



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 CO₂-Äq./kWh_{el}
- **Außerhalb Sachsens:** Deutscher Kraftwerksmix (2005):
604 g CO₂-Äq./kWh_{el}

Gutschriften für bereit gestellte **Wärme**:

- Sachsen-Wärmemix [31 % Öl- + 69 % Erdgasfeuerung]:
273,2 g CO₂-Äq./kWh_{th}
- Fernwärme aus Braunkohle-Heizwerk (GEMIS) (D):
494,6 g CO₂-Äq./kWh_{th}
- Prozessdampf (IFEU) (D): 290 g CO₂-Äq./kWh_{th}



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

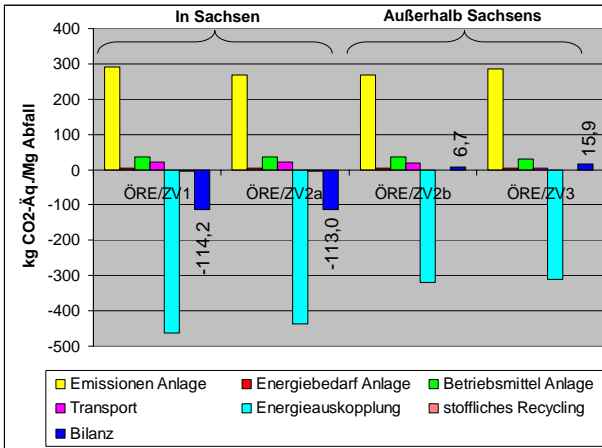
Lastschriften für Stoffbedarf bzw. Emissionen:

- 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 CO₂-Äq./kWh

MVA außerhalb
Sachsens:
Gutschrift deutscher
Strommix:
604 g CO₂-Äq./kWh

Alle MVAs:
Nur Strom, keine
KWK!

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

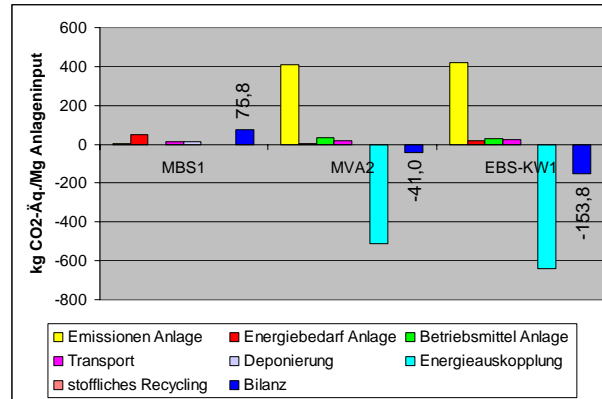
5

„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 CO₂-Äq./Mg
MBS-Input)

c) Wenn Substitution
Sachsen-Strommix:
>-90 kg CO₂-Äq./Mg
MBS-Input

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

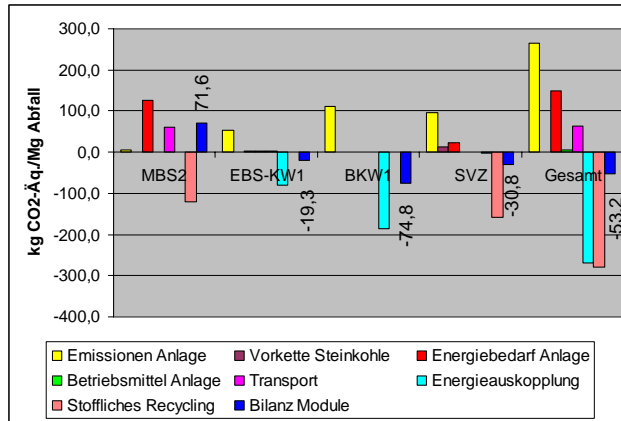
6

„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

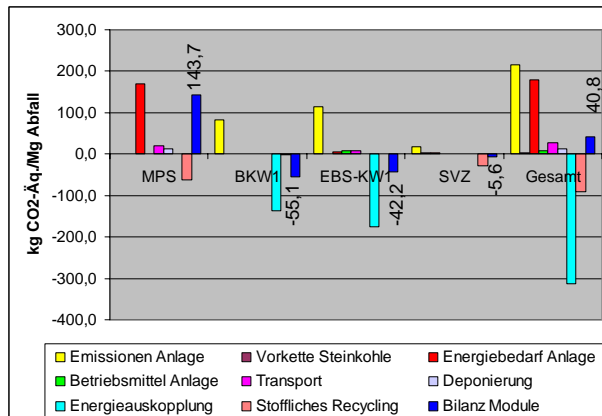
7

„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

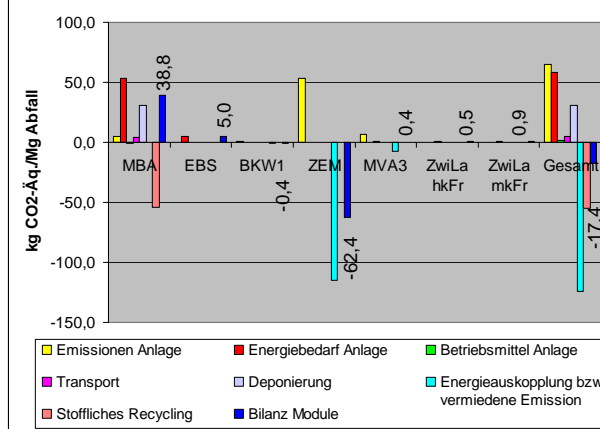
8

„Klimarelevanz 2“ - Ergebnisse



ÖRE/ZV 7

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



Beachte:

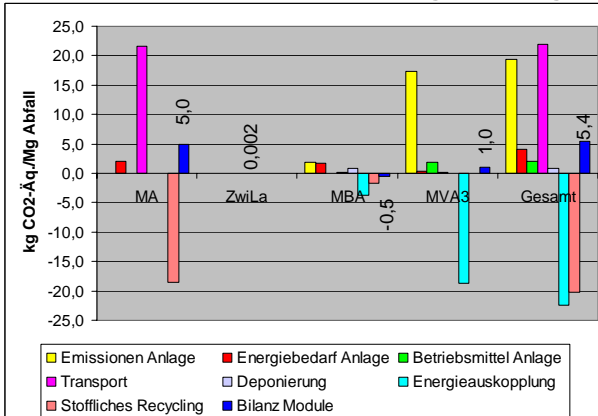
- Klimaentlastung nur bei Verbringung in hochwertige Anlagen (KWK-BKW und BAT-Zementwerk)
- haFr in Z-Lager bringen keine Gutschrift in 2007, sondern erst bei Verwertung
- Mögliche Methan-Emissionen aus Z-Lager nicht erfasst (mangels Daten)

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 ₂ /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



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 CO₂-Äq.** für das Jahr 2007.



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 CO₂/kWh_{el}
 - Bundesdeutscher Strommix: 604 g CO₂/kWh_{el}
 - 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 ₂ /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
Summe	-15,7	-22,9	-51,0

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 CO₂-Äq./Mg Input
 - dadurch Klimabelastung MBA-Konzept um 9 bis 13 % reduziert

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
<i>Bautzen</i>	20	240.350	14	223.040	1	85.000
<i>Radebeul</i>	11	107.010	7	100.710	2	26.000
RP Dresden	31	347.360	21	323.750	3	111.000
<i>Chemnitz</i>	12	287.068	12	287.068	0	0
<i>Plauen</i>	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
Sachsen	72	859.138	56	835.378	8	160.710

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 ₂ -Äq./Mg Abfall	Klimaeffekt in 2007 in Mg CO ₂ -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
Gesamt	230.981		12.013

Altstoffverwertung

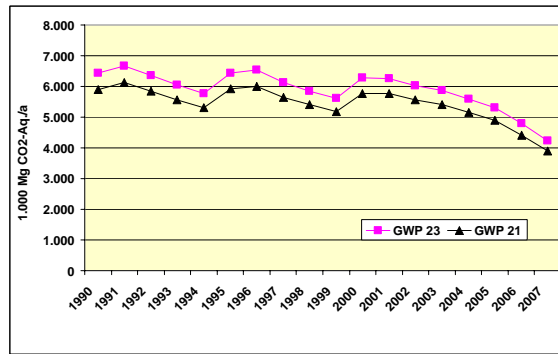
Aufgrund der getrennten Altstofferfassung der sächsischen ÖRE/ZV mögliche Einsparungen an Treibhausgasemissionen (geschätzt)

Altstoffstrom	Von den ÖRE/ZV erfasstes Aufkommen 2007, in Mg	Netto-Entlastung bei Verwertung in kg CO ₂ -Äq./Mg	Durch Recycling erreichbare Emissionseinsparung (2007) in Mg CO ₂ -Äq.
1	2	3	4
PPK	250.921 ^{a)}	-183 bis -347	-34.000 bis -65.000 (optim. ^{b)} -10.500 bis -20.100 (real. ^{c)}
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
Gesamt	520.879		-101.200 bis -146.000 (opt.)^{b)} -77.700 bis -101.100 (real.)^{c)}

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 CO₂-Äq./a (Werte bis 1999 aus [LfUG2001], ab 2000 aus [LfULG2008], Berechnung nach VDI 3790 Bl. 2; abgefackeltes/verwertetes Deponiegas nur grob geschätzt)