

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

# Grundzüge der Abfalltechnik und Abfallwirtschaft

Mag. Dr. Martin Wellacher

Leoben, 04.06.2019



Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft



# **Biologische Abfallbehandlung**





# Übersicht Modul "Biologische Abfallbehandlung"

# Grundlagen

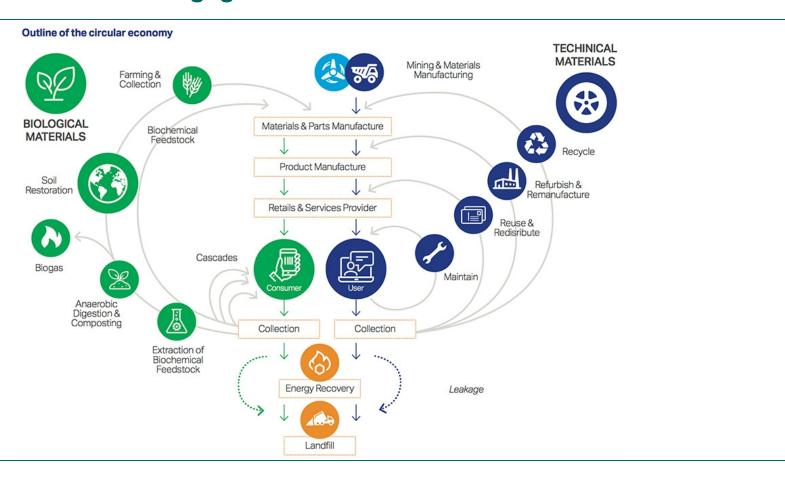
- Abbau, Umbau
- Abfallrecht
- Getrennte Sammlung
- 1) Aerobe biologische Behandlung (Kompostierung)
- 2) Anaerobe biologische Behandlung (Vergärung)
- 3) Mechanisch Biologische Abfallbehandlung (MBA)

(c) Copyright M. Wellacher



# Grundlagen

# Ellen MacArthur Schmetterlingsgrafik







# Was ist biologische Abfallbehandlung?

- Abbau und Umbau von Organik
  - CO<sub>2</sub>, Wasser, CH<sub>4</sub>
  - Huminstoffe, Biomasse
- Mikroorganismen (für Kompostierung und Vergärung)
  - verwerten biologisch Abbaubares
  - brauchen geeignete Lebensräume
- Umgebungsbedingungen
  - chemisch, physikalisch, biologisch fest, flüssig, gasförmig

# **EXOTHERM**

Gerüche, 
$$CH_4$$
,  $CO_2$ 

ANAEROB

 $H_2O$ 

Biomasse

 $CO_2$ 
 $CH_2OH$ 
 $H_2O$ 
 $CH_2OH$ 
 $H_2O$ 
 $CH_2OH$ 
 $H_2O$ 
 $CH_2OH$ 
 $H_2O$ 
 $H_2OH$ 
 $H_2O$ 
 $H_2OH$ 
 $H_2O$ 
 $H_2OH$ 
 $H_2OH$ 





# Rechtliche Rahmenbedingungen (Auszug)

#### Europäische Union

- Abfallrahmenrichtlinie 2008
- Deponierichtlinie 1999
- Industrieemissionsrichtlinie 2010
- BVT-Merkblätter

#### Österreich

- Wasserrechtsgesetz 1954
- Verordnung für die getrennte
   Sammlung biogener Abfälle 1992
- Kompostverordnung 2001
- **AWG** 2002
- Deponieverordnung 2008

#### Länder

- Landesabfallwirtschaftsgesetze
- Bodenschutzgesetze
- Luftreinhaltegesetze
- Grundwasserschongebieteverordnung

#### Sonstige Materien

- Bundesabfallwirtschaftsplan
- Stand der Technik der Kompostierung
- MBA-Richtlinie
- Normen
- Freiwillige Qualitätssicherungssysteme

#### Geltungsbereich

- § 1. Biogene Abfälle im Sinne dieser Verordnung sind, sofern § 2 nicht anderes bestimmt, nachstehend genannte Abfälle, die auf Grund ihres hohen organischen, biologisch abbaubaren Anteils für die aerobe und anaerobe Verwertung besonders geeignet sind:
  - natürliche, organische Abfälle aus dem Garten- und Grünflächenbereich, wie insbesondere Grasschnitt, Baumschnitt, Laub, Blumen und Fallobst;
  - 2. feste pflanzliche Abfälle, wie insbesondere solche aus der Zubereitung von Nahrungsmitteln;
  - pflanzliche Rückstände aus der gewerblichen und industriellen Verarbeitung und dem Vertrieb land- und forstwirtschaftlicher Produkte;
  - 4. Papier, sofern es sich um unbeschichtetes Papier, welches mit Nahrungsmitteln in Berührung steht oder zur Sammlung und Verwertung von biogenen Abfällen geeignet ist, handelt.

#### Getrennte Sammlung

- § 2. (1) Werden biogene Materialien im Sinne des § 1 im unmittelbaren Bereich des Haushaltes oder der Betriebsstätte nicht verwertet, so sind diese biogenen Abfälle für eine getrennte Sammlung bereitzustellen oder zu einer dafür vorgesehenen Sammelstelle zu bringen.
- (2) Ausgenommen von der getrennten Erfassung gemeinsam mit den Abfällen gemäß § 1 sind jene biogene Abfälle, die auf Grund ihres Schadstoffgehaltes die Verwertung der übrigen biogenen Abfälle gefährden oder erschweren.
- (3) Andere als in § 1 Z 2 genannte organische Abfälle aus der Zubereitung und dem Verzehr von Nahrungsmitteln (Speisereste) sind nur dann mit biogenen Abfällen (§ 1) gemeinsam zu sammeln und behandeln, wenn sie zur Verwertung einer dafür geeigneten aeroben oder anaeroben Behandlungsanlage zugeführt werden können.

#### Inkrafttreten

§ 3. Diese Verordnung tritt mit 1. Jänner 1995 in Kraft.

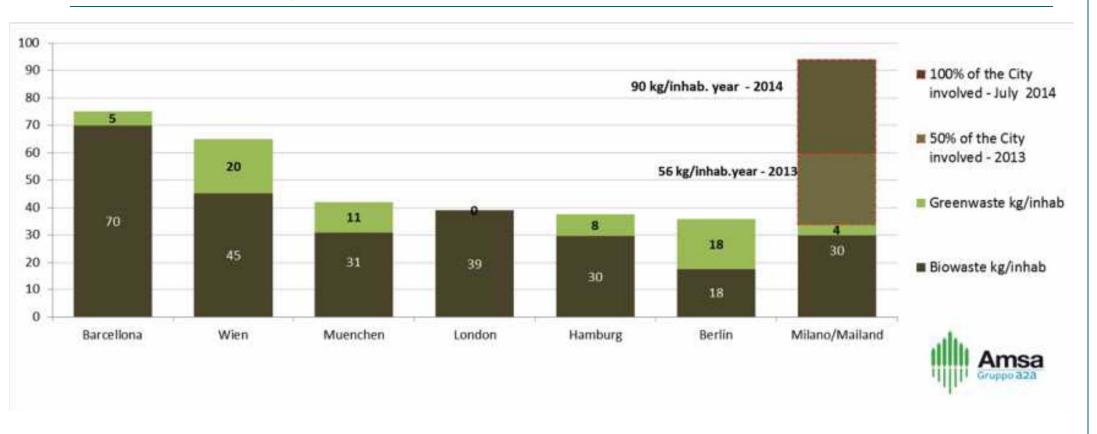


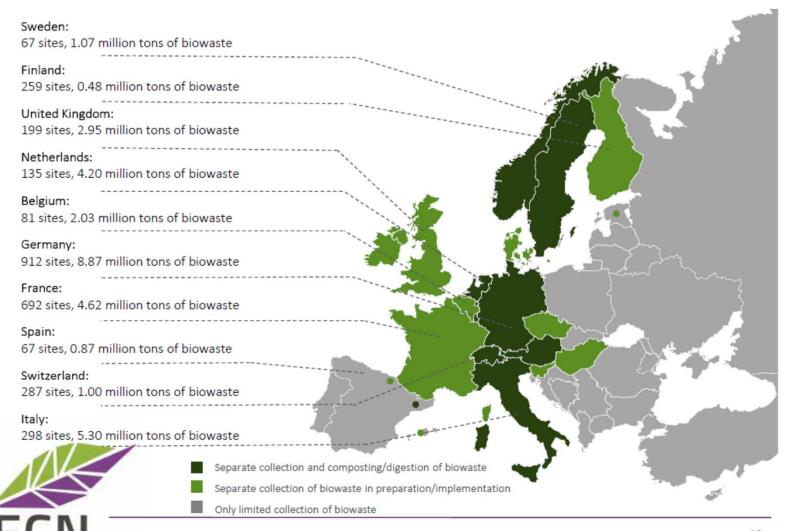






# Aufkommen biogener Abfälle pro Einwohner und Jahr





12





# Biologische Behandlungsanlagen in Österreich

#### Aerobe:

- o 400
- o 1,5 Mio. t/a

#### Anaerobe:

- o 150
- o 0,6 Mio. t/a

#### MBAs:

- 0 14
- o 0,5 Mio. t/a

# Sammelmengen in den österreichischen Bundesländern

	2015	
Bundesland	"Biotonne"	Biotonne
	[t]	[kg/EW]
Burgenland	14.400	124
Kärnten	12.600	51
Niederösterreich	153.100	159
Oberösterreich	71.400	154
Salzburg	36.000	98
Steiermark	67.300	90
Tirol	51.200	133
Vorarlberg	15.300	74
Wien	86.800	54
ÖSTERREICH	508.100	108





# I. Aerobe biologische Behandlung (Kompostierung)









# Was ist Kompost?

- 1. Humus
- 2. Nährstoffe
- 3. Produkt zur Bodenverbesserung

# Österreichische Kompostverordnung

- Qualitätsanforderungen
- Qualitätsklasse A+, A und B (Schwermetalle)
- Stickstoffeintrag in den Boden
- Abfallende

	Market range	Price €/t
Agriculture	60%	14
Landscaping	10%	18
Soil	10%	10
Hobby gardening	10%	160
Horticulture	4%	15
Land reclamation	3%	2
Export	3%	:-

# **EXOTHERM**

$$\begin{array}{c} \text{CO}_2 \\ \\ \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{OH} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{O} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{AEROB} \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{CO}_2 \\ \\ \text{AEROB} \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \\ \\ \\ \\ \text{H}_2\text{OH} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\$$



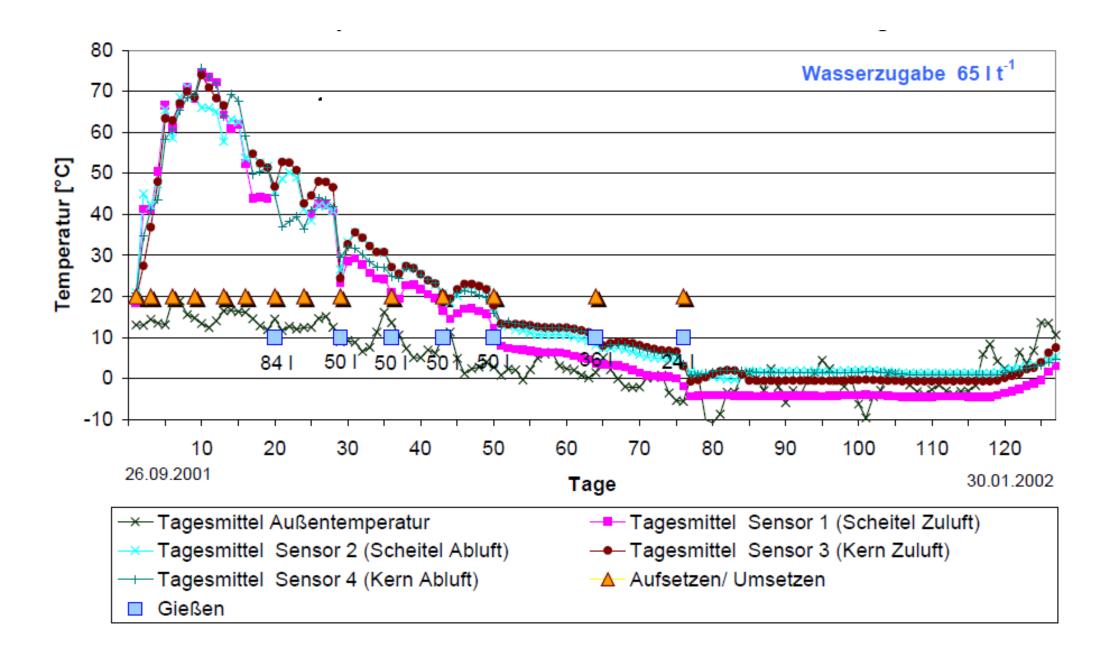








Screen 20 mm, wind sifter & magnet; curing





## Rotteprozess

Drei Phasen der Temperaturentwicklung

#### 1. Anlaufphase (mesophil)

ca. 45 ° C

#### 2. Phase (thermophil)

45 - 55 ° C

ab 55 ° C Abnahme der Keimzahlen

ab 68 ° C Stillstand

#### 3. Abklingende Phase

Zunahme der mesophilen Organismen

Massenauftreten von Actinomyceten (= Zeichen der Kompostreife)



# Anforderungen

Wassergehalt

45 - 55 %<sub>m</sub>

Luftporenvolumen/O<sub>2</sub>

stabiles Strukturmaterial (30 %<sub>V</sub>)

Temperatur

10 - 68 ° C

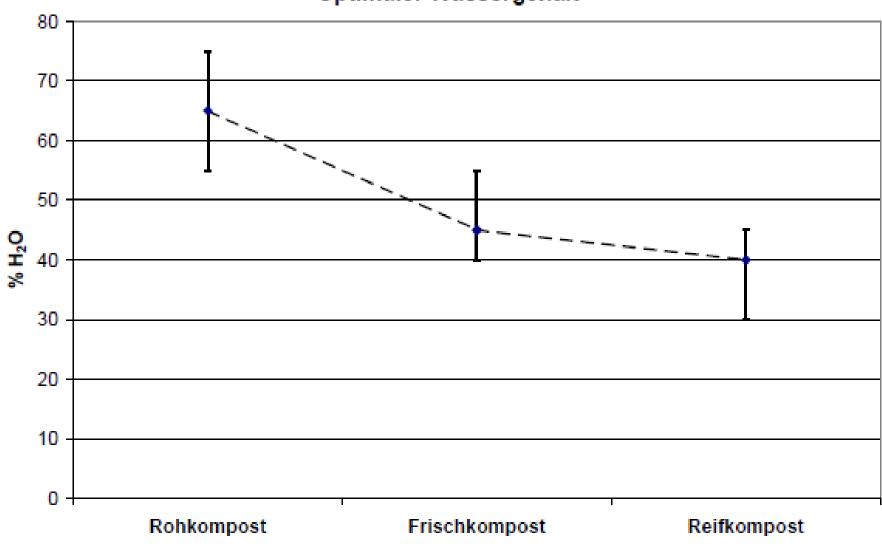
Nährstoffe

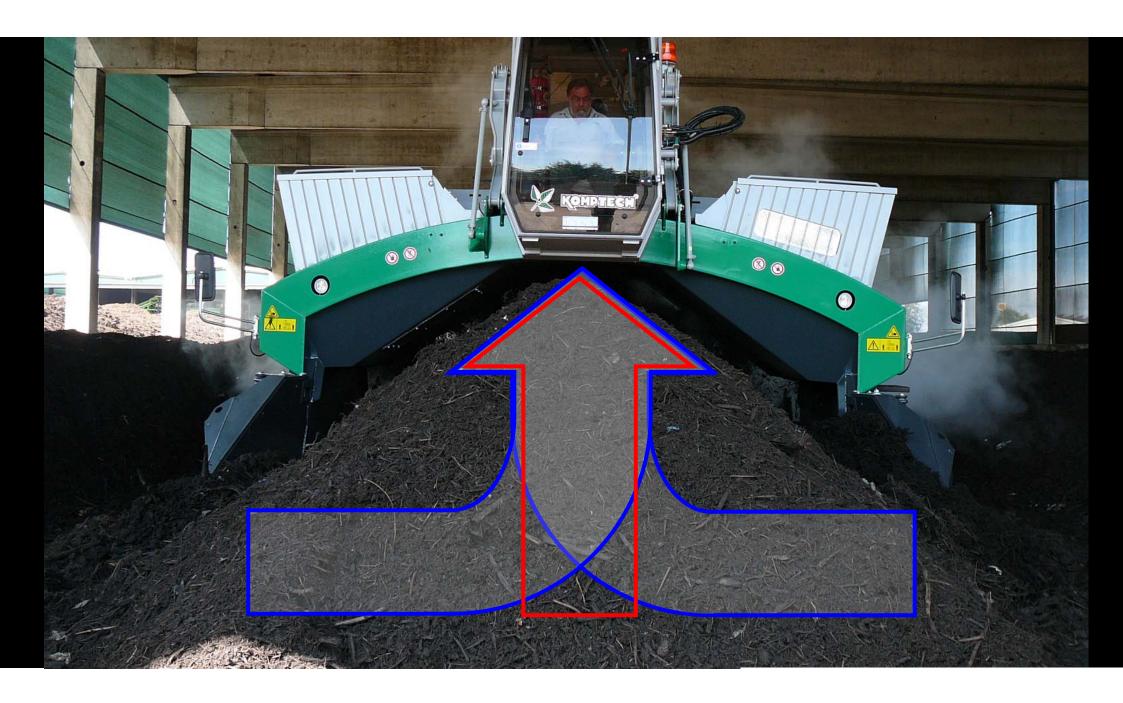
C/N Verhältnis 25:1 - 30:1

pH-Wert

6 - 8

# Optimaler Wassergehalt









# Inputmaterialien für die Kompostierung

- Grünschnitt, Gartenabfälle
- Getrennt gesammelte biogene Abfälle aus Haushalten
- Klärschlamm
- Reste aus der Herstellung holziger Biomassebrennstoffe (Unterkorn)
- Sonstige biogene gewerbliche oder landwirtschaftliche Reststoffe









# Kompostiersysteme

- Form
  - Dreiecksmieten
  - Tafelmieten (= Trapezmieten)
  - Zeilen
  - Tunnel
    - Belüftung
      - Kaminzugverfahren
      - Druckbelüftung
      - Saugbelüftung

- Einhausung
  - offen
  - überdacht (semipermeable Membrandächer, Hallendach)
  - geschlossen (Tunnel, Boxen, Container)















# If composting does not happen...

No drying

No hygiensation

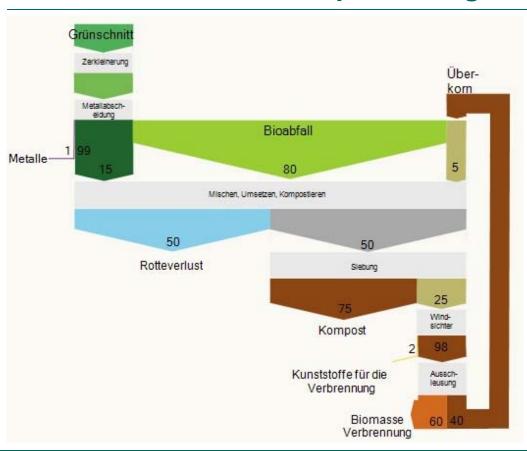
No decomposition

Odour





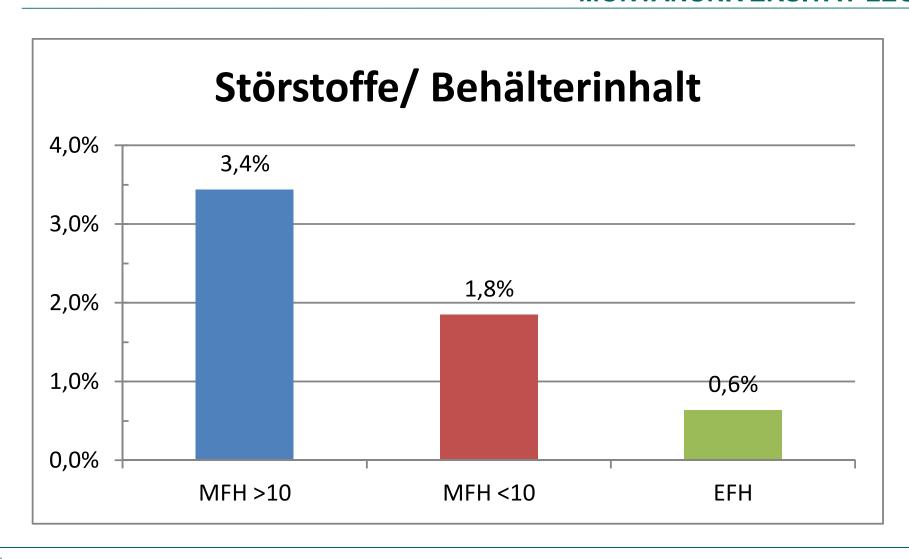
## Massenbilanz einer Kompostierungsanlage

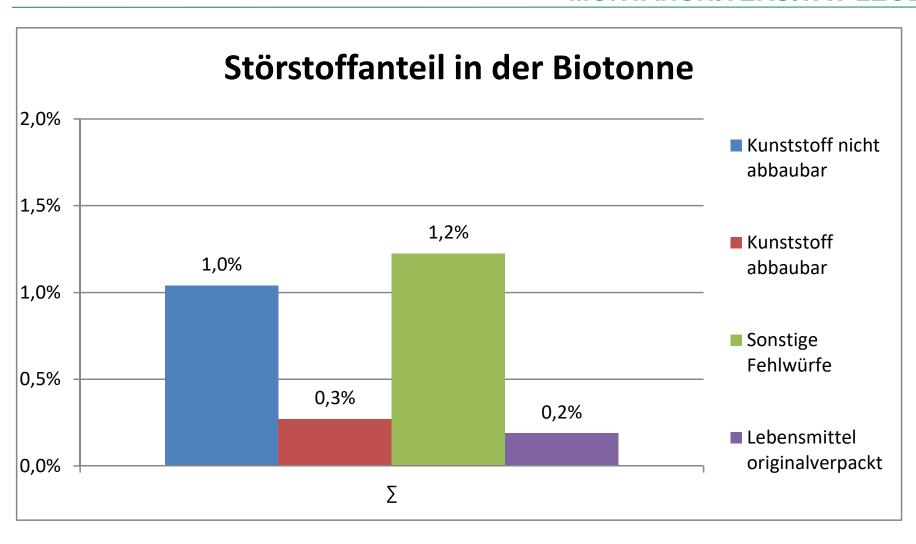


### Beeinflussung durch:

- Input
- Technologie
- Rotteführung









# II. Anaerobe biologische Behandlung (Vergärung)







#### Merkmale anaerober Prozesse

- hoher Wassergehalt
- Ausschluß von Sauerstoff
- Reaktor
- Biogas (vergleichbar mit dem Rotteverlust)
- Gärrest

# **EXOTHERM**

**ENDOTHERM** 





# Inputmaterialien



Bioabfall



Speisereste



Verpackte Lebensmittel



#### Verfahrensvarianten

#### Kontinuierliche Systeme

- Trockenvergärung >20% Tockensubstanz (bis 30%)
- Nassvergärung <15% Trockensubstanz (bis 5%)</li>

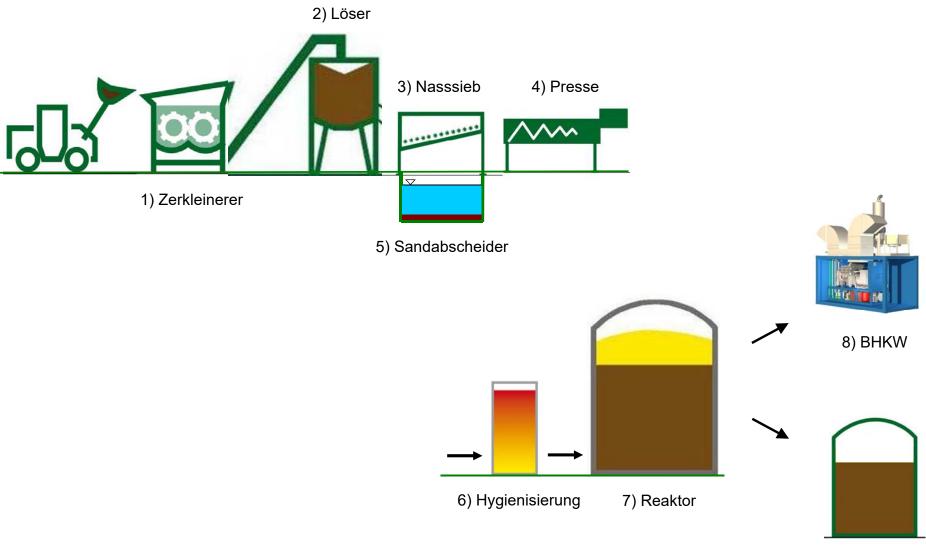
#### Diskontinuierliche Systeme

Tunnelfermentation



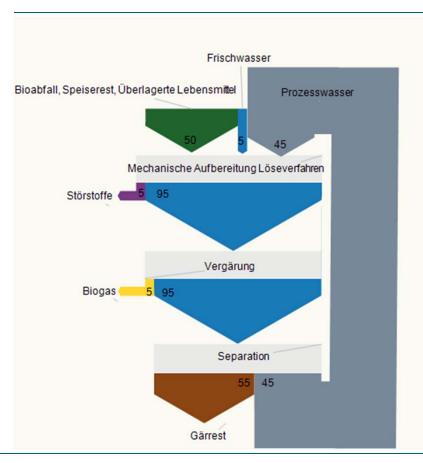
# Tunnelvergärung





9) Gärresttank

## Massenbilanz einer Vergärungsanlage



# Beeinflussung durch:

- Input
- Technologie
- Reaktorsteuerung





# Aufbereitung zur Nassvergärung







# Hauptziel der Aufbereitung zur Nassvergärung





## **Fermenter**





# Biogaszusammensetzung

1) Methan CH<sub>4</sub> 40-75 %

2) Kohlendioxid CO<sub>2</sub> 25-60 %

3) Schwefelwasserstoff  $H_2S$  50-1.000 ppm (nach Entschwefelung <20 ppm)

4) Sauerstoff O<sub>2</sub> 0 % (nach Entschwefelung bis 2 %)

5) Stickstoff N<sub>2</sub> 0 % (nach Entschwefelung bis 8%)

6) Wasserstoff H<sub>2</sub> wenige ppm



## **Blockheizkraftwerk**







# **Ausbringung Gärrest**

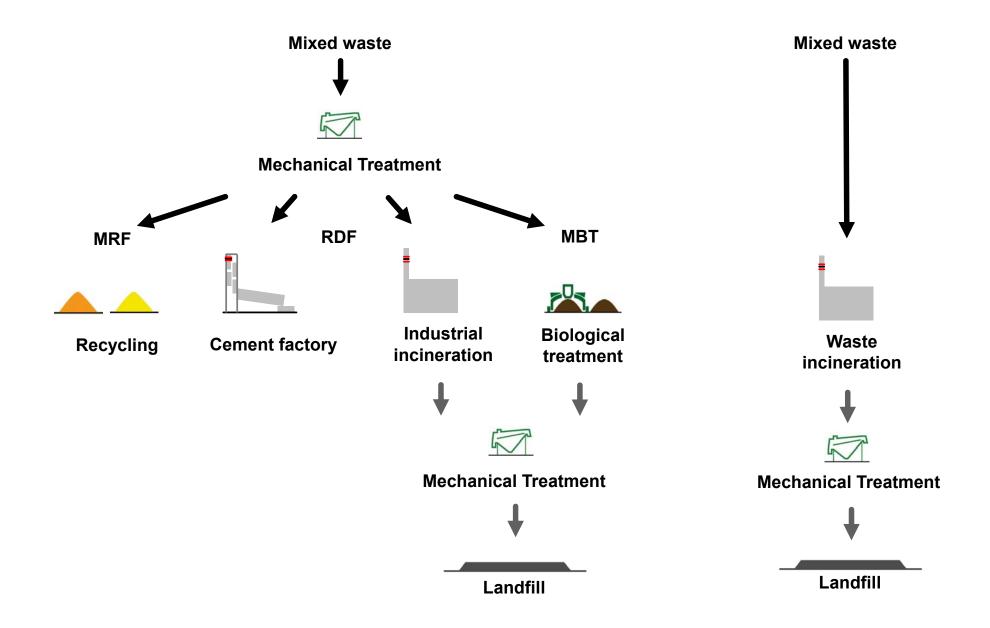






# III. Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung





## Rechtliche Rahmenbedingungen

#### Europäische Union

- Abfallrahmenrichtlinie 2008
- Deponierichtlinie 1999
- Industrieemissionsrichtlinie 2010
- BVT-Merkblätter

#### Österreich

- Wasserrechtsgesetz 1954
- Verordnung für die getrennte Sammlung biogener Abfälle 1992
- Kompostverordnung 2001
- **AWG** 2002
- Deponieverordnung 2008

#### Länder

- Landesabfallwirtschaftsgesetze
- Bodenschutzgesetze
- Luftreinhaltegesetze
- Grundwasserschongebieteverordnung

#### Sonstige Materien

- Bundesabfallwirtschaftsplan
- Stand der Technik der Kompostierung
- MBA-Richtlinie
- Normen
- Freiwillige Qualitätssicherungssysteme

# **Deponierungsverbot nach DepVO**

# Ablagerungsverbot Seit 01.01.2004

Abfälle deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) > 5 %<sub>m</sub> dürfen nicht abgelagert werden!

Ausnahme: Abfälle aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung können abgelagert werden, wenn der Heizwert H<sub>o</sub> < 6.600 kJ/kg ist!

Stabilitätskriterien (AT<sub>4</sub>, GSB<sub>21</sub>) müssen eingehalten werden

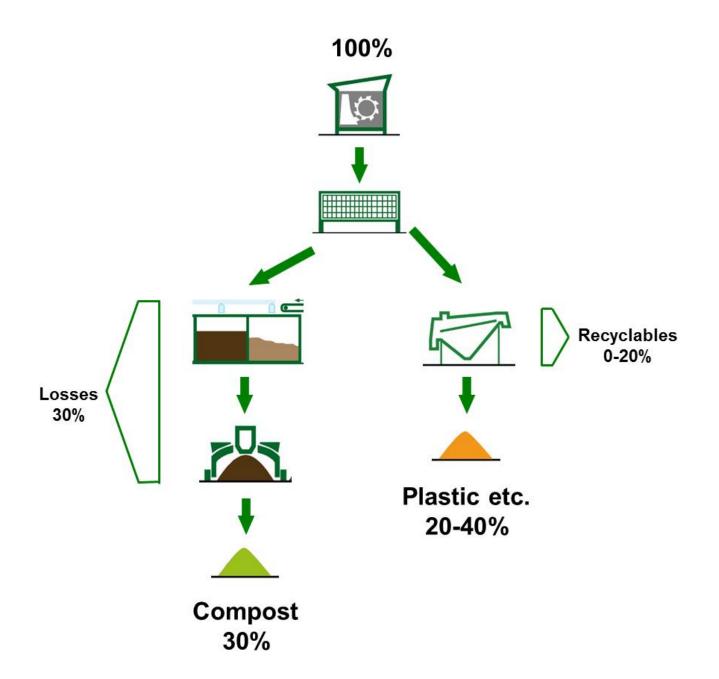




# (Grenzwert-) Anforderungen

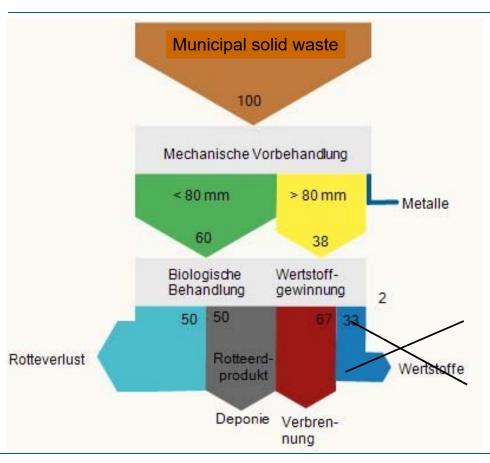
Vorbehandlung verpflichtend	Ab 1.1.2004
Geltungsumfang	MechBiolog. Anlagen Mechanische Anlagen
Mindestabstand zur Bebauung	500 m
Abluft	
TOC (Halbstundenmittelwert)	40 mg/m³ (einschl. CH <sub>4</sub> )
TOC (Tagesmittelwert)	20 mg/m³ (einschl. CH <sub>4</sub> )
TOC-Fracht 1)	100 g/t Abfall (einschl. CH <sub>4</sub> )
N <sub>2</sub> O (Halbstundenmittelwert)	150 mg/m <sup>3</sup>
N <sub>2</sub> O (Tagesmittelwert)	100 mg/m <sup>3</sup>
N <sub>2</sub> O-Fracht (Monatsmittelwert)	
NH <sub>3</sub>	20 mg/m <sup>3</sup>
Geruchseinheiten	500 GE/m <sup>3</sup>
Dioxine und Furane	$0.1 \text{ ng/m}^3$

Staub (Halbstundenmittelwert)	
Staub (Tagesmittelwert)	10 mg/m <sup>3</sup>
max. Überschreitung	< 8 Stunden je Schadensfall < 96 Stunden im Jahr
Aufenthalt im geschlossenen System	$\begin{array}{l} AT_4 < 20 \text{ mg } O_2/\text{g TM} \\ 4 \text{ Wochen}^{2)} \end{array}$
für Ablagerung erforderlich	
Atmungsaktivität AT <sub>4</sub> 3)	7 mg O <sub>2</sub> /g TM
Gasbildung GS <sub>21</sub> <sup>3)</sup>	20 Nl/kg TM (oder GB <sub>21</sub> )
Brennwert Ho	6.600 kJ/kg TM
TOC im Feststoff	
TOC im Eluat	
Überschreitungsregelungen	nein





#### Massenbilanz einer MBA



## Beeinflussung durch:

- Input
- Technologie
- Rotteführung



#### Betriebsdaten Trockenstabilisierungsanlage Frohnleiten

SERVUS ABFALL Dienstleistungs GmbH & Co KG

• Inbetriebnahme: 2004

• **Kapazität:** 65.000 t/a

Input: vorbehandelter
 Restabfall und Klärschlamm



Ziel: getrocknetes Material für die Abfallverbrennung





# Biologische Abfallbehandlung