

# Stoffmanagement biogener Haushaltsabfälle

Winfried Bulach

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse  
Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme



# Gliederung

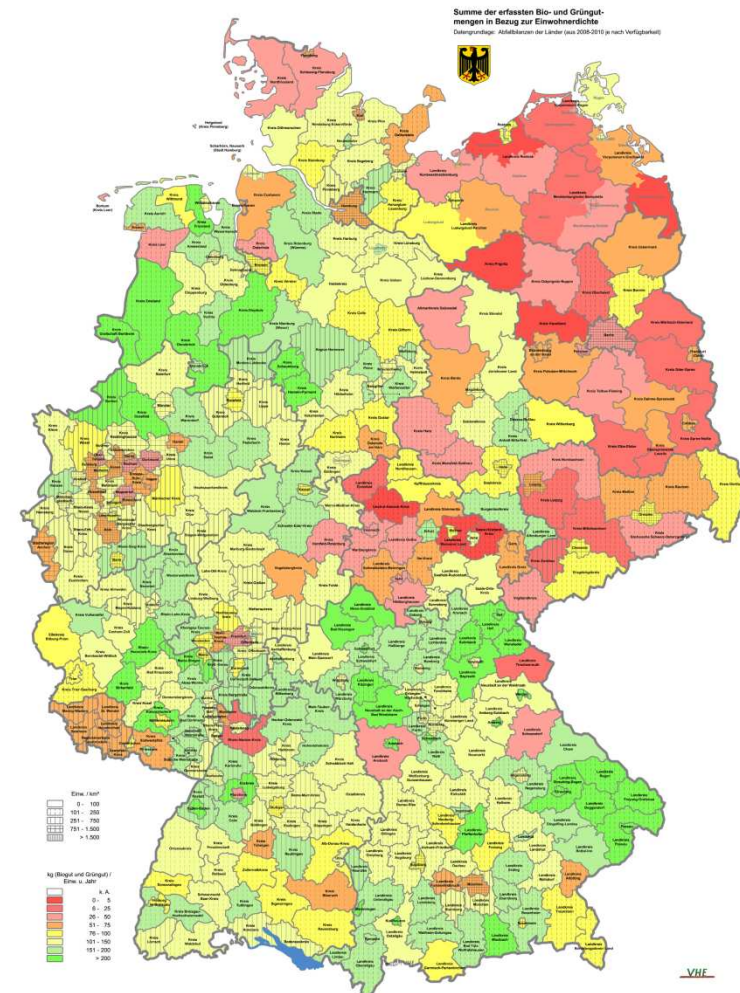
- Motivation und wissenschaftliche Fragestellung
- Status quo in Deutschland
- Betrachtete Systeme
- Erste Ergebnisse der Modellierung
- Gutschriften
- Zusammenfassung und Herausforderungen

# Motivation und wissenschaftliche Fragestellung

- Flächendeckende Einführung der Biotonne im Jahr 2015, vorgeschrieben durch das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz
- Abgeschriebene und erneuerungsbedürftige Anlagen im Kompostsektor begünstigen Neuinvestitionen
  - Nutzung des entstehenden Potentials
  
- Wie lässt sich das entstehende Potential am effizientesten Nutzen?
- Energiewende: Welchen Beitrag kann die Abfallwirtschaft bei der Entsorgung von Bioabfall energetisch leisten?
- Treibhausgaseinsparung: Wie groß ist die Einsparung der einzelnen Verfahren?

# Status quo in Deutschland

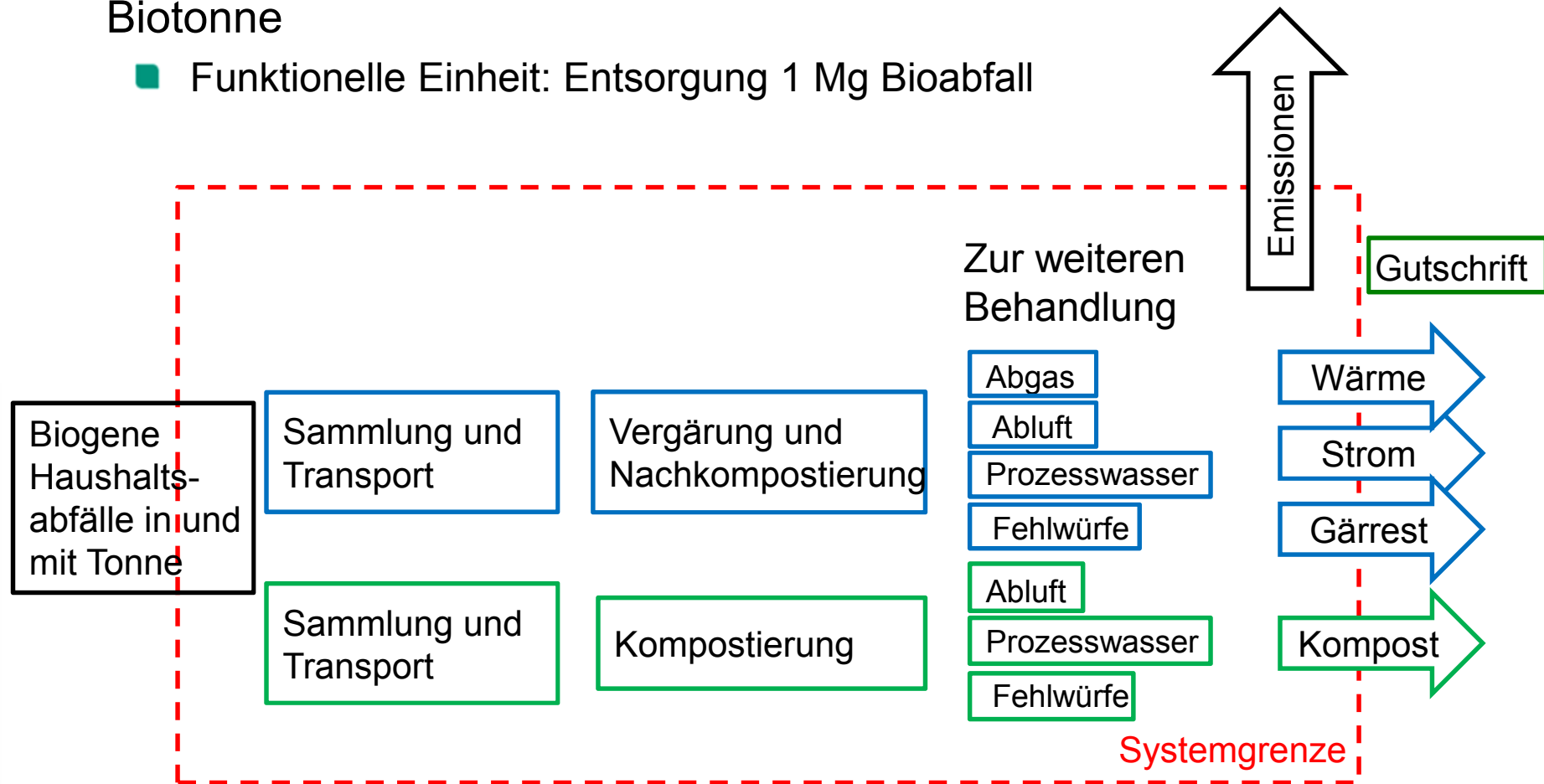
- Abfall wird, wenn separat erfasst, zu fast 90 % „nur“ kompostiert, statt kombinierte stofflich/energetische Nutzung
- Nicht separat erfasster Bioabfall wird über die Restmülltonne der Verbrennung im MHKW zugeführt oder in einer MBA (MPS, MBS) behandelt
- Erfassung noch nicht flächendeckend



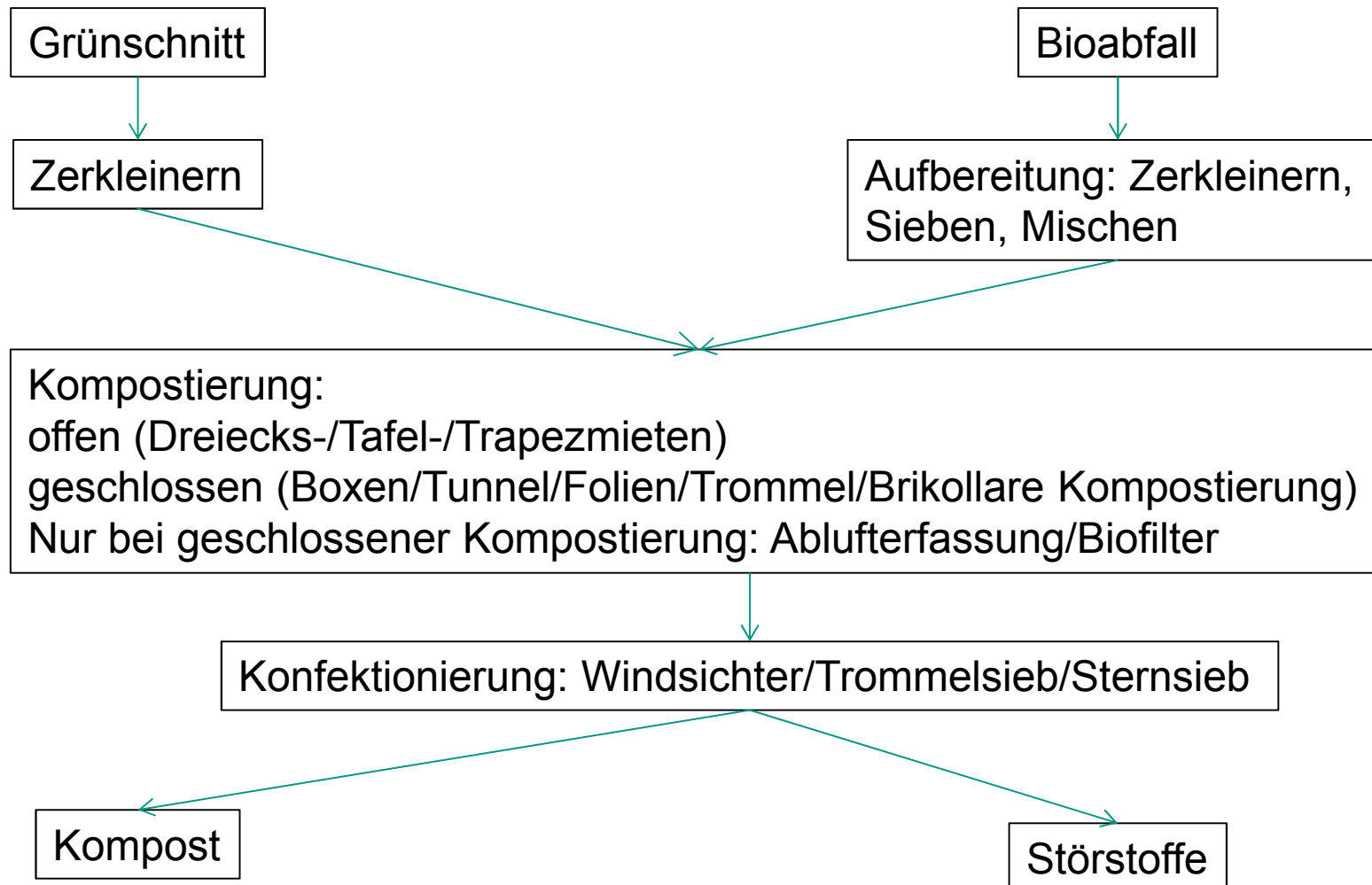
[http://www.vhe.de/index.php?eID=tx\\_nawsecured1&u=0&file=fileadmin/docs/publikation/Karte\\_BRD\\_Bio\\_und\\_Gruengut\\_A3.pdf&t=1347107725&hash=cc28e40b46326db7305a2e79bd007139](http://www.vhe.de/index.php?eID=tx_nawsecured1&u=0&file=fileadmin/docs/publikation/Karte_BRD_Bio_und_Gruengut_A3.pdf&t=1347107725&hash=cc28e40b46326db7305a2e79bd007139)

# Systemgrenzen der betrachteten Systeme

- Betrachtung der Prozesskette ab Einwurf in Biotonne
  - Funktionelle Einheit: Entsorgung 1 Mg Bioabfall



# Schema der Kompostierung

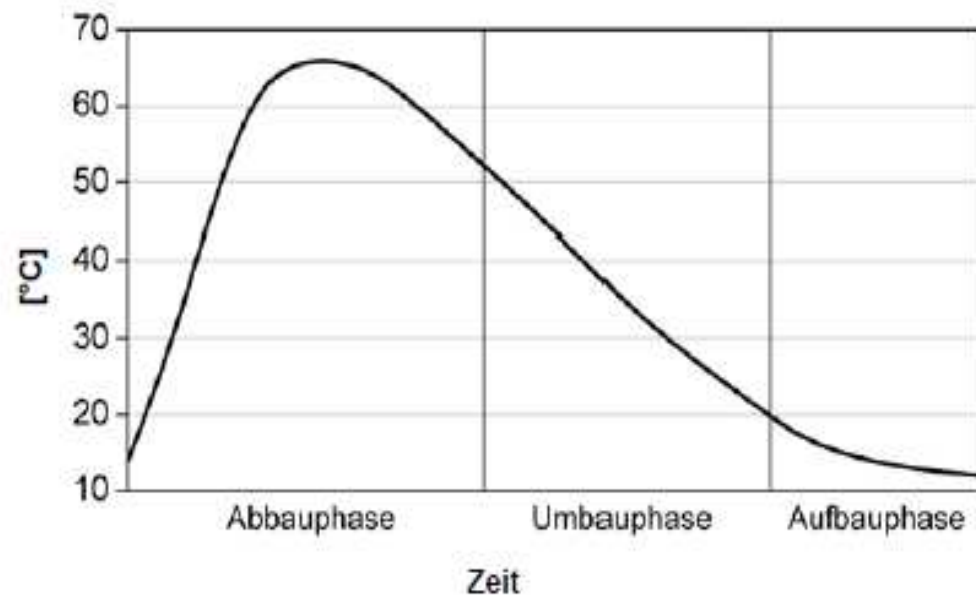


# Biologie der Kompostierung

- Abbauende Mikroorganismen: Bakterien, Aktinomycceten, Pilze
  - **Abnehmende Toleranz** gegenüber Sauerstoffunterversorgung, höhere Temperaturen (75, 65, 60 °C) und Feuchtigkeit
  - **Abnehmende Abbauleistung** (Bakterien bauen 80-90 % ab), aber schwer abbaubare Substrate nur durch Aktinomycceten und Pilze abbaubar

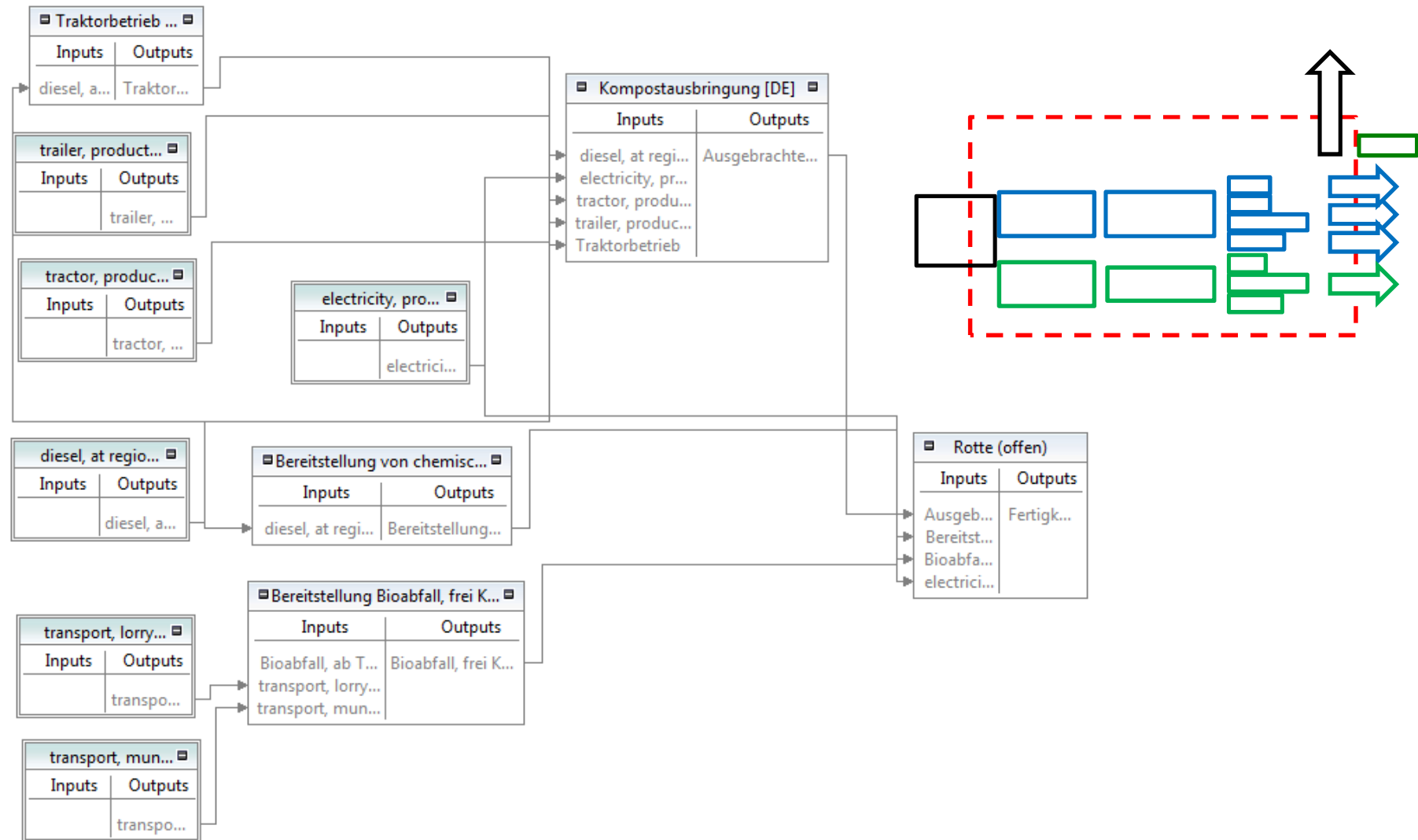
## Kompostierungsphasen

- **Abbau:** Starkes Bakterienwachstum,  $T_{max}$ , thermophil
- **Umbau:** zu mesophiler P. und Ende des Abbaus niedermolekularer Vdg.
- **Aufbau:** Stabilisierung und Abbau höher molekularer Vdg.



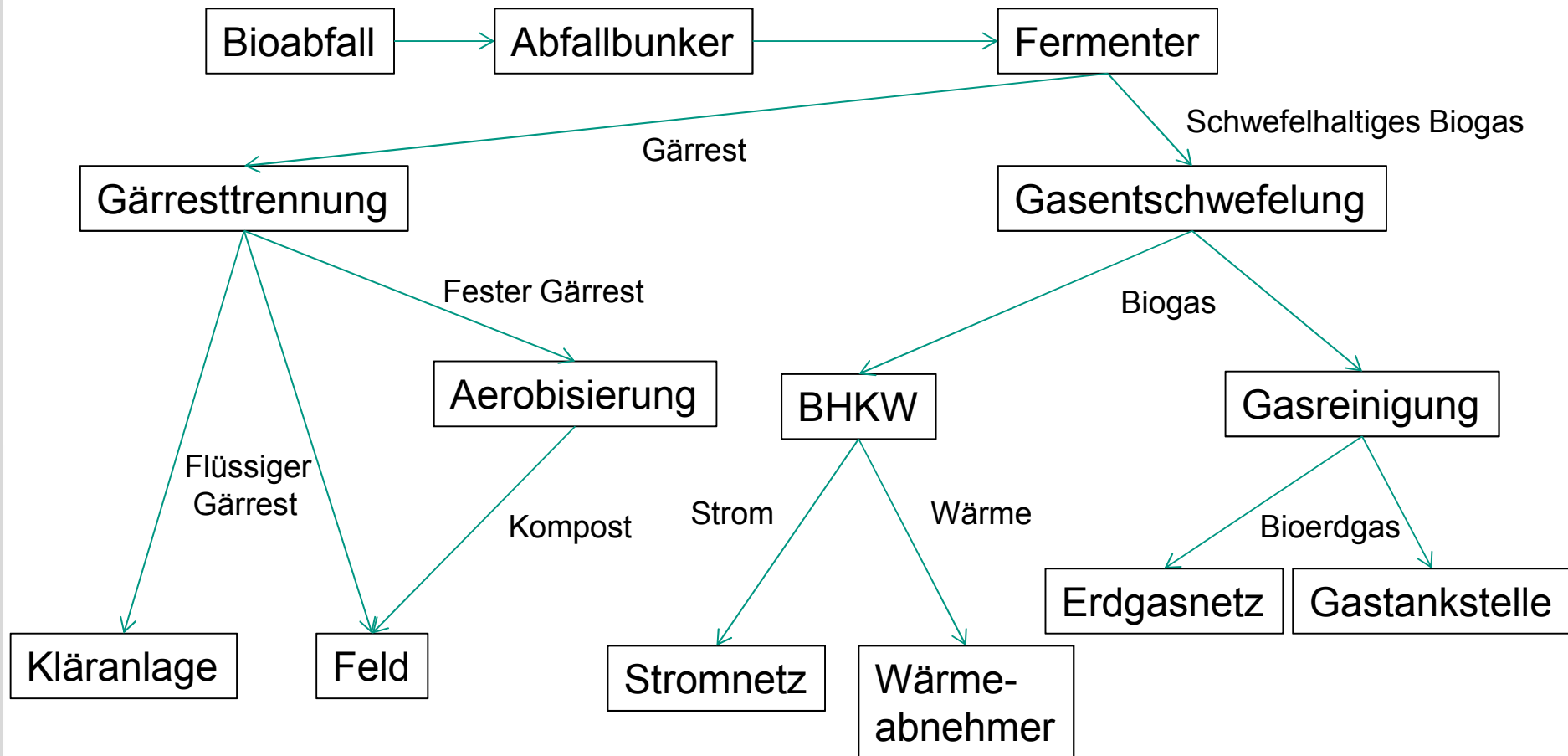
M. Kranert, Einführung in die Abfallwirtschaft, 2011, S. 191

# Kompostierung von Bioabfall in openLCA



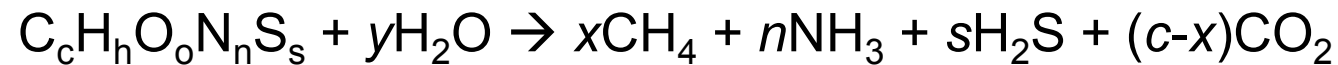


# Schema der Vergärung



# Chemie der Vergärung

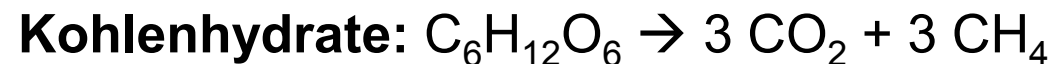
## Allgemeine Reaktionsgleichung:



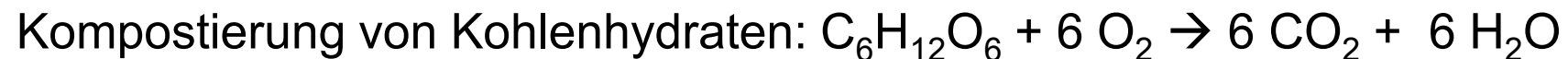
wobei  $x = 1/8(4c + h - 2o - 3n - 2s)$

und  $y = 1/4(4c - h - 2o + 3n + 2s)$

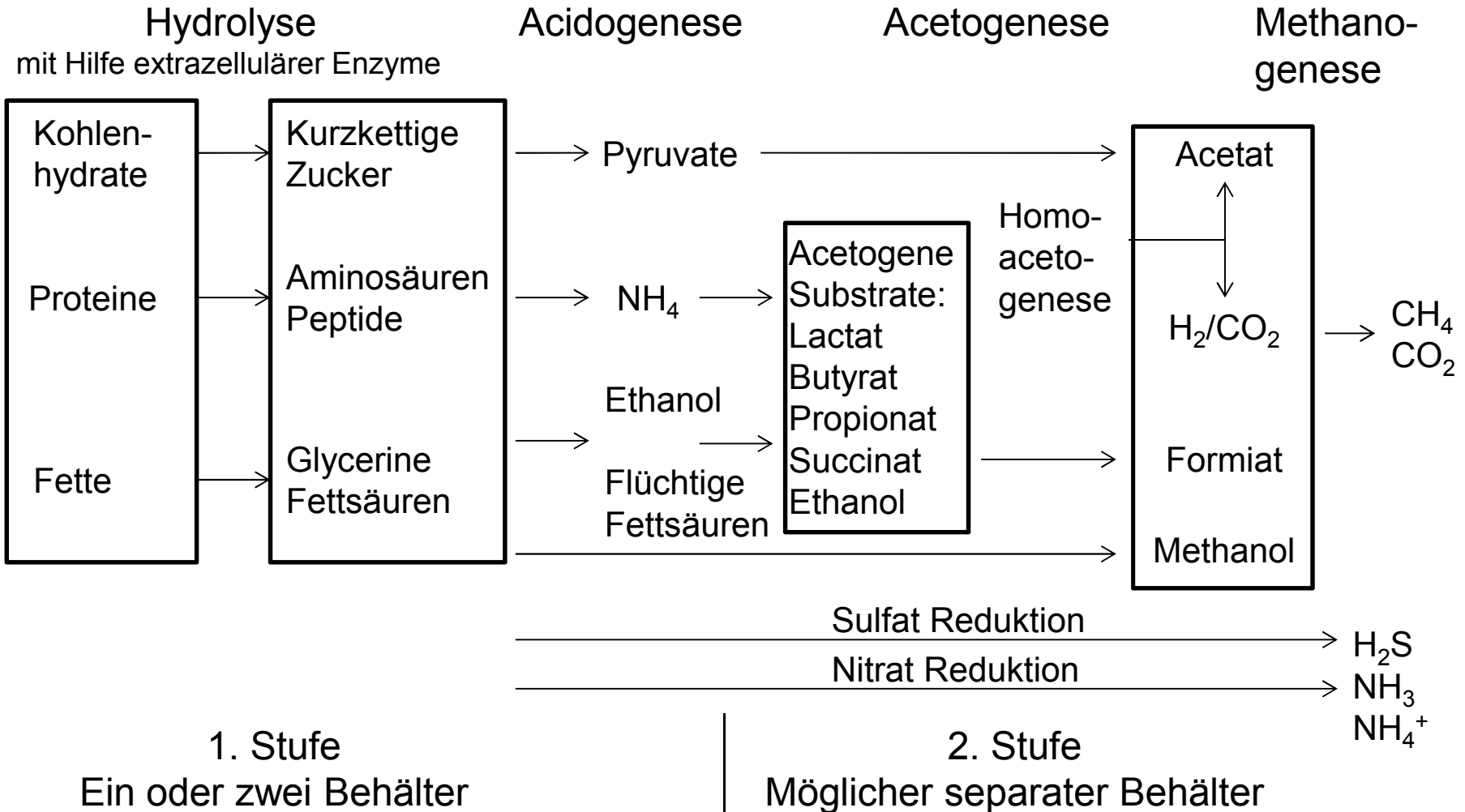
## Beispiele:



## Zum Vergleich

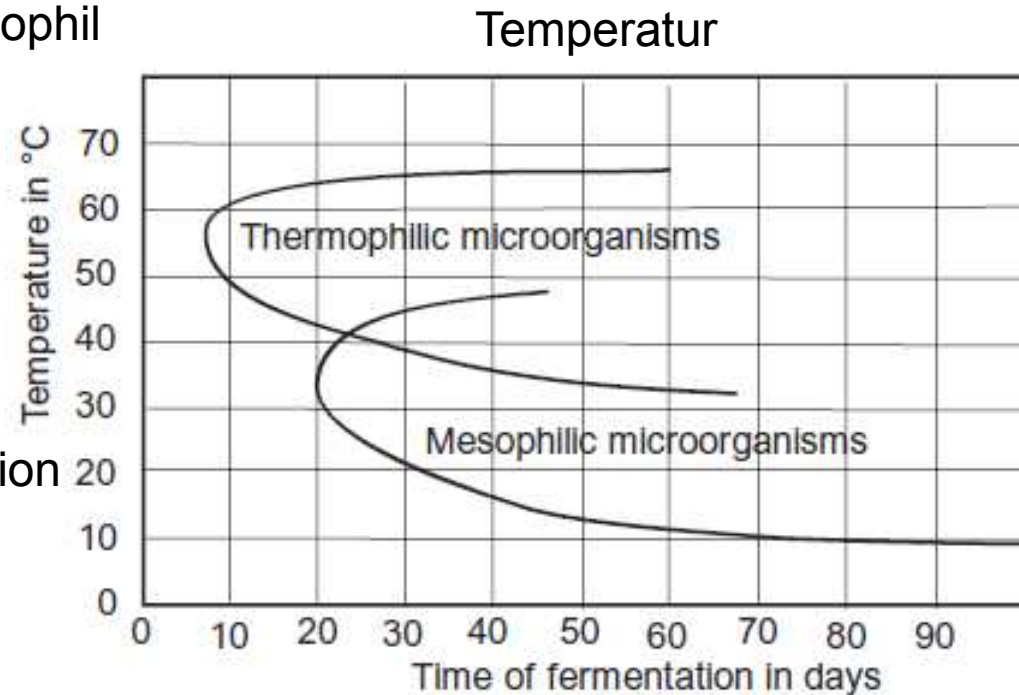


# Biologie der Vergärung



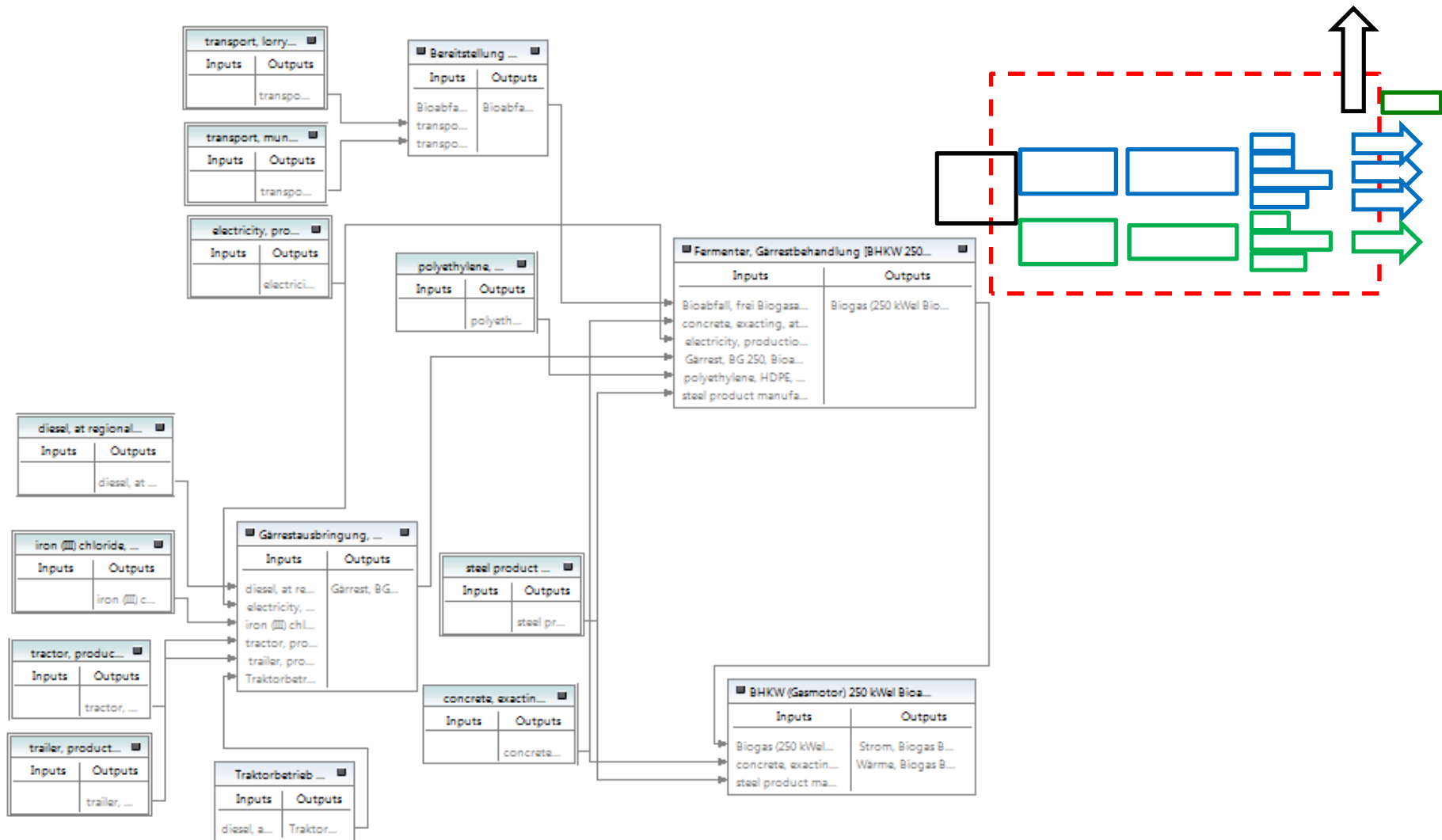
# Wichtige Einflüsse bei der Vergärung

- Ein-/Mehrstufig
  - Hydrolyse / Acidogenesestufe  
pH 5,2 - 6,3; 25-35 °C
  - Acetogenese / Methanogenese  
pH 6,7 - 7,5; meso-/thermophil
  
- Nass-/Trockenfermentation
  - TS-Gehalt <15 % / >25 %
  
- Batch/Konti
  - Unterschiede Gasproduktion
  
- Mesophil/Thermophil
  - 32-42 / 50-58 °C

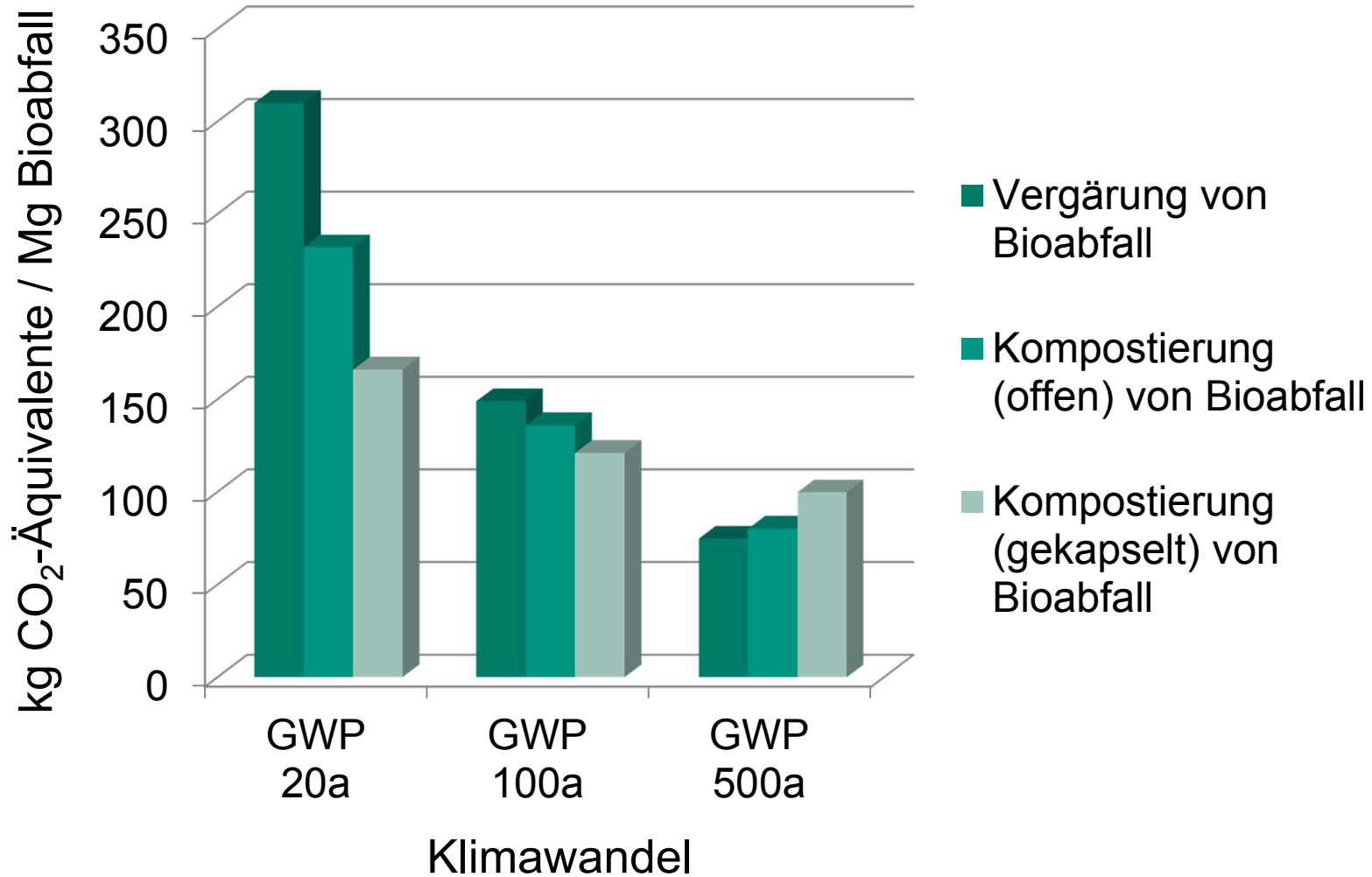


D. Doublein, A. Steinhauser, Biogas from Waste and Renewable Resources, 2011, S. 124

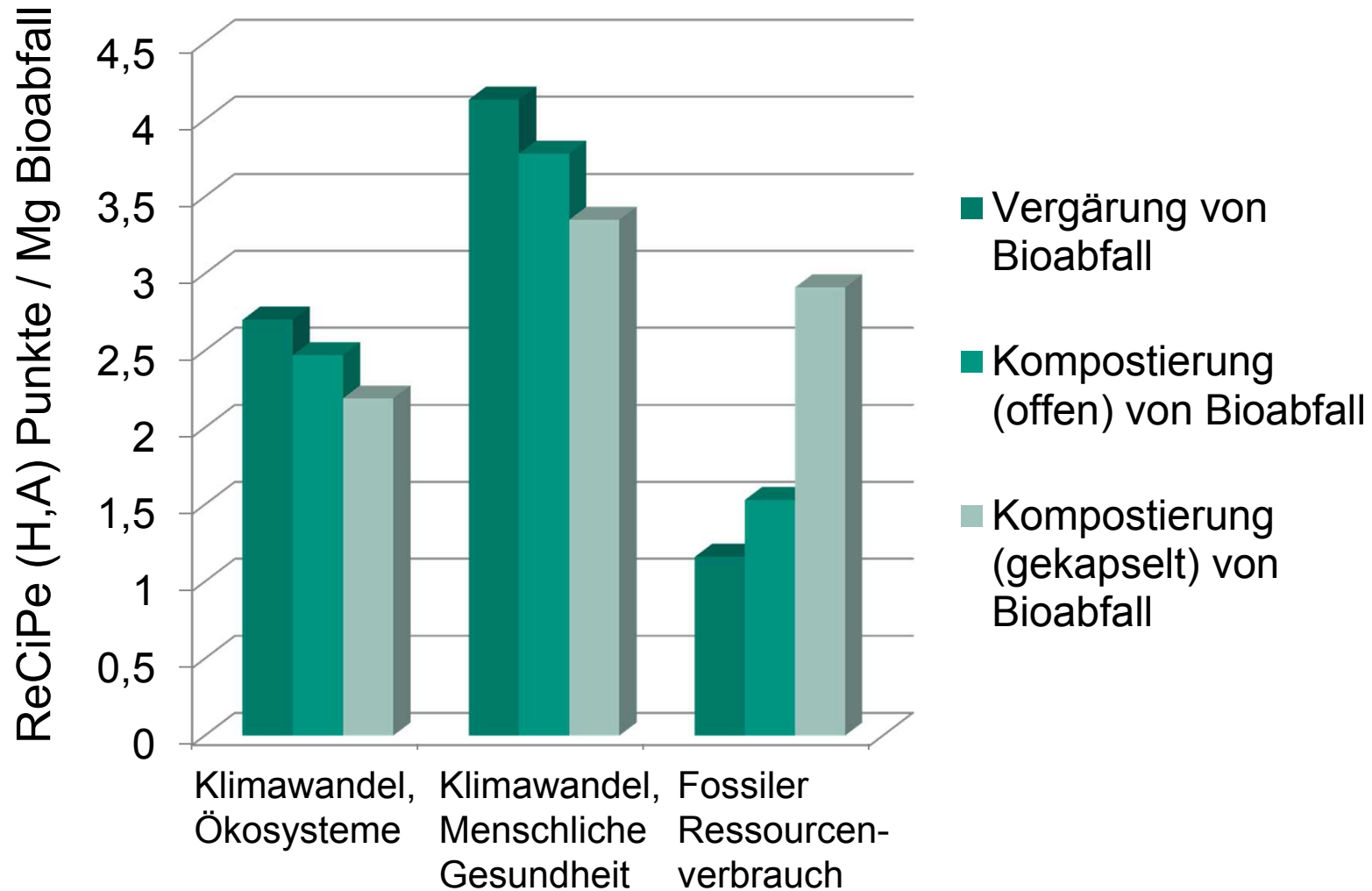
# Vergärung von Bioabfall in openLCA



# Erste Ergebnisse



# Erste Ergebnisse



# Gutschriften

Folgende Produkte bedürfen einer Gutschrift:

- Kompost
- Strom
- Wärme
- Gärrest

Gärrest und Kompost können folgende Produkte/Stoffe substituieren:

- Düngemittel (NPK)
- Torf
- Humus (über Äquivalenzprozesse)
  - Strohsubstitution
  - Zwischenfruchtanbau
  - Ackergrasanbau



# Äquivalenzprozesse für Humuswirkung

- Strohsubstitution
  - Kompost/Gärrest ersetzt Humus- und Düngewirkung von Stroh
  - Stroh wird im Heizkraftwerk verwertet
  - Gutschrift in Höhe des Strom- und Wärmeoutputs der Strohverwertung
  
- Zwischenfruchtanbau
  - Humus-C aus der organischen Substanz von Zwischenfrüchten (bspw. Senf, Grünroggen, Gräser), die als Untersaat oder nach der Ernte wachsen
  - Gutschrift in Höhe der Aufwendungen für den Anbau
  
- Ackergrasanbau
  - Humus-C aus der organischen Substanz von Ackergras aus landwirtschaftlichem Anbau
  - Gutschrift in Höhe der Aufwendungen für den Anbau

## Zusammenfassung

- Gesetzliche Änderung erhöhen die erfasste Bioabfallmenge
- Möglichkeit der Verwertung über Kompostierung und Vergärung
- Betrachtete Systeme haben viele Einflussfaktoren
- Gutschriften für Kompost/Gärrest sind verschiedentlich ausführbar

## Herausforderungen

- Daten, Daten, Daten!
- Gutschriften müssen noch eingebaut werden