

## ANHANG

# Optimierung der Abfallwirtschaft in Hamburg unter dem besonderen Aspekt des Klimaschutzes

„Abfallwirtschaft und Klimaschutz“

Darmstadt, 29. September 2008

### Autoren:

Günter Dehoust - ÖI  
Dr. Doris Schüler - ÖI  
Daniel Bleher - ÖI  
Karin Süß - ÖI  
Stefan Seum - ÖI  
Dr. Martin Idelmann - IGW  
Thomas Turk – IGW  
Prof. Dr. Karl H. Wöbbeking – FH Mainz  
Prof. Dr. Volrad Wollny – FH Mainz  
Wolfgang Schaubruch – FH (IfU) Mainz

### Öko-Institut e.V.

#### Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 50 02 40  
79028 Freiburg, Deutschland

#### Hausadresse

Merzhauser Straße 173  
79100 Freiburg, Deutschland

Tel. +49 (0) 761 - 4 52 95-0

Fax +49 (0) 761 - 4 52 95-88

#### Büro Darmstadt

Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt, Deutschland

Tel. +49 (0) 6151 - 81 91-0

Fax +49 (0) 6151 - 81 91-33

#### Büro Berlin

Novalisstraße 10  
10115 Berlin, Deutschland

Tel. +49 (0) 30 - 28 04 86-80

Fax +49 (0) 30 - 28 04 86-88



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>1</b>
1.1	Modellparameter .....	1
1.2	Ökobilanzergebnisse zu den untersuchten Anlagen und Prozessen .....	19
1.3	Klimabilanzrechnung.....	23
1.4	Kostenbilanz.....	27
1.5	Sensitivitätsbetrachtung Papierverwertung - Schiffstransporte .....	29
1.6	Ergebnisse der Ökobilanz nach Kriterien.....	33

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1:	Dokumentation MVA Borsigstraße .....	1
Tabelle 1.2:	Dokumentation MVA Rugenberger Damm .....	2
Tabelle 1.3:	Dokumentation MVA Stapelfeld.....	3
Tabelle 1.4:	Dokumentation MVA Stellingner Moor .....	4
Tabelle 1.5:	Dokumentation Altholzverbrennung BMHKW Borsigstraße .....	6
Tabelle 1.6:	Dokumentation Sondermüllverbrennungsanlage (SVA).....	7
Tabelle 1.7:	Dokumentation zum Holzkraftwerk (bilanziert für 2012 und 2020).....	9
Tabelle 1.8:	Dokumentation Fermenter und Biogas-BHKW in 2012 und 2020 .....	10
Tabelle 1.9:	Dokumentation Biowerk (Jahr 2006) .....	11
Tabelle 1.10:	Dokumentation Bilanzierung Humusgutschrift (Strohverbrennung) .....	11
Tabelle 1.11:	Dokumentation Bilanzierung Kompostierung .....	12
Tabelle 1.12:	Dokumentation Bilanzierung Gärrest.....	13
Tabelle 1.13:	Dokumentation Bilanzierung Eisenverwertung.....	13
Tabelle 1.14:	Dokumentation Bilanzierung Aluminiumverwertung .....	13
Tabelle 1.15:	Dokumentation Bilanzierung Kupferverwertung .....	13
Tabelle 1.16:	Dokumentation Glasrecycling.....	14
Tabelle 1.17:	Dokumentation der Altpapierverwertung im Szenario „Wellenstoff“ .....	14
Tabelle 1.18:	Dokumentation der Altpapierverwertung der Fraktion „Deinkingware“ .....	14
Tabelle 1.19:	Dokumentation der Prozesse: Bauschutttaufbereitung, Bergversatz und MVA Aschen Aufbereitung .....	16
Tabelle 1.20:	Verwendete Datensätze zur Sachbilanz.....	17
Tabelle 1.21:	Ökobilanzergebnisse Verbrennungsanlagen <b>2006</b> .....	19
Tabelle 1.22:	Ökobilanzergebnisse Verbrennungsanlagen <b>2020</b> .....	20
Tabelle 1.23:	Ökobilanzergebnisse Bio- und Grünabfälle <b>2006-2020</b> .....	21
Tabelle 1.24:	Ökobilanzergebnisse aller weiteren Wertstoffe 2006-2020 .....	22
Tabelle 1.25:	Klimabilanz am Beispiel LVP SZ WST „2020 Trend“ .....	23
Tabelle 1.26:	Klimabilanz am Beispiel MVA gesamt .....	24
Tabelle 1.27:	Klimabilanz am Beispiel Bioabfall SZ Kompostierung „2020 Trend“ .....	25
Tabelle 1.28:	Klimabilanz am Beispiel Grünabfall „2020 Trend“ .....	26
Tabelle 1.29:	Kostenbilanz 2006.....	27
Tabelle 1.30:	Kostenbilanz 2012.....	27
Tabelle 1.31:	Kostenbilanz 2020 Trend.....	28

Tabelle 1.32:	Kostenbilanz 2020 optimiert .....	28
Tabelle 1.33:	Abschätzung der Auslastung von Container Schiffen .....	31
Tabelle 1.34:	Emissionsfaktoren für Container Schiffe (CO <sub>2</sub> Direkt).....	31
Tabelle 1.36:	Emissionsfaktoren für den Schiffstransport.....	32
Tabelle 1.36:	Ökobilanzergebnisse: Versauerung .....	33
Tabelle 1.37:	Ökobilanzergebnisse: Eutrophierung .....	33
Tabelle 1.38:	Ökobilanzergebnisse: Feinstaub.....	34

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Beispieldarstellung für die Ökobilanzrechnung einer MVA .....	5
Abbildung 1.2:	Dokumentation zur Sensitivitätsanalyse der VERA.....	8
Abbildung 1.3:	Beispieldarstellung für die Ökobilanzrechnung des LVP-Recyclings .....	15



## 1 ANHANG

### 1.1 Modellparameter

Tabelle 1.1: Dokumentation MVA Borsigstraße

<b>MVA Borsigstraße</b>		<b>Jahr 2006</b>	
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Abfallinput</b>			
Gesamtmenge (aus HH + Umland)	Mg	329.046	Angabe Vattenfall
Heizwert	kJ/kg	10.118	errechnet aus durchschnittlicher Hamburger Abfallzusammensetzung
<b>INPUT Betriebsmittel</b>			
Aktivkohle- und HOK-input	kg/Mg	0,890	Angabe Vattenfall
NH <sub>3</sub> -Input	kg/Mg	4,534	Angabe Vattenfall
Erdgas-Input	kWh/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Heizölinput	kWh/Mg	62,496	Angabe Vattenfall
Branntkalkinput	kg/Mg	1,772	Angabe Vattenfall
Sandinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Kalksteinmehlinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Stickstoffinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
NaOH-Input	kg/Mg	wird stöchiometrisch vom Programm errechnet	
Strombedarf	kWh/Mg	95,64	Angabe Vattenfall
<b>OUTPUT von Stoffströmen</b>			
Schlacke	kg/Mg	260,000	Angabe Vattenfall
Kessel- und Filterstaub	kg/Mg	26,331	Angabe Vattenfall
Salzsäure	kg/Mg	9,546	Angabe Vattenfall
Gips	kg/Mg	4,072	Angabe Vattenfall
<b>Wirkungsgrade Energieerzeugung</b>			
Strom, brutto	%	0,000	errechnet aus Bruttostromerzeugung und Energieinput des Abfalls
Fernwärme, netto	%	75,521	errechnet aus Fernwärmeauskopplung und Energieinput des Abfalls
<b>Luftemissionen</b>			
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	2,000	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]
Staub (gesamt)	mg/m <sup>3</sup>	0,700	Angabe Vattenfall
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,665	abgeschätzt mit 95% vom Gesamtstaub
HCl	mg/m <sup>3</sup>	0,300	Angabe Vattenfall
HF	mg/m <sup>3</sup>	0,000	Angabe Vattenfall
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	8,300	Angabe Vattenfall
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	101,000	Angabe Vattenfall
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,500	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]

Tabelle 1.2: Dokumentation MVA Rugenberger Damm

<b>MVA Rugenberger Damm</b>		<b>Jahr 2006</b>	
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Abfallinput</b>			
Gesamtmenge (aus HH + Umland)	Mg	322.891	Angabe Vattenfall
Heizwert	kJ/kg	10.118	errechnet aus durchschnittlicher Hamburger Abfallzusammensetzung
<b>INPUT Betriebsmittel</b>			
Aktivkohle- und HOK-input	kg/Mg	0,644	Angabe Vattenfall
NH <sub>3</sub> -Input	kg/Mg	2,948	Angabe Vattenfall
Erdgas-Input	kWh/Mg	292,489	Angabe Vattenfall
Heizölinput	kWh/Mg	3,354	Angabe Vattenfall
Branntkalkinput	kg/Mg	2,121	Angabe Vattenfall
Sandinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Kalksteinmehlinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Stickstoffinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
NaOH-Input	kg/Mg	wird stöchiometrisch vom Programm errechnet	
Strombedarf	kWh/Mg	0,00	Angabe Vattenfall
<b>OUTPUT von Stoffströmen</b>			
Schlacke	kg/Mg	240,638	Angabe Vattenfall
Kessel- und Filterstaub	kg/Mg	26,696	Angabe Vattenfall
Salzsäure	kg/Mg	13,051	Angabe Vattenfall
Gips	kg/Mg	4,085	Angabe Vattenfall
<b>Wirkungsgrade Energieerzeugung</b>			
Strom, brutto	%	5,337	Nettowirkungsgrad, errechnet nach Info-Blatt SRH
Fernwärme, netto	%	50,035	Nettowirkungsgrad, errechnet nach Info-Blatt SRH
<b>Luftemissionen</b>			
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	2,000	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]
Staub (gesamt)	mg/m <sup>3</sup>	0,900	Angabe Vattenfall
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,855	abgeschätzt mit 95% vom Gesamtstaub
HCl	mg/m <sup>3</sup>	0,900	Angabe Vattenfall
HF	mg/m <sup>3</sup>	0,060	Angabe Vattenfall
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	5,400	Angabe Vattenfall
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	78,000	Angabe Vattenfall
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,500	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]



Tabelle 1.3: Dokumentation MVA Stapelfeld

<b>MVA Stapelfeld</b>		<b>Jahr 2006</b>		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Bemerkung</b>	
<b>Abfallinput</b>				
Gesamtmenge (aus HH + Umland)	Mg	350.000	Info-Blatt SRH	
Heizwert	kJ/kg	10.118	errechnet aus durchschnittlicher Hamburger Abfallzusammensetzung	
<b>INPUT Betriebsmittel</b>				
Aktivkohle- und HOK-input	kg/Mg	3,800	Daten aus Befragung zu [Öko 2002]	
NH <sub>3</sub> -Input	kg/Mg	2,300	Daten aus Befragung zu [Öko 2002]	
Erdgas-Input	kWh/Mg	50,000	keine Daten; Annahme: 59 kWh/Mg	
Heizölinput	kWh/Mg	0,000		
Branntkalkinput	kg/Mg	2,600	Daten aus Befragung zu [Öko 2002]	
Sandinput	kg/Mg	0,000		
Kalksteinmehlinput	kg/Mg	0,000		
Stickstoffinput	kg/Mg	0,000		
NaOH-Input	kg/Mg		wird stöchiometrisch vom Programm errechnet	
Strombedarf	kWh/Mg		Von Bruttostromerzeugung abgezogen	
<b>OUTPUT von Stoffströmen</b>				
Schlacke	kg/Mg	260,000	eigene Schätzung, keine Daten	
Kessel- und Filterstaub	kg/Mg	34,000	Daten aus Befragung zu [Öko 2002]	
Salzsäure	kg/Mg	0,000		
Gips	kg/Mg	0,000		
<b>Wirkungsgrade Energieerzeugung</b>				
Strom, brutto	%	9,149	Wirkungsgrad ist Nettowirkungsgrad, Stromerzeugung nach Infoblatt SRH	
Fernwärme, netto	%	16,265	Wirkungsgrad ist Netto-Wirkungsgrad, Fernwärmeerzeugung nach Infoblatt SRH	
<b>Luftemissionen</b>				
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	2,000	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]	
Staub (gesamt)	mg/m <sup>3</sup>	0,600	Info-Blatt SRH	
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,570	abgeschätzt mit 95% vom Gesamtstaub	
HCl	mg/m <sup>3</sup>	1,000	Info-Blatt SRH	
HF	mg/m <sup>3</sup>	0,100	Info-Blatt SRH	
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	1,280	Info-Blatt SRH	
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	50,000	Info-Blatt SRH	
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,500	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]	

Tabelle 1.4: Dokumentation MVA Stelling Moor

<b>MVA Stelling Moor</b>		<b>Jahr 2006</b>	
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Abfallinput</b>			
Gesamtmenge (aus HH + Umland)	Mg	165.000	
Heizwert	kJ/kg	10.118	errechnet aus durchschnittlicher Hamburger Abfallzusammensetzung
<b>INPUT Betriebsmittel</b>			
Aktivkohle- und HOK-input	kg/Mg	5,010	Wert für durchschnittl. Deutsche MVA nach [Öko 2002]
NH <sub>3</sub> -Input	kg/Mg	4,600	Wert für durchschnittl. Deutsche MVA nach [Öko 2002]
Erdgas-Input	kWh/Mg	46,420	Angabe Betreiber; Umrechnungsfaktor für Erdgas: 11 kWh/m <sup>3</sup>
Heizölinput	kWh/Mg	0,000	Angabe Betreiber
Branntkalkinput	kg/Mg	0,000	Angabe Betreiber
Sandinput	kg/Mg	0,000	Angabe Betreiber
Kalksteinmehlinput	kg/Mg	4,916	Angabe Betreiber
Stickstoffinput	kg/Mg	15,592	Angabe Betreiber
NaOH-Input	kg/Mg		wird stöchiometrisch vom Programm errechnet
Strombedarf	kWh/Mg	1,02	Angabe Betreiber
<b>OUTPUT von Stoffströmen</b>			
Schlacke	kg/Mg	261,818	Angabe Betreiber
Kessel- und Filterstaub	kg/Mg	34,436	Angabe Betreiber
Salzsäure	kg/Mg	0,000	Angabe Betreiber
Gips	kg/Mg	0,000	Angabe Betreiber
<b>Wirkungsgrade Energieerzeugung</b>			
Strom, brutto	%	7,725	errechnet aus Bruttostromerzeugung und Energieinput des Abfalls
Fernwärme, netto	%	15,175	errechnet aus Fernwärmeauskopplung und Energieinput des Abfalls
<b>Luftemissionen</b>			
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	2,000	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]
Staub (gesamt)	mg/m <sup>3</sup>	1,300	Angabe Betreiber
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	1,235	abgeschätzt mit 95% vom Gesamtstaub
HCl	mg/m <sup>3</sup>	0,500	Angabe Betreiber
HF	mg/m <sup>3</sup>	0,050	Angabe Betreiber: < 0,1
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	1,700	Angabe Betreiber
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	81,000	Angabe Betreiber
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,500	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]

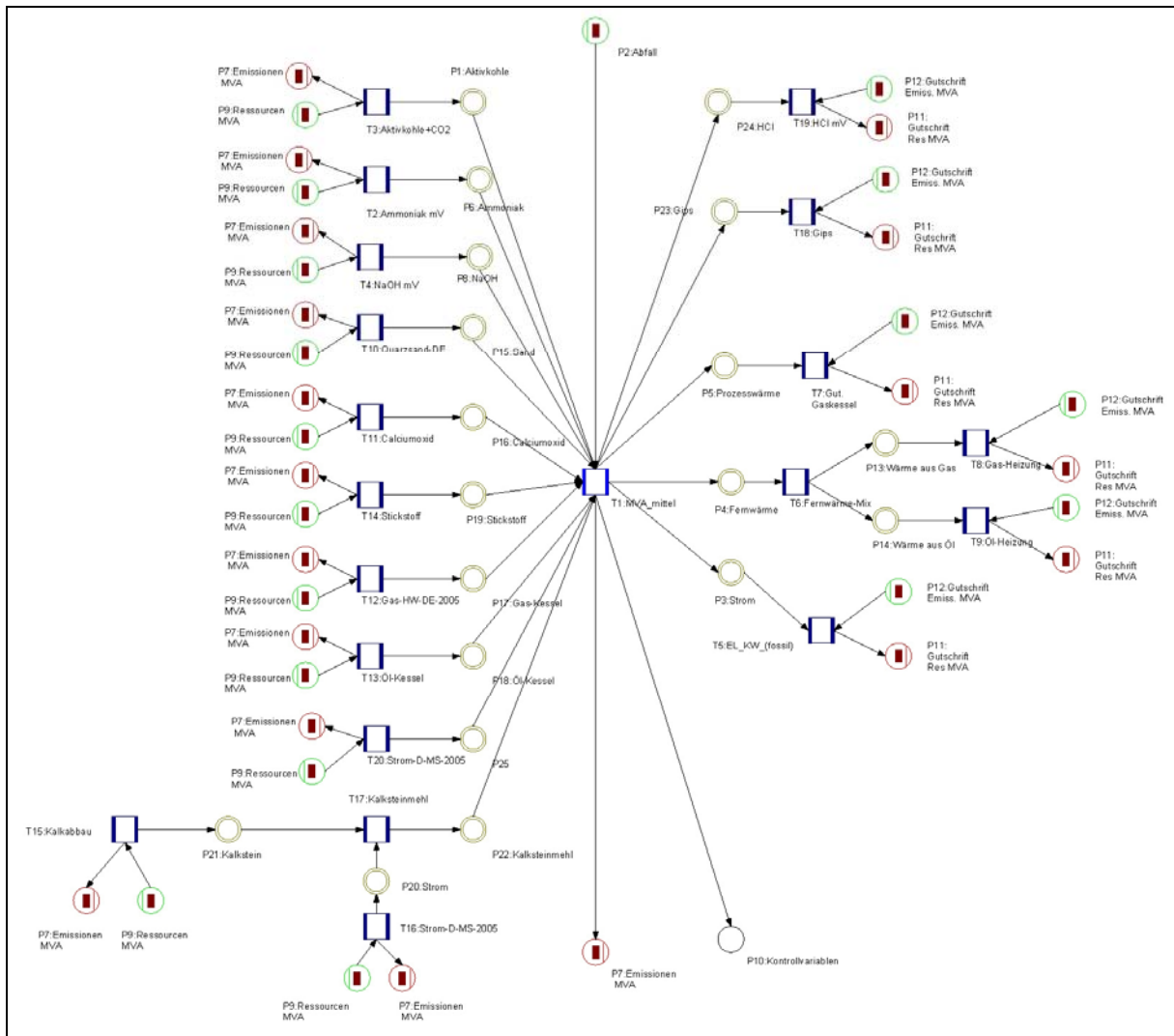


Abbildung 1.1: Beispieldarstellung für die Ökobilanzrechnung einer MVA

Tabelle 1.5: Dokumentation Altholzverbrennung BMHKW Borsigstraße

<b>BMHKW Borsigstr.</b>		<b>Jahr 2006</b>	
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Abfallinput</b>			
Gesamtmenge (aus HH + Umland)	Mg	145.091	Angabe Vattenfall
Heizwert	kJ/kg	14.549	Schätzung für durchschnittliche Altholzfraktion
<b>INPUT Betriebsmittel</b>			
Aktivkohle- und HOK-input	kg/Mg	3,563	Annahme: Kalkhydrat und Aktivkohlemischung besteht zu 50 % aus Aktivkohle
NH <sub>3</sub> -Input	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Erdgas-Input	kWh/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Heizölinput	kWh/Mg	54,276	Angabe Vattenfall
Branntkalkinput	kg/Mg	2,697	Annahme: Kalkhydrat und Aktivkohlemischung besteht zu 50 % aus Aktivkohle; Verhältnis CaO zu Ca(OH) <sub>2</sub> = 56 : 74
Sandinput	kg/Mg	18,768	Angabe Vattenfall
Kalksteinmehlinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Stickstoffinput	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
NaOH-Input	kg/Mg	wird stöchiometrisch vom Programm errechnet	
Strombedarf	kWh/Mg	83,78	Angabe Vattenfall
<b>OUTPUT von Stoffströmen</b>			
Schlacke	kg/Mg	62,382	Angabe Vattenfall
Kessel- und Filterstaub	kg/Mg	34,640	Angabe Vattenfall
Salzsäure	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
Gips	kg/Mg	0,000	Angabe Vattenfall
<b>Wirkungsgrade Energieerzeugung</b>			
Strom, brutto	%	26,263	errechnet aus Bruttostromerzeugung und Energieinput des Abfalls
Fernwärme, netto	%	0,000	Angabe Vattenfall
<b>Luftemissionen</b>			
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	2,000	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]
Staub (gesamt)	mg/m <sup>3</sup>	0,300	Angabe Vattenfall
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,285	Angabe Vattenfall
HCl	mg/m <sup>3</sup>	2,200	Angabe Vattenfall
HF	mg/m <sup>3</sup>	0,200	Angabe Vattenfall
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	2,100	Angabe Vattenfall
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	105,600	Angabe Vattenfall
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,500	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]

Tabelle 1.6: Dokumentation Sondermüllverbrennungsanlage (SVA)

<b>Sondermüllverbrennung SVA</b>		<b>Jahr 2006</b>	
Abfallinput			
Gesamtmenge	Mg	117.847	Sondermüll
Heizwert	kJ/kg	10.000	berechnet
<b>INPUT Betriebsmittel</b>			
Aktivkohle- und HOK-input	kg/Mg	3,7	Angabe AVG
NH <sub>3</sub> -Input	kg/Mg	1,6	Angabe AVG
Erdgas-Input	kWh/Mg	0,0	
Heizölinput	kWh/Mg	16,4	Angabe AVG
Branntkalkinput	kg/Mg	0,0	
Sandinput	kg/Mg	0,2	Angabe AVG
Kalksteinmehlinput	kg/Mg	5,6	Angabe AVG
Stickstoffinput	kg/Mg	20,0	Angabe AVG
NaOH-Input	kg/Mg	wird stöchiometrisch vom Programm errechnet	
<b>OUTPUT von Stoffströmen</b>			
Schlacke	kg/Mg	318,3	Angabe AVG
Fe (100%) in Schlacke	kg/Mg Abfall	30,9	Angabe AVG
Kessel- und Filterstaub	kg/Mg	33,6	Angabe AVG
Salzsäure	kg/Mg	0,2	Angabe AVG
Gips	kg/Mg	7,7	Angabe AVG
<b>Wirkungsgrade Energieerzeugung</b>			
Strom, brutto	%	0	
Fernwärme, netto	%	62,2	errechnet aus Bruttostromerzeugung und Energieinput des Abfalls
Prozesswärme, netto	%		
<b>Luftemissionen</b>			
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	2,00	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]
Staub (gesamt)	mg/m <sup>3</sup>	0,49	Angabe AVG
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,47	abgeschätzt mit 95% vom Gesamtstaub
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,61	Angabe AVG
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	99,28	Angabe AVG
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,50	Mittelwert für deutsche MVAs nach [Öko 2002]

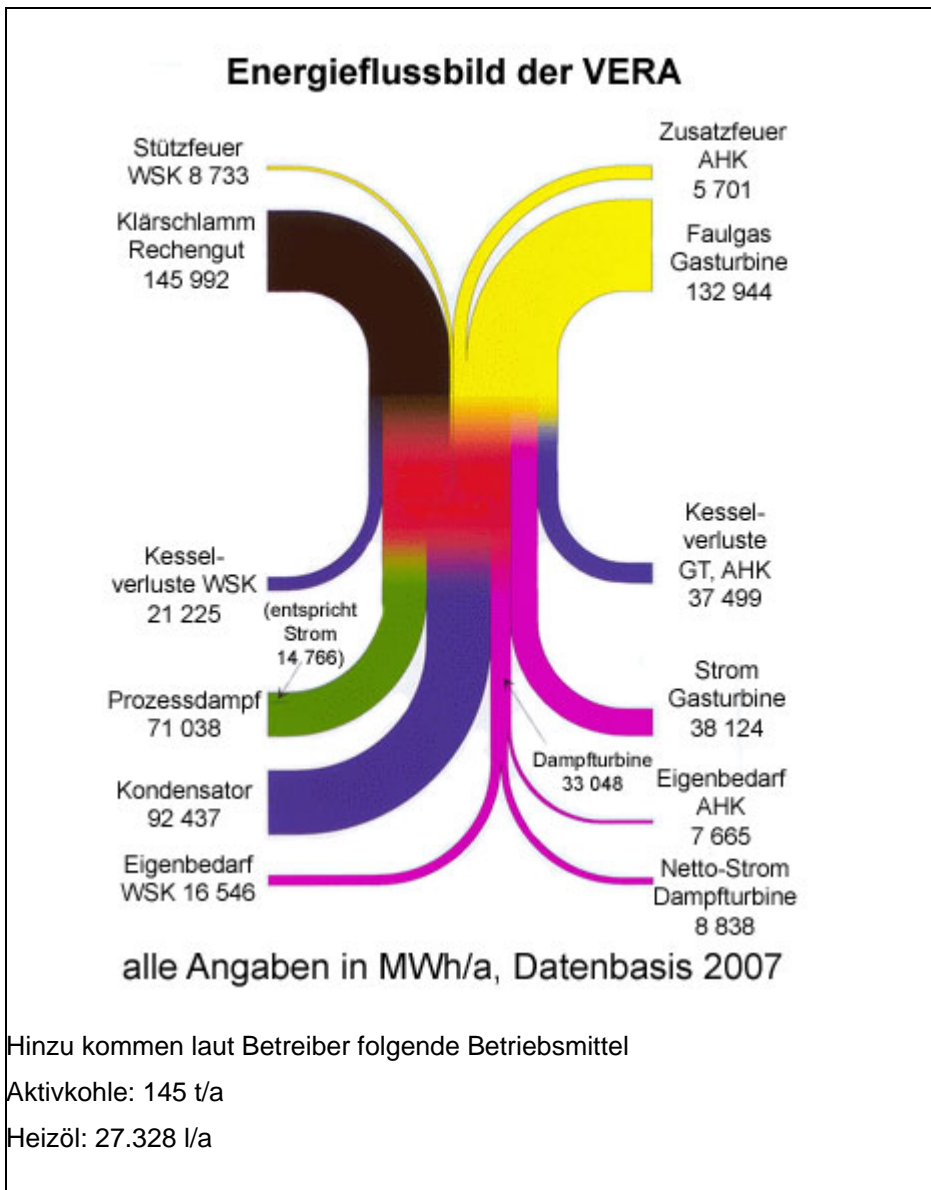


Abbildung 1.2: Dokumentation zur Sensitivitätsanalyse der VERA

Tabelle 1.7: Dokumentation zum Holzkraftwerk (bilanziert für 2012 und 2020)

<b>Dokumentation Holzheizkraftwerk (2012 und 2020)</b>		
<b>Heizwert Holz</b>	14.549	kJ/kg
<b>Wirkungsgrad elektrisch:</b>	31	%
<b>Wirkungsgrad thermisch:</b>	40	%
<b>Emissionen (Anlage)</b> (bezogen auf Input)		
SO <sub>2</sub>	1,518	kg/TJ In
NO <sub>x</sub>	48,218	kg/TJ In
HCl	0,405	kg/TJ In
HF	0,059	kg/TJ In
CO	26,788	kg/TJ In
NMVOG	5,358	kg/TJ In
NH <sub>3</sub>	2,679	kg/TJ In
CH <sub>4</sub>	1,072	kg/TJ In
N <sub>2</sub> O	0,804	kg/TJ In
Staub	1,111	kg/TJ In
PM <sub>10</sub>	1,056	kg/TJ In
<b>Betriebsmittel (Anlage):</b>		
Stahl	22,222	kg/TJ
Zement	370,370	kg/TJ
Aktivkohle	3,563	kg/Mg

entsprechend GEMIS 4.42:  
**Holz-Altholz-A1-4-KW-DT-**  
**2020**

Tabelle 1.8: Dokumentation Fermenter und Biogas-BHKW in 2012 und 2020

<b>Dokumentation Fermenter und Biogas-BHKW in 2012 und 2020</b>				
<b>Aufbereitung</b>				
Heizw. Bioabfall:	2.900			<u>Quelle:</u>
		kJ/kg		
<b>Fermenter</b>				
Wirkungsgrad	79	%		IGW
383 kg Gärrest bei 1000 kg Abfall				IGW
<b>Emissionen</b>				
SO <sub>2</sub>	2,341	kg/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2010
Staub	9,366	kg/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2010
PM <sub>10</sub>	8,898	kg/TJ		Annahme: 95 % von Gesamtstaub
CO	36,023	kg/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2010
NMVOC	8,646	kg/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2010
Methanschlupf	6,000	kg/TJ		IGW; entspricht 0,03% des Outputs
<b>Betriebsmittel</b>				
Strom	0,015	TJ/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2030; 2010
Warmwasser	0,074	TJ/TJ		IGW
<b>Infrastruktur</b>				
Stahl	21,368	kg/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2030; 2010
Zement	85,470	kg/TJ		GEMIS 4.42 Fermenter\Biomüllgas-zentral-2030; 2010
<b>Biogas-BHKW 2012 und 2020</b>				
Wirkungsgrad				
elektrisch:	37	%		Abschätzung für optimiertes BHKW
thermisch:	46	%		Abschätzung für optimiertes BHKW
<b>Emissionen (Anlage)</b> (bezogen auf Output)				
Staub	4,5E-09	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
PM <sub>10</sub>	4,275E-09	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
CO	0,0000001	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
NMVOC	3,2E-09	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
CH <sub>4</sub>	2,25E-09	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
SO <sub>2</sub>	3,354E-08	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
NO <sub>x</sub>	0,0000001	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto
N <sub>2</sub> O	1,8E-09	kg/kJ out		GEMIS 4.42 Biogas-Biomüll-BHKW-GM 500-2020/brutto



Tabelle 1.9: Dokumentation Biowerk (Jahr 2006)

<b>Dokumentation Biowerk-BHKW in 2006</b>		
<b><u>Fermenter</u></b>		
Modellierung nach Angaben von Biowerk		
Heizw. Bioabfall:	2.900	kJ/kg
Gärrest:	383	kg/ 1000 kg Bioabfall
<b><i>Betriebsmittel für 1 MJ Biogas Output</i></b>		
Strom	22	MJ
Wärme	100	MJ
		wird aus BHKW rückgekoppelt
<b><u>Biogas-BHKW</u></b>		
Wirkungsgrad		
Elektrisch:	30	% Annahme
Thermisch:	53	% Annahme

Tabelle 1.10: Dokumentation Bilanzierung Humusgutschrift (Strohverbrennung)

<b>Humusgutschrift</b>
<b><i>Humusgutschrift Bio-Abfall</i></b>
1000kg Bio-Abfall ergibt 383kg Kompost
entsprechend Humus C-Faktor werden 278kg Stroh ersetzt
Strohaufbereitungs- und Transportverluste 20%
222 kg Stroh werden zur Substitution von Steinkohle im Steinkohlekraftwerk eingesetzt.
Stroh auf Acker: Entzug Nährstoffe pro Tonne Bio-Abfall von 278 kg Stroh entspricht 5,8 kg CO <sub>2eq</sub>
ergibt 20,9 kg CO <sub>2eq</sub> pro Tonne Stroh durch Nährstoffentzug
<b><i>Humusgutschrift Grünabfall</i></b>
1000kg Grünabfall ergibt 700kg Kompost
entsprechend Humus C-Faktor werden 295 kg Stroh ersetzt
Strohaufbereitungs- und Transportverluste 20%
236 kg Stroh werden zur Substitution von Steinkohle im Steinkohlekraftwerk eingesetzt.
Stroh auf Acker: Nährstoffentzug pro Tonne Grünabfall von 295 kg entspricht 5,82 kg CO <sub>2eq</sub> .

Tabelle 1.11: Dokumentation Bilanzierung Kompostierung

<b>Dokumentation Kompostierung</b>		
<b><u>Kompostierung Bioabfall</u></b>		<u>Quelle:</u>
Anmerkung: TS-Gehalt = 37,3 %; oTS-Gehalt = 65 % der Trockenmasse; entspricht 24,25 % der FM; Umrechnungsfaktor oTS zu C = 1,72; entspricht 14,1 % Kohlenstoffgehalt in der Frischmasse (Anmerkung: C wird häufig nicht bestimmt. Empirischer Wert: Glühverlust / 1,72 = C-Gehalt)		
<b>Kompostmenge (FM): 383 kg/t Bioabfallinput</b>		IGW
Kompostnährstoffe in kg / t Kompost (FM): N 1,7; P 1,4; K 6,6; Mg 1,8; Ca 11,5		
<b>Humus-C-Einbindung: 69 kg CO<sub>2</sub>/t Kompost (FM)</b>		IGW
<b><i>Emissionen für 1.000 kg Bio-Abfall Input</i></b>		
CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Kompostierung: Außer Strom- und Dieserverbrauch werden alle CO <sub>2</sub> -Emissionen als regenerative-CO <sub>2</sub> -Emissionen betrachtet und nicht bilanziert! Für Humus-C-Einbindung werden Gutschriften vergeben.		
NMVOC	0,053 kg	IGW
Methanschlupf	0,280 kg	IGW
N <sub>2</sub> O	0,030 kg	IGW
NH <sub>3</sub>	0,001 kg	IGW
<b><i>Betriebsmittel für 1.000 kg Bio-Abfall Input</i></b>		
Strom Biofilter	136800 kJ	IGW
Strom sonstige	56520 kJ	IGW
Diesel	0,0004 m <sup>3</sup>	IGW
<b><u>Kompostierung Grüngut</u></b>		<u>Quelle:</u>
<b>Kompostmenge (FM): 700 kg/t Grüngutinput</b>		IGW
Kompostnährstoffe in kg / t Kompost (FM): N 1,7; P 1,4; K 6,6; Mg 1,8; Ca 11,5		
<b><i>Emissionen für 1.000 kg Grüngut Input</i></b>		
CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Kompostierung: Außer Strom- und Dieserverbrauch werden alle CO <sub>2</sub> -Emissionen als regenerative-CO <sub>2</sub> -Emissionen betrachtet und nicht bilanziert! Für Humus-C-Einbindung werden Gutschriften vergeben.		
NMVOC	0,053 kg	IGW
Methanschlupf	0,280 kg	IGW
N <sub>2</sub> O	0,030 kg	IGW
NH <sub>3</sub>	0,001 kg	IGW
<b><i>Betriebsmittel für 1.000 kg Grüngut Input</i></b>		
Strom	2052 kJ	IGW
Diesel	0,00571 m <sup>3</sup>	IGW

Tabelle 1.12: Dokumentation Bilanzierung Gärrest

<b>Dokumentation Gärreste</b>		
Annahme: 1000 kg Gärreste erbringen:		
		Quelle:
Dünger N	1,7 kg	IGW
Dünger Ca	11,5 kg	IGW
Dünger K	6,6 kg	IGW
Dünger P	1,4 kg	IGW
Dünger Mg	1,8 kg	IGW

Tabelle 1.13: Dokumentation Bilanzierung Eisenverwertung

<b>Aufwendungen:</b>	Aufbereitung von Altschrott zu Elektrostahl
Prozessinput:	1,11 t Eisenschrott pro t Elektrostahl; kein Primäreisenerz
Fe-Anteil im Schrott	Annahme: 95 %
Output:	1 t Elektrostahl
<b>Gutschrift:</b>	1 t Elektrostahl ersetzt 1 t Blasstahl
Input:	Pro t Blasstahl: 213 kg Eisenschrott
<b>Transporte:</b>	in den Datensätzen enthalten

Tabelle 1.14: Dokumentation Bilanzierung Aluminiumverwertung

<b>Aufwendungen:</b>	Aufbereitung von Altschrott zu Sekundäraluminium
Input:	1,03 t Aluminiumanteil im Schrott
Output:	1 t Sekundäraluminium
<b>Gutschrift:</b>	1 t Primäraluminium ersetzt 1 t Sekundäraluminium
Input:	0 % Alu-Schrott
<b>Transporte:</b>	in den Datensätzen enthalten

Tabelle 1.15: Dokumentation Bilanzierung Kupferverwertung

<b>Bilanzierungsansatz:</b>	Nach [RWTH-IME 1995] und ecoinvent (Datensätze Kupfer, primär, ab Raffinerie und Kupfer, sekundär, ab Raffinerie) liegen der Primärenergiebedarf bzw. die CO <sub>2</sub> -Äquivalente bei der Herstellung von Primär- und Sekundärkupfer in der gleichen Größenordnung. Aus diesem Grund werden für die Verwertung von kupferhaltigen Materialien lediglich die vorgelagerten Stufen Bergbau und Aufbereitung gutgeschrieben.
<b>Gutschrift:</b>	Kupfererzkonzentrat (Cu-Konzentration 30 %)
<b>Transporte:</b>	7.600 km Übersee

Tabelle 1.16: Dokumentation Glasrecycling

<b>Bilanzierungsansatz:</b>	Modelliert werden die vermiedenen Material- und Energieeinsätze durch Altglas im Vergleich zur Neuglasproduktion.
bilanziert nach:	RDC Environnement (2007)
<b>Aufwendungen:</b>	Scherbenaufbereitung
	Pro Tonne recyceltes Glas werden in der Glashütte eingespart: 669 kg Sand - 196 kg Soda - 254 kg Dolomit - 61 kg Feldspat
<b>Gutschrift:</b>	Energieeinsparung (thermisch) rund 1,12 GJ/t
<b>Transporte:</b>	LKW- sowie Bahntransporte enthalten

Tabelle 1.17: Dokumentation der Altpapierverwertung im Szenario „Wellenstoff“

<b>Aufwendungen:</b>	Herstellung von Wellenstoff aus Altpapier
bilanziert nach:	Herstellung von Wellenstoff nach [FEFCO 2006]
Input:	1,08 t Altpapier pro t Wellenstoff
Output:	1 t Wellenstoff
<b>Gutschrift:</b>	1 t Wellenstoff entspricht 1 t semichemical fluting
bilanziert nach:	Herstellung von semichemical fluting nach [FEFCO 2006]
Input:	Pro t semichemical fluting: 0,12 t Altpapier; 1,02 t Holz
<b>Holz mengen</b>	Differenz im Holzverbrauch bezogen auf 1.000 kg Altpapiereinsatz: 850 kg Holz

Tabelle 1.18: Dokumentation der Altpapierverwertung der Fraktion „Deinkingware“

<b>Aufwendungen:</b>	Aufbereitung von Altpapier und Frischfaser zu Zeitungspapier
bilanziert nach:	ecoinvent 2.01: Zeitungsdruckpapier, DIP-haltig, ab Werk, RER
Input:	750 kg Altpapier pro t Zeitungspapier
Output:	1 t Zeitungspapier
<b>Gutschrift:</b>	1 t Zeitungspapier, DIP-haltig ersetzt 1 t Zeitungspapier, 0% DIP
bilanziert nach:	ecoinvent 2.01: Zeitungsdruckpapier, 0% DIP, ab Werk, RER
Input:	Pro t Zeitungspapier: 0 kg Altpapier
<b>Holz mengen</b>	Bezogen auf 1.000 kg Altpapiereinsatz zur Zeitungspapier, DIP-haltig-Herstellung werden 1.333 kg Zeitungspapier hergestellt. Hierfür werden für das DIP-haltige Papier 990 kg Holz eingesetzt und für das Altpapier ohne DIP 2.391 kg. Differenz bezogen auf 1.000 kg Altpapier: 1.401 kg Holz (lufttrocken)

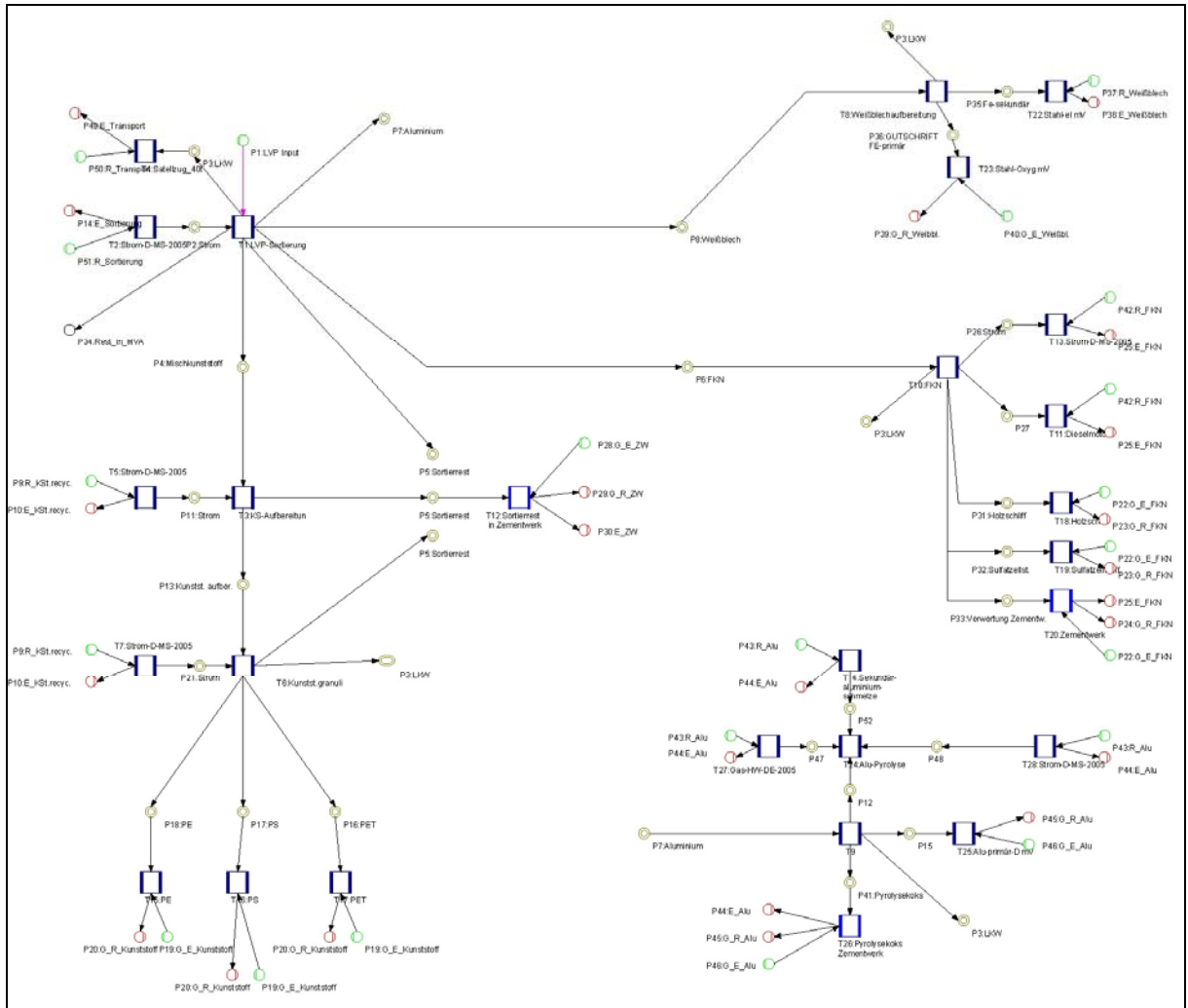


Abbildung 1.3: Beispieldarstellung für die Ökobilanzrechnung des LVP-Recyclings

Tabelle 1.19: Dokumentation der Prozesse: Bauschutttaufbereitung, Bergversatz und MVA Aschen Aufbereitung

<b>Bauschutttaufbereitung</b>	
Grundlage:	ecoinvent-report (ecoinvent 2.01)
Strombedarf 3,7 kWh/t	3,7 kWh/t
Dieselbedarf 2,95 MJ/t	2,95 MJ/t
PM <sub>10</sub> -Emissionen nach ecoinvent: Entsorgung, Gebäude, Backstein, in Sortieranlage (Rückbau + Aufbereitung) abzüglich Emissionen bei der Demontage: entspricht 6,7e-2 mg/t	
<b>Bergversatz</b>	
Dieselbedarf	0,978 l/t
Strombedarf	33,7 kWh/t
MgO-Bedarf	0,014 t/t
<b>MVA-Aschen-Aufbereitung</b>	
Grundlage:	ecoinvent-report (ecoinvent 2.01); eigene Abschätzungen
Magnetabscheider incl. NE-Stufe	5 kWh/t
Dieselbedarf:	0,35 l/t

Tabelle 1.20: Verwendete Datensätze zur Sachbilanz

	Bezeichnung	Datenbank	Datensatz
Energie-Gutschriften	Efossil 2005	GEMIS 4.42	EI-KW-Park-DE-2005 (nur fossil)
	Egesamt 2005	GEMIS 4.42	EI-KW-Park-DE-2005 (UBA)
	Efossil 2020	GEMIS 4.42	<b>Grundlage:</b> EL-KW-Park-DE-2020 (DG-TREN)
	Egesamt 2020	GEMIS 4.42	EL-KW-Park-DE-2020 (DG-TREN)
	Gas (45% Fernwärme)	GEMIS 4.42	Gas-Kessel-DE-2005
	Öl (45% Fernwärme)	GEMIS 4.42	Öl-Heizung-DE-2005
	Fernwärmeverluste:		10 %
Energieeinsatz	Strom	GEMIS 4.42	Netz-el-DE-Verteilung-MS-2005
	Strom	GEMIS 4.42	Netz-el-DE-Verteilung-NS-2005
	Öl	GEMIS 4.42	Öl-leicht-Kessel-DE-2005 (Endenergie)
	Gas	GEMIS 4.42	Gas-HW-mittel-DE-2005 (Endenergie)
Betriebsmittel	Dieselmotor	GEMIS 4.42	Dieselmotor-DE-Landwirtschaft-2005 (Endenergie)
	Stickstoff	GEMIS 4.42	Xtra-generisch\N <sub>2</sub> (gasförmig)
	Calciumoxid	GEMIS 4.42	Chem-Anorg\Ca(OH) <sub>2</sub>
	Quarzsand	GEMIS 4.42	Xtra-Abbau\Quarzsand-DE
	Kreide	GEMIS 4.42	Steine-Erden/CaCO <sub>3</sub> -Mehl
	Aktivkohle	GEMIS 4.42	Fabrik\Aktivkohle
	Kalkstein	GEMIS 4.42	Xtra-quarrying\dolomite
	Ammoniak	GEMIS 4.42	Chem-Anorg/Ammoniak
	NaOH	GEMIS 4.42	NaOH-mix-DE
	Gips (Gutschrift)	GEMIS 4.42	Steine-Erden\Gips
	HCl	APME	HCl-Herstellung nach APME-Daten von 2005
	Dieselmotor	GEMIS 4.42	Dieselmotor-DE-Landwirtschaft-2005 (Endenergie)
	Strom	GEMIS 4.42	Netz-el-DE-Verteilung-NS-2005
Düngemittel (Gutschriften)	N-Dünger	ecoinvent v2.01	Ammoniumnitrat
	P-Dünger	ecoinvent v2.01	Singlesuperphosphat, als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , ab Regionallager
	K-Dünger	ecoinvent v2.01	Kaliumchlorid, als K <sub>2</sub> O, ab Regionallager,
	Mg-Dünger	ecoinvent v2.01	Magnesiumoxid, ab Werk, RER
	Ca-Dünger	GEMIS 4.42	Steine/Erden/CaO-fein

**Fortsetzung von Tabelle 1.20**

<b>Glas</b>	<b>Scherbenaufbereitung</b>	Ökobilanz Getränke-verpackungen	Scherbenaufbereitung inkl. 100km Transport
	<b>Feldspat</b>	ecoinvent v2.01	Feldspat, ab Werk
	<b>Dolomit</b>	GEMIS 4.42	Dolomit
	<b>Sand</b>	GEMIS 4.42	Xtra/Abbau: Sand
	<b>Soda</b>	GEMIS 4.42	Chem-Anorg\Soda
<b>Sonstiges</b>	<b>Kies</b>	GEMIS 4.42	Xtra-Abbau\Kies-DE
	<b>Elektrostahl</b>	ecoinvent v2.01	ecoinvent 2.01: Elektrostahl, un- und niedriglegiert, ab Werk, RER
	<b>Blasstahl</b>	ecoinvent v2.01	ecoinvent 2.01: Blasstahl, niedriglegiert, ab Werk, RER
	<b>Sekundäraluminium</b>	ecoinvent v2.01	ecoinvent 2.01: Aluminium, sekundär, aus altem Schrott, ab werk, RER
	<b>Primäraluminium</b>	ecoinvent v2.01	ecoinvent 2.01: Aluminium, sekundär, ab Werk, RER
	<b>Kupfererz</b>	GEMIS 4.42	Xtra-Abbau\Kupfer-Erz(Konz.)-generisch
	<b>Überseeschifftransport</b>	GEMIS 4.42	Schiff-Güter-See (Massengutfrachter).
	<b>PE-Granulat</b>	ecoinvent v2.01	Polyethylen-granulat LDPE ab Werk
	<b>PS-Granulat</b>	ecoinvent v2.01	Polystyrol, Standard; GPPs ab Werk RER
	<b>PET-Granulat, amorph</b>	ecoinvent v2.01	Polyethylenterephthalat, Granulat; amorph, ab Werk
	<b>Steinkohle</b>	GEMIS 4.42	Kohle-mix-DE-Import-2000



## 1.2 Ökobilanzergebnisse zu den untersuchten Anlagen und Prozessen

Tabelle 1.21: Ökobilanzergebnisse Verbrennungsanlagen 2006

	GWP kg CO2 eq	KEA nicht erneuerbar kJ	Versauerung kg SO2 eq	Eutrophierung kg PO4 eq	Feinstaub kg
Belastung MVA Gesamt	429,99	1.100.728,86	0,35	0,07	0,52
Gutschrift MVA Gesamt	-548,18	-7.574.209,12	-0,66	-0,05	-0,59
Belastung MVA Restmüll	344,00	1.102.710,16	0,32	0,06	0,46
Gutschrift MVA Restmüll	-470,19	-6.502.813,99	-0,57	-0,04	-0,51
Belastung MVA Geschäftsmüll	335,87	1.102.710,16	0,33	0,06	0,49
Gutschrift MVA Geschäftsmüll	-505,05	-6.981.740,17	-0,61	-0,05	-0,55
Belastung MVA Gewerbeabfall (EBS)	851,29	1.094.454,77	0,48	0,10	0,72
Gutschrift MVA Gewerbeabfall (EBS)	-808,40	-11.148.819,04	-0,95	-0,07	-0,85
Belastung MVA Sperrmüll	80,50	1.100.728,86	0,45	0,09	0,67
Gutschrift MVA Sperrmüll	-781,93	-10.778.635,34	-0,92	-0,07	-0,82
Belastung MVA LVP Sortierreste (SBS)	1.043,54	1.094.124,56	0,56	0,11	0,84
Gutschrift MVA LVP Sortierreste (SBS)	-979,50	-13.499.085,13	-1,14	-0,09	-1,03
Belastung MVA Reste Str.kehr.aufb.	336,90	1.109.314,46	0,29	0,05	0,42
Gutschrift MVA Reste Str.kehr.aufb.	-431,04	-5.965.025,61	-0,52	-0,04	-0,47
Belastung MVA SZ Papier BT	92,68	1.101.719,51	0,40	0,08	0,60
Gutschrift MVA SZ Papier BT	-677,34	-9.348.406,15	-0,80	-0,06	-0,72
Belastung MVA SZ Bioabfall in RM	76,74	1.092.473,48	0,19	0,03	0,26
Gutschrift MVA SZ Bioabfall in RM	-167,32	-2.342.401,97	-0,23	-0,01	-0,20
Belastung MVA Kunststoff	2.538,20	1.080.420,62	0,97	0,21	1,49
Gutschrift MVA Kunststoff	-1.842,73	-25.367.182,55	-2,12	-0,17	-1,91
Belastung MVA VerpVerbund	689,57	1.146.793,90	0,51	0,10	0,77
Gutschrift MVA VerpVerbund	-903,13	-12.450.072,79	-1,06	-0,08	-0,95
Belastung MVA MatVerpackung	1.244,77	1.100.728,86	0,49	0,10	0,73
Gutschrift MVA MatVerpackung	-856,89	-11.814.836,56	-1,01	-0,08	-0,90
Belastung MVA Störstoffe	210,29	1.096.105,85	0,26	0,05	0,37
Gutschrift MVA Störstoffe	-355,96	-4.933.662,42	-0,44	-0,03	-0,39
Belastung MVA Egesamt	429,99	1.100.728,86	0,35	0,07	0,52
Gutschrift MVA Egesamt	-508,40	-7.495.194,07	-0,62	-0,05	-0,56
Belastung VERA	153.782,46	6.603.630,055,61	6,951,83	1,632,70	3.514.537,431,33
Gutschrift VERA	-58.514.634,42	-591.633.165.528,27	-61.439,81	-6.435,99	-62.434,95
Belastung Holzverbrennung BMHKW	11,24	163.735,97	0,46	0,11	0,69
Gutschrift Holzverbrennung BMHKW	-1.673,93	-19.140.729,99	-1,81	-0,17	-1,76
Belastung Papier in Zementwerk 2006-2020	12,68	0,00	0,00	0,00	0,00
Gutschrift Papier in Zementwerk 2006-2020	-1.363,38	-13.726.509,12	-1,18	-0,08	-1,04
Belastung BMHKW Grobfraktion Grünabfall	6,57	95.727,42	0,27	0,06	0,40
Gutschrift BMHKW Grobfraktion Grünabfall	-978,66	-11.190.531,95	-1,06	-0,10	-1,03
Belastung Altholzverbrennung Borsigstraße	90,14	1.147.749,42	0,54	0,12	0,84
Gutschrift Altholzverbrennung Borsigstraße	-1.004,14	-10.152.693,25	-1,05	-0,11	-1,07
Belastung Durchschnitt MVA 1990	429,99	1.100.728,86	0,35	0,07	0,52
Gutschrift Durchschnitt MVA 1990	-469,51	-5.815.942,52	-0,55	-0,05	-0,52
Belastung Durchschnitt MVA 1990_2	344,00	1.102.710,16	0,32	0,06	0,47
Gutschrift Durchschnitt MVA 1990_2	-454,54	-5.662.815,75	-0,54	-0,05	-0,50
Belastung Zementwerk SBS	959,52	0,00	0,00	0,00	0,00
Gutschrift Zementwerk SBS	-1.979,96	-19.934.296,61	-1,71	-0,11	-1,51
Belastung Zementwerk Mischkunststoff	2.445,94	0,00	0,00	0,00	0,00
Gutschrift Zementwerk Mischkunststoff	-3.740,70	-37.661.452,83	-3,23	-0,21	-2,85

Bezug: 1000kg Input (außer VERA, hier bezogen auf gesamten Input 2007)

Tabelle 1.22: Ökobilanzergebnisse Verbrennungsanlagen 2020

	GWP kg CO2 eq	KEA nicht erneuerbar kJ	Versauerung kg SO2 eq	Eutrophierung kg PO4 eq	Feinstaub kg
Belastung MVA Gesamt	397,35	607.775,22	0,32	0,06	0,48
Gutschrift MVA Gesamt	-705,86	-8.471.503,00	-0,79	-0,06	-0,81
Belastung MVA Restmüll	311,36	609.756,51	0,28	0,06	0,43
Gutschrift MVA Restmüll	-605,03	-7.270.150,66	-0,69	-0,05	-0,70
Belastung MVA Geschäftsmüll	303,23	609.783,67	0,29	0,06	0,45
Gutschrift MVA Geschäftsmüll	-650,10	-7.807.169,24	-0,73	-0,06	-0,75
Belastung MVA Gewerbeabfall (EBS)	818,65	601.501,12	0,44	0,09	0,68
Gutschrift MVA Gewerbeabfall (EBS)	-1.042,28	-12.479.703,01	-1,15	-0,09	-1,18
Belastung MVA Sperrmüll	47,86	607.775,22	0,41	0,09	0,63
Gutschrift MVA Sperrmüll	-1.008,46	-12.067.735,70	-1,11	-0,09	-1,14
Belastung MVA LVP Sortierreste (SBS)	1.010,90	601.170,91	0,52	0,11	0,80
Gutschrift MVA LVP Sortierreste (SBS)	-1.263,47	-15.115.049,75	-1,39	-0,11	-1,42
Belastung MVA Reste Str.kehr.aufb.	304,26	616.360,81	0,26	0,05	0,38
Gutschrift MVA Reste Str.kehr.aufb.	-554,42	-6.667.130,07	-0,63	-0,05	-0,64
Belastung MVA SZ Papier BT	60,04	608.765,86	0,36	0,08	0,56
Gutschrift MVA SZ Papier BT	-872,84	-10.460.905,12	-0,97	-0,08	-0,99
Belastung MVA SZ Bioabfall in RM	44,10	599.519,83	0,15	0,03	0,22
Gutschrift MVA SZ Bioabfall in RM	-213,48	-2.605.092,40	-0,27	-0,02	-0,27
Belastung MVA Kunststoff	2.505,56	587.466,97	0,93	0,20	1,45
Gutschrift MVA Kunststoff	-2.379,47	-28.411.500,94	-2,59	-0,21	-2,65
Belastung MVA VerpVerbund	656,93	653.840,25	0,48	0,10	0,73
Gutschrift MVA VerpVerbund	-1.164,74	-13.936.795,17	-1,29	-0,10	-1,31
Belastung MVA MatVerpackung	1.244,77	1.100.728,86	0,49	0,10	0,73
Gutschrift MVA MatVerpackung	-1.104,96	-13.226.506,58	-1,22	-0,10	-1,25
Belastung MVA Störstoffe	177,65	603.152,20	0,22	0,04	0,33
Gutschrift MVA Störstoffe	-457,35	-5.510.665,43	-0,53	-0,04	-0,53
Belastung VERA	153.782,46	6.603.630.055,61	6.951,83	1.632,70	3.514.537,43
Gutschrift VERA	-56.363.392,03	-546.185.631.705,01	-56.809,07	-5.131,86	-66.579,43
Belastung SVA 2006 = 2020	886,29	313.383,88	0,32	0,08	0,53
Gutschrift SVA 2006 = 2020	-528,66	-7.778.596,33	-0,64	-0,05	-0,56
Belastung Holzverbrennung BMHKW	11,24	163.735,97	0,46	0,11	0,69
Gutschrift Holzverbrennung BMHKW	-1.630,31	-18.219.074,90	-1,71	-0,15	-1,84
Belastung EBS - Kraftwerk	818,65	601.501,12	0,44	0,09	0,68
Gutschrift elektr. EBS - Kraftwerk	-1.026,59	-9.948.111,90	-1,03	-0,09	-1,21
Belastung EBS - Kraftwerk	462,29	6.776.248,57	0,53	0,04	0,47
Gutschrift Altholzverbrennung Borsigstraße:	90,14	1.147.749,42	0,54	0,12	0,84
Gutschrift Altholzverbrennung Borsigstraße:	-967,22	-9.372.792,97	-0,97	-0,09	-1,14
Belastung BMHKW Grobfraction Grünabfall	6,57	96.727,42	0,27	0,06	0,40
Gutschrift BMHKW Grobfraction Grünabfall	-953,15	-10.651.690,91	-1,00	-0,09	-1,08
Belastung BMHKW Grobfraction Grünabfall (7.900kg/kg)	6,11	88.907,43	0,25	0,06	0,38
Gutschrift BMHKW Grobfraction Grünabfall (7.900kg/kg)	-885,25	-9.892.823,68	-0,93	-0,08	-1,00

Bezug: 1000kg Input (außer VERA, hier bezogen auf gesamten Input 2007)

Tabelle 1.23: Ökobilanzergebnisse Bio- und Grünabfälle 2006-2020

	GWP kg CO2 eq	KEA nicht erneuerbar kJ	Versauerung kg SO2 eq	Eutrophierung kg PO4 eq	Feinstaub kg
Belastung	40,30	521.810,89	0,04	0,15	0,06
Gutschrift	-129,24	-2.243.398,32	-0,03	-0,01	-0,05
Belastung	8,71	115.338,00	0,08	0,15	0,12
Gutschrift	-233,12	-2.688.035,53	-0,25	-0,02	-0,24
Belastung	49,80	506.637,61	0,07	0,01	0,06
Gutschrift	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Belastung	37,91	297.379,40	0,18	0,04	0,26
Gutschrift	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Belastung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Netto-Gutschrift	-18,42	-158.634,80	-0,08	-0,01	-0,07
Belastung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gutschrift	-16,30	-121.482,04	-0,06	-0,01	-0,05
Belastung	5,80	82.440,39	0,04	0,01	0,04
Gutschrift	-339,41	-3.417.163,00	-0,29	-0,02	-0,26
Belastung	5,82	86.543,90	0,04	0,01	0,04
Gutschrift	-359,72	-3.621.683,02	-0,31	-0,02	-0,27
Belastung	40,20	500.569,03	0,04	0,00	0,06
Gutschrift	-151,17	-2.624.211,62	-0,03	-0,01	-0,05
Belastung	7,44	94.992,70	0,11	0,01	0,16
Gutschrift	-299,67	-3.285.837,08	-0,31	-0,02	-0,34
Belastung	5,95	75.994,16	0,09	0,01	0,13
Gutschrift	-239,74	-2.628.669,66	-0,25	-0,02	-0,27
Bezug: 1000kg Input					

Tabelle 1.24: Ökobilanzergebnisse aller weiteren Wertstoffe 2006-2020

	GWP	KEA nicht erneuerbar	Versauerung	Eutrophierung	Feinstaub
	kg CO2 eq	kJ	kg SO2 eq	kg PO4 eq	kg
Belastung	405,75	7.171.591,55	2,49	0,14	1,93
Gutschrift	-9.713,10	-155.679.262,60	-54,70	-4,84	-49,28
Belastung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Netto-Gutschrift	-2.105,60	-22.590.105,66	-21,75	-1,98	-21,61
Belastung	338,18	6.867.974,74	1,59	0,24	1,79
Gutschrift	-1.283,65	-18.437.367,51	-4,56	-1,03	-7,37
Belastung	899,63	20.663.081,26	3,77	0,30	3,90
Gutschrift	-3.995,54	-76.044.068,74	-23,45	-1,33	-33,19
Belastung	122,63	1.810.677,57	0,15	0,02	0,15
Netto-Gutschrift	-370,67	-15.625.164,50	-1,76	-0,19	-1,42
Netto-Gutschrift	-45,39	-1.388.656,21	-0,27	-0,05	-0,27
Netto-Gutschrift	-195,04	-5.856.917,23	-0,50	-0,03	-0,44
Netto-Gutschrift	-294,05	-2.599.329,77	-1,71	-0,06	-1,70
Netto-Gutschrift	-4,54				
Netto-Gutschrift	-135,87	-1.342.547,94	-0,50	-0,04	-0,64
Netto-Gutschrift	-413,91	-17.610.536,20	-1,97	-0,21	-1,59
Netto-Gutschrift	-62,99	-1.926.760,49	-0,38	-0,07	-0,37
Netto-Gutschrift	-187,12	-5.619.061,27	-0,48	-0,03	-0,42
Netto-Gutschrift	-134,42	-1.188.265,04	-0,78	-0,03	-0,78
Netto-Gutschrift	-100,62	-994.211,18	-0,37	-0,03	-0,48
Netto-Gutschrift	-329,73	-13.979.743,86	-1,57	-0,18	-1,27
Netto-Gutschrift	-255,05	-7.658.815,33	-0,66	-0,04	-0,58
Belastung	482,31	7.460.672,70	0,91	0,36	0,57
Gutschrift	-837,42	-19.116,67	-3,85	-0,70	-2,31
Gutschrift					
Belastung	732,95	11.581.567,90	1,26	0,38	1,36
Gutschrift	-886,94	-10.185.920,98	-4,08	-0,74	-2,45
Gutschrift					
Belastung	2,50	36.572,71	0,0044	0,0006	0,0725
Belastung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gutschrift	-11,16	-156.248,81	-0,05	-0,01	-0,07
Belastung	4,70	61.643,97	0,03	0,007	0,051
Belastung	39,43	401.593,79	0,0044	0,009	0,121
Belastung	4,02	57.795,92	0,01	0,002	0,01
Belastung	65,56	1.039.695,23	0,32	0,07	0,50
Belastung	65,14	962.516,30	0,29	0,06	0,45
Belastung	20,28	241.000,00	0,11	0,02	0,13
Gutschrift	-339,21	-4.139.344,32	-0,83	-0,08	-0,84
Belastung	928,00				
Belastung	25,00				
Belastung	55,09	565.627,78	0,17	0,03	0,21
Belastung	1.354,50	25.437.114,80	6,86	0,71	5,45
Gutschrift	-1.752,03	-35.745.751,98	-9,59	-0,92	-7,81
Gutschrift					
Netto-Gutschrift	-1.770,42	-22.324.764,87	-8,95	-0,58	-9,58
Netto-Gutschrift	-1.847,78	-22.575.934,32	-8,97	-0,58	-9,59
Netto-Gutschrift	-1.328,71	-21.411.046,62	-8,20	-0,52	-8,81

Bezug: 1000kg Input

### 1.3 Klimabilanzrechnung

Tabelle 1.25: Klimabilanz am Beispiel LVP SZ WST „2020 Trend“

LVP Szenario Wertstofftonne "2020Trend" Differenzmenge zu 2006	Menge t/a	GWP ges t CO2/a	KEA nicht erneuerbar MJ/a	Versauerung t SO2 eq/a	Eutrophierung t PO4 eq/a	Feinstaub t/a
<b>Menge gesamt (Bezugsmenge)</b>	<b>20.000,00</b>					
SML WST getrennt	20.000,0	521,6	6.761.074,5	2,1	0,3	2,7
TSP Eisen zur Eisenhütte (100 km)	2.226,8	19,6	253.479,8	0,1	0,0	0,1
TSP zur Al-(Cr-Stahl)Verwertung (100 km)	698,4	6,1	79.497,5	0,0	0,0	0,0
TSP Elektrokleingeräte aus WST-Sortierung (100 km)	909,1	8,0	103.482,6	0,0	0,0	0,0
TSP FKN (WST) 100 km	1.602,3	14,1	182.394,1	0,1	0,0	0,1
TSP Kunststoffe zur Verwertung (LVP - Kunststoffe) 100 km	4.484,7	39,4	510.501,5	0,2	0,0	0,2
TSP SBS + Kunststoffe ins Zementwerk (WST) 200 km	3.099,6	54,4	705.668,8	0,2	0,0	0,3
TSP LVP (WST) Sortierreste (zur MVA) 10 km	6.979,1	14,8	192.305,0	0,1	0,0	0,1
ABA Sortierung (WST)	20.000,0	2.452,5	36.213.551,4	2,9	0,3	3,0
BEH MKS (aus LVP) für Kohle - Zementwerk	3.099,6	7.581,5	0,0	0,0	0,0	0,0
GTS FKN - Recycling (LVP/WST)	20.000,0	-1.259,7	-38.535.209,8	-7,6	-1,4	-7,5
GTS Alu aus LVP - Netto Alurecycling Bezug Alumenge	20.000,0	-2.688,4	-23.765.300,8	-15,6	-0,6	-15,6
GTS Weißblech (aus LVP)	20.000,0	-2.012,4	-19.884.223,5	-7,5	-0,6	-9,5
GTS Kunststoffe aus WST - Nettogutschrift Ersatz Primärgranulat (KS Verteilung ATUS)	20.000,0	-7.413,4	-312.503.289,9	-35,2	-3,8	-28,4
GTS E-Kleinger-Recycling Netto (WST)	909,1	-2.366,0	-44.649,6	-18,6	-1,2	-20,0
GTS Netto LVP-Sortierreste - Durchschnitts MVA SBS inkl. Verwertung Schlacke, Metal	6.979,1	-1.763,1	-101.329.338,5	-6,1	0,0	-4,4
GTS MKS (aus LVP) für Kohle - Zementwerk	3.099,6	-11.594,8	-116.736.854,7	-10,0	-0,7	-8,8
<b>Ergebnis</b>	<b>20.000,0</b>	<b>-18.385,7</b>	<b>-567.796.911,6</b>	<b>-94,9</b>	<b>-7,6</b>	<b>-87,6</b>
Sammlung	20.000,0	521,6	6.761.074,5	2,1	0,3	2,7
Transporte	20.000,1	156,4	2.027.329,2	0,6	0,1	0,8
Aufbereitung/Sortierung	20.000,0	2.452,5	36.213.551,4	2,9	0,3	3,0
Gutschriften aus Materialrecycling	87.888,2	-17.502,9	-496.062.012,1	-90,6	-7,7	-85,3
Zementwerk/SBS	6.199,3	-4.013,3	-116.736.854,7	-10,0	-0,7	-8,8
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-18.385,7</b>	<b>-567.796.911,6</b>	<b>-94,9</b>	<b>-7,6</b>	<b>-87,6</b>
Sammlung		26,1	338.053,7	0,1	0,0	0,1
Transporte		7,8	101.366,5	0,0	0,0	0,0
Aufbereitung/Sortierung		122,6	1.810.677,6	0,1	0,0	0,2
Gutschriften aus Materialrecycling		-875,1	-24.803.100,6	-4,5	-0,4	-4,3
Zementwerk/SBS		-200,7	-5.836.842,7	-0,5	0,0	-0,4
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-919,3</b>	<b>-28.389.845,6</b>	<b>-4,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>-4,4</b>

Tabelle 1.26: Klimabilanz am Beispiel MVA gesamt

MVA Gesamt	Menge t/a	GWP ges t CO2/a	EA nicht erneuerb: MJ/a	Versauerung t SO2 eq/a	Eutrophierung t PO4 eq/a	Feinstaub t/a
<b>Menge gesamt (Bezugsmenge)</b>	<b>707.375,00</b>					
SML RM (HM und GM - MVA)	535.600,0	9.777,3	79.264.152,3	25,0	3,9	32,2
SML Spermüll	41.350,0	1.373,3	17.802.624,2	5,6	0,9	7,2
SML Gewerbeabfälle	63.425,0	766,0	9.929.703,8	3,1	0,5	4,0
SML Baustellenabfälle	52.000,0	628,0	8.141.026,4	2,6	0,4	3,3
TSP Reste STRKEHR aus ABA (zur MVA) 10 km	15.000,0	31,9	413.313,6	0,1	0,0	0,2
TSP Spermüll von ABA zur MVA/Altholz (10 km)	34.250,0	72,8	943.732,8	0,3	0,0	0,4
TSP Gewerbeabfälle von ABA zur MVA/Altholz (10 km)	8.125,0	17,3	223.878,2	0,1	0,0	0,1
TSP Reste Bauabfallsortierung (MVA) 10 km	52.000,0	110,5	1.432.820,6	0,5	0,1	0,6
TSP SchlABke zur Verwertung (aus MVA) 20 km	183.977,2	607,1	7.869.429,9	2,5	0,4	3,2
TSP Eisen zur Eisenhütte (100 km)	16.253,8	142,7	1.850.183,6	0,6	0,1	0,8
TSP zur Al-(Cr-Stahl)Verwertung (100 km)	1.385,3	12,2	157.690,0	0,0	0,0	0,1
TSP Kupfer zur Hütte (10 km)	173,0	0,4	4.767,6	0,0	0,0	0,0
TSP Filterstaub zum Bergversatz (aus MVA) (365 km)	20.420,0	654,5	8.484.166,9	2,7	0,4	3,4
ABA Spermüll	34.250,0	840,0	12.403.141,4	1,0	0,1	1,0
ABA Gewerbeabfall (MVA)	8.125,0	249,1	3.677.938,8	0,3	0,0	0,3
ABA Schlacke (MVA)	199.132,6	800,4	11.509.051,3	2,1	0,4	3,0
ABA Baustellenabfallsortierung	52.000,0	1.275,3	18.831.046,7	1,5	0,2	1,6
Bergversatz Filterstaub (MVA)	20.420,0	805,1	8.200.556,5	0,1	0,2	2,5
Emissionen MVA Gesamt HH Durchschnitt	707.375,0	281.073,2	429.924.993,1	224,5	45,7	341,2
Kiesgutschrift (MVA, Bauschuttrecycling)	181.234,7	-2.022,9	-28.317.713,1	-8,3	-1,6	-12,3
GTS Eisen - Ersatz Primärproduktion Netto	14.751,4	-18.935,7	-271.977.126,1	-67,3	-15,1	-108,7
GTS Aluminium - Ersatz Primärproduktion Netto	979,3	-9.512,5	-152.463.526,2	-53,6	-4,7	-48,3
GTS Kupfer - Ersatz Primärproduktion Netto	137,1	-288,7	-3.097.449,4	-3,0	-0,3	-3,0
GTS Edelstahlrecycling aus MVA Chromstahl Netto	181,3	-561,2	-10.038.600,3	-3,6	-0,2	-5,3
Aufwand Eisen - Produktion aus Alteisen	14.751,4	4.988,6	101.312.350,8	23,5	3,6	26,4
Aufwand Aluminium - Produktion aus Altaluminium	979,3	397,4	7.023.454,0	2,4	0,1	1,9
Gutschrift E+G+HCl MVA Durchschnitts	707.375,0	-499.310,2	-5.992.529.434,8	-562,0	-44,0	-571,9
<b>Ergebnis</b>	<b>707.375,0</b>	<b>-226.008,0</b>	<b>-5.729.023.827,2</b>	<b>-399,2</b>	<b>-8,9</b>	<b>-316,2</b>
Sammlung		12.544,7	115.137.506,7	36,3	5,6	46,7
Transporte		1.649,3	21.379.983,3	6,7	1,0	8,7
Aufbereitung/Sortierung		3.164,8	46.421.178,2	4,9	0,7	5,9
Emissionen aus Verbrennung		281.073,2	429.924.993,1	224,5	45,7	341,2
Gutschriften Energie		-499.310,2	-5.992.529.434,8	-562,0	-44,0	-571,9
Gutschriften aus Materialrecycling		-25.934,9	-357.558.610,3	-109,8	-18,2	-149,2
Ablagerungen		805,1	8.200.556,5	0,1	0,2	2,5
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-226.008,0</b>	<b>-5.729.023.827,2</b>	<b>-399,2</b>	<b>-8,9</b>	<b>-316,2</b>
	<b>kg CO2/t Input</b>	<b>kJ /t Input</b>	<b>kg SO2/t Input</b>	<b>kg PO4/t Input</b>	<b>kg /t Input</b>	
Sammlung	17,7	162.767,3	0,1	0,0	0,1	
Transporte	2,3	30.224,4	0,0	0,0	0,0	
Aufbereitung/Sortierung	4,5	65.624,6	0,0	0,0	0,0	
Emissionen aus Verbrennung	397,3	607.775,2	0,3	0,1	0,5	
Gutschriften Energie	-705,9	-8.471.503,0	-0,8	-0,1	-0,8	
Gutschriften aus Materialrecycling	-36,7	-505.472,5	-0,2	0,0	-0,2	
Ablagerungen	1,1	11.592,9	0,0	0,0	0,0	
<b>Kontrolle Ergebnis</b>	<b>-319,5</b>	<b>-8.098.991,1</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>-0,4</b>	

Tabelle 1.27: Klimabilanz am Beispiel Bioabfall SZ Kompostierung „2020 Trend“

SZ Bioabfall Kompostierung "Trend"2020	Menge t/a	GWP ges t CO2/a	KEA nicht erneuerbar MJ/a	Versauerung t SO2 eq/a	Eutrophierung t PO4 eq/a	Feinstaub t/a
<b>Menge gesamt (Bezugsmenge)</b>	<b>34.000,00</b>					
SML HM Bioabfall, geredemte Sammlung	34.000,00	667,70	8.655.372,23	2,73	0,42	3,51
TSP Kompost (Bioabfall, Grüngut) 25 km	13.022,00	53,71	696.252,75	0,22	0,03	0,28
BEH Bioabfall - Vergärung (BHKW) 2012-2020	34.000,00	252,89	3.229.751,66	3,72	0,45	5,34
GTS Bioabfall - Düngegutschrift	34.000,00	-626,11	-5.393.583,36	-2,74	-0,45	-2,46
GTS Bioabfall - Nettogutschrift Strohvorbrennung Bioabfall	34.000,00	-11.342,71	-113.380.568,88	-8,57	-0,45	-7,55
GTS Bioabfall - Vergärung (BHKW) 2012-2020	34.000,00	-7.646,30	-94.169.331,75	-8,20	-0,70	-8,19
<b>Ergebnis</b>		<b>-18.640,81</b>	<b>-200.362.107,35</b>	<b>-12,85</b>	<b>-0,70</b>	<b>-9,06</b>
Sammlung	34.000,00	667,70	8.655.372,23	2,73	0,42	3,51
Transporte	13.022,00	53,71	696.252,75	0,22	0,03	0,28
Emissionen aus Behandlung Bioabfälle	34.000,00	252,89	3.229.751,66	3,72	0,45	5,34
Gutschrift Biogasnutzung	34.000,00	-7.646,30	-94.169.331,75	-8,20	-0,70	-8,19
Gutschrift Verwertung Kompost	34.000,00	-626,11	-5.393.583,36	-2,74	-0,45	-2,46
Strohvorbrennung (Humusgutschrift) Kohlekraftwerk	34.000,00	-11.342,71	-113.380.568,88	-8,57	-0,45	-7,55
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-18.640,81</b>	<b>-200.362.107,35</b>	<b>-12,85</b>	<b>-0,70</b>	<b>-9,06</b>
Sammlung		kg CO2/t Input	kJ/t Input	kg SO2/t Input	kg PO4/t Input	kg/t Input
Transporte	19,64	254.569,77	0,08	0,01	0,10	0,01
Emissionen aus Behandlung Bioabfälle	1,58	20.478,02	0,01	0,00	0,01	0,01
Gutschrift Biogasnutzung	7,44	94.992,70	0,11	0,01	0,16	0,16
Gutschrift Verwertung Kompost	-224,89	-2.769.686,23	-0,24	-0,02	-0,24	-0,24
Strohvorbrennung (Humusgutschrift) Kohlekraftwerk	-18,42	-158.634,80	-0,08	-0,01	-0,07	-0,07
	-333,61	-3.334.722,61	-0,25	-0,01	-0,22	-0,22
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-548,26</b>	<b>-5.893.003,16</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,27</b>

Tabelle 1.28: Klimabilanz am Beispiel Grünabfall „2020 Trend“

Grüngut "2020Trend"	Menge t/a	GWP ges t CO2/a	KEA nicht erneuerbar MJ/a	Versauerung t SO2 eq/a	Eutrophierung t PO4 eq/a	Feinstaub t/a
<b>Menge gesamt (Bezugsmenge)</b>	43.000,00					
SML Papier HM Ist und Gewerbe						
SML HM Bioabfall, gereinigte Sammlung	21.500,00	422,22	5.473.250,09	1,73	0,27	2,22
TSP Grünabfälle zur Behandlung (Verg., Komp., Altholzverb) 10 km	32.250,00	68,55	888.624,34	0,28	0,04	0,36
TSP Aschen aus Altholzverbrennung (35 km)	6.450,00	37,25	482.810,81	0,15	0,02	0,20
TSP Kompost (Bioabfall, Grüngut) 25 km	18.382,50	75,82	982.864,86	0,22	0,05	0,40
ABL Deponie Filterstaub+Aschen (Altholz)	6.450,00	30,28	397.603,59	0,22	0,05	0,33
BEH Grünabfall - Kompostierung	43.000,00	1.630,33	12.787.314,14	7,80	1,61	11,31
BEH Grünabfallvergärung BHKW 2012-2020	10.750,00	63,97	816.937,18	0,94	0,11	1,35
BEH Grünabfall grob - Verbrennung (BMHKW)	10.750,00	70,66	1.029.069,74	2,86	0,67	4,35
GTS Grünabfall - Düngegutschrift	25.800,00	-420,45	-3.134.236,57	-1,44	-0,24	-1,36
GTS Grünabfall - Nettogutschrift Strohverbrennung	25.800,00	-9.130,60	-91.206.589,28	-6,91	-0,37	-6,10
GTS Grünabfall - Vergärung (BHKW) 2020	10.750,00	-1.934,06	-23.819.301,56	-2,07	-0,18	-2,07
GST Verbr. Grünschnitt Grob(BMKW)	10.750,00	-10.246,38	-114.505.677,33	-10,76	-0,92	-11,57
<b>Ergebnis</b>		<b>-19.332,40</b>	<b>-209.807.329,97</b>	<b>-6,89</b>	<b>1,11</b>	<b>-0,58</b>
Sammlung	21.500,00	422,22	5.473.250,09	1,73	0,27	2,22
Transporte	57.082,50	181,62	2.364.300,01	0,74	0,11	0,96
Emissionen aus Behandlung Bioabfälle	53.750,00	1.694,30	13.604.251,33	8,74	1,72	12,66
Gutschrift Biogasnutzung	10.750,00	-1.934,06	-23.819.301,56	-2,07	-0,18	-2,07
Gutschrift Verwertung Kompost	25.800,00	-420,45	-3.134.236,57	-1,44	-0,24	-1,36
Strohverbrennung (Humusgutschrift) Kohlekraftwerk	25.800,00	-9.130,60	-91.206.589,28	-6,91	-0,37	-6,10
Holzverbrennung (Papier/Grünabfälle)	21.500,00	-10.175,71	-113.476.607,59	-7,90	-0,25	-7,22
Ablagerungen	6.450,00	30,28	397.603,59	0,22	0,05	0,33
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-19.332,40</b>	<b>-209.807.329,97</b>	<b>-6,89</b>	<b>1,11</b>	<b>-0,58</b>
		<b>kg CO2/t input</b>	<b>kJ /t Input</b>	<b>kg SO2/t Input</b>	<b>kg PO4/t Input</b>	<b>kg /t Input</b>
Sammlung		9,82	127.284,89	0,04	0,01	0,05
Transporte		4,22	54.751,16	0,02	0,00	0,02
Emissionen aus Behandlung Bioabfälle		39,40	316.377,94	0,20	0,04	0,29
Gutschrift Biogasnutzung		-44,98	-563.937,25	-0,05	0,00	-0,05
Gutschrift Verwertung Kompost		-9,78	-72.889,22	-0,03	-0,01	-0,03
Strohverbrennung (Humusgutschrift) Kohlekraftwerk		-212,34	-2.121.083,47	-0,16	-0,01	-0,14
Holzverbrennung (Papier/Grünabfälle)		-236,64	-2.638.990,87	-0,18	-0,01	-0,17
Ablagerungen		0,70	9.246,60	0,01	0,00	0,01
<b>Kontrolle Ergebnis</b>		<b>-449,59</b>	<b>-4.879.240,23</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,01</b>



## 1.4 Kostenbilanz

Tabelle 1.29: Kostenbilanz 2006

Fraktion Verbleib Herkunftsbereich	Status Quo (2006)													
	RM MVA HM + GM	RM MVA Gewerbe	RM EBS Gewerbe	RM SBS Gewerbe	Bio Komp HM + GM	Bio VGär+NR HM + GM	Grün HM + GM	Grün Gewerbe	Grün - Potenzial	EiKomp - Bürger	Papier Verwertung HM + GM	Glas Verwertung Gesamt	LVP Verwertung Gesamt	
> Menge	565.000	142.375	0	15.000	25.600	0	10.100	31.200	44.100	60.000	91.100	35.700	27.700	
<b>Erfassung/Sammlung/Transport</b>														
> Menge	535.600	157.375			25.600		10.100	31.200	44.100	60.000	91.100	35.700	27.700	
> Spezifische Kosten	82	74			129		26	0	0	0	81	57	265	
> Einwohnerbelastung	25,04	6,62			1,88		0,15	0,00	0,00	0,00	4,22	1,15	4,18	
Summe Fraktion		31,66			1,88		0,15	0,00	0,00	4,22	1,15	4,18		
<b>Sortierung / Aufbereitung (ggf. incl. Umladung)</b>														
> Spezifische Kosten	0	0	50	100	0	0	0	0	0	0	20	0	119	
> Einwohnerbelastung	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,00	1,88	
Summe Fraktion		0,86			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,00	1,88		
<b>Ferntransport</b>														
> Spezifische Kosten	0	0	15	25	0	0	7	7	0	0	0	0	0	
> Einwohnerbelastung	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Summe Fraktion		0,21			0,00	0,00	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verwertung / Beseitigung</b>														
> Spezifische Kosten	142	142	55	40	136	125	33	33	0	0	-84	10	32	
> Einwohnerbelastung	45,89	11,56	0,00	0,34	1,98	0,00	0,19	0,59	0,00	0,00	-4,34	0,20	0,51	
Summe Fraktion		57,79			1,98	0,00	0,78	0,78	0,00	0,00	-4,34	0,20	0,51	
<b>Zwischensumme</b>														
> Einwohnerbelastung	70,93	18,18	0,00	1,41	3,86	0,00	0,38	0,71	0,00	0,00	0,92	1,35	6,57	
Summe Fraktion		90,52			3,86		1,09	0,00	0,00	0,92	1,35	6,57		
<b>Müllschleusen</b>														
> angeschlossene Einwohner														
> Spezifische Kosten													13,15	
> Einwohnerbelastung													0,00	
<b>Abfallberatung / Öffentlichkeitsarbeit</b>														
> Einwohnerbelastung													0,00	
<b>Gesamtsumme</b>														
Summe nach Träger			in HH angeschlossene Bürger:		75,93					Gewerbebetriebe:	20,30		Lizenzentgelt:	8,08
Summe Gesamt							104,31							

Tabelle 1.30: Kostenbilanz 2012

Fraktion Verbleib Herkunftsbereich	Szenario 2012													
	RM MVA HM + GM	RM MVA Gewerbe	RM EBS Gewerbe	RM SBS Gewerbe	Bio Komp HM + GM	Bio VGär+NR HM + GM	Grün HM + GM	Grün Gewerbe	Grün - Potenzial	EiKomp - Bürger	Papier Verwertung HM + GM	Glas Verwertung Gesamt	LVP Verwertung Gesamt	
> Menge	492.000	42.375	70.000	45.000	0	45.600	20.100	61.200	14.100	56.000	121.100	40.700	39.700	
<b>Erfassung/Sammlung/Transport</b>														
> Menge	462.600	157.375				45.600	20.100	61.200	14.100	56.000	121.100	40.700	39.700	
> Spezifische Kosten	88	74				123	26	0	0	0	81	57	208	
> Einwohnerbelastung	23,14	6,61				3,19	0,29	0,00	0,00	0,00	5,61	1,31	4,71	
Summe Fraktion		29,75				3,19	0,29	0,00	0,00	5,61	1,31	4,71		
<b>Sortierung / Aufbereitung (ggf. incl. Umladung)</b>														
> Spezifische Kosten	0	0	50	100	0	0	0	0	0	0	20	0	119	
> Einwohnerbelastung	0,00	0,00	2,00	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00	2,69	
Summe Fraktion		4,57			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00	2,69		
<b>Ferntransport</b>														
> Spezifische Kosten	0	0	15	25	0	0	7	7	0	0	0	0	0	
> Einwohnerbelastung	0,00	0,00	0,60	0,64	0,00	0,00	0,08	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Summe Fraktion		1,24			0,00	0,00	0,32	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verwertung / Beseitigung</b>														
> Spezifische Kosten	142	142	55	40	136	125	33	33	0	0	-84	10	32	
> Einwohnerbelastung	39,96	3,44	2,19	1,03	0,00	3,25	0,38	1,15	0,00	0,00	-5,76	0,23	0,72	
Summe Fraktion		46,62			3,25	3,25	1,53	1,53	0,00	0,00	-5,76	0,23	0,72	
<b>Zwischensumme</b>														
> Einwohnerbelastung	63,10	10,05	4,79	4,24	0,00	6,44	0,75	1,39	0,00	0,00	1,23	1,54	8,12	
Summe Fraktion		82,18			6,44	6,44	2,14	2,14	0,00	0,00	1,23	1,54	8,12	
<b>Müllschleusen</b>														
> angeschlossene Einwohner														
> Spezifische Kosten													13,15	
> Einwohnerbelastung													0,00	
<b>Abfallberatung / Öffentlichkeitsarbeit</b>														
> Einwohnerbelastung													0,00	
<b>Gesamtsumme</b>														
Summe nach Träger			in HH angeschlossene Bürger:		71,31					Gewerbebetriebe:	20,47		Lizenzentgelt:	9,87
Summe Gesamt							101,65							

Tabelle 1.31: Kostenbilanz 2020 Trend

Fraktion Verbleib Herkunftsbereich	Szenario 2020 Trend													
	RM MVA HM + GM	RM MVA Gewerbe	RM EBS Gewerbe	RM SBS Gewerbe	Bio Komp HM + GM	Bio VGär+NR HM + GM	Grün HM + GM	Grün Gewerbe	Grün - Potenzial	EiKomp - Bürger	Papier Verwertung HM + GM	Glas Verwertung Gesamt	LVP Verwertung Gesamt	
> Menge	443.000	42.375	70.000	45.000	0	65.600	30.100	61.200	14.100	47.000	141.100	40.700	47.700	
<b>Erfassung/Sammlung/Transport</b>														
> Menge	413.600	157.375				65.600	30.100	61.200	14.100	47.000	141.100	40.700	47.700	
> Spezifische Kosten [EUR / t]	93	74				116	26	0	0	0	81	57	187	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	21,83	6,61				4,35	0,44	0,00	0,00	0,00	6,54	1,31	5,09	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		28,44												
<b>Sortierung / Aufbereitung (ggf. incl. Umladung)</b>														
> Spezifische Kosten [EUR / t]	0	0	50	100	0	0	0	0	0	0	20	0	119	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	0,00	0,00	2,00	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	0,00	3,24	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		4,57									1,61	0,00	3,24	
<b>Ferntransport</b>														
> Spezifische Kosten [EUR / t]	0	0	15	25	0	0	7	7	0	0	0	0	0	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	0,00	0,00	0,60	0,64	0,00	0,00	0,12	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		1,24					0,36		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verwertung / Beseitigung</b>														
> Spezifische Kosten [EUR / t]	142	142	55	40	136	125	33	33	0	0	-84	10	32	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	35,98	3,44	2,19	1,03	0,00	4,67	0,67	1,15	0,00	0,00	-6,72	0,23	0,87	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		42,64				4,67	1,72		0,00	0,00	-6,72	0,23	0,87	
<b>Zwischensumme</b>														
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	57,81	10,05	4,79	4,24	0,00	9,02	1,13	1,39	0,00	0,00	1,43	1,54	9,20	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		76,89				9,02	2,52		0,00	0,00	1,43	1,54	9,20	
<b>Müllschleusen</b>														
> angeschlossene Einwohner [E]							175.418							
> Spezifische Kosten [EUR / (E * a)]							13,15							
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]							1,32							
<b>Abfallberatung / Öffentlichkeitsarbeit</b>														
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]							0,08							
<b>Gesamtsumme</b>														
Summe nach Träger [EUR / (E * a)]			in HH angeschlossene Bürger:			70,55					20,47		Lizenzentgelt:	10,98
Summe Gesamt [EUR / (E * a)]							102,00							

Tabelle 1.32: Kostenbilanz 2020 optimiert

Fraktion Verbleib Herkunftsbereich	Szenario 2020 optimiert													
	RM MVA HM + GM	RM MVA Gewerbe	RM EBS Gewerbe	RM SBS Gewerbe	Bio Komp HM + GM	Bio VGär+NR HM + GM	Grün HM + GM	Grün Gewerbe	Grün - Potenzial	EiKomp - Bürger	Papier Verwertung HM + GM	Glas Verwertung Gesamt	LVP Verwertung Gesamt	
> Menge	407.000	42.375	70.000	45.000	0	85.600	40.100	71.200	4.100	33.000	156.100	40.700	52.700	
<b>Erfassung/Sammlung/Transport</b>														
> Menge	377.600	157.375				85.600	40.100	71.200	4.100	33.000	156.100	40.700	52.700	
> Spezifische Kosten [EUR / t]	96	74				110	26	0	0	0	81	57	174	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	20,59	6,61				5,38	0,58	0,00	0,00	0,00	7,23	1,31	5,22	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		27,20				5,38	0,58		0,00	0,00	7,23	1,31	5,22	
<b>Sortierung / Aufbereitung (ggf. incl. Umladung)</b>														
> Spezifische Kosten [EUR / t]	0	0	50	100	0	0	0	0	0	0	20	0	119	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	0,00	0,00	2,00	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00	3,58	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		4,57									1,78	0,00	3,58	
<b>Ferntransport</b>														
> Spezifische Kosten [EUR / t]	0	0	15	25	0	0	7	7	0	0	0	0	0	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	0,00	0,00	0,60	0,64	0,00	0,00	0,16	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		1,24					0,44		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verwertung / Beseitigung</b>														
> Spezifische Kosten [EUR / t]	142	142	55	40	136	125	33	33	0	0	-84	10	32	
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	33,06	3,44	2,19	1,03	0,00	6,10	0,75	1,34	0,00	0,00	-7,43	0,23	0,96	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		39,72				6,10	2,09		0,00	0,00	-7,43	0,23	0,96	
<b>Zwischensumme</b>														
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]	53,65	10,05	4,79	4,24	0,00	11,48	1,49	1,62	0,00	0,00	1,58	1,54	9,76	
Summe Fraktion [EUR / (E * a)]		72,73				11,48	3,11		0,00	0,00	1,58	1,54	9,76	
<b>Müllschleusen</b>														
> angeschlossene Einwohner [E]							350.836							
> Spezifische Kosten [EUR / (E * a)]							13,15							
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]							2,63							
<b>Abfallberatung / Öffentlichkeitsarbeit</b>														
> Einwohnerbelastung [EUR / (E * a)]							0,17							
<b>Gesamtsumme</b>														
Summe nach Träger [EUR / (E * a)]			in HH angeschlossene Bürger:			70,73					20,70		Lizenzentgelt:	11,57
Summe Gesamt [EUR / (E * a)]							103,00							

## 1.5 Sensitivitätsbetrachtung Papierverwertung - Schiffstransporte

### Abschätzung von Treibhausgasemissionen durch Containerschiffe

#### 1.5.1 Zielsetzung

Ziel dieser Abschätzung von Treibhausgasemissionen durch Containerschiffe ist die vergleichende Bilanzierung zweier Szenarien in der Altpapierstoffkette.

#### Szenario A:

Altpapier aus Deutschland wird nach China transportiert, um dort in die Produktion von Neuware einzugehen. Dieses Altpapier substituiert Holzrohstoffe. Der Transport findet ab Hamburg Hafen in Containern statt. Da Altpapier eine relativ hohe Dichte aufweist werden Container bis an ihre maximale Gewichtszuladung beladen. Dies entspricht bei einem 20' Container etwa 20 t. Die Strecke Hamburg – Hong Kong wird mit 18.881 km<sup>1</sup> zugrunde gelegt.

#### Szenario B:

Holzrestschnittel (Abfälle aus der Holzverarbeitung und der Forstwirtschaft) werden von der Westküste Kanadas nach China transportiert, um dort in die Papierproduktion zu fließen. Holzschnittel haben eine vergleichsweise geringe Dichte (0,2 t/m<sup>3</sup>). Der Transport erfolgt in Containern deren Volumen maximal ausgenutzt wird und die mit 6,64 t beladen werden. Die Strecke Vancouver – Hong Kong wird mit 10.881 km zugrunde gelegt.

#### 1.5.2 Treibstoffverbrauch und Emissionsfaktoren von Containerschiffen

##### Treibstoffverbrauch

Der Treibstoff den ein Schiff auf eine bestimmte Distanz verbraucht hängt in erster Linie von der Motorisierung und Geschwindigkeit der Schiffe ab. Die tatsächliche Ladung spielt dagegen kaum eine Rolle. Hier unterscheiden sich Schiffe deutlich von anderen Verkehrsträgern. Die Ursache für diesen Effekt liegt in der Tatsache, dass Schiffe zum sicheren und stabilen Fahrten auf Hoher See einen Mindesttiefgang einhalten müssen. Wird dieser Tiefgang nicht durch die Ladung erzeugt nehmen die Schiffe zusätzlich so genanntes Ballastwasser auf das dann die Gesamtverdrängung erhöht. Das heißt, dass die Widerstände durch die Wasserverdrängung eines voll und eines weniger beladenen Schiffes nahezu identisch sind. Neben der Wasserverdrängung haben noch Reibung, Wind- und Wellenkräfte einen Einfluss auf den Treibstoffverbrauch – jedoch auch dies unabhängig von der Ladung.

---

<sup>1</sup> Dies entspricht 10.195 nautische Meilen. Zugrunde gelegt ist die Seewegsdistanz plus 2% Aufschlag wetterbedingter Umwege. Quelle: [www.distances.com](http://www.distances.com).

Technische Daten zu Containerschiffen liegen weitreichend vor. Diese sind einerseits durch die Datenbank der Lloyds MIU zugänglich oder werden häufig auch von Reedereien für deren Flotte veröffentlicht. Der Treibstoffverbrauch wurde in verschiedenen Forschungsvorhaben in g/kWh ermittelt (IMO 2000; ENTEC 2005) und mit 195 g/kWh (slow speed engines fueling heavy fuel oil) angenommen. Hierbei wird eine 85 % Motorenauslastung zum Erreichen der Reisegeschwindigkeiten vorausgesetzt. Originäre Daten von Schiffsbetreibern liegen erst seit kurzem und in wenig transparenten Formaten vor. So publizieren einige Reedereien mittlerweile die THG-Emissionen ihrer Schiffe in Nachhaltigkeitsberichten oder im Internet – in der Regel aggregiert nach Containergrößenklassen oder Schifffahrtsrouten. Die rechnerisch ermittelten Werte stimmen hierbei mit denen der Reedereien im Wesentlichen überein.

### Auslastung

Einen ganz entscheidenden Faktor auf die tatsächlichen Emissionen hat die Auslastung der Schiffe. Prinzipiell wird vorgeschlagen, dass Fracht gleich in welche Richtung sie befördert wird, die Verantwortung für die Emissionen, die im Mittel auf dieser Handelsroute verursacht werden, mit über nehmen. Beispielsweise würde das für einen Rohstofftransport, der zu einer leeren Rückpassage führt, bedeuten, dass die Emissionen sowohl in Richtung Zielland als auch wieder zurück zum Herkunftsland als frachtbezogenen Emissionen berechnet werden.

Im Containerverkehr fahren die Schiffe im so genannten Linienverkehr. Die Auslastung ist hierbei zwar höher als bei Massengutfrachtern, liegen aber aus den folgenden Gründen deutlich unter 100 %:

- Die meisten Linienverkehre sind ‚end-to-end‘ Verkehre und ‚multiple-trade-service‘ Verkehre. Eine 100 % Auslastung ist aus logistischen Lademustern nicht möglich. Angenommen wird eine maximale Auslastung von 90 %.
- Reedereien betreiben in der Regel Überkapazitäten, um jahreszeitliche Spitzen bedienen zu können und keine Kundenanfrage ablehnen zu müssen. Dies wird durch Allianzen abgepuffert.
- Neue Schiffe führen ebenfalls zu Überkapazitäten, da durch die langen Lebenszeiten von Schiffen die neuen Schiffe in der Lage sein müssen, auch zukünftige Bedarfe ab zu decken. Die maximale Auslastung wird aufgrund der beiden letzteren Punkte auf 85 % geschätzt.

Noch wesentlicher sind Handelsbilanzungleichgewichte. So werden seit mehreren Jahren deutlich mehr Container von Süd-Ost-Asien nach Europa und Nord-Amerika verschifft als umgekehrt. Das heißt, dass die Schiffe auf den Rückwegen deutlich unter ausgelastet sind. Grobe Auslastungen wurden nach Daten von UNCTAD<sup>2</sup> ermittelt (Tabelle 1.33).

---

<sup>2</sup> Basierend auf Bewegungen von Containern zwischen Hauptwirtschaftszonen. Source: UNCTAD (2007): Review of Maritime Transport 2007. Chapter 4, Table 38.

Tabelle 1.33: Abschätzung der Auslastung von Container Schiffen

Container ship utilization [%] scenario 85% = max. ship utilization					
Asia - US	US - Asia	Asia - Europe	Europe - Asia	US - EU	EU - US
85.0%	28.1%	85.0%	39.4%	50.1%	85.0%
Combined Trans-Pacific		Combined Trans-Suez		Combined Trans-Atlantic	
56.6%		62.2%		67.6%	

### Emissionsfaktoren

Aus den oben genannten Überlegungen ergeben sich die folgenden Emissionsfaktoren (Tabelle 1.34).

Tabelle 1.34: Emissionsfaktoren für Container Schiffe (CO<sub>2</sub> Direkt)

TEU - Kilometer		[kg/TEU-km]		[kg/TEU-km]	
Mode	Geography	Direct Emissions	Load Factor	Direct Emission	Source:
Ship, container, 3500<5000 TEU, US Asia Trade	International	0.0120	0.57	0.0212	Maersk, HL web, ENTEC, own calc
Ship, container, 3500<5000 TEU, EU Asia Trade	International	0.0119	0.62	0.0191	Maersk, HL web, ENTEC, own calc
Ship, container, 5000<8000 TEU, US Asia Trade	International	0.0097	0.57	0.0171	Maersk, HL web, ENTEC, own calc
Ship, container, 5000<8000 TEU, EU Asia Trade	International	0.0082	0.62	0.0132	Maersk, HL web, ENTEC, own calc

Tonne - Kilometer		[kg/t-km]		[kg/t-km]	
Mode	Geography	Direct Emissions	Load Factor	Direct Emission	Source:
Ship, container, 3500<5000 TEU, US Asia Trade	International	0.0011	0.57	0.0019	Maersk web, ENTEC, own calc
Ship, container, 3500<5000 TEU, EU Asia Trade	International	0.0011	0.62	0.0017	Maersk web, ENTEC, own calc
Ship, container, 5000<8000 TEU, US Asia Trade	International	0.0009	0.57	0.0016	Maersk web, ENTEC, own calc
Ship, container, 5000<8000 TEU, EU Asia Trade	International	0.0007	0.62	0.0012	Maersk web, ENTEC, own calc

Direkte Emissionen beziehen sich ausschließlich auf CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Verbrennung von Treibstoff. Vorkettenemissionen können hier addiert werden.

### 1.5.3 Bilanzierung

Die Bilanzierung erfolgt durch die Verknüpfung von

$$e\text{-factor [kg/TEU-km]} * \text{Load factor} * \text{distance [km]} = \text{Total Emissions kg CO}_2\text{/TEU}$$

Und

$$\text{Total Emissions (kg CO}_2\text{/TEU)} / (\text{t/TEU})$$

Daraus ergeben sich folgende Vergleichswerte:

Tabelle 1.35: Emissionsfaktoren für den Schiffstransport

<b>Strecke</b>	<b>Fracht</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> / TEU</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> / t Fracht</b>
HH – HgK, Schiff 3500 < 5000 TEU	Altpapier in Container; 20 t/TEU	361	18,1
Van – HgK, Schiff 3500 < 5000 TEU	Holzschnitzel in Container 6.6 t/TEU	231	34,8
<b>HH – HgK, Schiff 5000 &lt; 8000 TEU</b>	<b>Altpapier in Container; 20 t/TEU</b>	<b>249</b>	<b>12,4</b>
<b>Van – HgK, Schiff 5000 &lt; 8000 TEU</b>	<b>Holzschnitzel in Container 6.6 t/TEU</b>	<b>187</b>	<b>28,1</b>

## 1.6 Ergebnisse der Ökobilanz nach Kriterien

Tabelle 1.36: Ökobilanzergebnisse: Versauerung

	Versauerung kg SO <sub>2</sub> /a			
	2006	2012	2020Trend	2020opt.
<b>MVA Gesamt</b>	-276.988	-205.829	-266.381	-246.623
<b>EBS - Kraftwerk</b>	0	-76.038	-76.038	-76.038
<b>SBS - Mitverbrennung</b>	-23.227	-69.680	-69.680	-69.680
<b>Bioabfälle (HM+GM)</b>	1.877	-14.750	-29.489	-38.480
<b>Grünabfälle (behandelt)</b>	8.255	-9.615	-15.948	-19.442
<b>Papier (HM + GM) Wellen</b>	-400.143	-531.913	-608.497	-673.185
<b>Papier (Gewerbe getr. erf.)</b>	-984.689	-984.689	-966.505	-966.505
<b>Papier aus Sortieranlagen</b>	-78.487	-78.487	-77.045	-77.045
<b>Glas</b>	-17.127	-19.526	-19.526	-19.526
<b>LVP / WST</b>	-102.484	-184.491	-226.381	-250.110
<b>Summe</b>	-1.873.013	-2.175.017	-2.355.490	-2.436.635

Tabelle 1.37: Ökobilanzergebnisse: Eutrophierung

	Eutrophierung kg PO <sub>4</sub> /a			
	2006	2012	2020Trend	2020opt.
<b>MVA Gesamt</b>	3.184	-744	-9.027	-8.358
<b>EBS - Kraftwerk</b>	0	-3.337	-3.337	-3.337
<b>SBS - Mitverbrennung</b>	-1.349	-4.047	-4.047	-4.047
<b>Bioabfälle (HM+GM)</b>	277	-785	-1.562	-2.038
<b>Grünabfälle (behandelt)</b>	1.629	1.944	2.306	2.811
<b>Papier (HM + GM) Wellen</b>	-43.409	-57.704	-64.062	-70.872
<b>Papier (Gewerbe getr. erf.)</b>	-106.094	-106.094	-100.973	-100.973
<b>Papier aus Sortieranlagen</b>	-8.505	-8.505	-8.099	-8.099
<b>Glas</b>	-1.118	-1.274	-1.274	-1.274
<b>LVP / WST</b>	-8.424	-14.717	-18.137	-20.038
<b>Summe</b>	-163.808	-195.263	-208.212	-216.225

Tabelle 1.38: Ökobilanzergebnisse: Feinstaub

	<b>Feinstaub (PM10)</b>			
	<b>kg / a</b>			
	<b>2006</b>	<b>2012</b>	<b>2020Trend</b>	<b>2020opt.</b>
<b>MVA Gesamt</b>	-133.264	-115.132	-224.315	-207.678
<b>EBS - Kraftwerk</b>	0	-54.147	-54.147	-54.147
<b>SBS - Mitverbrennung</b>	-19.592	-58.777	-58.777	-58.777
<b>Bioabfälle (HM+GM)</b>	2.543	-11.643	-24.032	-31.358
<b>Grünabfälle (behandelt)</b>	12.664	2.928	-3.063	-3.734
<b>Papier (HM + GM) Wellen</b>	-285.327	-379.288	-452.009	-500.061
<b>Papier (Gewerbe getr. erf.)</b>	-693.028	-693.028	-709.302	-709.302
<b>Papier aus Sortieranlagen</b>	-55.644	-55.644	-56.934	-56.934
<b>Glas</b>	-14.657	-16.709	-16.709	-16.709
<b>LVP / WST</b>	-89.046	-167.816	-208.859	-230.752
<b>Summe</b>	<b>-1.275.351</b>	<b>-1.549.255</b>	<b>-1.808.147</b>	<b>-1.869.453</b>