TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Biomassebestimmung von Abfallgemischen mittels Bilanzenmethode

Aktuell Arbeiten in den Projekten BEFKÖM und StamProC

Therese Schwarzböck
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft

03.11.2014

MINISTERIUM FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH

FWF Der Wissenschaftsfonds.

Inhalt

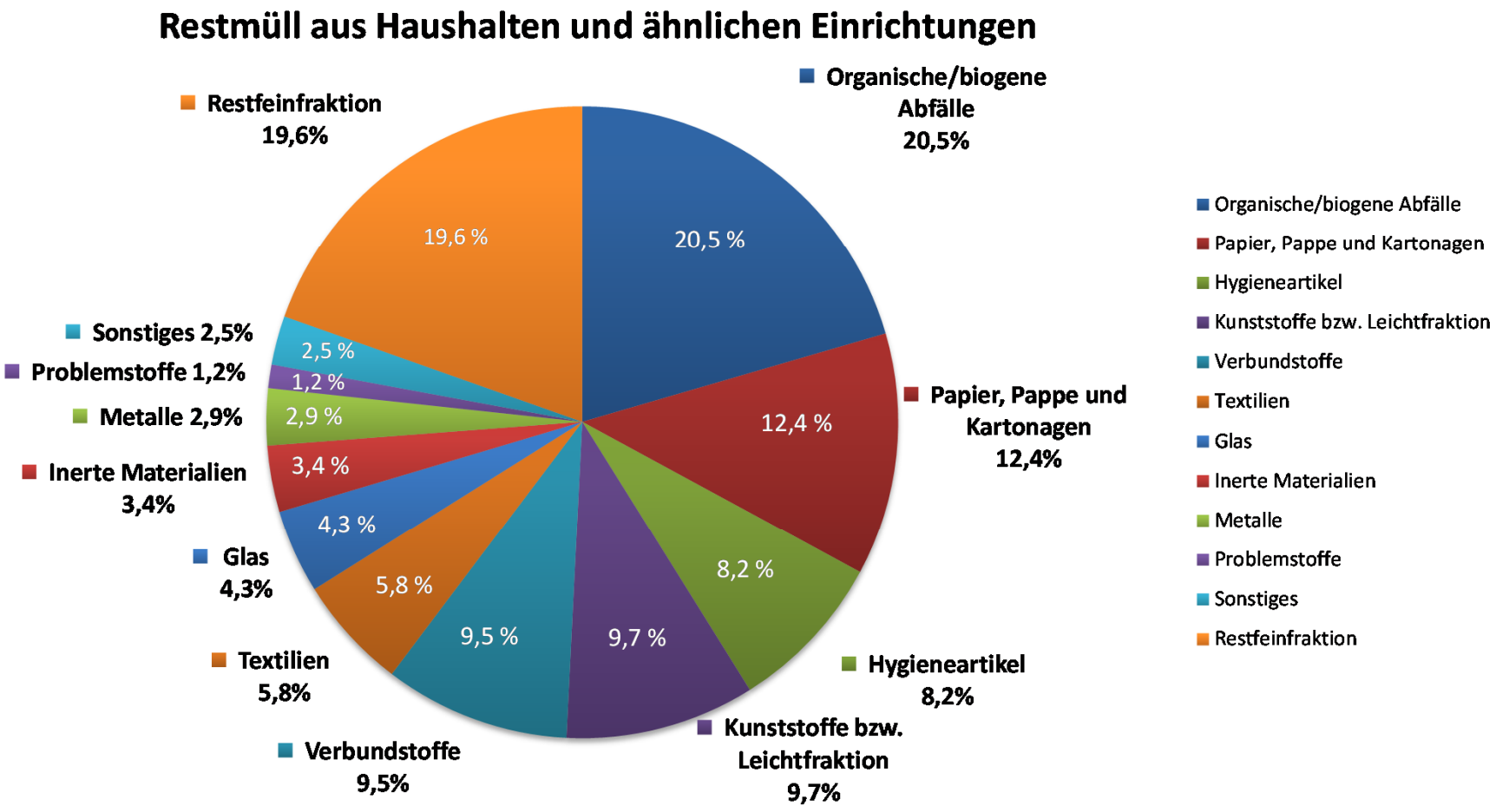
- Hintergrund - Warum Biomassebestimmung?
- Methoden zur Biomassebestimmung
- Bilanzenmethode („post-combustion“)
  - Methodik
  - Anwendung
  - Ergebnisse aus der Anwendung auf MVAs
- Adaptierte Bilanzenmethode („pre-combustion“)
  - Methodik
  - Ergebnisse aus Validierungsarbeiten
- Zusammenfassung

Begriffe

- *<u>Biomasse</u> bedeutet nicht fossile und biologisch abbaubare organische Stoffe von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen, einschließlich Erzeugnissen, Nebenprodukten, Rückständen und Abfällen der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und damit verbundener Industriezweige (RL 2001/77/EG)*
- *<u>Biogen</u> = von lebenden Organismen in natürlichen Prozessen produziert, jedoch nicht versteinert oder von fossilen Ressourcen abgeleitet (CEN/TS 15440:2011)*

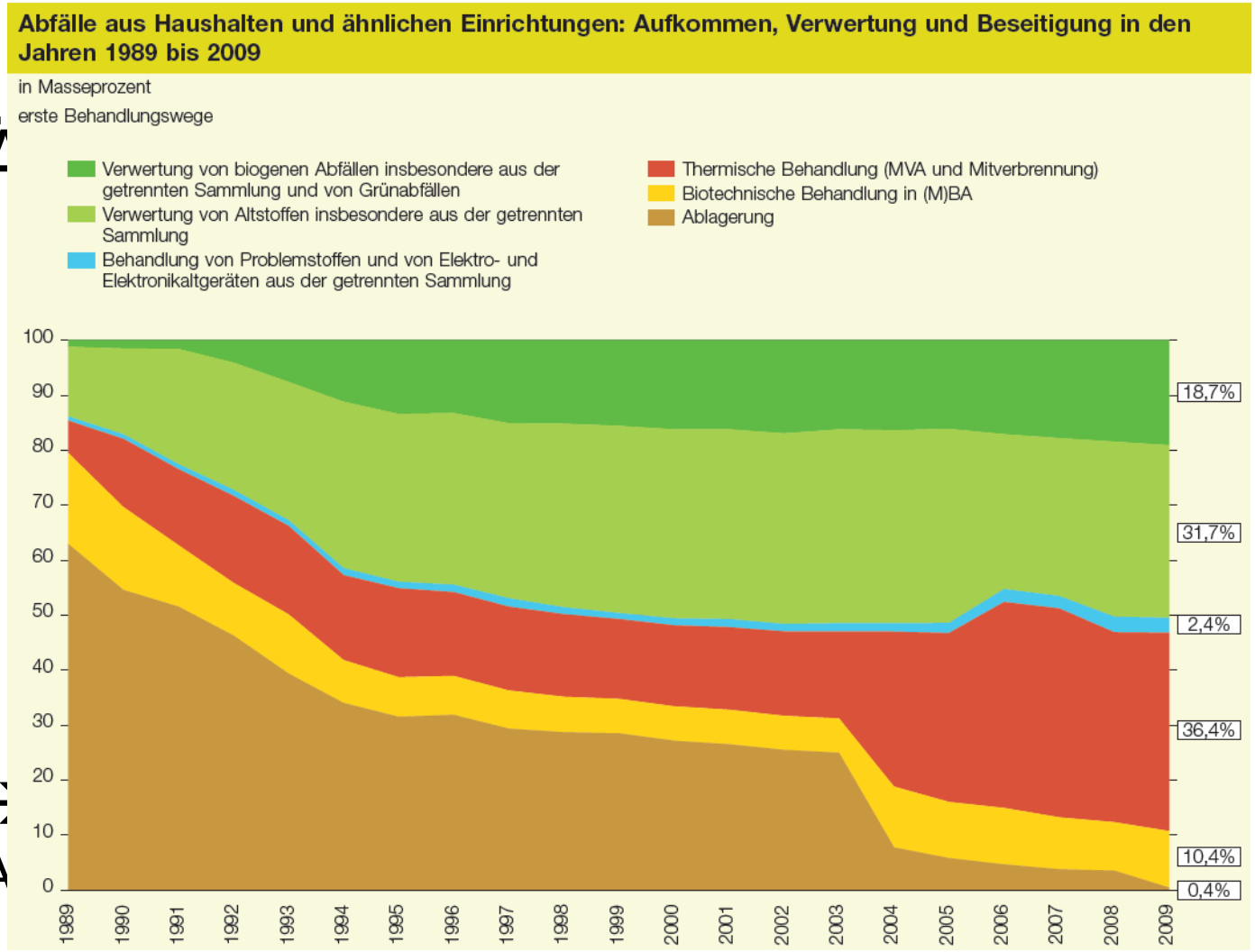
  → klimaneutral
- *<u>Fossil</u> → klimarelevant*

Begriffe



Quelle: Bundesabfallwirtschaftsplan, 2009 (Restmüllanalyse der Steiermark)

Warum Biomassebestimmung?



Aus: Bundesabfallwirtschaftsplan, 2011; Quelle: Umweltbundesamt, April 2011

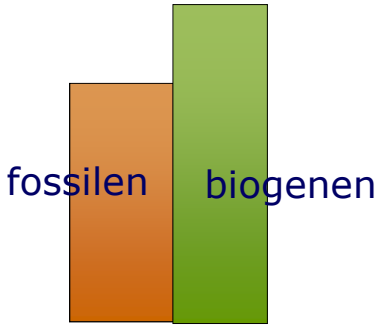
Warum Biomassebestimmung?

Rechtliche Gründe

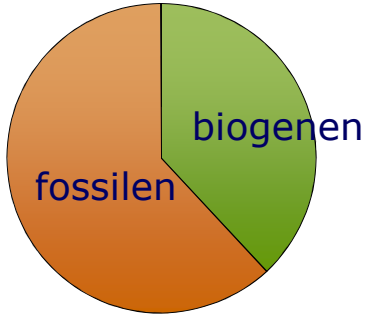
- Treibhausgasinventur Österreichs
  - CO_2-relevante Emissionen aus Abfallverbrennung
- Emissionshandel (EU-RL 2003/87/EG)
  - Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Industrieanlagen
  - Emissionszertifikate
- Stromkennzeichnungsverordnung (EU-RL 2003/54/EG)
- Förderung Erneuerbarer Energien (EU-RL 77/EG)
  - Anteil „Grüner Strom“ aus Abfallverbrennungsanlagen

Warum Biomassebestimmung?

CO_2 von …. Quellen



Energie von …. Quellen



Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode

Standardisiert (EN 15440:2011)

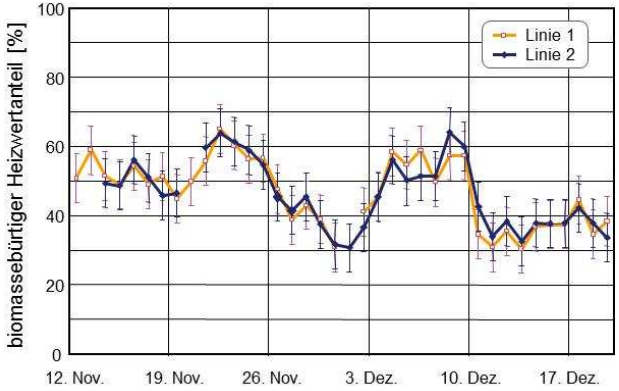
- Adaptierte Bilanzenmethode

Validierungs-arbeiten

Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren (z.B. kg CO_2/t Abfall)
- Bilanzenmethode

Patentiert



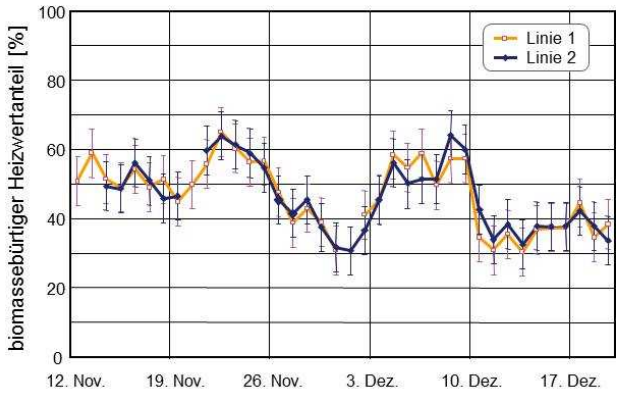
Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode
- Adaptierte Bilanzenmethode

Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren (z.B. kg CO_2/t Abfall)
- Bilanzenmethode



Methoden zur Biomassebestimmung

Sortiermethode

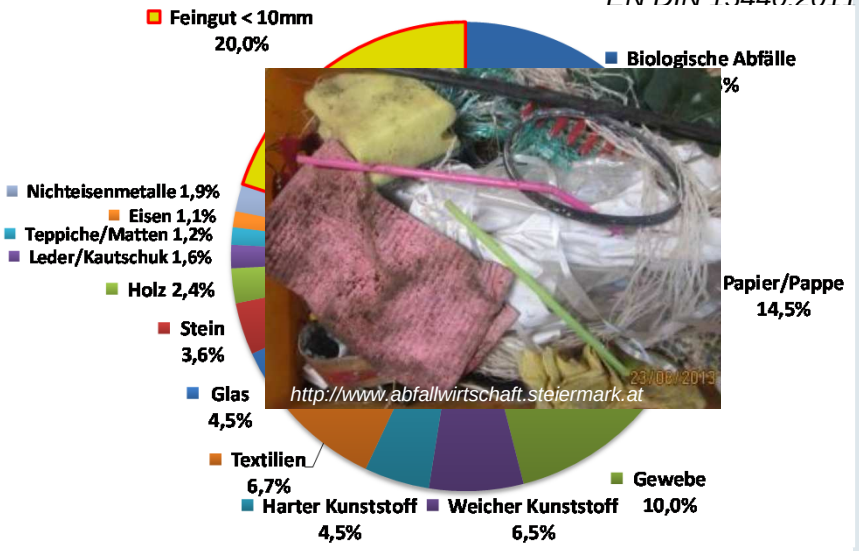
- Sortierung einer Probe mit der Hand in 14 Teilfraktionen
- Einteilung in Kategorien Biomasse, Nicht-Biomasse und Inertstoffe

Tabelle B.1 — Einteilung der Bestandteile bei der manuellen Sortierung in Kategorien

Fraktion	Die Fraktion ist charakterisiert als eine	Zur Bestimmung des Gehaltes an Biomasse, Nicht-Biomasse und Inert-stoffen, angegeben als Massenanteil in Prozent, muss die Fraktion folgender Kategorie zugeordnet werden
Biologische Abfälle	Biomasse-Fraktion	Biomasse
Papier/Pappe	Biomasse-Fraktion	Biomasse
Holz	Biomasse-Fraktion	Biomasse
Gewebe		
Textilien		
Leder/Kautschuk		
Glas		
Stein		
Feingut		
Weicher Kunststoff		
Harter Kunststoff	Nicht-Biomasse-Fraktion	Nicht-Biomasse
Teppiche/Matten	Mischfraktion, die hauptsächlich Nicht-Biomasse enthält	Nicht-Biomasse
Eisen	Inertstoff-Fraktion, die hauptsächlich Verunreinigungen mit Nicht-Biomasse enthält	Inertstoff
Nichteisenmetalle	Inertstoff-Fraktion, die hauptsächlich Verunreinigungen mit Nicht-Biomasse enthält	Inertstoff

EN DIN 15440:2011

- <u>Grenzen</u>:
  - großer Unsicherheit
  - Restfeinfraktionen (bis zu 30 %)
  - Repräsentative Probe
  - Arbeitsaufwändig, Kosten



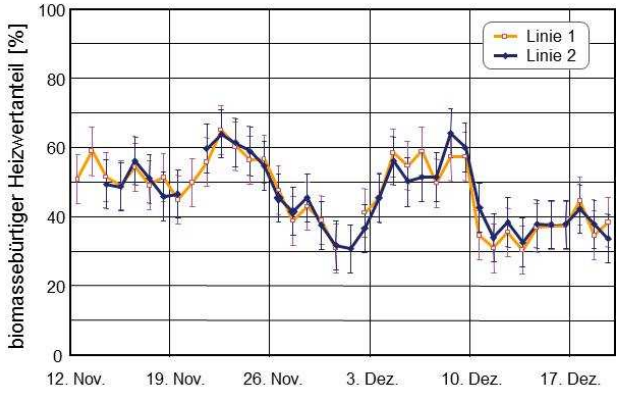
Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

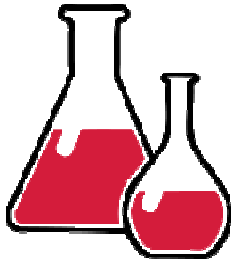
- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode
- Adaptierte Bilanzenmethode

Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren
  (z.B. kg CO_2/t Abfall)
- Bilanzenmethode



Selektive Lösungsmethode



- Lösung in konzentrierter Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid
  → Biomasse wird aufgelöst und oxidiert
  → Nicht-Biomasse bleibt als Rückstand
- Bestimmung des Aschegehalts der Probe und des Rückstands
- Grenzen:
  - Einige biogene Material lösen sich nicht (z.B. Lignin), einige fossile Materialien lösen sich (z.B. Nylon)
  - Verjüngung von großen Abfallmengen zu wenigen Gramm notwendig
  - Dauer: ~ 21h

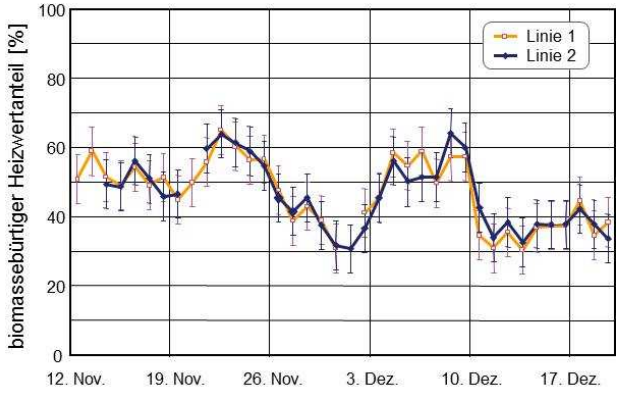
Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode
- Adaptierte Bilanzenmethode

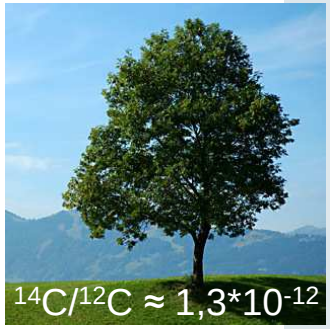
Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren
  (z.B. kg CO_2/t Abfall)
- Bilanzenmethode

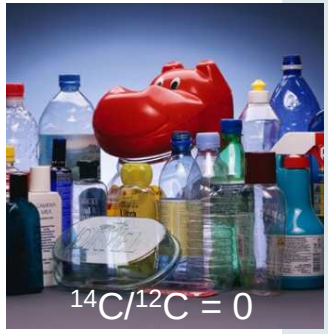


^{14}C-Methode (Radiocarbonmethode)

- Gleichgewicht der ^{14}C-Konzentration zwischen lebenden Organismen und Atmosphäre
- in abgestorbenen Organismen nimmt ^{14}C-Konzentration ab (Halbwertszeit von 5730 Jahren)
- Isotopenverhältnis von ^{12}C und ^{14}C wird im Abgas der MVA gemessen → keine Probenahme am Input der MVA



- Grenzen:
  - Analyseaufwand
  - In 50er und 60er Jahren signifikante Änderung des Isotopen-verhältnisses in der Atmosphäre aufgrund von Atombombentests



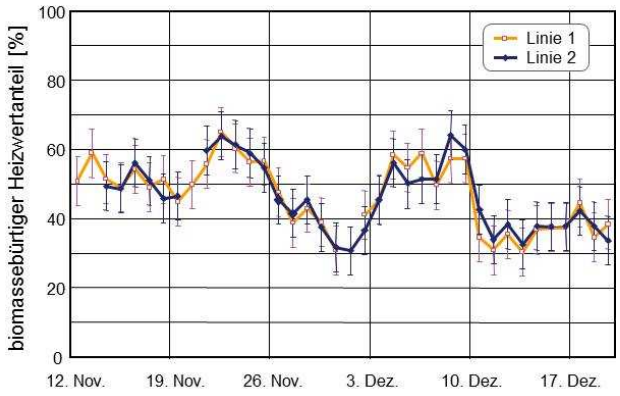
Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

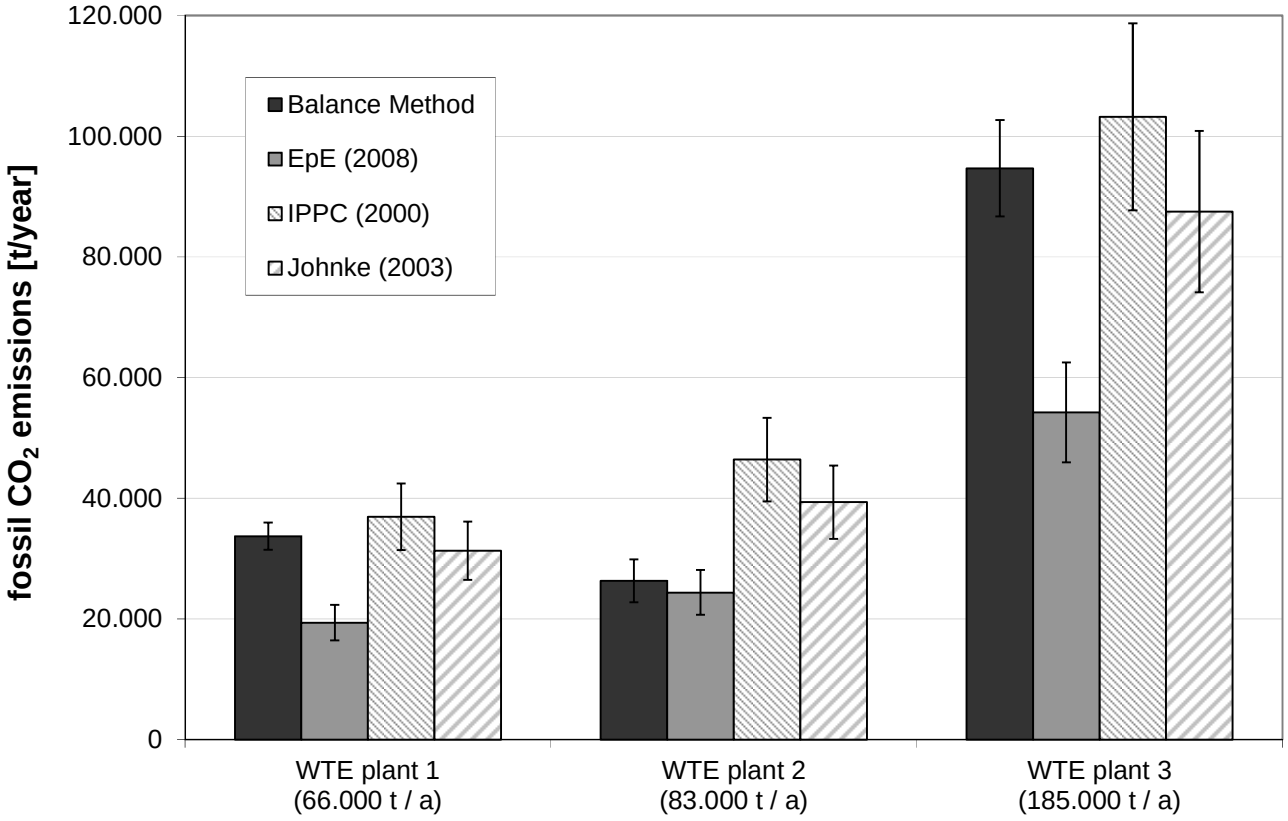
- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode
- Adaptierte Bilanzenmethode

Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren (z.B. kg CO_2/t Abfall)
- Bilanzenmethode



Konstante Emissionsfaktoren



Quelle: Obermoser et al, 2009

Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

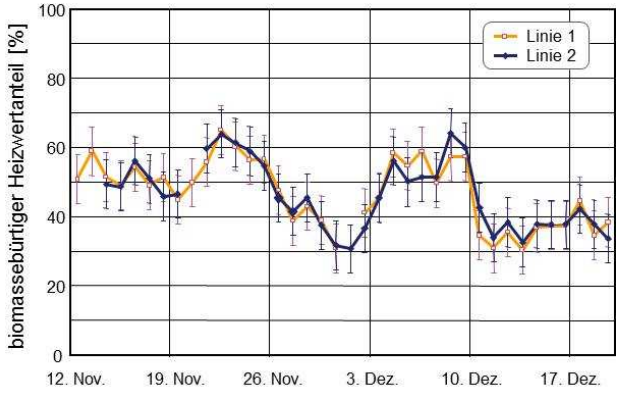
- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode
- Adaptierte Bilanzenmethode

Validierungs-arbeiten

Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren (z.B. kg CO_2/t Abfall)
- Bilanzenmethode

Patentiert



Methoden zur Biomassebestimmung

Bilanzenmethode

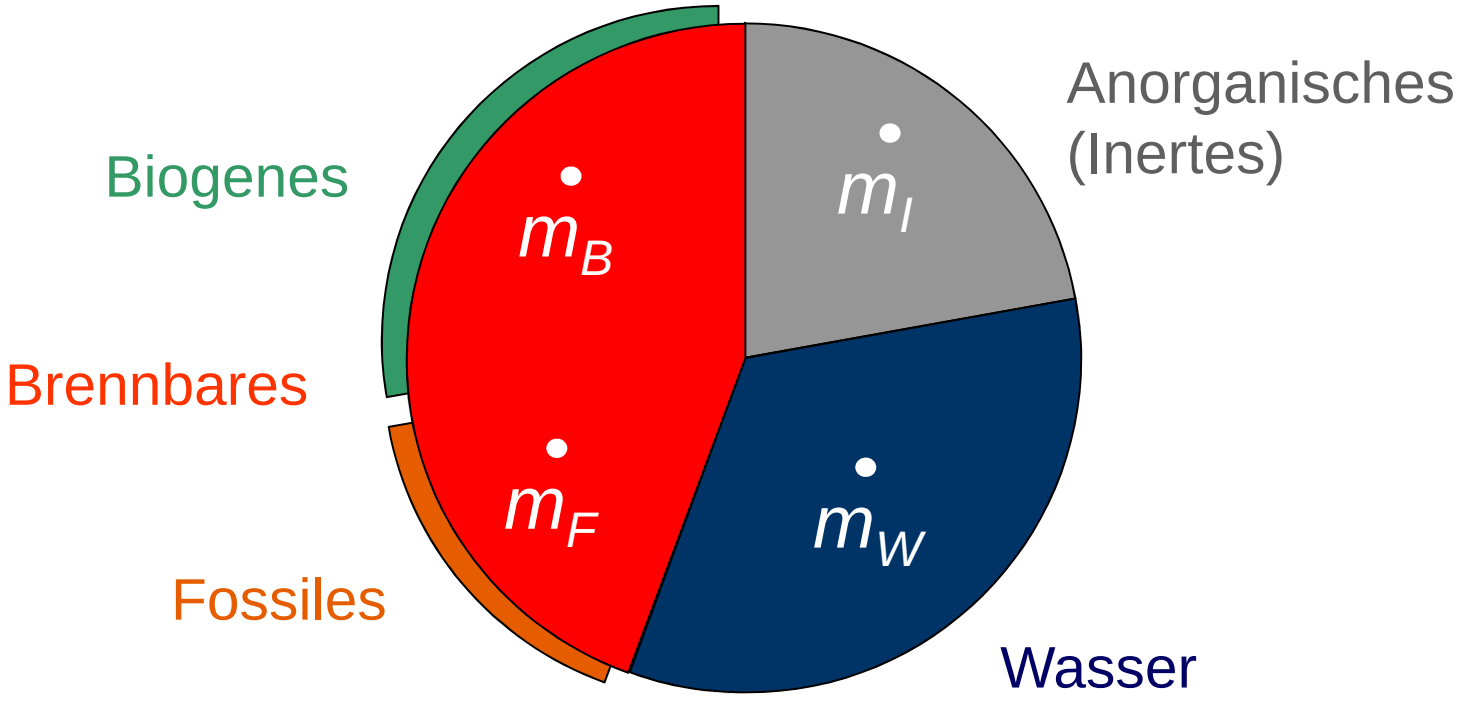
- Methodik
- Anwendung der Methode
- Ergebnisse MVAs und Vergleich mit anderen Methoden

Adaptierte Bilanzenmethode

- Methodik
- Ergebnisse von Validierungsarbeiten

Bilanzenmethode – Methodik I

Unterteilung des Abfalls in 4 Stoffgruppen



Bilanzenmethode – Methodik II

Durch die chemische Zusammensetzung der biogenen und fossilen Stoffgruppe gegeben

Unbekannte

1. *Massenbilanz*

$$m_B + m_F + m_I + m_w = 1$$

2. *"Aschen"bilanz*

$$+ m_I = a_{Abfall}$$

3. *Kohlenstoffbilanz*

$$c_B \cdot m_B + c_F \cdot m_F = c_{Abfall}$$

4. *Energiebilanz*

$$HW_B \cdot m_B + HW_F \cdot m_F - 2.45 \cdot m_W = HW_{Abfall}$$

5. *O_2-Verbrauch*

$$o_2{}^C{}_{,B} \cdot m_B + o_2{}^C{}_{,F} \cdot m_F = o_2{}^C{}_{Abfall}$$

6. *Differenz aus O_2-Verbr.+CO_2-Prod.*

$$d_{O_2\text{-}CO_2,B} \cdot m_B + d_{O_2\text{-}CO_2,F} \cdot m_F = d_{O2\text{-}CO2,Abfall}$$

Durch die Betriebsdaten gegeben

Inputdaten

Zusammensetzung der biogenen und fossilen Stoffgruppe

Stoffgruppe	C-Gehalt		H-Gehalt		O-Gehalt		N-Gehalt		S-Gehalt		Cl-Gehalt	
	[g/kg wasser- und aschefrei]											
	MW	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*
Biogen (m_B)	**483**	10	**65**	*1*	**441**	*10*	**8**	*3*	**1,2**	*0,3*	**-**	-
Fossil (m_F)	**768**	20	**109**	*7*	**88**	*22*	**13**	*5*	**3**	*1,1*	**19**	*15*

Bilanzenmethode – Methodik IV

Durch die chemische Zusammensetzung der biogenen und fossilen Stoffgruppe gegeben

Unbekannte

1. *Massenbilanz* $m_B + m_F + m_I + m_w = 1$
2. *"Aschen"bilanz* $+ m_I = a_{Abfall}$
3. *Kohlenstoffbilanz* $c_B \cdot m_B + c_F \cdot m_F = c_{Abfall}$
4. *Energiebilanz* $HW_B \cdot m_B + HW_F \cdot m_F - 2.45 \cdot m_W = HW_{Abfall}$
5. *O_2-Verbrauch* $o_2{}^C{}_{,B} \cdot m_B + o_2{}^C{}_{,F} \cdot m_F = o_2{}^C{}_{Abfall}$
6. *Differenz aus O_2-Verbr.+CO_2-Prod.* $d_{O_2\text{-}CO_2,B} \cdot m_B + d_{O_2\text{-}CO_2,F} \cdot m_F = d_{O2\text{-}CO2,Abfall}$

Durch die Betriebsdaten gegeben

O_2-Verbrauch vs CO_2-Produktion

Biomasse (Zellulose)

$$(C_6H_{10}O_5)_n + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 5H_2O$$

O_2-Verbrauch = CO_2-Produktion

Kunststoffe (Polyethylen)

$$(-CH_2 - CH_2 -)_n + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

O_2-Verbrauch > CO_2-Produktion

Differenz O_2 Verbrauch - CO_2 Produktion

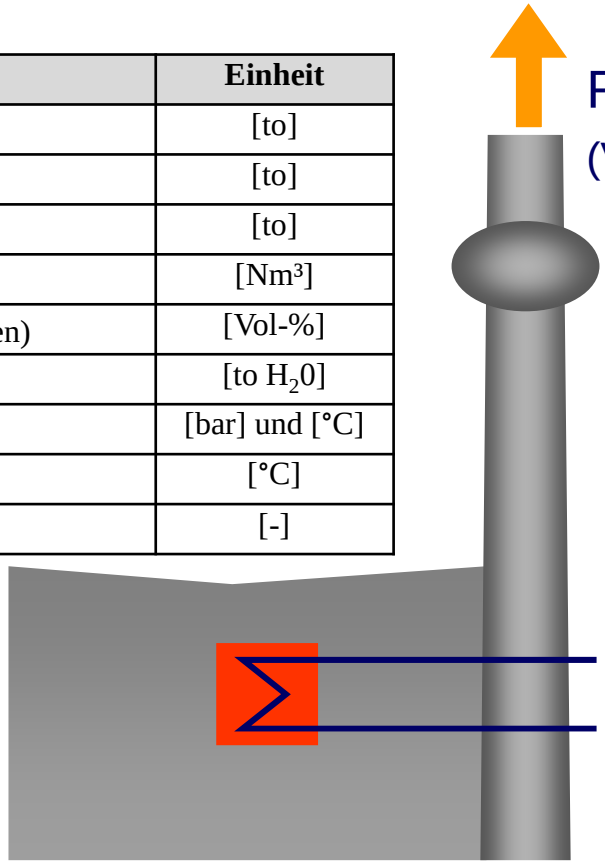
$$\dot{m}_B \cdot \left(\frac{c_{H_B}}{4 \cdot M_H} - \frac{c_{O_B}}{2 \cdot M_O} + \frac{c_{N_B}}{2 \cdot M_N} + \frac{c_{S_B}}{M_S} \right) \cdot 10^3 +$$

$$+ \dot{m}_F \cdot \left(\frac{c_{H_F} - \frac{c_{Cl_F}}{M_{Cl}}}{4 \cdot M_H} - \frac{c_{O_F}}{2 \cdot M_O} + \frac{c_{N_F}}{2 \cdot M_N} + \frac{c_{S_F}}{M_S} \right) \cdot 10^3 = d_{O_2 - CO_2} =$$

$$= \frac{\frac{\dot{V}_{Reingas}}{10^3} \cdot \left(\left(c_{O_{2,L}} + c_{CO_{2,L}} \right) \cdot \left(\frac{100 - c_{O_{2,Rg}} - c_{CO_{2,Rg}}}{100 - c_{O_{2,L}} - c_{CO_{2,L}}} \right) - \left(c_{O_{2,Rg}} + c_{CO_{2,Rg}} \right) \right) \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{V_m}}{\dot{M}_{Abfall}}$$

Bilanzenmethode – Methodik V

Parameter	Einheit
Verbrannter Abfall	[to]
Verbrannter Klärschlamm	[to]
Menge an festen Rückständen	[to]
Reingasvolumenstrom (trocken)	[Nm³]
O_2 und CO_2 Gehalt im Reingas (trocken)	[Vol-%]
Dampfproduktion	[to H_20]
Dampfdruck und -temperatur	[bar] und [°C]
Speisewassertemperatur	[°C]
Kesselwirkungsgrad	[-]



Reingas
(Volumenstrom, O_2, CO_2)

Abfall
(Masse)

Dampfkessel
(Dampfmenge,
Dampfdruck und –temp.,
Kesselwirkungsgrad)

Feste Rückstände
(Masse von Schlacke, Flugasche,
Filterkuchen, Schrott)

Bilanzenmethode – Methodik VI

Lösung eines überbestimmten nicht-linearen Gleichungssystems

1. Massenbilanz		m_B	+	m_F	+	m_I	+	m_w	=	1
2. "Aschen"bilanz						$+ m_I$			=	a_{Abfall}
3. Kohlenstoffbilanz	$c_B \cdot m_B$	+	$c_F \cdot m_F$						=	c_{Abfall}
4. Energiebilanz	$HW_B \cdot m_B$	+	$HW_F \cdot m_F$				$-2.45 \cdot m_W$		=	HW_{Abfall}
5. O_2-Verbrauch	$o_2{}^C{}_{,B} \cdot m_B$	+	$o_2{}^C{}_{,F} \cdot m_F$						=	$o_2{}^C{}_{Abfall}$
6. Differenz aus O_2-Verbr.+CO_2-Prod.	$d_{O_2\text{-}CO_2,B} \cdot m_B$	+	$d_{O_2\text{-}CO_2,F} \cdot m_F$						=	$d_{O2\text{-}CO2,Abfall}$

Anwendung der Bilanzenmethode I

Anwendung in Müllverbrennungsanlagen

- Einsatz der Methode in mehr als 20 MVAs in Europa

software zur bilanzenmethode

- Aktuell werden die fossilen CO_2-Emissionen aus allen österreichischen MVAs bestimmt (Projekt BEFKÖM).

11 MVAs
2,5 Mio t /a

Anwendung der Bilanzenmethode II

Betriebsdaten

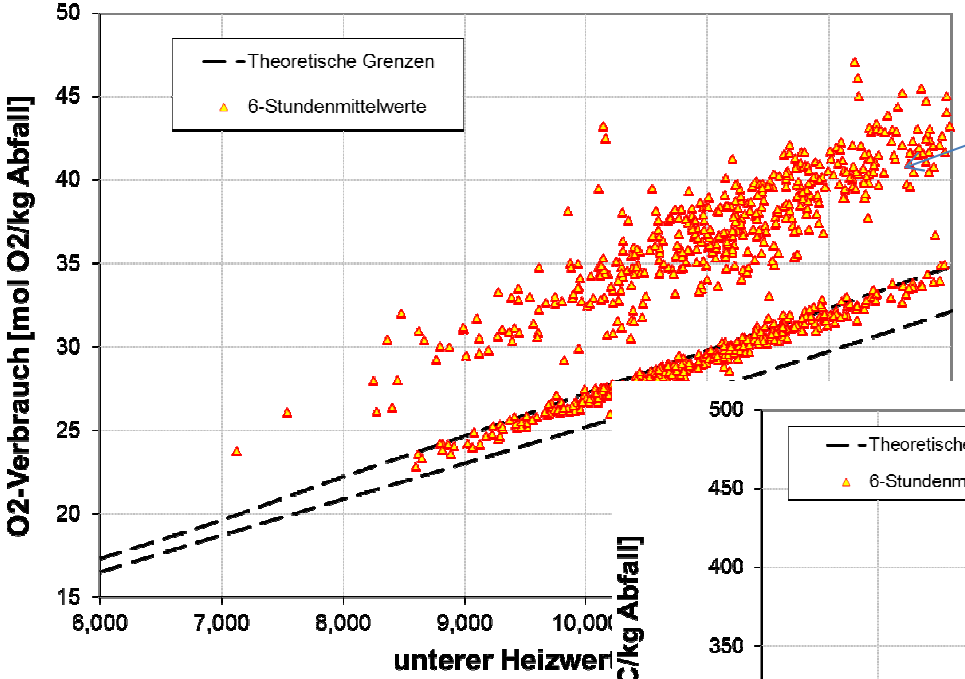
- Zeitliche Auflösung
- Messgenauigkeit

	t/h	l/h	Nm³/h	%	t/h	bar	°C	°C	0
	Mülldurchsatz Linie 1 [t/h]	Heizöl Exteraleicht Linie 1[l/h]	Rohgas Linie 1[Nm³/h]	O2 Rohgas Linie 1 [Vol% trocken]	Frischdampfproduktion Linie 1 [t/h]	Frischdampfdruck Linie 1 [bar]	Frischdampftemp. Linie 1 [°C]	Speisewassertemp. Vor ECO Linie 1 [°C]	Rauchgastemp. am Kesselaustritt Linie 1 [°C]
1.1.2014 00:00:00	14,00	0,00	76399,37	5,94	51,81	41,10	400,32	140,36	197,55
1.1.2014 01:00:00	14,03	0,00	75311,03	5,95	51,98	41,10	399,92	140,36	199,15
1.1.2014 02:00:00	13,21	0,00	75540,07	6,10	51,73	41,10	399,92	140,36	199,23
1.1.2014 03:00:00	13,20	0,00	75411,86	6,38	51,15	41,10	399,92	140,36	200,15
1.1.2014 04:00:00	15,20	0,00	74489,82	5,64	52,27	41,10	399,92	140,36	200,45
1.1.2014 05:00:00	16,04	0,00	75856,38	5,77	52,02	41,10	400,08	140,36	199,03
1.1.2014 06:00:00	4,97	0,00	79061,36	6,55	52,44	41,10	401,50	140,36	200,36
1.1.2014 07:00:00	[illegible]	0,00	[illegible]	6,77	52,47	41,10	399,92	140,36	203,75
1.1.2014 08:00:00	[illegible]	0,00	[illegible]	6,60	52,34	41,10	399,92	140,36	203,33
1.1.2014 09:00:00	11,06	0,00	76219,10	6,50	52,30	41,10	400,61	140,36	200,87
1.1.2014 10:00:00	12,40	0,00	75677,04	6,61	52,31	41,10	399,92	140,36	200,69
1.1.2014 11:00:00	12,65	0,00	76305,92	6,50	52,21	41,10	399,92	140,36	200,69
1.1.2014 12:00:00	13,68	0,00	75623,86	6,43	52,66	41,10	399,92	140,36	200,69
1.1.2014 13:00:00	13,16	0,00	75956,16	6,52	52,28	41,10	400,54	140,36	200,69
1.1.2014 14:00:00	13,38	0,00	74214,06	6,61	52,43	41,10	399,92	140,36	200,67
1.1.2014 15:00:00	13,38	0,00	74774,66	6,58	52,13	41,10	399,92	140,36	199,25
1.1.2014 16:00:00	11,99	0,00	76291,89	6,53	52,12	41,10	399,92	140,36	200,69
1.1.2014 17:00:00	12,66	0,00	75522,62	6,62	52,23	41,10	399,92	140,36	201,10
1.1.2014 18:00:00	12,69	0,00	75329,74	6,59	51,93	41,10	399,92	140,36	199,48
1.1.2014 19:00:00	13,07	0,00	77452,01	6,36	51,91	41,10	399,92	140,36	199,36
1.1.2014 20:00:00	14,43	0,00	78652,19	6,33	[illegible]	41,10	399,92	140,36	202,17
1.1.2014 21:00:00	13,70	0,00	77991,16	[illegible]	52,01	41,10	399,92	140,36	203,75
1.1.2014 22:00:00	14,34	0,00	78016,96	[illegible]	52,15	41,10	400,10	140,36	204,41
1.1.2014 23:00:00	13,83	0,00	78777,02	6,30	52,30	41,10	399,92	140,36	203,75
1.2.2014 00:00:00	13,08	0,00	79314,76	6,86	52,50	41,10	399,92	140,36	203,75
1.2.2014 01:00:00	13,29	0,00	77027,59	6,90	52,38	41,10	399,46	140,36	203,14
1.2.2014 02:00:00	12,90	0,00	77543,73	6,78	51,81	41,10	399,74	140,36	200,24
1.2.2014 03:00:00	11,75	0,00	79976,95	6,46	52,04	41,10	400,21	140,36	203,94
1.2.2014 04:00:00	13,70	0,00	77413,64	6,84	52,10	41,10	399,92	140,36	202,89
1.2.2014 05:00:00	13,75	0,00	78279,11	6,60	52,24	41,10	400,52	140,36	203,26
1.2.2014 06:00:00	14,30	0,00	76911,55	6,72	52,30	41,10	399,92	140,36	202,89
1.2.2014 07:00:00	14,95	0,00	75591,18	6,72	52,70	41,10	399,92	140,36	201,20
1.2.2014 08:00:00	12,46	0,00	76937,30	6,79	51,91	41,10	400,60	140,36	200,69
1.2.2014 09:00:00	11,06	0,00	75295,23	6,82	52,62	41,10	399,92	140,36	200,37
1.2.2014 10:00:00	10,87	0,00	75285,26	6,90	51,64	41,10	400,64	140,36	198,33
1.2.2014 11:00:00	10,61	127,08	79686,86	7,69	49,98	40,85	399,37	140,36	204,22
1.2.2014 12:00:00	11,34	0,00	73952,25	6,64	52,08	40,96	400,43	140,04	201,73
1.2.2014 13:00:00	11,92	0,00	75106,57	6,84	51,93	41,10	400,85	140,36	199,68
1.2.2014 14:00:00	11,27	0,00	76402,42	7,58	50,57	41,06	400,11	140,36	200,16
1.2.2014 15:00:00	12,07	0,00	74864,23	6,90	51,22	41,10	400,34	140,36	201,07
1.2.2014 16:00:00	12,16	0,00	76353,90	7,39	50,10	40,94	399,53	140,36	200,51

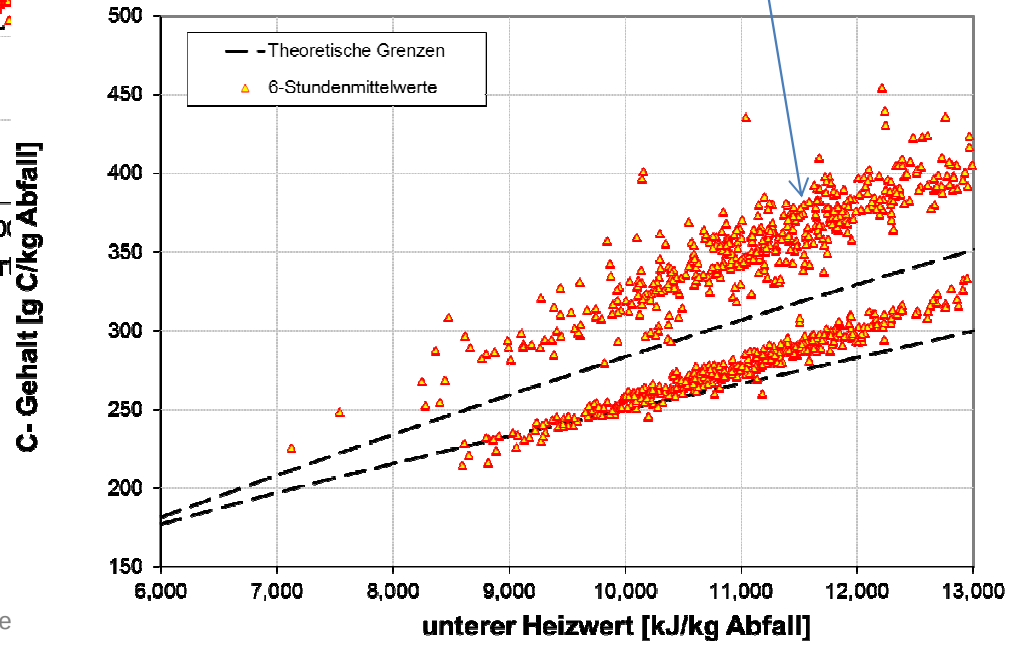
→ plausibel?

Anwendung der Bilanzenmethode IV

Plausibilitätstests der Betriebsparameter

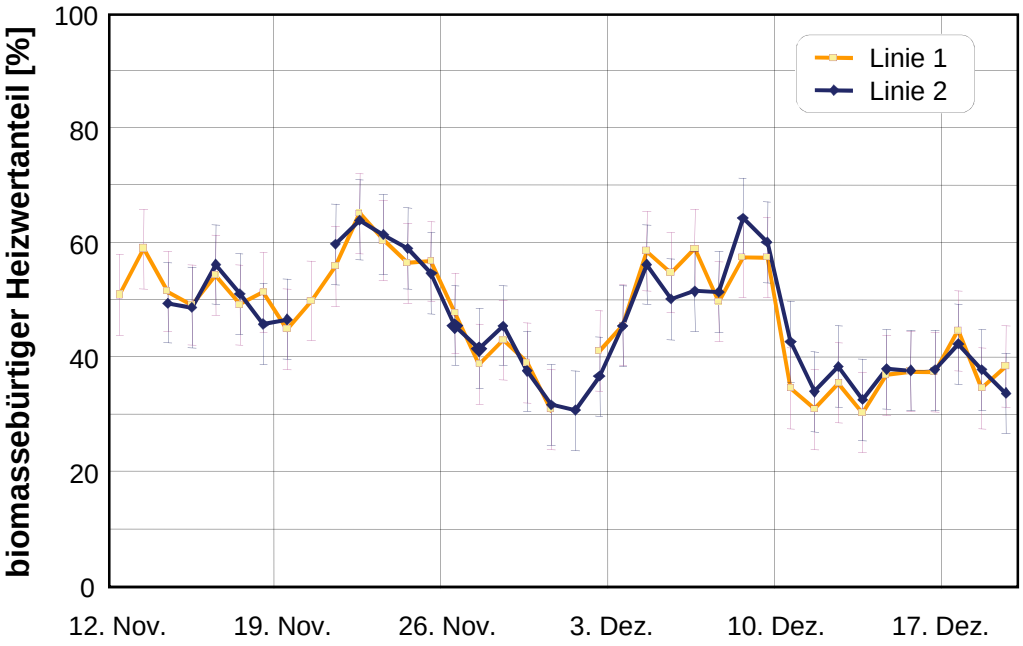


zu hohe Reingasmenge

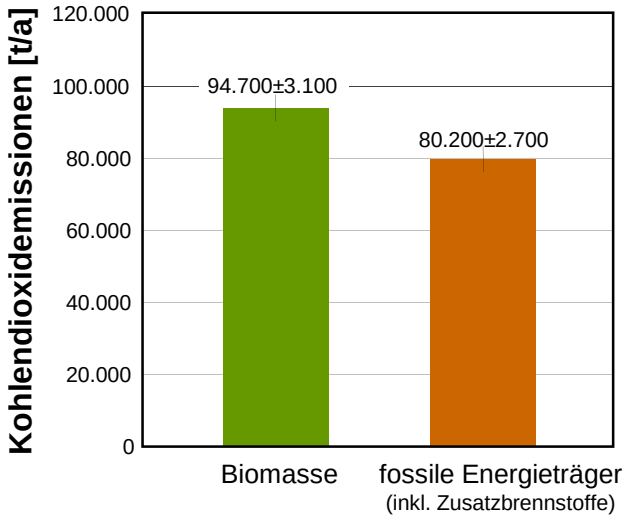


Ergebnisse der Bilanzenmethode I

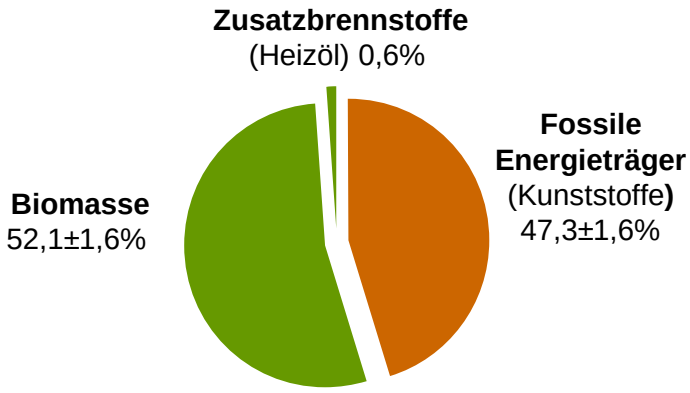
Typisches Ergebnis



Kohlendioxidemissionen

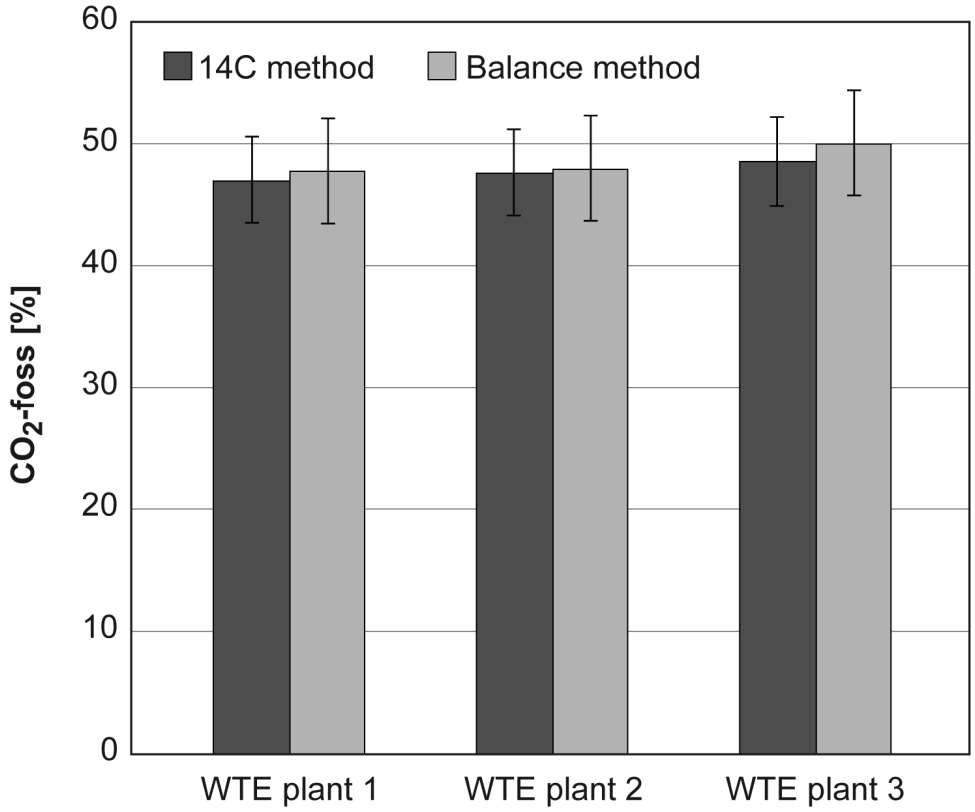


Energieträgeranteile



Ergebnisse der Bilanzenmethode II

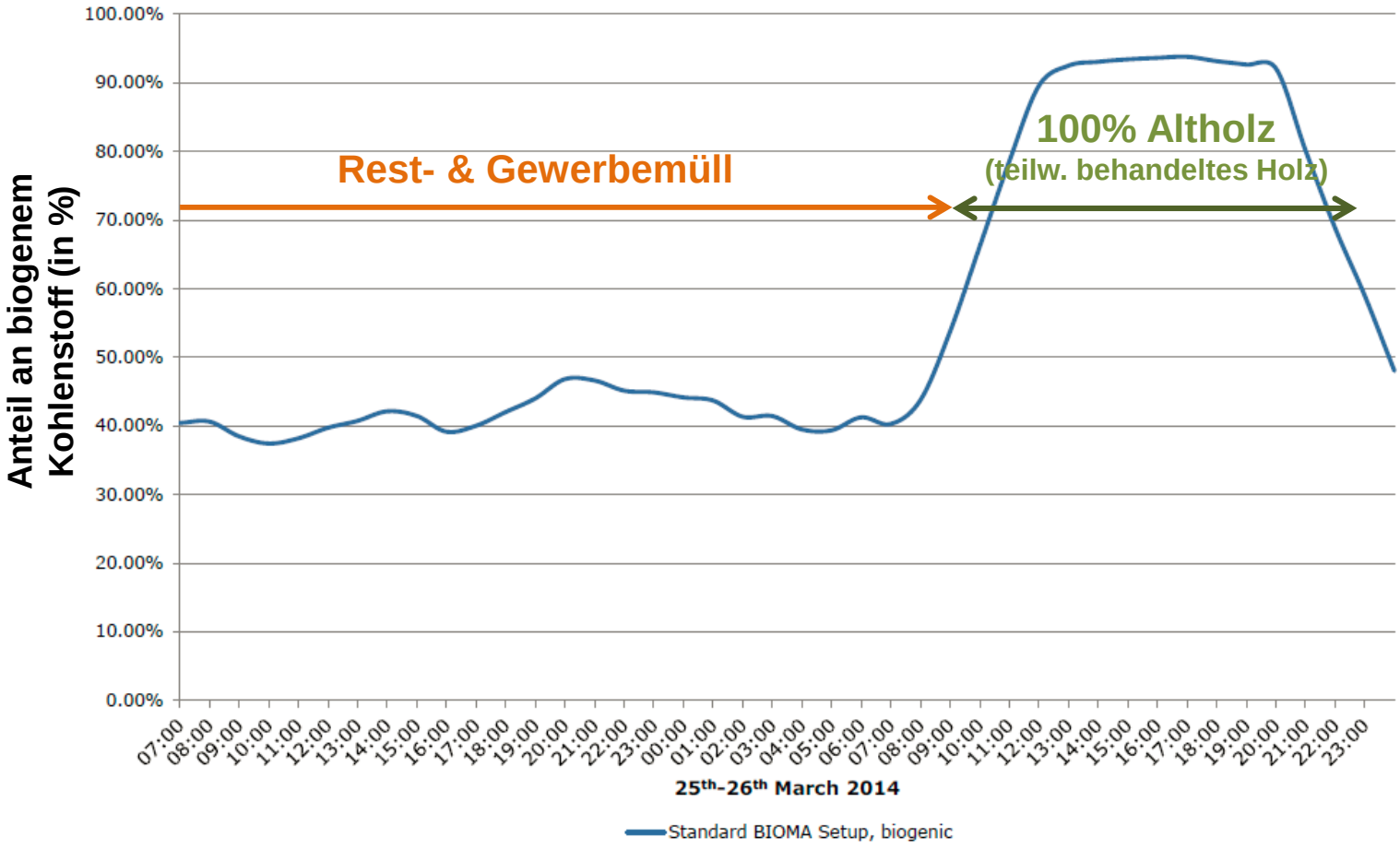
Vergleich zu ^{14}C Radiokarbonmethode



aus: Obermoser et al, 2009

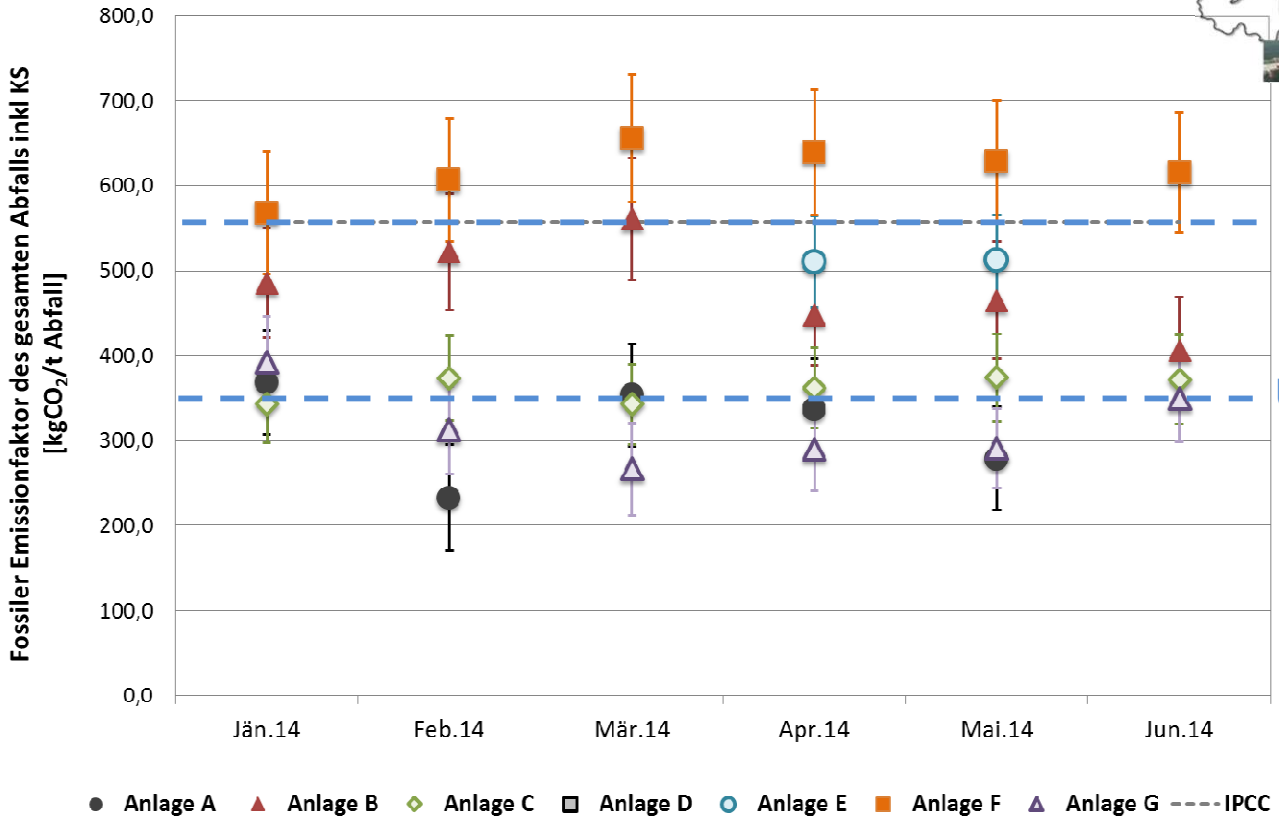
Sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse

Ergebnisse der Bilanzenmethode III



Ergebnisse der Bilanzenmethode III

Österreichische MVAs



IPCC: 557 $kgCO_2$/t Abfall

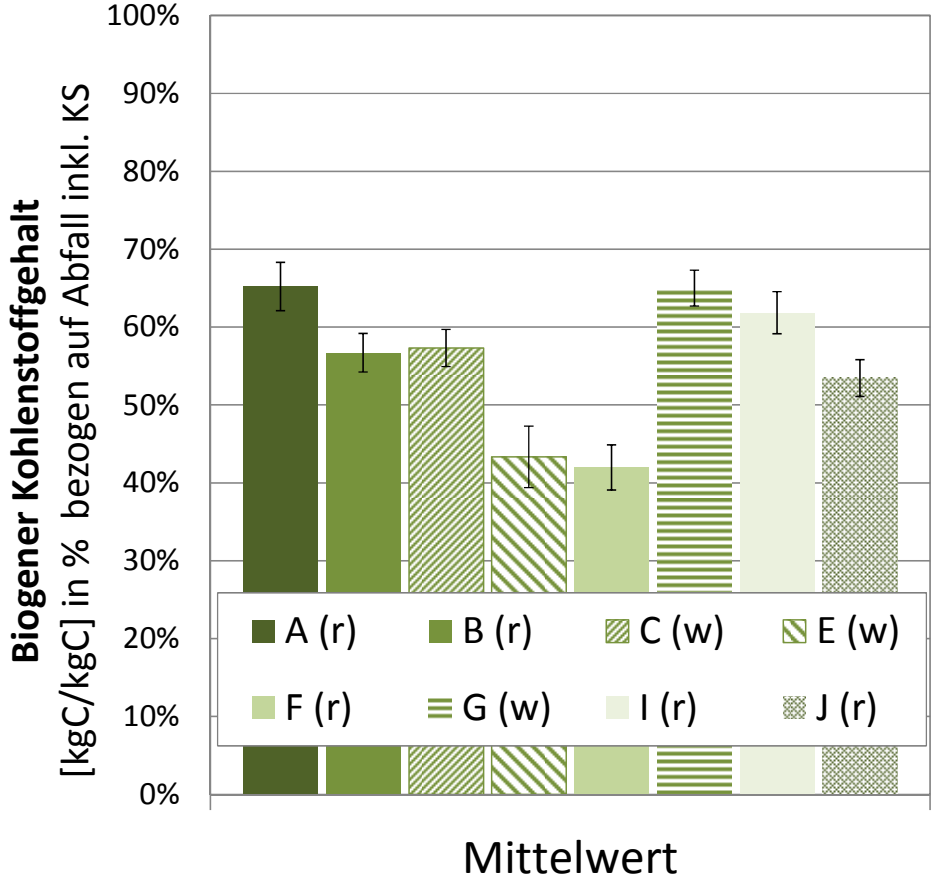
UBA(D): 360 $kgCO_2$/t Abfall

Fossile Emissionsfaktoren [$kgCO_{2,\ fos}$/tAbfall]

→ Inputdaten für Klimabilanz Österreichs

Ergebnisse der Bilanzenmethode IV

Österreichische MVAs



Biogener Kohlenstoffgehalt [kgC_{bio}/kgC]

Methoden zur Biomassebestimmung

Momentaufnahme/ Laborbasiert

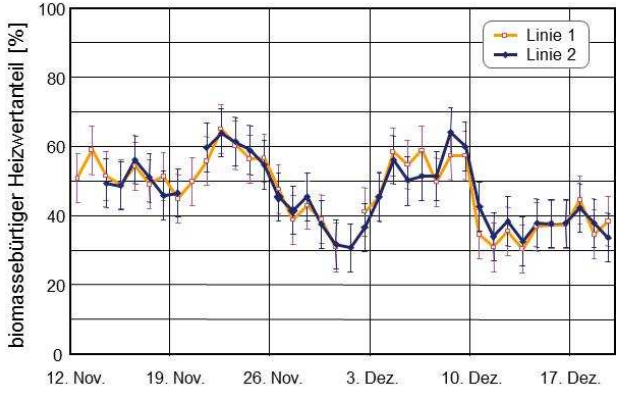
- Sortiermethode
- Selektive Lösungsmethode
- ^{14}C-Methode
- Adaptierte Bilanzenmethode

Validierungs-arbeiten

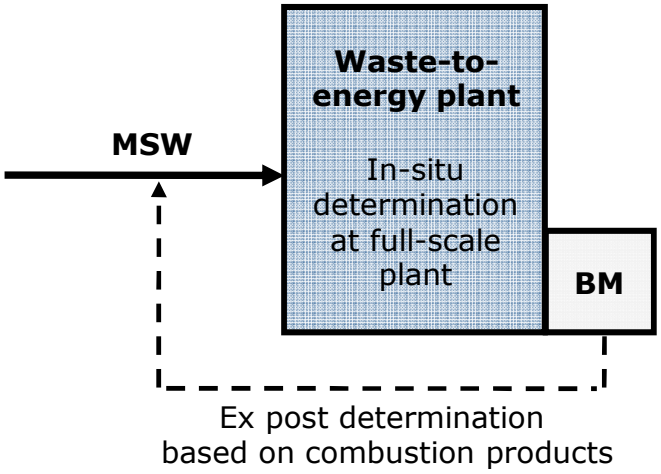
Laufende Bestimmung

- Konstante Faktoren
- Bilanzenmethode

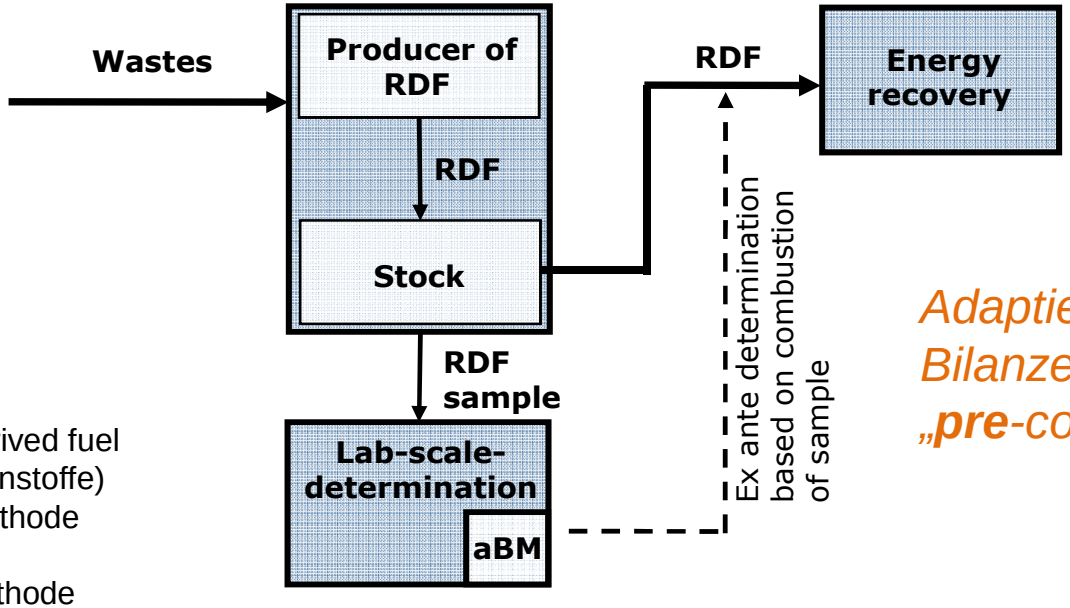
Patentiert



Anwendung auf Ersatzbrennstoffe



Bilanzenmethode (BM)
*„**post**-combustion“*



Adaptierte Bilanzenmethode (aBM)
*„**pre**-combustion“*

RDF….Refused derived fuel (Ersatzbrennstoffe)
BM……Bilanzenmethode
aBM….Adaptierte Bilanzenmethode

Adaptierte Bilanzenmethode – Methodik I

Stoffdaten

Unbekannte

1. Massenbilanz	$m_B + m_F + m_I + m_W$	$=$	1
2. Wasserbilanz	m_W	$=$	w_{Abfall}
3. "Aschen"bilanz	m_I	$=$	a_{Abfall}
4. Kohlenstoffbilanz	$C_B \cdot m_B + C_F \cdot m_F$	$=$	$TC_{Abfall} - TC_i \cdot m_i$
5. Wasserstoffbilanz	$H_B \cdot m_B + H_F \cdot m_F$	$=$	$TH_{Abfall} - TH_i \cdot m_i$
6. Sauerstoffbilanz	$O_B \cdot m_B + O_F \cdot m_F$	$=$	$TO_{Abfall} - TO_i \cdot m_i$
7. Stickstoffbilanz	$N_B \cdot m_B + N_F \cdot m_F$	$=$	$TN_{Abfall} - TN_i \cdot m_i$
8. Schwefelbilanz	$S_B \cdot m_B + S_F \cdot m_F$	$=$	$TS_{Abfall} - TS_i \cdot m_i$
Zusätzliche Bedingungen	$C_B + H_B + O_B + N_B + S_B$	$\approx$	1000
	$C_F + H_F + O_F + N_F + S_F$	$\approx$	970 ± 20

Inputdaten

Zusammensetzung der biogenen und fossilen Stoffgruppe

Stoffgruppe	C-Gehalt		H-Gehalt		O-Gehalt		N-Gehalt		S-Gehalt		Cl-Gehalt	
	[g/kg wasser- und aschefrei]											
	MW	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*	**MW**	*sd*
Biogen (m_B)	**483**	10	**65**	*1*	**441**	*10*	**8**	*3*	**1,2**	*0,3*	**-**	-
Fossil (m_F)	**768**	20	**109**	*7*	**88**	*22*	**13**	*5*	**3**	*1,1*	**19**	*15*

Adaptierte Bilanzenmethode – Methodik I

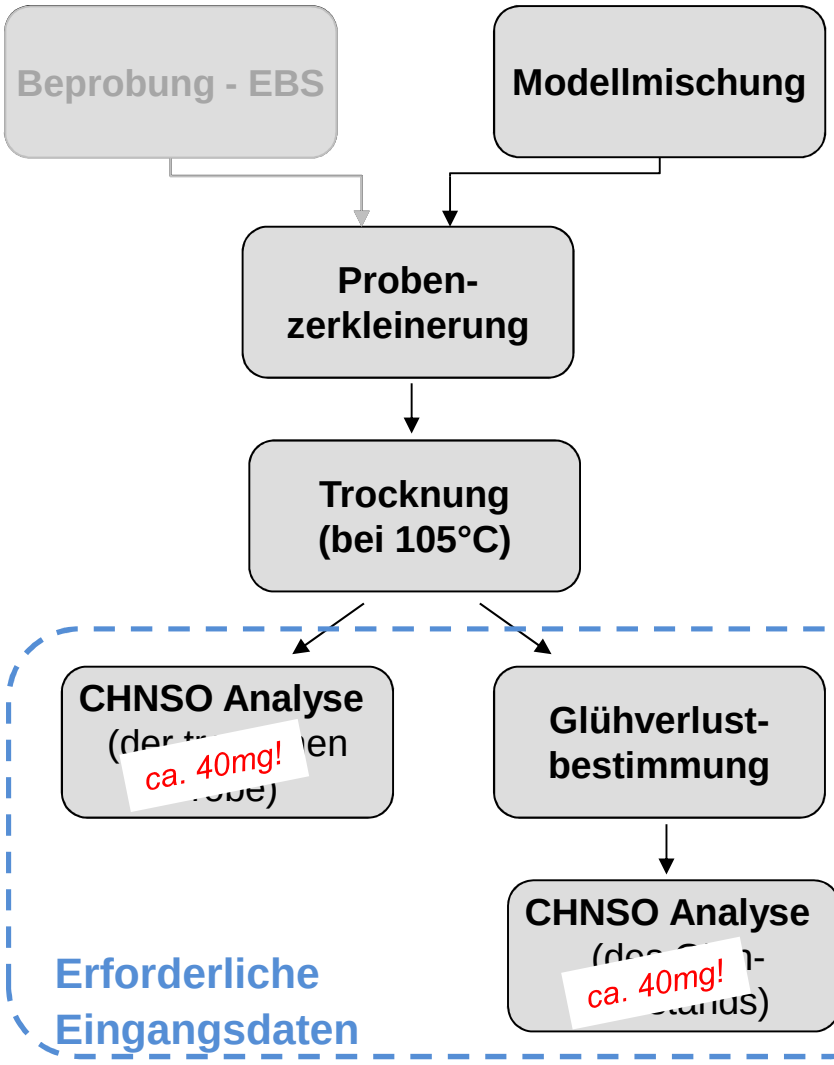
Stoffdaten | *Unbekannte* | **Wassergehalts-bestimmung** | **Aschegehalts-bestimmung**

1. Massenbilanz	$m_B + m_F + m_I + m_W$	=	1
2. Wasserbilanz	m_W	=	w_{Abfall}
3. "Aschen"bilanz	m_I	=	a_{Abfall}
4. Kohlenstoffbilanz	$C_B \cdot m_B + C_F \cdot m_F$	=	$TC_{Abfall} - TC_i \cdot m_i$
5. Wasserstoffbilanz	$H_B \cdot m_B + H_F \cdot m_F$	=	$TH_{Abfall} - TH_i \cdot m_i$
6. Sauerstoffbilanz	$O_B \cdot m_B + O_F \cdot m_F$	=	$TO_{Abfall} - TO_i \cdot m_i$
7. Stickstoffbilanz	$N_B \cdot m_B + N_F \cdot m_F$	=	$TN_{Abfall} - TN_i \cdot m_i$
8. Schwefelbilanz	$S_B \cdot m_B + S_F \cdot m_F$	=	$TS_{Abfall} - TS_i \cdot m_i$
Zusätzliche Bedingungen	$C_B + H_B + O_B + N_B + S_B$	≈	1000
	$C_F + H_F + O_F + N_F + S_F$	≈	970 ± 20

CHNSO Elementaranalyse

Adaptierte Bilanzenmethode

Validierung



Bekannte Zusammensetzung z.B. Mischung aus Papier, Karton, PET, PE

→ Vergleich der theoretischen Zusammensetzung mit dem Ergebnis der BM

$$TOC_{RDF} = TC_{RDF} - TC_i \cdot m_i$$

Probenzerkleinerung

- Schneidmühle
  - Schreddern bis zu 1mm Korngröße

- Ultrazentrifugalmühle
  - Mahlen auf bis 0,2 mm

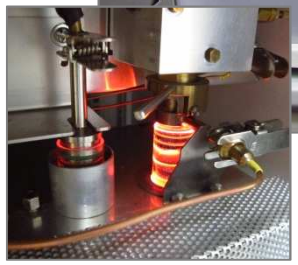
- Cryomill
  - Stickstoffgekühlte Schwingmühle
  - - 196 °C

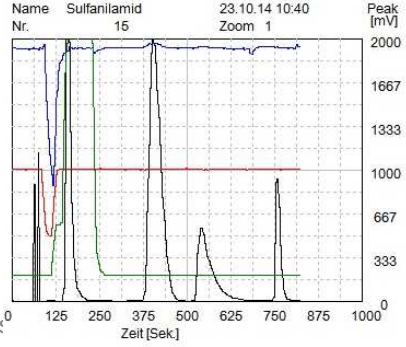
Adaptierte Bilanzenmethode

CHNSO-Elementaranalyse

- Katalytische Rohrverbrennung bei 1150 °C
- Auftrennung der Messkomponenten mittels Adsorptionssäulen
- Wärmeleitfähigkeitsdetektor
- Dauer einer Messung: ~ 11 min

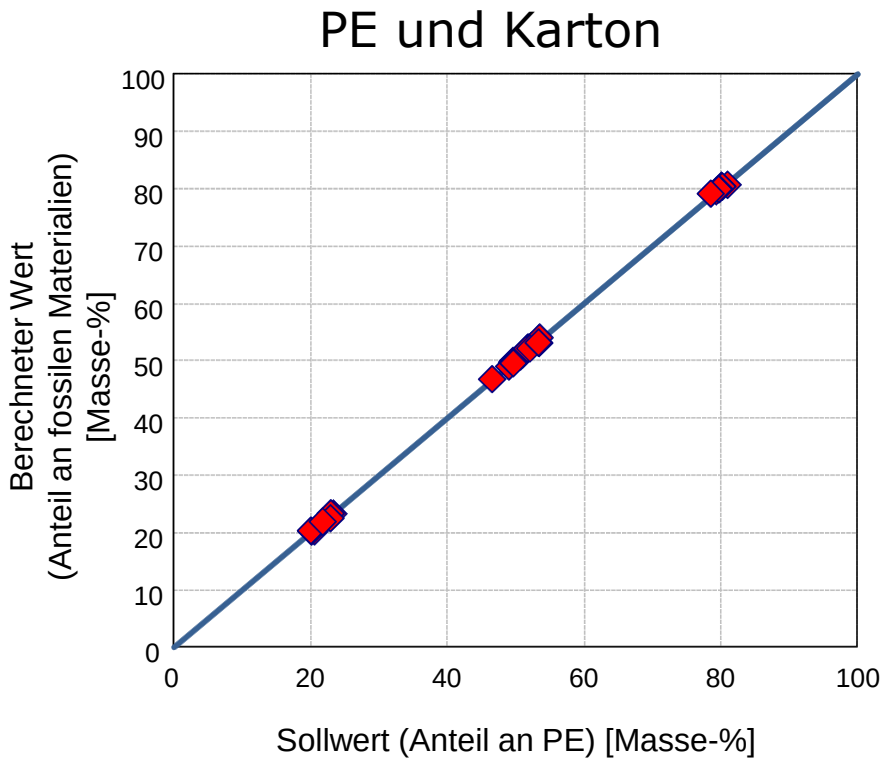
- O-Bestimmung mittels Pyrolyse

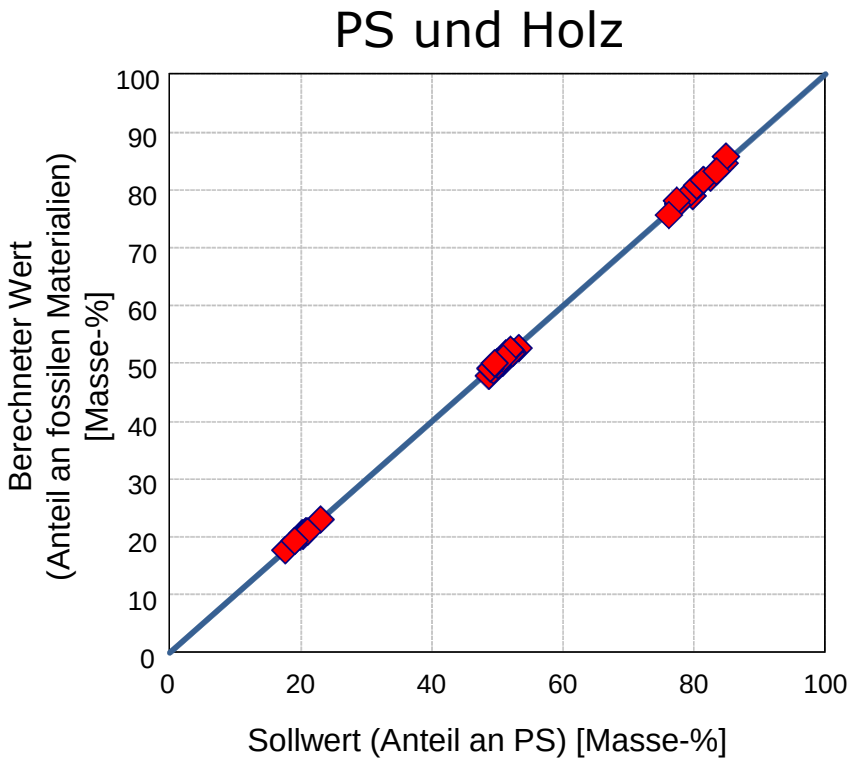




Adaptierte Bilanzenmethode - Validierung

Ergebnis für Modellmischungen aus



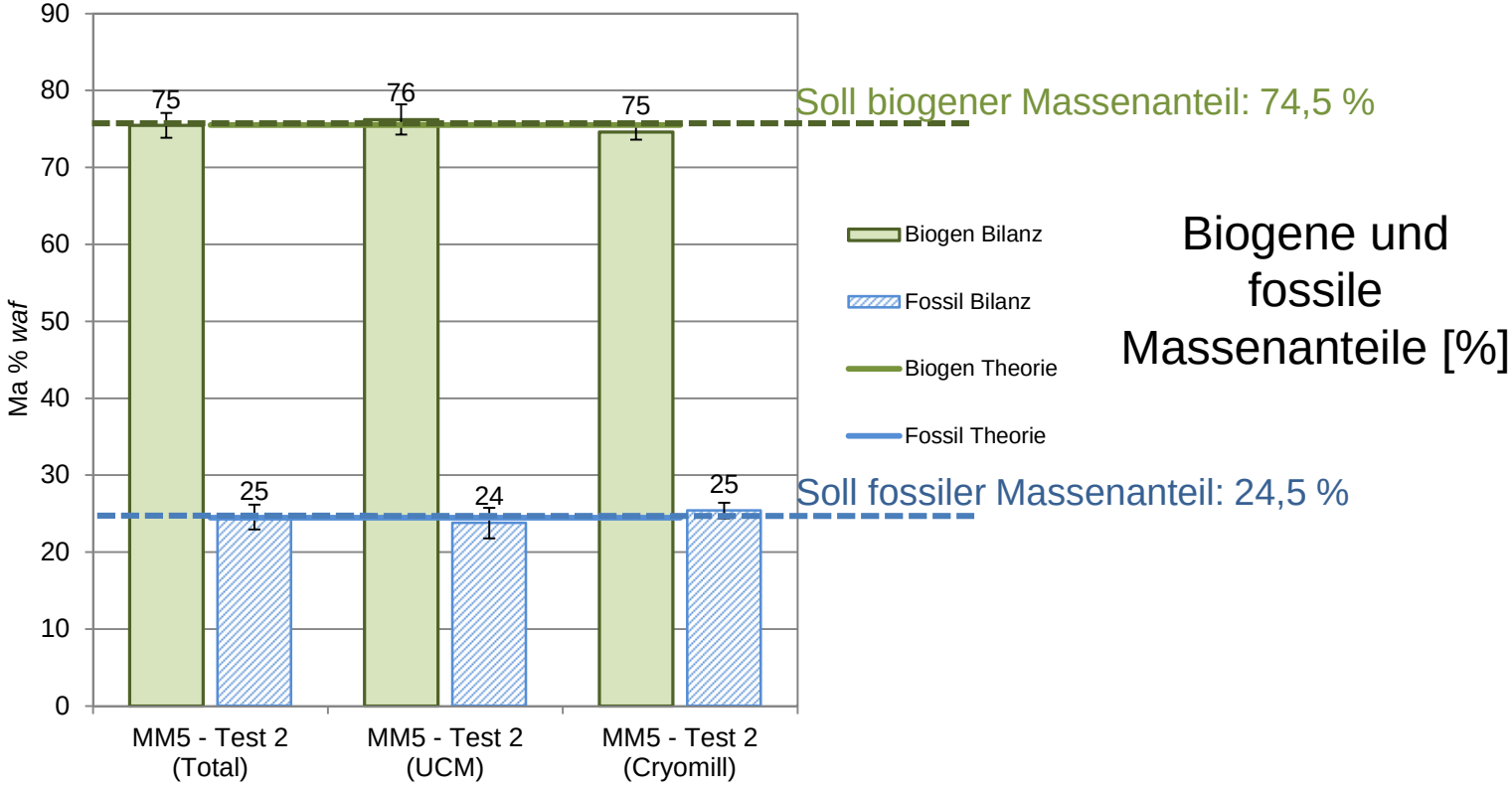


Quelle: Aschenbrenner et al., 2009

→ sehr gute Übereinstimmung (< 1,7 % relative Abweichung)

Adaptierte Bilanzenmethode - Validierung

Ergebnisse Modellmischung aus
75 % Papier und 25 % PE-HD

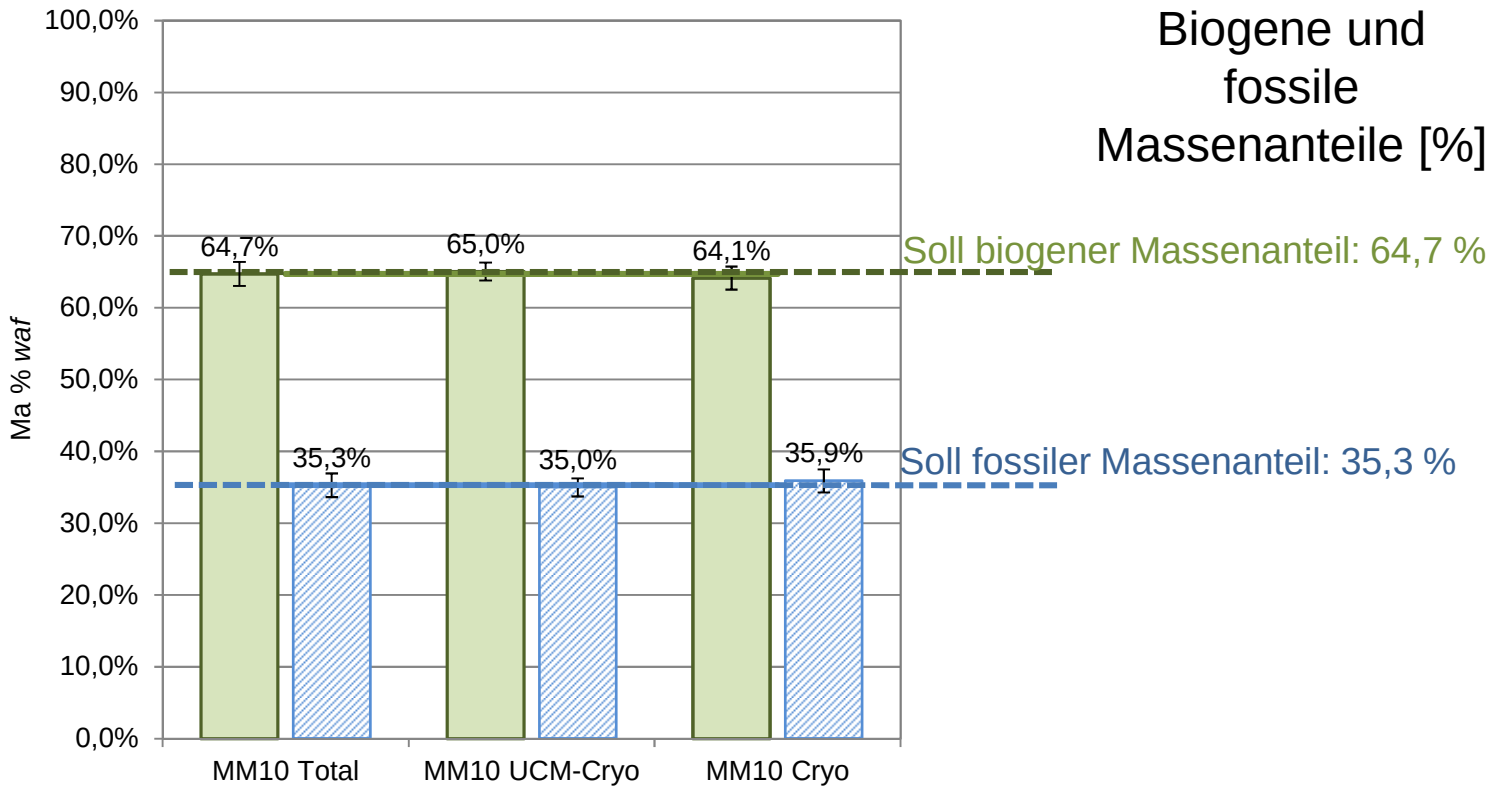


Biogene und fossile Massenanteile [%]

< 3,5 % Abweichung vom Soll (relativ)

Adaptierte Bilanzenmethode - Validierung

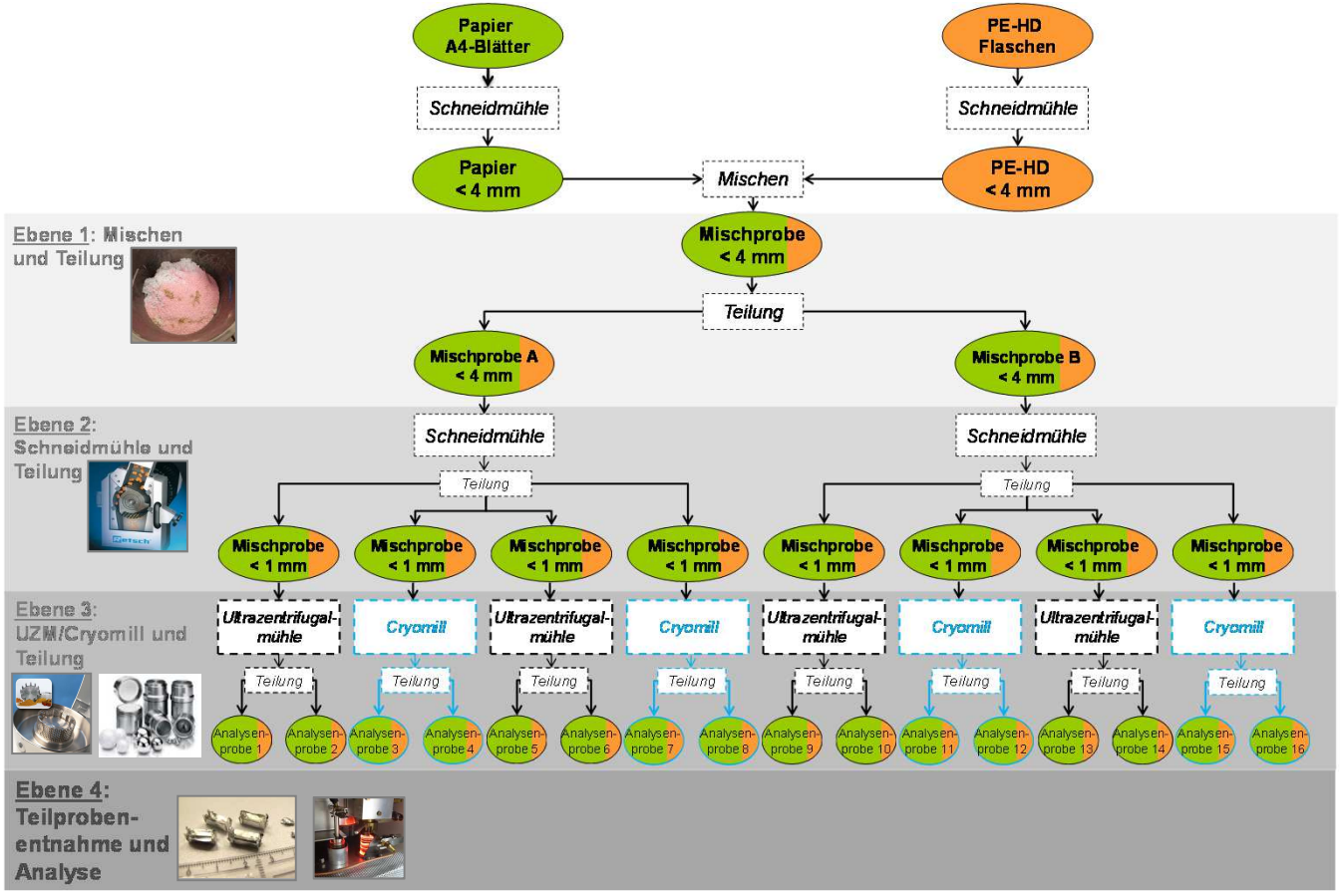
Ergebnisse Modellmischung aus 5 Komponenten (Papier, Karton, PE-HD, PET, PS)



< 2 % Abweichung vom Soll (relativ)

Adaptierte Bilanzenmethode - Validierung

Zuteilung der Streuung auf die einzelnen Aufbereitungsschritte



Zusammenfassung

- MVA-Methode (Bilanzenmethode)
  - Routinemäßig Anwendung in mehreren MVAs
  - Anwendung konstanter Faktoren führt zu Über-und Unterschätzung des Biomasseanteils und zeitliche und räumliche Schwankungen können nicht erkannt werden
  - Software BIOMA zur vollautomatisierten Auswertung und Online Darstellung (Heizwert, Biomasseanteil, …)
- Labormethode (Adaptierte Bilanzenmethode)
  - Verlässliche Bestimmung für definierte Gemische
  - Anwendung auf unterschiedliche Sekundärbrennstoffe: Kenntnis der Kunststofffraktion nötig (Datenbasis)
  - Probenahme und Probenaufbereitung

Literatur

Fellner, J., Aschenbrenner, P., Cencic, O., Rechberger, H., Determination of the biogenic and fossil organic matter content of refuse-derived fuels based on elementary analyses., Fuel , 90(11), **2011**, 3164-3171

Aschenbrenner, P., Fellner, J., Rechberger, H. Bestimmung des biogenen Kohlenstoffgehaltes von Ersatzbrennstoffen mittels eines CHNSO-lementaranalysators, Tagungsband "Erneuerbare Energien", Berliner Energiekonferenz,10.-11. November, Berlin, Hrsg. Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M., TK Verlag Karl Thomé-Kozminsky, Neuruppin, Band 2, **2009,** p. 3-14. ISBN 978-3-935317-43-6.

Obermoser, M., Fellner, J., Rechberger, H., Determination of reliable CO_2 emission factors for waste-to-energy plants, *Waste Management and Research*, 27 (9), **2009**, 907-913.

Mohn, J., Szidat, S., Fellner J., Rechberger, H., Quartier, R., Buchmann, B., Emmenegger, L., Determination of biogenic and fossil CO_2 emitted by waste incineration based on $^{14}CO_2$ and mass balances, *Bioresource Technology*, 99, **2008**, 6471-6479.

Staber, W., Flamme, S. and Fellner, J., Methods for determining the biomass content of waste, *Waste Management and Research*, 26(1), **2008**, 78-87.

Fellner, J., Cencic, O., Rechberger, H., A new method to determine the ratio of electricity production from fossil and biogenic sources in waste-to-energy plants. *Environmental Science and Technology*, **2007**, Vol 41, No. 7, 2579-2586.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!!

Therese Schwarzböck
therese.schwarzboeck@tuwien.ac.at

MINISTERIUM FÜR ein LEBENSWERTES ÖSTERREICH

FWF Der Wissenschaftsfonds.