST (langfrist. Gaspot.: 65m ³ /tRRST)
biologisch abbaubare, organische Kohlenstoffmasse je Tonne RRST (feucht) von 2004 (inkl.) bis 2013	13,766	[kgC/tRRST(FS)]	Morg(RRST)	Biol. abbau. C-hältige Komp. im feuchten zu dep. RRST (langfrist. Gaspot.: 18m ³ /tRRST)
spezifischer, elektrischer Energiebedarf der Saugzüge in der Restmülldeponie	0,015	[kWh/m ³ _{adG}]	R	elektrischer Energiebedarf der Saugzüge je m ³ abgesaugtes Deponiegas

Einflußgrößen	Wert	Dimension	Symbol	Bemerkungen bzw. Annahmen
spezifischer Energieeigenverbrauch in der Rotteanlage	120	[kWh/tMüll(FS)]	S	elek. Energiebedarf für Rotte und mech. Trennanlagen, inkl. Diesel für eingesetzten Radlader
Bilanzzeitraum	18 ; 31	[a]	t	MBA(1990): 18 Jahre; sonstige 31 Jahre
Treibhausgasäquivalent für Methan	21	[kgCO ₂ -eq./kgCH ₄]	THP(CH ₄)	Beobachtungszeitraum: 100 Jahre
Anteil des in Gasmotoren 1990 energetisch genutzten Deponiegases am Sammelgasvolumen	0	[Vol.-%]	v(90)	das Sammelgas wird über die Fackel entsorgt (ggf. unter Einsatz der Stützfeuerung)
Anteil des in Gasmotoren 2006 energetisch genutzten Deponiegases am Sammelgasvolumen	20	[Vol.-%]	v(06)	das verbleibende Sammelgas wird über die Fackel entsorgt (ggf. Stützfeuerung)
Anteil des in Gasmotoren 2013 energetisch genutzten Deponiegases am Sammelgasvolumen	30	[Vol.-%]	v(13)	das verbleibende Sammelgas wird über die Fackel entsorgt (ggf. Stützfeuerung)
Feuchtigkeitsgehalt des Mülls	25	[m.-%]	WG	

Tabelle 9-9: tabellarische Darstellung aller für die Bilanzierung notwendigen Einflußgrößen samt verwendeten Symbolen und entsprechenden Bemerkungen

9.8 Formelverzeichnis**9.8.1 Bilanzierungsformeln zur Deponierung von Restmüll mit Abfackelung des teilweise gesammelten Deponiegases**

$$m(\text{CH}_4\text{FDG}) = \left[\left(m(\text{CH}_4\text{DG}) - m(\text{CH}_4\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \right) - \left(m(\text{CH}_4\text{DG}) - m(\text{CH}_4\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \right) \cdot \frac{\alpha}{100} \right] \cdot \text{THP}(\text{CH}_4)$$

$$m(\text{CO}_2\text{ZF}) = V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \left(1 - \frac{\beta_{2a}}{100} \right) \cdot \kappa \cdot \text{EF}(\text{EG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{K}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RG})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RG})}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{EG}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGEG})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGEG})}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{HÖS}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGHÖS})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGHÖS})}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{ÖZ}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGW})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGW})}{1000} \cdot \frac{1}{F}$$

$$m(\text{CO}_2\text{KS}) = \frac{1}{1000} \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{\delta}{100} \cdot \frac{44}{12}$$

$$m(\text{CO}_2\text{S}) = \frac{44}{12} \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{\delta}{100} \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{EGSS}(\text{K}) = V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{EGSS}(\text{G}) = V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RGEG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{EGSS}(\text{HÖS}) = V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RGHÖS}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{EGSS}(\text{ÖH}) = V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{1000}$$

9.8.2 Bilanzierungsformeln zur Deponierung von Restmüll mit energetischer Nutzung des teilweise gesammelten Deponiegases in Gasmotoren und Gasrestentsorgung durch Abfackeln

$$m(\text{CH}_4\text{FDG}) = m(\text{CH}_4\text{DG}) \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \cdot \text{THP}(\text{CH}_4)$$

$$m(\text{CO}_2\text{ZF}) = V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\beta_{2a}}{100}\right) \cdot \kappa \cdot \text{EF}(\text{EG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{K}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RG})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RG})}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{EG}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGEG})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGEG})}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{HÖS}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGHÖS})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGHÖS})}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{ÖZ}) = \left(V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma(\text{max})}{100} \cdot \frac{v(\text{max})}{100} - V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{0,717}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGW})}{1000} + V(\text{DG}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGW})}{1000} \cdot \frac{1}{F}$$

$$m(\text{CO}_2\text{KS}) = \frac{1}{1000} \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{\delta}{100} \cdot \frac{44}{12}$$

$$m(\text{CO}_2\text{S}) = \frac{44}{12} \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{\delta}{100} \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CH}_4\text{FS}) = V(\text{DGE}) \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{THP}(\text{CH}_4)$$

$$m(\text{CO}_2\text{EJBK}) = V(\text{DGE}) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\beta_{2a}}{100} \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot C(\text{RG}) \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{EJBEG}) = V(\text{DGE}) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\beta_{2a}}{100} \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot C(\text{RGEG}) \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{EJBHÖZ}) = V(\text{DGE}) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\beta_{2a}}{100} \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot C(\text{RGHÖS}) \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{EJBÖZ}) = V(\text{DGE}) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\beta_{2a}}{100} \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \frac{v}{100} \cdot \text{Hu}(\text{CH}_4) \cdot \frac{\varphi(\text{DGM})}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot m(\text{DMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$EGSS(K) = V(DG) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(RG) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$EGSS(G) = V(DG) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(RGEG) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$EGSS(HÖS) = V(DG) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(RGHÖS) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$EGSS(ÖH) = V(DG) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(RGW) \cdot \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{1000}$$

9.8.3 Bilanzierungsformeln zur thermischen Verwertung von Restmüll (MVA)

$$m(\text{CO}_2\text{KSDBB}) = \left\{ \frac{44}{12} \cdot \left[M(\text{BM}) \cdot \frac{\delta}{100} - \left(M(\text{Müll}) \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \right) \right] + C(\text{EG}) \cdot \text{EF}(\text{EG}) \right\} \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000} \quad \text{mit } M(\text{Müll}) = \text{Morg}(\text{Müll}) + M(\text{BM}) \cdot \delta$$

$$m(\text{CH}_4\text{FDG}) = V(\text{DGE}) \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \frac{C(\text{CH}_4)}{100} \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100} \right) \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{THP}(\text{CH}_4)$$

$$m(\text{CO}_2\text{ZF}) = V(\text{DGE}) \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \left(1 - \frac{\beta 2a}{100} \right) \cdot \kappa \cdot \text{EF}(\text{EG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{FERM}(\text{K}) = \frac{1}{1000} \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \left[\left(\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \right) \cdot C(\text{RGW}) + \left(\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot C(\text{RG}) - M(\text{Müll}) \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot \frac{44}{12} + V(\text{DGE}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RG}) \right) \right]$$

$$\text{FERM}(\text{EG}) = \frac{1}{1000} \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \left[\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) + \left(\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot C(\text{RGEG}) - M(\text{Müll}) \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot \frac{44}{12} + V(\text{DGE}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RGEG}) \right) \right]$$

$$\text{FERM}(\text{HÖS}) = \frac{1}{1000} \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \left[\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) + \left(\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot F \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot C(\text{RGHÖS}) - M(\text{Müll}) \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot \frac{44}{12} + V(\text{DGE}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot C(\text{RGHÖS}) \right) \right]$$

$$\text{FERM}(\text{ÖZ}) = \frac{1}{1000} \cdot m(\text{VMüllFs}) \cdot \left[\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) + \left(\text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot C(\text{RGW}) - M(\text{Müll}) \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot \frac{44}{12} + V(\text{DGE}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot R \cdot \frac{C(\text{RGW})}{F} \right) \right]$$

$$\text{EEVU}(\text{K}) = m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{1000} + m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot \frac{C(\text{RG})}{1000} \cdot F \quad \text{mit } \eta = \varphi(\Sigma\text{MKW3}) - \varphi(\text{MKW3})$$

$$\text{EEVU}(\text{G}) = m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{1000} + m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGEG})}{1000} \cdot F$$

$$\text{EEVU}(\text{HÖS}) = m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{1000} + m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGHÖS})}{1000} \cdot F$$

$$\text{EEVU}(\text{ÖH}) = m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\eta}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{1000} + m(\text{VMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) \cdot \frac{\varphi(\text{MKW3})}{100} \cdot \frac{C(\text{RGW})}{1000}$$

9.8.4 Bilanzierungsformeln zur mechanisch-biologischen Restmüllaufbereitung (MBA)

$$m(\text{CO}_2\text{KSMBA}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\delta}{100} \cdot \frac{\Lambda}{100} \cdot \frac{44}{12}$$

$$m(\text{CO}_2\text{SMBA}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\delta}{100} \cdot \frac{\Lambda}{100} \cdot \frac{M(\text{CMVAS})}{100} \cdot \frac{44}{12}$$

$$m(\text{CO}_2\text{DEMB}) = C(\text{EG}) \cdot \left(1 - \frac{\text{LK}}{100}\right) \cdot \text{EF}(\text{EG}) \cdot M(\text{BM}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\Lambda}{100} \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CH}_4\text{FDGMBA}) = m(\text{CH}_4\text{DGMB}) \cdot \left(1 - \frac{\alpha(\text{MBA})}{100}\right) \cdot \text{THP}(\text{CH}_4)$$

$$m\text{CO}_2\text{SZMBA}(\text{K}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot S \cdot C(\text{RG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m\text{CO}_2\text{SZMBA}(\text{EG}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot S \cdot C(\text{RGEG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m\text{CO}_2\text{SZMBA}(\text{HÖS}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot S \cdot C(\text{RGHÖS}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m\text{CO}_2\text{SZMBA}(\text{HÖZ}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot S \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{EG}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \cdot M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\frac{\varphi(\text{MKW6})}{100}}{\frac{\varphi(\text{MKW7})}{100}} \cdot \text{EF}(\text{Sub}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{K}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \cdot M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\frac{\varphi(\text{MKW6})}{100}}{\frac{\varphi(\text{MKW9})}{100}} \cdot \text{EF}(\text{Sub2}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{HZ}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \cdot M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\frac{\varphi(\text{MKW6})}{100}}{\frac{\varphi(\text{MKW8})}{100}} \cdot \text{EF}(\text{Sub1}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CO}_2\text{ÖH}) = m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \cdot M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{\varphi(\text{MKW6})}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$m(\text{CH}_4\text{FDGRMBA}) = V(\text{DGE}) \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \cdot \frac{c(\text{CH}_4)}{100} \cdot 0,717 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{THP}(\text{CH}_4)$$

$$m(\text{CO}_2\text{ZFMBA}) = V(\text{DGE}) \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \frac{\gamma}{100} \cdot \left(1 - \frac{\beta_{2a}}{100}\right) \cdot \kappa \cdot \text{EF}(\text{EG}) \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\text{IFE}(\text{GN}) = \left\{ m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) - \left[m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \right) \right] - \frac{49,709}{1000} \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(1 - \frac{\frac{M(\text{BM})}{10}}{\frac{100}{1}} \right) \cdot \Theta \cdot 8,93 \right\} \cdot \frac{\frac{\varphi(\Sigma\text{MKW3})}{100}}{\frac{\varphi(\text{MKW7})}{100}} \cdot \text{EF}(\text{Sub}) \cdot \frac{1}{1000}$$

in 2013: anstelle 49,709 13,766

kgC/tRRST

$$\text{IFE}(\text{KN}) = \left\{ m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) - \left[m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \right) \right] - \frac{49,709}{1000} \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(1 - \frac{\frac{M(\text{BM})}{10}}{\frac{100}{1}} \right) \cdot \Theta \cdot 8,93 \right\} \cdot \frac{\frac{\varphi(\Sigma\text{MKW3})}{100}}{\frac{\varphi(\text{MKW9})}{100}} \cdot \text{EF}(\text{Sub}2) \cdot \frac{1}{1000}$$

in 2013: anstelle 49,709 13,766

kgC/tRRST

$$\text{IFE}(\text{ÖN}) = \left\{ m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) - \left[m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \right) \right] - \frac{49,709}{1000} \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(1 - \frac{\frac{M(\text{BM})}{10}}{\frac{100}{1}} \right) \cdot \Theta \cdot 8,93 \right\} \cdot \frac{\frac{\varphi(\Sigma\text{MKW3})}{100}}{\frac{\varphi(\text{MKW8})}{100}} \cdot \text{EF}(\text{Sub}1) \cdot \frac{1}{1000}$$

in 2013: anstelle 49,709 13,766

kgC/tRRST

$$\text{IFE}(\text{HÖZ}) = \left\{ m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \text{Hu}(\text{Müll}) - \left[m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(M(\text{LF}) \cdot \frac{1}{1000} \cdot \text{Hu}(\text{LF}) \right) \right] - \frac{49,709}{1000} \cdot m(\text{MBAMüllFs}) \cdot \left(1 - \frac{\frac{M(\text{BM})}{10}}{\frac{100}{1}} \right) \cdot \Theta \cdot 8,93 \right\} \cdot \frac{\frac{\varphi(\Sigma\text{MKW3})}{100}}{100} \cdot C(\text{RGW}) \cdot \frac{1}{1000}$$

in 2013: anstelle 49,709 13,766

kgC/tRRST

9.8.5 Allgemeine Formeln zur Emissionsbilanzierung

$$V(\text{DG}_{\text{spez}}) = 1,868 \cdot \text{Morg}(\text{Müll}) \cdot (0,014 \cdot 9 + 0,28) \cdot \left[1 - 10^{(-k \cdot t)} \right]$$

9.8.6 Ergänzende Symbolik zur Bilanzformelsammlung

$m(\text{CH}_4\text{FDG})$	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas der Restmülldeponie	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{ZF})$	CO ₂ -Masse aus der Fackelzusatzfeuerung	[t CO ₂ -Äqu.]
FERM()	fossile Ersatzemission (Ersatzenergieträger: K Kohle, EG Erdgas, HÖS Heizöl, ÖZ Ölheizungen)	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{KS})$	CO ₂ -Masse aus der Verbrennung des Restmüllanteils fossilen Ursprungs (Kunststoffe,...)	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{S})$	CO ₂ -Masse die aus dem Anteil unverbrannten Kohlenstoffs in Schlacken, Aschen,... entstehen würde	[t CO ₂ -Äqu.]
EGSS()	CO ₂ -Masse aus dem Energieverbrauch beim Betrieb des Gassammelsystems	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CH}_4\text{FS})$	CH ₄ -Masse im Sammelgas	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{EJB}())$	Nettoenergiegutschrift aufgrund des Deponiegasmotoreinsatzes	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{KSDBB})$	CO ₂ -Masse aus der Kunststoffverbrennung inkl. Behördenbrenner und Rauchgasnachbehandlung	[t CO ₂ -Äqu.]
EEVU()	Emissionsentlastung bei externen Emittenten durch den Betrieb der Restmüllverbrennungsanlage	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{KSMBA})$	CO ₂ -Masse aus der externen Verbrennung der in der MBA gezogenen Leichtfraktion	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{SMBA})$	CO ₂ -Masse die aus dem Anteil unverbrannten C in Schlacken, Aschen,... entstehen würde (externe Verbrennung)	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{DEMB})$	CO ₂ -Masse aus dem Betrieb der Rauchgasbehandlungsanlage in der externen Leichtfraktionsverbrennung	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2\text{SZMBA}())$	CO ₂ -Masse aus dem Fremdenergieeinsatz in der MBA (Rottegebläse, Wenden, Radlader,...)	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CH}_4\text{FDGRMBA})$	CH ₄ -Masse im freien Deponiegas aus der Rottereststoffdeponie stammend	[t CO ₂ -Äqu.]
$m(\text{CO}_2())$	CO ₂ -Emissionsbelastung die sich beim Einsatz des leichtfraktionsbefeuchten, externen WS-Kessels ergibt	[t CO ₂ -Äqu.]
IFE()	indirekte fossile Ersatzemission (Energieträger: K Kohle, EG Erdgas, HÖS Heizöl, ÖZ Ölheizungen)	[t CO ₂ -Äqu.]
$V(\text{DG}_{\text{spez}})$	spezifisches, kumuliertes Deponiegasvolumen im Beobachtungszeitraum von t Jahren	[m ³ DG/tMüll _(FS)]
$V(\text{DGE})$	spezifisches Deponiegasvolumen der ausschließlich im Bilanzjahr deponierten Restmüllmenge	[m ³ DG/tMüll _(FS)]
$V(\text{DG})$	kumuliertes Deponiegasvolumen freigesetzt im Bilanzjahr	[m ³ DG]
$m(\text{CH}_4\text{DG})$	CH ₄ -Masse im gebildeten Deponiegas, freigesetzt im Bilanzjahr durch den deponierten Restmüll	[tCH ₄]
$\varphi(\text{MKW3})$	Anteil der Brennstoffenergie (Müll) der in abgegebenen Strom umgewandelt wird	[%]
η	Anteil der Brennstoffenergie (Müll) der in abgegebene Nutzwärme umgewandelt wird	[%]

9.9 Tabellenverzeichnis

Seite

1.)	Tabelle 1-1: Lastenaufteilung zur THG-Emissionsreduktion innerhalb der Europäischen Union	3
2.)	Tabelle 1-2: sektorale Emissionen und Reduktionsziele der Klimastrategie 2007	4
3.)	Tabelle 3-1: THG- und klassische Luftschadstoffbildung bei Abfallbehandlungsverfahren	6
4.)	Tabelle 5-1: erhobene bzw. angenommene Parameter zur Deponiegasbildung, -freisetzung und -nutzung	12
5.)	Tabelle 5-2: erhobene bzw. angenommene Heizwerte für den thermisch zu verwertenden Restmüll in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013	12
6.)	Tabelle 5-3: Auflistung der Abfallverbrennungsanlagen, die im Bilanzjahr 1990 bzw. im Bilanzjahr 2006 betrieben wurden	13
7.)	Tabelle 5-4: Auflistung der Abfallverbrennungsanlagen, die voraussichtlich 2013 betrieben werden	14
8.)	Tabelle 5-5: ermittelte und angenommene Einflußgrößen für die Bilanzierung der THG-Emissionen aus mechanisch-biologischer Abfallbehandlung (MBA)	15
9.)	Tabelle 5-6: THG-Emissionen der ersatzenergieliefernden Anlagen	16
10.)	Tabelle 6-1: Aufstellung des für die einzelnen Szenarien gewählten Verteilungsschlüssels zwischen den in Müllverbrennungsanlagen und mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen verwerteten bzw. behandelten Restmüllmengen des Bilanzjahres 2013	18
11.)	Tabelle 6-2: Emissionsbilanz 2006. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger	19
12.)	Tabelle 6-3: Emissionsbilanz 2013 für Szenario M1D. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger	20
13.)	Tabelle 6-4: Emissionsbilanz 2013 für Szenario M1F. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger	21
14.)	Tabelle 6-5: direkte Emissionen der Abfallwirtschaft, direkte Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke/Industrie/Hausbrand (EG3) und das daraus resultierende Gesamtergebnis für die 18 Variantenszenarien des Bilanzjahres 2013. Die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (gerundet auf ganze Zahlen)	22
15.)	Tabelle 7-1: Emissionsreduktionspotential im Jahresvergleich 2013/1990 (Szenario M1F)	26
16.)	Tabelle 7-2: THG-Emissionsvergleich für die Jahre 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F)	27
17.)	Tabelle 9-1: direkte und indirekte* (resp. vermiedene) THG-Emissionen der Abfallwirtschaft sowie die sich daraus ergebenden Gesamtemissionen für die einzelnen Behandlungsvarianten für Restmüll in den Bilanzjahren 1990 und 2006	31
18.)	Tabelle 9-2: Angaben zu den Restmüllmengen die in den jeweiligen Behandlungsszenarien im Bilanzjahr 2013 thermisch verwertet, bzw. mechanisch-biologisch behandelt werden und die daraus resultierenden Jahresemissionen (Teil 1)	32
19.)	Tabelle 9-3: Angaben zu den Restmüllmengen die in den jeweiligen Behandlungsszenarien im Bilanzjahr 2013 thermisch verwertet, bzw. mechanisch-biologisch behandelt werden und die daraus resultierenden Jahresemissionen (Teil 2)	33
20.)	Tabelle 9-4: detaillierte Emissionsbilanz für das Bilanzjahr 2006	34
21.)	Tabelle 9-5: detaillierte Emissionsbilanz für das Bilanzjahr 2013 (Standardszenario M1D)	35
22.)	Tabelle 9-6: detaillierte Emissionsbilanz für das Bilanzjahr 2013 (erwartetes Szenario M1F)	36
23.)	Tabelle 9-7: erhobenes bzw. prognostiziertes jährliches Restmüllaufkommen und seine Behandlung im Beobachtungszeitraum 1960 bis 2013	43
24.)	Tabelle 9-8: angenommener Verteilungsschlüssel für die Mengen an thermisch zu verwertenden bzw. mechanisch-biologisch zu behandelnden Restmüll im Bilanzjahr 2013	44
25.)	Tabelle 9-9: tabellarische Darstellung aller für die Bilanzierung notwendigen Einflußgrößen samt verwendeten Symbolen und entsprechenden Bemerkungen	47

9.10 Abbildungsverzeichnis

Seite

1.)	Abbildung 6-1: erhobenes bzw. angenommenes jährliches Restmüllaufkommen im Beobachtungszeitraum 1980 bis 2013	18
2.)	Abbildung 7-1: graphische Darstellung der direkten, indirekten** Emissionen sowie der Gesamtemissionen der Abfallwirtschaft für die Bilanzjahre 1990, 1996, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F); die Emissionsberechnung erfolgt ggf. durch arith. Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger (** gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)).....	23
3.)	Abbildung 7-2: Vergleich der spezifischen Gesamtemissionen, ausgedrückt in Tonnen CO ₂ -Äquivalent je Tonne Restmüll, in den Bilanzjahren 1990, 1996, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F).....	24
4.)	Abbildung 7-3: graphische Darstellung des Gesamtemissionsverlaufs für das prognostizierte Restmüllaufkommen (M1 ± 10 m.-%) im Bilanzjahr 2013 in Abhängigkeit vom jeweiligen Massenanteil des thermisch verwerteten bzw. mechanisch-biologisch behandelten Restmülls. Die Berechnung erfolgt jeweils durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger	27
5.)	Abbildung 9-1: graphische Darstellung der direkten THG-Emissionen der Abfallwirtschaft, aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Behandlungsarten für die Bilanzjahre 1990, 1996, 2006 und 2013	37
6.)	Abbildung 9-2: Vergleich der Gesamtemissionen (direkte Emissionen der Abfallwirtschaft zuzüglich der direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)) aller 18 Behandlungsszenarien des Bilanzjahres 2013 mit den Gesamtemissionen des Bilanzjahres 1990. Die Berechnung erfolgt jeweils durch arith. Mittelwertbildung der Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger.....	38
7.)	Abbildung 9-3: Vergleich der spezifischen Gesamtemissionen in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F) aufgeschlüsselt nach Ersatzenergieträgern	39
8.)	Abbildung 9-4: graphische Darstellung der indirekten** Teilemissionen der Abfallwirtschaft in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F), aufgeschlüsselt nach Behandlungsmethoden und Ersatzenergieträgern (** gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3))	40
9.)	Abbildung 9-5: graphische Darstellung der summierten, indirekten** Teilemissionen (aus Abbildung 9-4) der Abfallwirtschaft in den Bilanzjahren 1990, 2006 und 2013 (Standardszenario M1D und erwartetes Szenario M1F), aufgeschlüsselt nach Ersatzenergieträgern (** gleichbedeutend mit den direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)).....	41
10.)	Abbildung 9-6: graphischer Vergleich der Gesamtemissionen (direkte Emissionen der Abfallwirtschaft zuzüglich der direkten Emissionen der Emittentengruppe Kraftwerke, Industrie, Hausbrand (EG3)) in den Bilanzjahren 1990, 1996, 2006 und 2013; die Emissionsberechnung erfolgt durch arithmetische Mittelwertbildung der entsprechenden Einzelwerte für die jeweiligen Ersatzenergieträger.....	42

10 Literaturverzeichnis

- [1] Umweltbundesamt: "Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2007", Report REP-0187, ISBN 3-85457-985-3, Wien (2009), 50 S.
- [2] Klimastrategie 2002: „Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels“, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, (Juni 2002)
- [3] Klimastrategie 2007: „Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Zieles 2008–2012“. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, (21.03.2007)
- [4] Umweltbundesamt: „Kyoto – Fortschrittsbericht Österreich 1990 – 2005“, Report REP-0081, ISBN 3-85457-878-4, Wien (2007), 68 S.
- [5] Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2008“, Report REP-0150, ISBN 3-85457-947-0, Wien (2008), 139 S.
- [6] Hackl, A.; Mauschitz, G.: „Klimarelevanz der Abfallwirtschaft I“, TU - Wien, Institut für Verfahrens-, Brennstoff- und Umwelttechnik, Abteilung: Mechanische Verfahrenstechnik, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (Oktober 1997), BMUJF Band 05/1997, 61 S.
- [7] Hackl, A.; Mauschitz, G.: „Beiträge zum Klimaschutz durch nachhaltige Restmüllbehandlung - Klimarelevanz der Abfallwirtschaft II“, TU - Wien, Institut für Verfahrens-, Brennstoff- und Umwelttechnik, Abteilung: Mechanische Verfahrenstechnik, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (Februar 1999), BMUJF Band 19/1999, ISBN 3-902 010-11-8, 66 S.
- [8] IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change: „Greenhouse Gas Inventory - IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories“, Bracknell UK (1996)
- [9] Hackl, A.; Mauschitz, G.: „Methangas und Kohlendioxid aus der Bereitstellung in Österreich genutzter fossiler Energieträger“, Jahresbericht der CO₂-Kommission 1996, Herausg.: Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie und Akademie für Umwelt und Energie, Laxenburg (1996)
- [10] Müllerhebung 1973, Herausg.: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien (1974)
- [11] Hodecek, P.; Schäfer, E.: „Umweltbericht Abfall“, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien (1989)
- [12] Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1992, Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien (1992)
- [13] Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1998, Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien (1998)
- [14] Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien (2001), 165 S.
- [15] Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ISBN 3-902 010-70-3, Wien (2006), 329 S.
- [16] Statusbericht Tirol Adaptierung des Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien (2008), 127 S.
- [17] Canella, A.; et. al.: „Methanvermeidung als Beitrag zum Klimaschutz“, Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im VEÖ, Nr. 650/446, Wien (1998)
- [18] „Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung)“, BGBl. 1996/164 i.d.g.F.
- [19] Umweltbundesamt: „Emissionstrends 1990 – 2006, Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2008)“, Report REP-0161, ISBN 3-85457-959-4, Wien (2008), 127 S.