

## Untersuchungen zur Klimarelevanz der Abfallwirtschaft in den Abfallverbänden des Freistaates Sachsen

### 4. Klimarelevanz der Entsorgungslösungen der Abfallzweckverbände und verbandsfreien Körperschaften

### Methodische Anmerkungen

#### Sachsen-spezifische Datensätze für Berechnung:

##### Abfallarten:

- Restabfall
- Heizwertangereicherte Fraktionen
- Ersatzbrennstoff, konfektioniert
- Gewerbeabfall, hausmüllähnlich
- Sperrmüll
- Abfälle von öffentlichen Flächen

##### Abfalleigenschaften (jeweils):

- Heizwert (roh)
- C-Gehalt
- Anteil  $C_{bio}$  bzw.  $C_{fossil}$



**Weitere Datensätze für Berechnung:**

Gut- und Lastschriften für erzeugten/verbrauchten **Strom** (inkl. Vorketten):

- **Im Freistaat Sachsen:** Sächsischer Strommix (2005):  
915 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh<sub>el</sub>
- **Außerhalb Sachsens:** Deutscher Kraftwerksmix (2005):  
604 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh<sub>el</sub>

Gutschriften für bereit gestellte **Wärme**:

- Sachsen-Wärmemix [31 % Öl- + 69 % Erdgasfeuerung]:  
273,2 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh<sub>th</sub>
- Fernwärme aus Braunkohle-Heizwerk (GEMIS) (D):  
494,6 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh<sub>th</sub>
- Prozessdampf (IFEU) (D): 290 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh<sub>th</sub>



**Datensätze für Berechnung:**

**Gutschriften** für erzeugte Stoffe/stoffliches Recycling:

- Eisenmetalle und NE-Metalle (Aluminium)
- Klinker (in einem BAT-Zementwerk mit 3.200 MJ/Mg Klinker)
- Methanol (Datensatz aus „Klimarelevanz 1“)
- Schottermaterial (Schlacken und Schmelzgranulate)
- REA-Gips

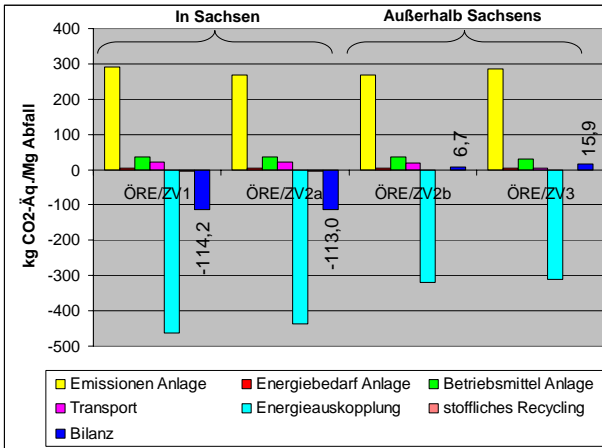
**Lastschriften** für Stoffbedarf bzw. Emissionen:

- Emissionen Anlage
- Energiebedarf Anlage (Erdgas, Heizöl EL, Diesel)
- Betriebsmittel: Chemikalien für Rauchgasreinigung bzw. Abgasreinigung bei biologischen Verfahren (saurer Wäscher)
- Emissionen Deponierung MBA-Rottegut
- Transporte Lkw (> 50 km)



**ÖRE/ZV 1 bis 3**

**Verbrennung von 1 Mg Abfall in einer MVA**



**Beachte:**

MVA in Sachsen:  
Gutschrift  
sächsischer  
Strommix:  
915 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh

MVA außerhalb  
Sachsens:  
Gutschrift deutscher  
Strommix:  
604 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh

Alle MVAs:  
Nur Strom, keine  
KWK!

FuE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009

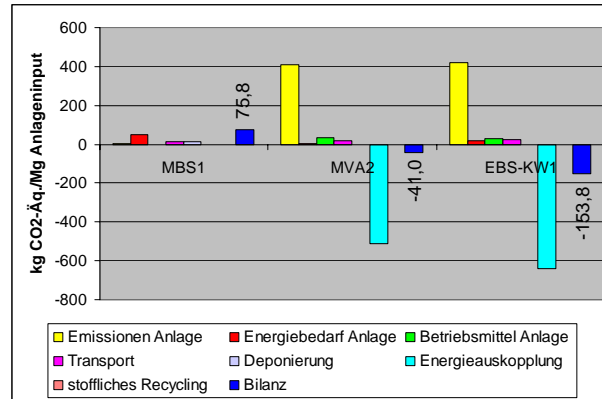
5

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse



**ÖRE/ZV 4**

**Verbrennung heizwertangereicherter Fraktion aus MBS1 in 2 Modellanlagen (Bezug: jeweils 1 Mg Input)**



**Beachte:**

MVA2 (nicht in S.):  
• keine KWK

• Gutschrift D-Mix  
(relativ „sauber“)

a) 100% haFr in  
MVA2 (ohne KWK):  
keine Entlastung

b) 20% in MVA2 und  
80% in EBS-KW1: in  
Summe Klimaentlastung  
(-1,6 kg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg  
MBS-Input)

c) Wenn Substitution  
Sachsen-Strommix:  
>-90 kg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg  
MBS-Input

FuE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009

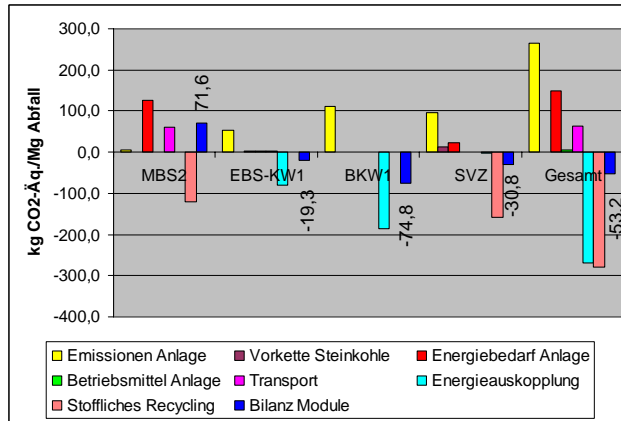
6

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse



**ÖRE/ZV 5**

**Verbringung heizwertangereicherter Fraktion aus MBS2 in verschiedene thermische Anlagen**



**Beachte:**  
Ergebnis verschlechtert sich, wenn

- MBS2: geringere Abtrennleistung für Eisen- und noch mehr für NE-Metalle
- EBS-KW1 und BKW1: nur Stromauskopplung
- SVZ: energetischer Aufwand höher als modelliert

FUE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009

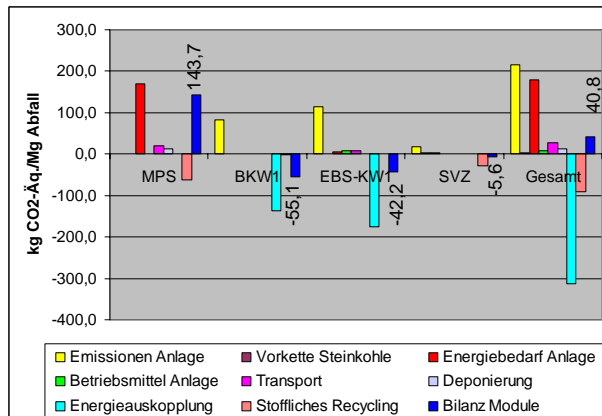
7

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse



**ÖRE/ZV 6**

**Verbringung heizwertangereicherter Fraktion aus MPS in verschiedene thermische Anlagen**



**Beachte:**

- hoher Aufwand in MPS – insbesondere Abfalltrocknung mittels Erdgas – stark klimabelastend
- Auskopplung von Energie und Stoffen (Methanol) reicht nicht zur Kompensation

**Ergebnis verschlechtert sich, wenn**

- EBS-KW1 und BKW1: nur Stromauskopplung
- SVZ: energetischer Aufwand höher als modelliert

FUE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009

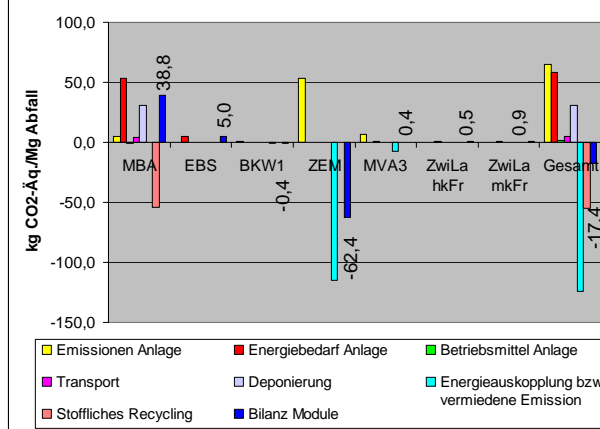
8

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse



**ÖRE/ZV 7**

**Verbringung heizwertangereicherter Fraktion aus MBA in verschiedene thermische Anlagen + Z-Lager**



**Beachte:**

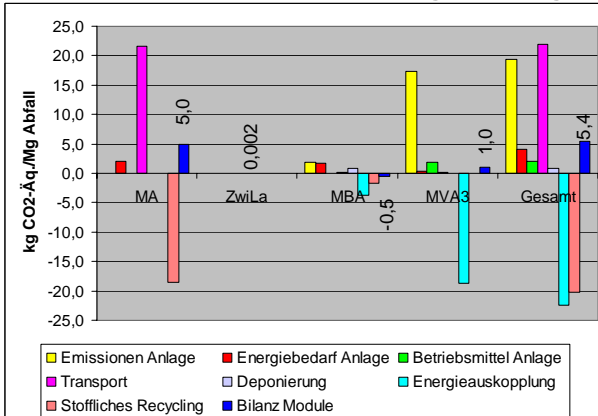
- Klimaentlastung nur bei Verbringung in hochwertige Anlagen (KWK-BKW und BAT-Zementwerk)
- haFr in Z-Lager bringen keine Gutschrift in 2007, sondern erst bei Verwertung
- Mögliche Methan-Emissionen aus Z-Lager nicht erfasst (mangels Daten)

FUE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009



**ÖRE/ZV 8**

**Verbringung heizwertangereicherter Fraktion aus MA in verschiedene thermische Anlagen + Z-Lager**



**Beachte:**

- haFr in Z-Lager bringen keine Gutschrift in 2007, sondern erst später bei Verwertung
- Transporte fallen ins Gewicht
- Mögliche Methan-Emissionen aus Z-Lager nicht erfasst (mangels Daten)
- MVA3 koppelt nur Strom aus, Aufwendungen höher als Gutschrift

FUE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009



**Bilanz 2007**

Entsorgungslösung	Klimaeffekt in 1.000 Mg CO <sub>2</sub> /a	
	Prognose 2006+	Hochrechnung 2007
MVA	-29,4	-12,3
MA + Verwertung	-10,0	0,2
MPS/MBS/MBA	-5,4	-3,6
• MPS + Verwertung	-	3,8
• MBS + Verwertung	-20,7	-4,6
• MBA + Verwertung (ohne Deponierung)	6,1	-2,8
• Deponierung von MBA-Rottegut	9,2	-
Verwertung ohne Vorbehandlung	-0,4	-
Summe	-45,2	-15,7

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse

FuE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009



**Transportaufwendungen**

Klimarelevante Transportaufwendungen aufgrund des Abfalltransports (ggf. von einer Umladestation) zur Erstbehandlungsanlage (nur Strecken oberhalb 25 km berücksichtigt):

Thermisch, Mg*km	MechSort, Mg*km	MechBio, Mg*km	Summe, Mg*km
22.549.807	3.627.938	2.820.611	28.998.356

➤ Annahme: Rückfahrt: 10% Leerfahrten

Daraus errechnet sich eine Lastschrift (Emissionen) von **6.363 Mg CO<sub>2</sub>-Äq.** für das Jahr 2007.

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse

FuE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
SIDAF-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009

**Sensitivitätsbetrachtungen**

- Einfluss der Energieeffizienz
- Einfluss der substituierten Energie
- Keine Zwischenlagerung der haFr
- Keine Verwertung im SVZ
- Verwertung von Ammoniumsulfat aus saurem Wäscher vor RTO

**Ergebnis Sensitivitätsbetrachtungen**

- Einfluss der Energieeffizienz – je nach Verfahren/Modell (z.B. bei MBS2) höhere Klimaentlastung bis 20% und mehr möglich
- Einfluss der substituierten Energie:
  - sächsischer Strommix: 915 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub>
  - Bundesdeutscher Strommix: 604 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub>
  - Vorteilhaft für Verfahren, die Strom in Sachsen auskoppeln (MVA1)
  - Nachteilig für Verfahren, bei denen die Stromverbräuche in Sachsen anfallen, die Gutschriften für Stromauskopplung aber außerhalb Sachsens erfolgen, z.B. Lastschrift für MBS1 um 20 % höher als bei D-Mix, dadurch rechnerisch geringere Klimaentlastung



Ergebnis Sensitivitätsbetrachtungen

Bilanz 2007 – ohne Zwischenlagerung haFr

Annahme: keine Zwischenlagerung der heizwertangereicherten Fraktionen, sondern Verbringung in MVA oder in andere thermische Anlagen

Entsorgungslösung	Klimaeffekt in 1.000 Mg CO <sub>2</sub> /a		
	Hochrechnung 2007	Sens. 2007 (ohne ZwiLa) (MVA-Lösung)	Sens. 2007 (ohne ZwiLa) (best case)
MVA	-12,3	-12,3	-12,3
MA + Verwertung	0,2	0,6	-2,9
MPS/MBS/MBA	-3,6	-11,1	-35,7
• MPS + Verwertung	3,8	3,8	3,8
• MBS + Verwertung	-4,6	-4,6	-4,6
• MBA + Verwertung (inkl. Deponierung von MBA-Rottegut)	-2,8	-10,3	-34,9
<b>Summe</b>	<b>-15,7</b>	<b>-22,9</b>	<b>-51,0</b>

FuE-Vorhaben „Klimarelevanz“ SIDA-F-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009



Ergebnis Sensitivitätsbetrachtungen

- Keine Verwertung haFr im SVZ
  - haFr-Mengen ins EBS-KW1: Verringerung der Klimaentlastung (- 18 %), da Gutschrift Methanol > Gutschrift Energieauskopplung
  - haFr-Mengen ins BKW1: Erhöhung der Klimaentlastung (+ 16 %), da Gutschrift Methanol < Gutschrift Energieauskopplung
- Verwertung von Ammoniumsulfat aus saurem Wäscher vor RTO in MBA
  - Keine Angaben zur Konzentration, daher Abschätzung über Rohgasbeladung und Abscheidegrad in Literatur
  - Für Gutschrift keine Daten in GEMIS, daher Modellierung über Stöchiometrie der Synthesereaktion oder über Substitution von N-Dünger
  - Gutschrift in Höhe von 3,4 bis 5,2 kg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg Input
  - dadurch Klimabelastung MBA-Konzept um 9 bis 13 % reduziert

FuE-Vorhaben „Klimarelevanz“ SIDA-F-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009



**Fazit Sensitivitätsbetrachtungen**

Ergebnisrelevanz von 20 % und mehr für

- Einfluss der Energieeffizienz
- Einfluss der substituierten Energie
- Keine Zwischenlagerung der haFr

Ergebnisrelevanz unter 20 %

- Keine Verwertung haFr im SVZ
- Verwertung von Ammoniumsulfat aus saurem Wäscher vor RTO



**Verwertung von Bioabfällen**

Genehmigungsstatus und Bauweise sächsischer Kompostanlagen

ÖRE/RP	Anlagen gesamt		Anlagen nach BImSchG		Anlagen in geschlossener Bauweise	
	Anzahl	Kapazität in Mg/a	Anzahl	Kapazität in Mg/a	Anzahl	Kapazität in Mg/a
Bautzen	20	240.350	14	223.040	1	85.000
Radebeul	11	107.010	7	100.710	2	26.000
RP Dresden	31	347.360	21	323.750	3	111.000
Chemnitz	12	287.068	12	287.068	0	0
Plauen	13	97.770	10	83.620	0	0
RP Chemnitz	25	377.838	22	370.688	0	0
RP Leipzig	16	126.940	13	130.940	5	49.710
<b>Sachsen</b>	<b>72</b>	<b>859.138</b>	<b>56</b>	<b>835.378</b>	<b>8</b>	<b>160.710</b>



**Verwertung von Bioabfällen**

Abschätzung der klimarelevanten Emissionen der Behandlung kompostierbarer Abfälle in Sachsen im Jahr 2007

Nur ÖRE/ZV-Abfälle!	Kompostierbare Abfälle in Mg/a (2007)	Last-/Gutschrift in kg CO <sub>2</sub> -Äq./Mg Abfall	Klimaeffekt in 2007 in Mg CO <sub>2</sub> -Äq./a
Kompostierungsanlagen mit Abgasfassung und -behandlung (Biofilter)	42.339	~ 69	2.921
Offene Kompostierungsanlagen	185.233	~ 50	9.262
Vergärungsanlagen mit Biogasnutzung (BHKW)	3.409	~ -50	-170
<b>Gesamt</b>	<b>230.981</b>		<b>12.013</b>



**Altstoffverwertung**

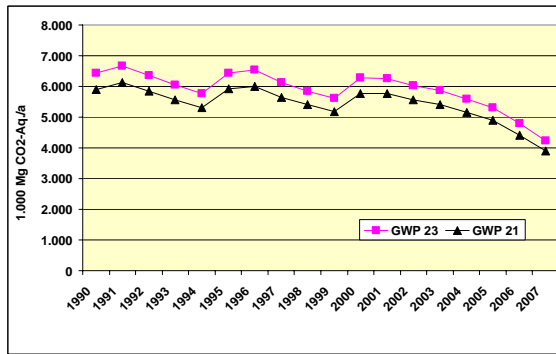
Aufgrund der getrennten Altstofferrfassung der sächsischen ÖRE/ZV mögliche Einsparungen an Treibhausgasemissionen (geschätzt)

Altstoffstrom	Von den ÖRE/ZV erfasstes Aufkommen 2007, in Mg	Netto-Entlastung bei Verwertung in kg CO <sub>2</sub> -Äq./Mg	Durch Recycling erreichbare Emissionseinsparung (2007) in Mg CO <sub>2</sub> -Äq.
1	2	3	4
PPK	250.921 <sup>a)</sup>	-183 bis -347	-34.000 bis -65.000 (optim. <sup>b)</sup> -10.500 bis -20.100 (real. <sup>c)</sup>
Altglas	110.076	-106 bis -192	-11.700 bis -21.100
Fe-Metalle	8.872	-1.927 bis -2.424	-17.100 bis -21.500
LVP	151.010	-254	-38.400
<b>Gesamt</b>	<b>520.879</b>		<b>-101.200 bis -146.000 (opt.)<sup>b)</sup> -77.700 bis -101.100 (real.)<sup>c)</sup></b>

a) Daraus können 188.000 Mg Recyclingpapier erzeugt werden.  
 b) Optimalszenario: Gesamte PPK-Mengen werden für die Produktion grafischer Papiere eingesetzt.  
 c) Realszenario: 30,9 % der PPK-Mengen gelangen in die Produktion grafischer Papiere. Gutschriften für Verwertung in Produkten minderer Qualität hier nicht berücksichtigt.



**Deponiegasemissionen 1990 bis 2006**



Gesamtemissionen (Hochrechnung) von den Altablagerungen und Deponien im Freistaat Sachsen von 1990 bis 2006, inkl. der abgefackelten bzw. verwerteten Gasmengen, in 1.000 Mg CO<sub>2</sub>-Äq./a (Werte bis 1999 aus [LfUG2001], ab 2000 aus [LfULG2008], Berechnung nach VDI 3790 Bl. 2; abgefackeltes/verwertetes Deponiegas nur grob geschätzt)

FUE-Vorhaben „Klimarelevanz“  
 SIDA-F-Abfallkolloquium, Freiberg, 1.10.2009