

# **Mitverbrennung von gütegesicherten Sekundärbrennstoffen und energetische Verwertung**

**Grundlagenpapier der Arbeitsgruppe Öffentlichkeitsarbeit des BGS e. V.**

**Stand: Januar 2012**

Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e .V.

Fachbereich 6

Corrensstraße 25

D-48149 Münster

Fon: +49 (0) 251 83 65 290

Fax: +49 (0) 251 83 65 260

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	3
Einleitung .....	4
1. Aktueller Markt der thermisch/energetischen Entsorgung in Deutschland .....	5
2. Abschätzung der bisher getätigten Investitionen in Anlagen zur Stoffstromtrennung und SBS-/hwf-Produktion .....	8
3. Abschätzung der bisher geschaffenen Arbeitsplätze in Anlagen zur Stoffstromtrennung und SBS-/hwf-Produktion .....	9
4. Zusätzliche Kosten für die Sekundärbrennstoffnutzung bei den Verwertern .....	9
5. Ökobilanzen zu Ersatzbrennstoffen .....	9
6. CO <sub>2</sub> -Kennzahlen verschiedener Energiebereitstellungsmöglichkeiten .....	10
6.1 Beispiel zur Berechnung von CO <sub>2</sub> -Nettoemissionen .....	11
7. CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten .....	11
8. Auswirkungen von Abfall-Transporten auf die CO <sub>2</sub> -Einsparungen .....	13
9. Netto-Wirkungsgrade von MVA´n und Industriefeuerungsanlagen .....	14
10. Biogene Anteile von Ersatzbrennstoffen .....	15
11. Argumente für die Mitverbrennung .....	15
11.1 Flexibilität .....	15
11.2 Energetische Optimierung .....	16
11.3 CO <sub>2</sub> -Einsparungen .....	16
11.4 Nutzung von Rohstoffen .....	16
Literaturverzeichnis .....	17

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anlagenkapazität und anfallende Mengen .....	6
Abbildung 2: Gütegesicherte Sekundärbrennstoffmengen von den Jahren 2001- 2009 (Prognose für 2010) .....	6
Abbildung 3: CO <sub>2</sub> -Nettoemissionen verschiedener Verwertungswege .....	10
Abbildung 4: CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten – Allgemeine Vorgehensweise der Berechnung .....	11
Abbildung 5: Spezifische CO <sub>2</sub> -Einsparungen bei unterschiedlichen Verwertungswegen von Siedlungsabfall .....	13
Abbildung 6: Biogener Anteil in gütegesicherten Sekundärbrennstoffen .....	
(Berechnungen BGS e. V.) .....	15

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Thermisch/energetisch behandelte nicht gefährliche Abfälle in Deutschland 2006-2008 .....	5
Tabelle 2: Entwicklung der energetisch/thermisch Mengen aus MBA-Anlagen nach Destatis in 2006-2008.....	7
Tabelle 3: Stationäre Anlagen zur Herstellung von SBS (Quelle: neovis, eigene Berechnungen, Stand Anfang 2010+ASA MBA-Steckbrief 2010/11).....	7
Tabelle 4: CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten bezogen auf die Betriebskosten .....	12
Tabelle 5: Berechnung der CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten (inkl. 10 % Abzug für die Aufbereitung von der CO <sub>2</sub> -Gutschrift) .....	12
Tabelle 6: Wirkungsgrade von MVA-Anlagen (EdDE 2010) .....	14
Tabelle 7: Wirkungsgrade Kohlekraftwerke (Quelle: SMUL Sachsen, 2009; Schilling, 2004) ....	14

## **Einleitung**

Der BGS e. V. setzt sich seit über 10 Jahren für den Einsatz von gütegesicherten Brennstoffen in Industriefeuerungsanlagen - wie Zement- und Kalkwerke sowie in Großkraftwerken - als Ersatz für fossile Primärstoffe ein. Um die Mitverbrennung von gütegesicherten Brennstoffen als hochwertigste Form der energetischen Verwertung weiter voran zu treiben, hat der BGS e. V. im Dezember 2009 eine Arbeitsgruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ gebildet. Diese Arbeitsgruppe setzt sich zusammen aus Vertretern der Hersteller und Verwerter von Sekundärbrennstoffen sowie Mitarbeitern aus Behörden und wissenschaftlichen Institutionen.

Die INFA GmbH und die neovis GmbH + Co. KG wurden im Rahmen dieses Vorhabens mit einer Recherche zum Thema „Mitverbrennung und energetische Verwertung“ beauftragt.

Das vorliegende Grundlagenpapier stellt eine Zusammenfassung der umfassenden Arbeiten dar und basiert auf Ergebnissen der durchgeführten Recherche, auf eigenen Berechnungen sowie auf Aussagen von aktiven Marktteilnehmern. Das Papier enthält eine ausführliche Analyse der aktuellen Sachlage zum Thema Mitverbrennung von gütegesicherten Sekundärbrennstoffen und energetische Verwertung.

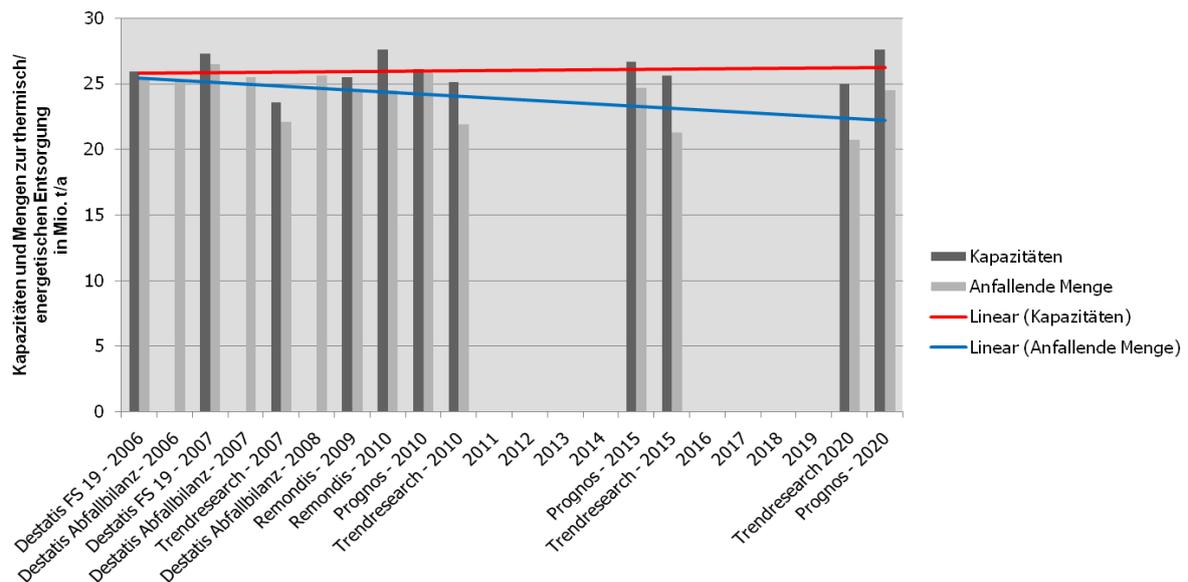
## 1. Aktueller Markt der thermisch/energetischen Entsorgung in Deutschland

- Die Bruttogesamtabfallmenge verhält sich mit ca. 285 Mio. Mg/a recht konstant. Die Menge an thermisch/energetisch zu behandelnden Abfällen beläuft sich auf ca. 25 Mio. Mg/a.

**Tabelle 1: Thermisch/energetisch behandelte nicht gefährliche Abfälle in Deutschland 2006-2008**

(Auswertung Datei „Abfallbilanz“)	Angefallene Gesamtmenge in 1.000 Mg			Thermische Behandlung in 1.000 Mg			Energetische Verwertung in 1.000 Mg			Summe thermisch/energetisch in 1.000 Mg		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
<b>Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle</b> (gemeinsam eingesammelt, nicht gefährlich)	14.260	13.753	14.236	8.529	7.220	6.738	2.990	3.569	4.397	11.519	10.789	11.135
Sperrmüll	2.247	2.335	2.458	572	451	484	279	406	438	851	857	922
Abfälle aus der Biotonne	3.757	3.743	3.897	4	4	5	2	0	17	6	4	22
Garten- und Parkabfälle	4.044	4.509	4.421	1	1	2	57	61	78	58	62	80
<b>Getrennt gesammelt Fraktionen:</b>												
PPK	8.080	8.121	8.528	2	3	4	19	32	52	21	35	56
LVP / Kunststoffe	4.532	4.975	4.885	200	224	273	299	356	351	499	580	624
Elektroaltgeräte	409	396	469	1	0	0	3	0	1	4	0	1
Sonstige Verbunde	1.570	1.685	1.842	34	47	37	389	329	213	423	376	250
<b>Sonstige Siedlungsabfälle:</b>												
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (getrennt gesammelt)	3.821	4.313	3.621	1.706	1.927	1.422	484	721	665	2.190	2.648	2.087
Straßenkehricht / Garten + Parkabfälle	967	973	796	70	70	56	21	34	31	91	104	87
Biol. Abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle	603	668	535	7	6	1	5	9	16	12	15	17
Marktabfälle	76	72	84	8	8	10	3	3	2	11	11	12
Andere getrennt gesammelte Fraktionen	118	100	103	0	0	0	18	5	5	18	5	5
<b>Nicht gefährliche Produktions- und Gewerbeabfälle</b>	47.023	48.838	47.782	1.580	1.685	1.557	6.857	7.426	8.056	8.437	9.111	9.613
<b>Nicht gefährliche Bau- und Abbruchabfälle</b>	187.361	193.111	192.028	112	83	104	1.034	787	623	1.146	870	727
<b>Summe nicht gefährliche Abfälle</b>	<b>278.868</b>	<b>287.592</b>	<b>285.685</b>	<b>12.826</b>	<b>11.729</b>	<b>10.693</b>	<b>12.460</b>	<b>13.738</b>	<b>14.945</b>	<b>25.286</b>	<b>25.467</b>	<b>25.638</b>

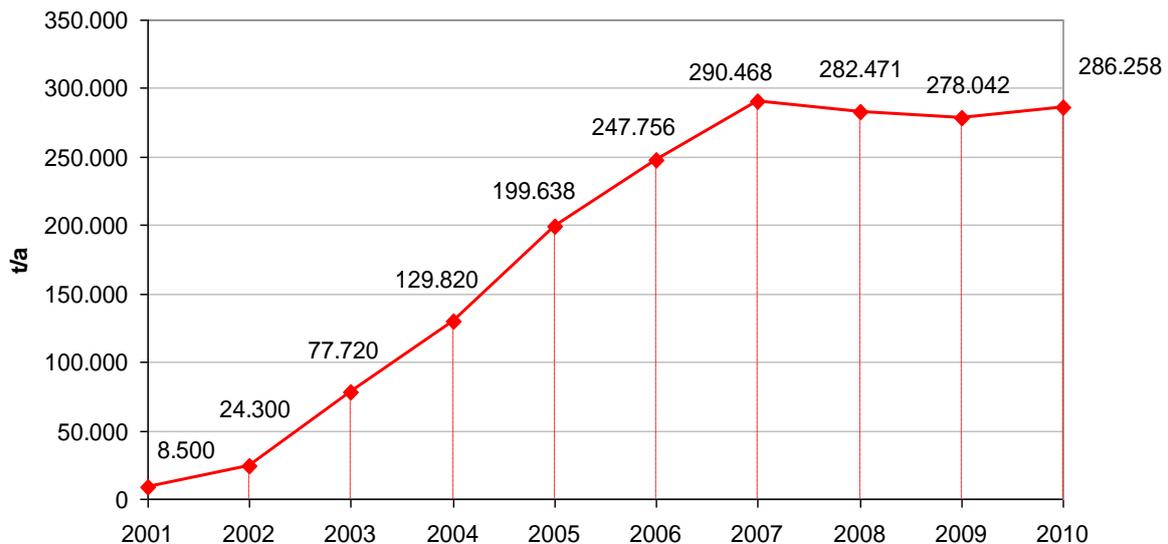
- Tendenziell ist eine Wanderbewegung von der thermischen Verwertung hin zur energetischen Verwertung zu verzeichnen. Der Trend der Umdeklarierung resultiert aus dem immer größer werdenden Anteil der energetischen Verwertung in einigen MVA'n.
- Die energetisch bzw. thermisch zu behandelnde Abfallmenge von ca. 25-26 Mio. Mg/a steht einer Anlagenkapazität von 28-29 Mio. Mg/a gegenüber. Dies führt kurz- bis mittelfristig zu einer Behandlungsüberkapazität von 3-4 Mio. Mg/a. Die Hauptursache für diese Entwicklung liegt in den abnehmenden Abfallmengen (→ demografischer Wandel). Die Anlagenkapazitäten hingegen werden nur moderat steigen oder stagnieren.



**Abbildung 1: Anlagenkapazität und anfallende Mengen**

- Die Mengenangaben zu den Abfallimporten und –exporten sind aufgrund der unterschiedlichen Zuordnungen bei der Mengenerfassung nur schwer zu werten. In den Jahren 2006 und 2007 kam es nach den vorliegenden Daten bei den relevanten Mengenströmen zu einem deutlichen Exportüberhang.
- Zurzeit werden ca. 300.000 Mg/a Sekundärbrennstoffe gütegesichert. Dies macht ca. 15 % der Gesamtmenge der mitverbrannten Abfälle aus.

**Gütegesicherte Sekundärbrennstoffmengen**



**Abbildung 2: Gütegesicherte Sekundärbrennstoffmengen von den Jahren 2001-2009 (Prognose für 2010)**

- In der Bundesrepublik werden zurzeit 46 stoffstromspezifische Aufbereitungsanlagen (MBA/MBS/MPS) mit einer Gesamtkapazität von ca. 5,8 Mio. Mg/a betrieben [ASA-Steckbrief 2010/11]. Die Brennstoffproduktion lag 2008 bei ca. 2 Mio. Mg [Destatis]. Daraus berechnet sich, dass diese Anlagen in 2008 je nach Konzept mit einer Kapazitätsauslastung von ca. 70 % betrieben worden sind.

**Tabelle 2: Entwicklung der energetisch/thermisch Mengen aus MBA-Anlagen nach Destatis in 2006-2008**

MBA Mengen nach Destatis Fachserie 19 Abfallbehandlung	2006		2007		2008	
	in 1.000 Mg	in %	in 1.000 Mg	in %	in 1.000 Mg	in %
<b>Input MBA-Technologien gesamt:</b>	<b>3.707</b>	<b>100</b>	<b>3.748</b>	<b>100</b>	<b>3.958</b>	<b>100</b>
davon mit EAK 20....	3.056	82,4	3.007	80,2	3.154	79,7
davon mit EAK 191212	526	14,2	530	14,1	579	14,6
Restinput	125	3,4	212	5,7	225	5,7
<b>Output MBA-Technologien gesamt:</b>	<b>2.991</b>	<b>100</b>	<b>3.098</b>	<b>100</b>	<b>3.117</b>	<b>100</b>
davon als EAK 191210	1.068	35,7	1.181	38,1	1086	34,8
davon als EAK 191212	587	19,6	547	17,7	735	23,6
Rest -Output	1.336	44,7	1.370	44,2	1296	41,6

- Darüber hinaus existieren noch 91 Anlagen zur SBS/hwf-Produktion mit einer Brennstoffproduktion von ca. 4,7 Mio. Mg/a.

**Tabelle 3: Stationäre Anlagen zur Herstellung von SBS (Quelle: neovis, eigene Berechnungen, Stand Anfang 2010+ASA MBA-Steckbrief 2010/11)**

Stationäre Anlagen zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen	Anzahl der Anlagen (eigene Ermittlung) Anzahl	Brennstoffproduktion (z. T. geschätzt) ca. in t	Durchschnittliche Kapazität der Anlagen (ca.) in t
überwiegend SBS - Produktion	32	1.350.000	42.190
Stoffstromtrennanlagen mit überwiegend hwf – Produktion	57	3.352.000	58.810
MBA – Technologien: davon EBS – Output*) ca.	48*1	(5.944.000) 2.080.000*)	(123.830) 43.330
Summe	137	6.782.000	49.500

\*) berechnet bei 70% Kapazitätsauslastung und 50 % EBS-Output

\*1) inkl. zwei MA-Anlagen

- Der SBS-Einsatz in Kraft- und Zementwerken beläuft sich auf ca. 2,5 Mio. Mg/a. Dabei handelt es sich um hochkalorische Brennstoffe aus Gewerbe, Industrie und Haushalten mit einer Korngröße von ca. 20-50 mm. Diese Qualitäten sind von den heizwertreichen Fraktionen, die für EBS-Kraftwerke hergestellt werden, deutlich abzugrenzen, da der Produktionsaufwand wesentlich größer ist.

## 2. Abschätzung der bisher getätigten Investitionen in Anlagen zur Stoffstromtrennung und SBS-/hwf-Produktion

- Auf Basis der getätigten Abschätzungen und Bewertungen konnte ermittelt werden, dass sich die bisher getätigten Investitionen in Anlagen zur Stoffstromtrennung (inkl. MBA-Technologie) und hwF- bzw. SBS-Produktion wie folgt darstellen:

<b>Investitionen ca.:</b>	<b>1,8 – 2,5 Milliarden €</b>
<b>Anzahl der Anlagen</b>	<b>137</b>
<b>Jährliche Brennstoffproduktion ca.:</b>	<b>6,8 Mio. Mg</b>

- Diese Angaben beziehen sich auf die Anlagen und deren Organisation. Zusätzliche Investitionen in nicht unerheblichen Umfang dürften bei den ersatzbrennstoffeinsetzenden Unternehmen, externen Zulieferern, Logistikunternehmen und Dienstleistern, wie z. B. bei analytischen Laboratorien, zur Qualitätsüberwachung entstanden sein.
- Die Ermittlung von durchschnittlichen Investitionskosten bestimmter Anlagenarten gestaltet sich schwierig, da die öffentlich bekannt gegebenen Investitionssummen nicht immer auf den gleichen Rahmenbedingungen und Ausgangsdaten basieren. Die folgenden Investitionsbereiche sind bei der Einrichtung der Anlagen zu berücksichtigen.
  - ✓ Investitionen in Grund und Boden sowie Infrastruktur
  - ✓ Investitionen Hallen und Gebäude
  - ✓ Investitionen in Ver- und Entsorgungseinrichtungen sowie Sicherheitstechnik
  - ✓ Investitionen in Anlagentechnik
  - ✓ Investitionen in mobile Geräte
  - ✓ Investitionen in Laborausrüstungen
  - ✓ Investitionen zur Verwaltung
  - ✓ Erhaltenen Subventionen

### 3. Abschätzung der bisher geschaffenen Arbeitsplätze in Anlagen zur Stoffstromtrennung und SBS-/hwf-Produktion

- Auf Basis der getätigten Abschätzungen und Bewertungen konnte ermittelt werden, dass sich die bisher geschaffenen Arbeitsplätze in Anlagen zur Stoffstromtrennung (inkl. MBA-Technologien) und SBS- bzw. hwF-Produktion wie folgt darstellen.

<b>Arbeitsplätze pro investierte Mio. €:</b>	<b>1,5</b> <b>(insg. 2.500 – 3.700)</b>
<b>Anzahl der Anlagen</b>	<b>137</b>
<b>Jährliche Brennstoffproduktion:</b>	<b>6,8 Mio. Mg</b>

- Diese Daten beziehen sich auf die Anlagen und deren Organisation. Die Gründe für zusätzliche Investitionen gelten parallel für zusätzliche Arbeitsplätze.

### 4. Zusätzliche Kosten für die Sekundärbrennstoffnutzung bei den Verwertern

- Zusätzliche Kosten für die Sekundärbrennstoffnutzung sind der Literatur nicht zu entnehmen.
- Da die Verwerter (Zementindustrie, Kraftwerksbetreiber) bzw. deren Verbände (z.B. VDZ oder VGB) hierzu keine Angaben machen, werden im Einvernehmen und nach Absprache mit der Arbeitsgruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ des Güteausschusses des BGS e. V., folgenden Annahmen, die auf den bisherigen Erfahrungen beim Sekundärbrennstoffeinsatz beruhen, getroffen:

**Zusätzliche Kosten für die Sekundärbrennstoffnutzung bei den Verwertern liegen bei ca. 10 – 20 €/Mg Brennstoff (Ø 15 €/Mg)**

### 5. Ökobilanzen zu Ersatzbrennstoffen

- Die folgenden Studien zum Thema „Umwelt- und Klimafreundlichkeit - Ökobilanzen zu Ersatzbrennstoffen“ wurden ausgewertet:
  - MUNLV, IFEU (2007) Prognos, INFU, IFEU (2008) IFEU, Ökoinstitut (2010)

## 6. CO<sub>2</sub>-Kennzahlen verschiedener Energiebereitstellungsmöglichkeiten

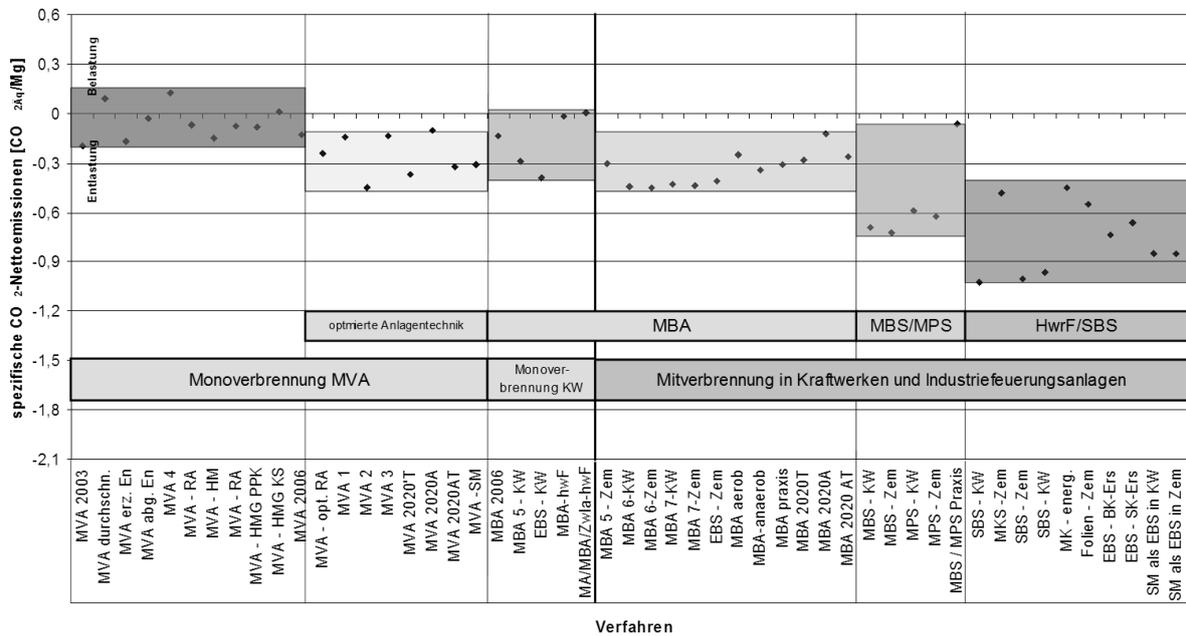


Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Nettoemissionen verschiedener Abfallbehandlungsverfahren anhand von Literaturwerten

- CO<sub>2</sub>-Nettoemissionen sind abhängig von:
  - ✓ Abfallart, Abfallcharakteristik
  - ✓ berücksichtigten Teilprozessen (Transporte, Aufbereitung, etc.)
  - ✓ Art der Vorbehandlung
  - ✓ Wirkungsgrad der betrachteten Anlage
    - ▶ MVA ↓
    - ▶ Kohlekraftwerk, Zementwerk ↑
    - ▶ Äquivalenzprozesse
    - ▶ Strommix
    - ▶ Wärmemix
  
- CO<sub>2</sub>-Emissionen für Transporte werden nicht berücksichtigt, da diese nur weit unter 10 % der Gesamtemissionen ausmachen.

## 6.1 Beispiel zur Berechnung von CO<sub>2</sub>-Nettoemissionen

- CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Prozesse, z. B.
  - ✓ SBS Mitverbrennung im Zementwerk: 0,440 Mg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg;
  - ✓ Substitution fossiler Energieträger im Zementwerk: 1,480 MgCO<sub>2</sub> Äq./Mg (berücksichtigter Inputmix in Zementwerk: 19,2 % Steinkohle, 64,1 % Braunkohle, 9,3 % Petrolkoks, 4,8 % Schweröl und andere)
  
- CO<sub>2</sub>-Nettoemissionen
  - ✓ SBS Mitverbrennung im Zementwerk: Nettoentlastung von 1,040 Mg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg

## 7. CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

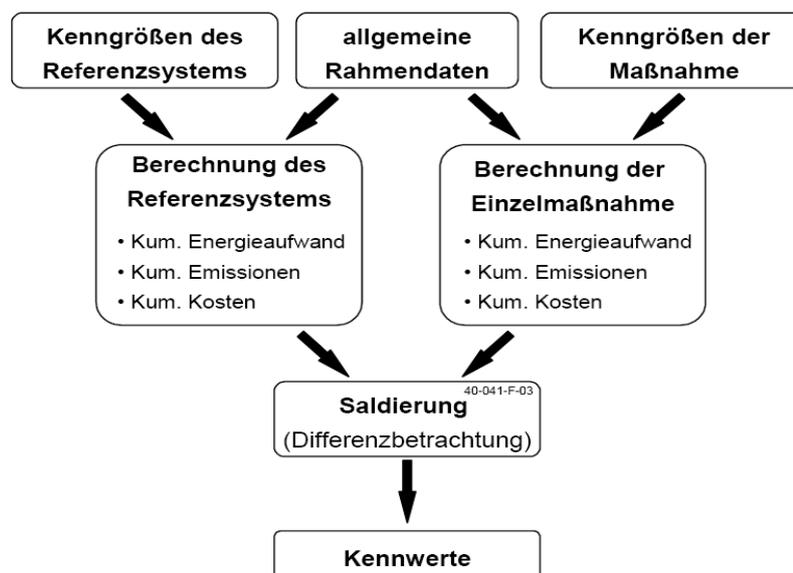


Abbildung 4: CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten – Allgemeine Vorgehensweise der Berechnung [Wagner, U., et al., 2004)

- Für den Bereich der Müllverbrennung liegen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für unterschiedliche Optimierungsprozesse vor. Für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen sind bisher in der Literatur keine Werte zu finden.
  
- Der Begriff CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten ist eindeutig definiert. Er beschreibt die Gesamtheit aller Kosten, die mit einer bestimmten Option der Emissionsminderung einhergehen. Dennoch werden unterschiedliche Berechnungsmodelle zu Grunde gelegt z.B. Matthes (1998), Leible et al. (2009), Wagner et al. (2004), KfW (2001).

- Durch technische Optimierung (Systemvergleich: bestehende MVA zu optimierter MVA) können die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von MVA´n, auf 22 – 95 €/Mg CO<sub>2</sub> realisiert werden. Dem gegenüber stehen Szenarien wie Windkraft mit 90 – 100 €/Mg CO<sub>2</sub>, Vergasung von Holz und Stroh mit 40 – 220 €/Mg CO<sub>2</sub> sowie die Vergärung von Bioabfällen mit 20 – 115 €/Mg CO<sub>2</sub>.
- Für Müllverbrennungsanlagen lassen sich bei durchschnittlichen Betriebskosten von ca. 100 €/Mg und mittleren CO<sub>2</sub>-Nettoemissionen von 150 kg, Vermeidungskosten von ca. 650 €/Mg CO<sub>2</sub> berechnen.

**Tabelle 4: CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bezogen auf die Betriebskosten**

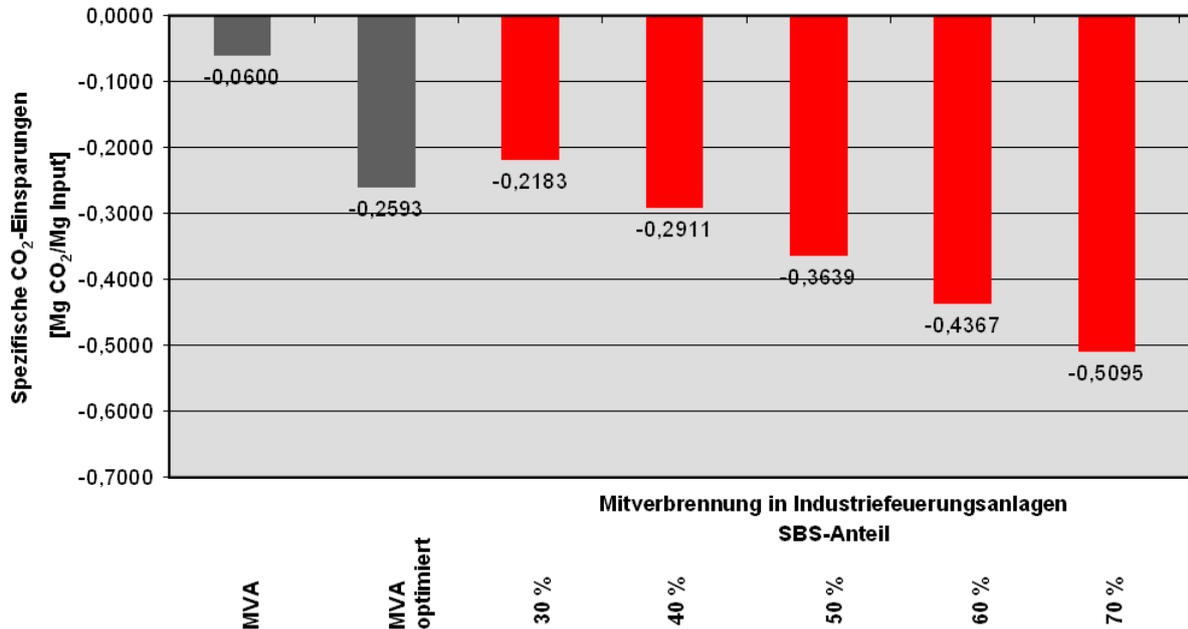
Behandlungskosten €/Mg Restabfall	CO <sub>2</sub> -Nettoemissionen Mg CO <sub>2</sub> -Äqu./Mg Restabfall	Vermeidungskosten €/Mg CO <sub>2</sub> -Äqu.
50	-0,05	1000
	-0,25	200
100	-0,05	2000
	-0,25	400
150	-0,05	3000
	-0,25	600

- Ausgehend von einem Zusatzaufwand für die Verwerter von 10 € - 20 € ergeben sich für die Mitverbrennung von EBS/SBS in Kraftwerken bzw. Zementwerken CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von 10 – 70 €/Mg CO<sub>2</sub>.

**Tabelle 5: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten (inkl. 10 % Abzug für die Aufbereitung von der CO<sub>2</sub>-Gutschrift)**

Zusatzaufwand Verwerter	€/Mg 10	€/Mg 20	€/Mg 15	Zusatzaufwand Verwerter	€/Mg 10	€/Mg 20	€/Mg 15
Kosten €/Mg CO <sub>2</sub>				Kosten €/Mg CO <sub>2</sub>			
<b>EBS in Zementwerk</b>				<b>EBS in Zementwerk</b>			
CO <sub>2</sub> -Mittel	-13,75	-27,49	-20,62	CO <sub>2</sub> -Mittel	-14,67	-29,34	-22,00
CO <sub>2</sub> -Median	-14,18	-28,37	-21,28	CO <sub>2</sub> -Median	-15,12	-30,23	-22,68
CO <sub>2</sub> -Min	-20,41	-40,82	-30,61	CO <sub>2</sub> -Min	-21,37	-42,74	-32,05
CO <sub>2</sub> -Max	-11,72	-23,45	-17,58	CO <sub>2</sub> -Max	-12,58	-25,17	-18,88
<b>EBS in Kraftwerk</b>				<b>EBS in Kraftwerk</b>			
CO <sub>2</sub> -Mittel	-11,73	-23,46	-17,60	CO <sub>2</sub> -Mittel	-12,59	-25,18	-18,89
CO <sub>2</sub> -Median	-11,70	-23,39	-17,54	CO <sub>2</sub> -Median	-12,55	-25,11	-18,83
CO <sub>2</sub> -Min	-18,52	-37,04	-27,78	CO <sub>2</sub> -Min	-19,49	-38,99	-29,24
CO <sub>2</sub> -Max	-9,71	-19,42	-14,56	CO <sub>2</sub> -Max	-10,48	-20,96	-15,72

- Je nach Abfalleigenschaft und Konzept der Aufbereitung kann durch gezielte Stoffstromlenkung, d. h. durch Mitverbrennung (hier als Bsp. 70 % Anteil SBS, siehe Tabelle), ca. 500 kg CO<sub>2</sub>/Mg Input eingespart werden. Die Entsorgung in einer „einfachen MVA“ hingegen, erzielt lediglich Nettoemissionen von 60 kg CO<sub>2</sub>/Mg Input.



**Abbildung 5: Spezifische CO<sub>2</sub>-Einsparungen bei unterschiedlichen Verwertungswegen von Siedlungsabfall**

## 8. Auswirkungen von Abfall-Transporten auf die CO<sub>2</sub>-Einsparungen

- Die Beiträge für Sammlung und Transport der Abfälle fallen im Vergleich zum Gesamtsystem der Abfallerfassung und -behandlung i. d. R. kaum ins Gewicht (Dehoust et al., 2005, Schmidt, 2007).
- Für die haushaltsabfallnahe Logistik in Deutschland wurde z. B. ein jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 459.645 Mg CO<sub>2</sub>-Äq./a errechnet (Rinschede et al. 2003).
- Schätzungen gehen davon aus, dass weniger als 5 % der direkten Treibhausgasemissionen des Abfallsektors auf die Sammlung und den Transport von Abfall entfallen (Europäische Umweltagentur, 2008).
- Siedlungsabfälle werden i. d. R. über vergleichsweise kurze Entfernungen transportiert.
- Steigende Energie- und damit auch Transportkosten begünstigen die Optimierung der Sammlung und des Transports.

## 9. Netto-Wirkungsgrade von MVA´n und Industriefeuerungsanlagen

**Tabelle 6: Wirkungsgrade von MVA-Anlagen (EdDE 2010)**

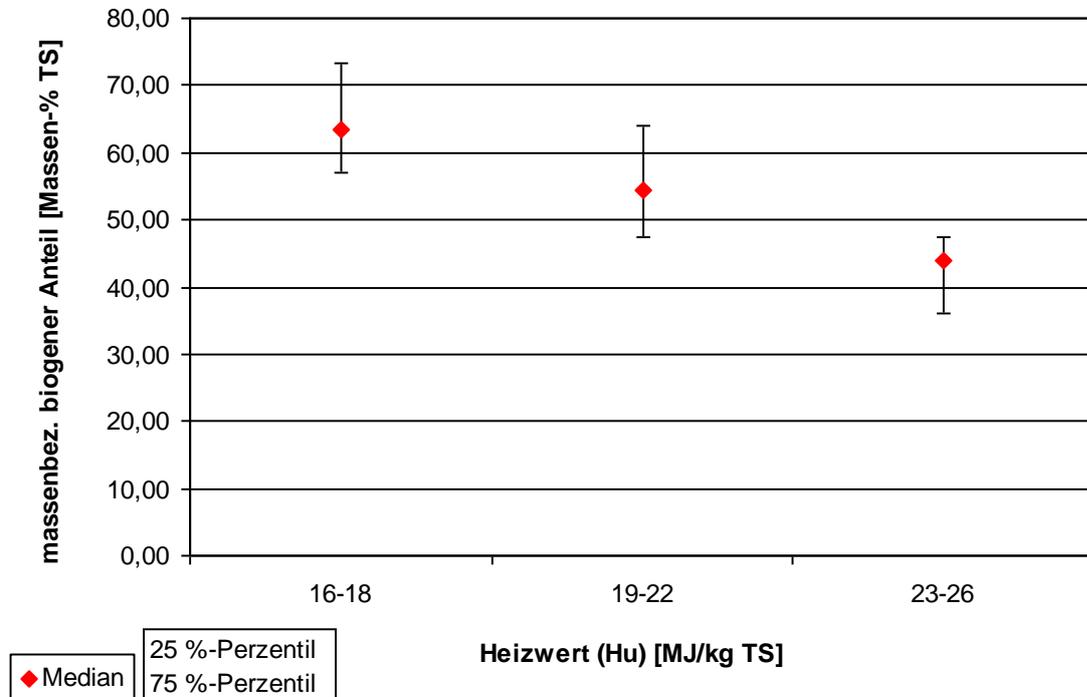
Cluster	9 MVA vor Anlagenoptimierung			9 MVA nach Anlagenoptimierung		
	Elektrischer Wirkungsgrad [%]	Thermischer Wirkungsgrad [%]	Gesamter Wirkungsgrad [%]	Elektrischer Wirkungsgrad [%]	Thermischer Wirkungsgrad [%]	Gesamter Wirkungsgrad [%]
1	0 – 8	8 – 28	15 – 36	0 – 19	0 – 24	18 – 26
2	9 – 15	0 – 30	15 – 39	13 – 22	12 – 16	26 – 37
3	4 – 19	0 – 48	17 – 52	9 – 17	27 – 48	37 – 58

**Tabelle 7: Wirkungsgrade Kohlekraftwerke (Quelle: SMUL Sachsen, 2009; Schilling, 2004)**

Kohlekraftwerk		
Elektrischer Wirkungsgrad [%]	Thermischer Wirkungsgrad [%]	Gesamter Wirkungsgrad [%]
17	35,5	35 – 53

## 10. Biogene Anteile von Ersatzbrennstoffen

- Der massenbezogene biogene Anteil von gütegesicherten Sekundärbrennstoffen liegt je nach Heizwert im Mittel zwischen 40 – 60 [Massen-% TS].



**Abbildung 6: Biogener Anteil in gütegesicherten Sekundärbrennstoffen (Berechnungen BGS e. V.)**

- Laut prEN 15440 gelten die folgenden Ersatzbrennstoffe als CO<sub>2</sub> neutral: Tiermehl, Klärschlamm, industrielles Abfallholz, Gebrauchtholz, Holzbasierte Abfallstoffe der Faserstoff- und der Papierindustrie, z.B. Schwarzlauge.

## 11. Argumente für die Mitverbrennung

### 11.1 Flexibilität

- Durch die Mitverbrennung kann die Flexibilität der Abfallwirtschaft erhöht werden. Sie bildet einen eigenen Entsorgungszweig.
- Je nach Lage der Preise für Recyclingware (insbesondere Kunststoff) und Energie auf dem Weltmarkt können heizwertreiche Abfälle durch die „Verteilerstation“ Aufbereitungsanlage entweder in Richtung energetische oder stoffliche Nutzung fließen. Unter Marktgesichtspunkten sind sie damit hochflexibel und landen volkswirtschaftlich betrachtet immer im richtigen Markt.

- Durch eine funktionierende Mitverbrennung wird somit ein hochwirksames Nebeneinander von stofflicher und energetischer Nutzung abgesichert.
- Durch die Mitverbrennung wird das Entsorgungssystem MBA unterstützt, das insbesondere in Osteuropa ausgebaut werden könnte.

### **11.2 Energetische Optimierung**

- Durch die Mitverbrennung werden insbesondere die heizwertreichen Stoffe dort eingesetzt, wo sie den größten energetischen Nutzen bringen. Der energetische Wirkungsgrad ist bei der Mitverbrennung höher als in einer MVA.
- Unter Betrachtung der Tendenzen auf den Energiemärkten bilden EBS und SBS „heimische“ Energiequellen. Die Mitverbrennung unterstützt damit die Langfriststrategie der EU zur Sicherung der Energieversorgung.

### **11.3 CO<sub>2</sub>-Einsparungen**

- Durch ihren hohen energetischen Wirkungsgrad, kann die Mitverbrennung einen höheren Anteil CO<sub>2</sub> einsparen als z. B. die MVA.
- Die Mitverbrennung ersetzt in fast allen Anwendungsfällen den Energieträger Kohle. Hier dürfte die CO<sub>2</sub>-Einsparung besonders positiv auffallen. Im Bereich der reinen Energieerzeugung durch EBS-Kraftwerke ist zu beachten, welchen anderen Energieträger diese Anlagen verdrängen.
- EBS und SBS enthalten jeweils noch einen wesentlichen Anteil an biogenen Stoffen, die ebenfalls zur CO<sub>2</sub>-Einsparung beitragen.

### **11.4 Nutzung von Rohstoffen**

- Neben der energetischen Verwertung und damit der Rohstoffeinsparung fossiler Brennstoffe werden bei der SBS Erzeugung auch weitere Rohstoffe z. B. Eisen- und Nichteisenmetalle, teilweise sortenreine Kunststoffe durch Stoffstromtrennung verfügbar gemacht. Zudem erfolgt durch den Einsatz von SBS in Zementwerken auch eine stoffliche Nutzung, da die Asche als Rohmehlersatz im Zement verbleibt.
- Die Mitverbrennung trägt somit z. T. zur Sicherung der Nachhaltigkeitsstrategie der EU bei.

## Literaturverzeichnis

1. **ASA** Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung e.V., Auswertung Anlagenauslastung Bezugsjahr 2010, Ennigerloh, Juli 2010
2. **ASA** Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung e.V., MBA-Steckbriefe 2007/2008, Ennigerloh, Februar 2007
3. **ASA** Arbeitsgemeinschaft Stoffstromspezifische Abfallbehandlung e.V., MBA-Steckbriefe 2010/2011, Ennigerloh, Februar 2010
4. **BAV** Bundesverband Altholzaufbereiter und –verwerter e.V., Aussagen U. Schieferstein auf der BGS-Fachtagung 2009, Münster, November 2009
5. **BGS** Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V., Gütegesicherte Brennstoffmengen 2001 – 2009, Münster, Juli 2010
6. **Bilitewski, B.**, Ökologische Effekte der Müllverbrennung durch Energienutzung. Vortrag in Berlin, 06.11.2006.
7. **BIWA**, BZL, Born, Klimarelevanz und Energieeffizienz, Untersuchungen zur Klimarelevanz in den Abfallverbänden des Freistaates Sachsen, Freistaat Sachsen. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 31.03.2009
8. **Dehoust, G.**; Schüler, D.; Vogt, R.; Giegerich, Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. FKZ 3708 31 302. Im Auftrag von: UBA, BDE, BMU, Darmstadt, Heidelberg, Berlin, Januar 2010
9. **DESTATIS**, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Abfallbilanz 2006, Stand Mai 2010
10. **DESTATIS**, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Abfallbilanz 2007, Stand Mai 2010
11. **DESTATIS**, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Abfallentsorgung 2006, Fachserie 19, erschienen: Juli 2008
12. **DESTATIS**, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Abfallentsorgung 2007, Fachserie 19, erschienen: Juli 2009
13. **DESTATIS**, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, vorläufige Abfallbilanz 2008, Stand Mai 2010
14. **DSD**, Mengenstromnachweis und Umweltbilanz.<http://www.gruenerpunkt.de/de/unternehmensinfo/das-unternehmen/umweltbilanz.html>. Ausdruck vom 26.04.10
15. **Eckhardt, S.**; Schirmer, M.; Bilitewski, B.; Albers, H., Emissionshandelssystem – Ein wirtschaftlicher Anreiz für die Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen aus Restabfällen. In: Müll und Abfall KZ 1553, MuA Lfg.2/04

16. **EdDE**, Endberichtsentwurf – „Energieeffizienzsteigerung und CO<sub>2</sub>- Vermeidungspotenziale bei der Müllverbrennung – Technische und wirtschaftliche Bewertung“, 2010
17. **EEX** European Energy Exchange, Internetseite [www.eex.de](http://www.eex.de), Emissionsrechte Sportmarkt, 8. Juni 2010

18. **EPEA**, Ökologisches Leistungsprofil von Verfahren zur Behandlung von biogenen Reststoffen. Kompass für die Entscheidungsfindung vor dem Hintergrund der geplanten Überarbeitung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes. Im Auftrag und in Kooperation mit VHE – Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V., April 2008 überarbeitet Oktober 2008
19. **Fehrenbach, H.**, Ökobilanz MBA und Verbrennung, In: 7. ASA Abfalltage 13. – 15. Februar 2008, Hannover, S. 307 ff., (Veröffentlichung zur MUNLV Studie 2007, keine neuen CO<sub>2</sub>-Kennzahlen)
20. **Günther, E.**; Farkavcová, V; Hoppe, H.; Jacobi, R.; Scholz, F.; Umbach, F.; Wagner, B.; Warmuth, K., Entwicklung eines integrierten Managementsystems bei einem mittelständischen Unternehmen der Entsorgungswirtschaft, Verknüpfung von Umweltmanagement und Qualitätsmanagement unter besonderer Berücksichtigung der Transportprozesse in der Entsorgungsbranche, Dresdner Beiträge zur Lehre der Betrieblichen Umweltökonomie, ISSN: 1611-9185, 2004
21. **Heyde, M.**; Gerke, G.; Mühle, Werkstoffliche Verwertung von Verpackungsmaterialien aus der Getrenntsammlung Dualer Systeme, In: Müll und Abfall 1/10, S. 32 – 37, 2010
22. **IFEU**, Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung Deutschland, Endbericht, FKZ 205 33 312, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Heidelberg, November 2006
23. **IFEU**, Behandlungsalternativen für klimarelevante Stoffströme, Langfassung, Umweltbundesamt (Hrsg.), Fachgebiet III 3.3, Volker Weiss, Dessau-Roßlau, 2007
24. **IFEU**, Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz, Forschungsbericht 205 33 311 UBA-FB 001092, Umweltbundesamt Texte 16/08, ISSN: 1862-4804, 2007a
25. **Johnke, B.**; Butz, W.; Treder, M., Abfallverbrennung – ein Beitrag zum Klimaschutz in Deutschland, In: Optimierungspotential der Abfallverbrennung, , S. 137 – 153, 2004
26. **Ketelsen K.**, Energieeffizienz von Kombinationsverfahren mit MBA und deren Beitrag zum Klimaschutz, Internationale 8. ASA Abfalltage 2010 – MBA-Technologie – Schaltstelle für Stoffströme und Energieeffizienz, Congress Centrum Hannover, 24. – 26. Februar 2010
27. **KfW**, Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei Energievorhaben in der Finanziellen Zusammenarbeit (FZ), Diskussionsbeiträge 28 – CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten, Hrsg.: Auslandssekretariat , Frankfurt am Main, März 2001
28. **Kranert, M.**; Gottschall, R.; Bruns, C.; Hafner, G.; Schiere, O.; Seibel, C., Grünabfälle – besser kompostieren oder energetisch verwerten? – Vergleich unter den As-

- pekten der CO<sub>2</sub>-Bilanz und der Torfsubstitution – Im Auftrag der Entsorgungsgemeinschaft der deutschen Entsorgungswirtschaft (EdDE e. V.), Köln, 2007
29. **Lechtenböhrer, S.**; Nanning, S.; Hillebrand, B.; Buttermann, H.-G., Einsatz von Sekundärbrennstoffen, Umsetzung des Inventarplanes und nationale unabhängige Überprüfung der Emissionsinventare für Treibhausgase, Teilvorhaben 02, UBA-Texte 07/06, ISSN 1862-4804, Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau, März 2006
  30. **Leible, L.**, Kälber, S., Kappler, G.; Nieke, E; Fürniß, B., CO<sub>2</sub>-Minderungskosten verschiedener Biomassekonzepte, In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IV., 2009
  31. **Matthes, F. Chr.**, CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten. Konzept, Potentiale und Grenzen eines Instruments für politische Entscheidungen, Endbericht Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin, Öko-Institut, Berlin, Dezember, 1998
  32. **MUNLV**, NRW, Ökobilanz thermischer Entsorgungssysteme für brennbare Abfälle in Nordrhein-Westfalen, Kurzfassung. MUNLV (Hrsg.) Häfner & Jöst GmbH, Edingen-Neckarhausen, 2007
  33. **neovis** GmbH + Co. KG, Diverse Berechnungen und eigene Erhebungen, Münster, Juli 2010
  34. **NN**, Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland, Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. – Anhang –  
<http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/514588/publicationFile/24021/BiomasseaktionsplanNational-Anhang.pdf>
  35. **Prognos**, Der Abfallmarkt in Deutschland und Perspektiven bis 2020, 25. Februar 2008, im Auftrag des NABU e. V.
  36. **Prognos**, INFU, ifeu, Resource savings and CO<sub>2</sub> reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO<sub>2</sub> reduction target in 2020, im Auftrag von BDSV e. V., BRB, BRBS, BVSE, CEWEP, ERFO, ERTMA, FIR, MRF, tecpol, VA, Berlin, Oktober 2008
  37. **Prognos**, Vortrag H. Alwast auf der ITAD Jahrestagung 2007
  38. **Rethmann, L.**, Vortrag auf der BGS-Fachtagung in Münster, 11/2009
  39. **Schirmer, M.**, Einsparpotenziale und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei der energetischen Nutzung von Abfällen in MVAs. In: Müllhandbuch. Kennzahl: 9361. MuA Lfg. 6/07. Erich Schmidt Verlag
  40. **Schwillig, Th.**, Mehner, H.; Bruchmann, B.; Schulze, I., Abfallwirtschaftskonzept für Siedlungs- und Bauabfälle sowie Klärschlämme. Planungszeitraum bis 2020. Berlin Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin, 31. Juli 2009

41. **Sieck, M.;** Weiss, V., Dokumentation des Workshops Energie aus Abfall – Einbe-  
deutender Beitrag zum Klimaschutz, Nutzung der Potenziale in Deutschland und Eu-  
ropa. Umweltbundesamt, 06. – 07. November 2006
42. **Treder, M.,** Der Beitrag der deutsche Abfallverbrennungsanlagen zum Klimaschutz  
– Status quo (5/2009) und Perspektiven, In: Müllhandbuch. Kennzahl 9351. MuA  
Lfg. 3/09, Erich Schmidt Verlag
43. **trendresearch,** Vortrag D. Briese auf BGS-Fachtagung in Köln, 11/2008
44. **UBA,** Stellenwert der Abfallverbrennung in Deutschland, Dessau, Oktober 2008
45. **Umweltbundesamt,** Export von nicht notifizierungspflichtigen Abfällen nach Wa-  
rengruppen, Juni 2009
45. **Umweltbundesamt,** Grenzüberschreitende Verbringung von zustimmungspflichti-  
gen Abfällen – Zeitreihe Export nach Abfallarten ab Inkrafttreten des europäischen  
Abfallkataloges, Juni 2009
46. **vdz** Verein deutscher Zementwerke e.V., Umweltdaten der deutschen Zementin-  
dustrie 2008, Düsseldorf, August 2009
47. **Wagner, U.;** Geiger, B., Hardi, M.; Brückl, O., Roth, H. Tzscheuschler, P., CO<sub>2</sub>-  
Vermeidungskosten im Kraftwerksbereich, bei den erneuerbaren Energien sowie bei  
nachfrageseitigen Effizienzmaßnahmen, Energiewirtschaft und Anwendungstechnik.  
Lehrstuhl im Institut für Energietechnik, TU München, April 2004
48. **Wallmann, R.;** Fricke, K.; Hake, J., Energieeffizienz in der mechanisch-  
biologischen Restabfallbehandlung, In: 7. ASA-Abfalltage, 13. – 15. Februar 2008,  
Hannover,  
S. 385 ff