

Grundlagen und Praxis des Betriebs von  
Kompostierungs- und Vergärungsanlagen  
mit geringen Emissionen an Treibhausgasen

Carsten Cuhls

gewitra

Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH

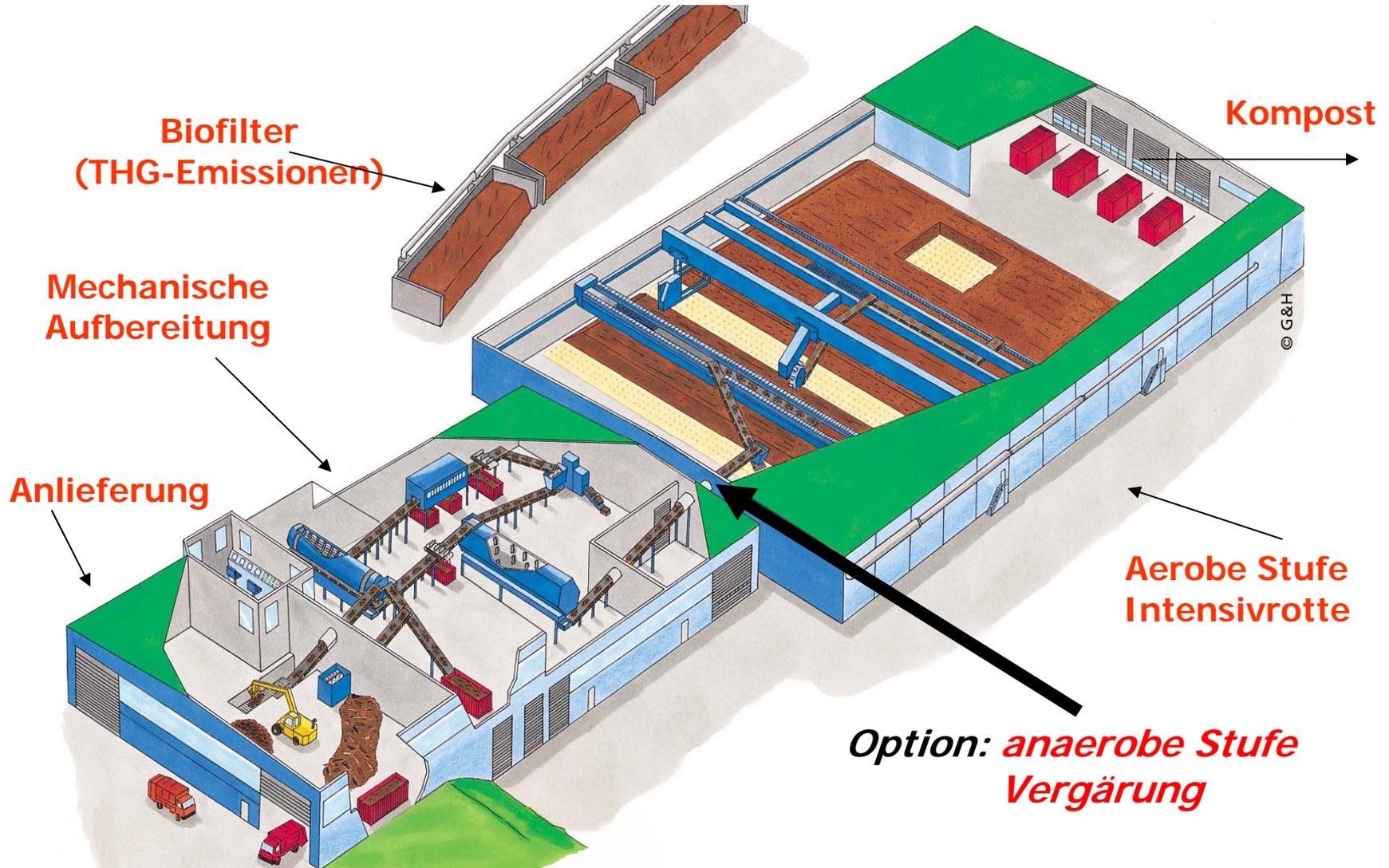
Troisdorf und Hannover

[www.gewitra.de](http://www.gewitra.de)

# Gliederung

- Behandlungsverfahren zur Komposterzeugung, Massen
- Anlagenbeispiele Kompostierung / Vergärung (Fotos)
- Gasförmige Emissionen, Geruch, Staub, Keime
- **Ermittlung**, Vorgehensweise und Messprogramm
- Kohlenstoffverb.:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , (NM)VOC, Ges.-C,  $\text{CH}_4$  (Methan)
- Stickstoffverbindungen:  $\text{NO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  (Lachgas)
- Messergebnisse geschlossene / offene Anlagen
- **Bewertung**: TA Luft
- Bewertung des Treibhauseffektes:  $\text{CO}_2$ -Äquivalent
- **Reduktionsmöglichkeiten**: gute fachliche Praxis
- Handlungsempfehlungen: VDI, Stand d. Technik, BVT, BGK

# Schema einer geschlossenen Kompostierungsanlage (KOA) für Bioabfälle, > 10.000 Mg/Jahr





geschlossene Kompostierungsanlage



Hauptrotte (Tafelmiere) mit Eintragsgerät



offener Biofilter mit Probenahme



Vergärung: Fermenter, Biofilter (Probenahme)



Flüssiges Gärprodukt, offener Tank



Angelieferte Marktabfälle und Strukturmaterial



Container-Biofilter

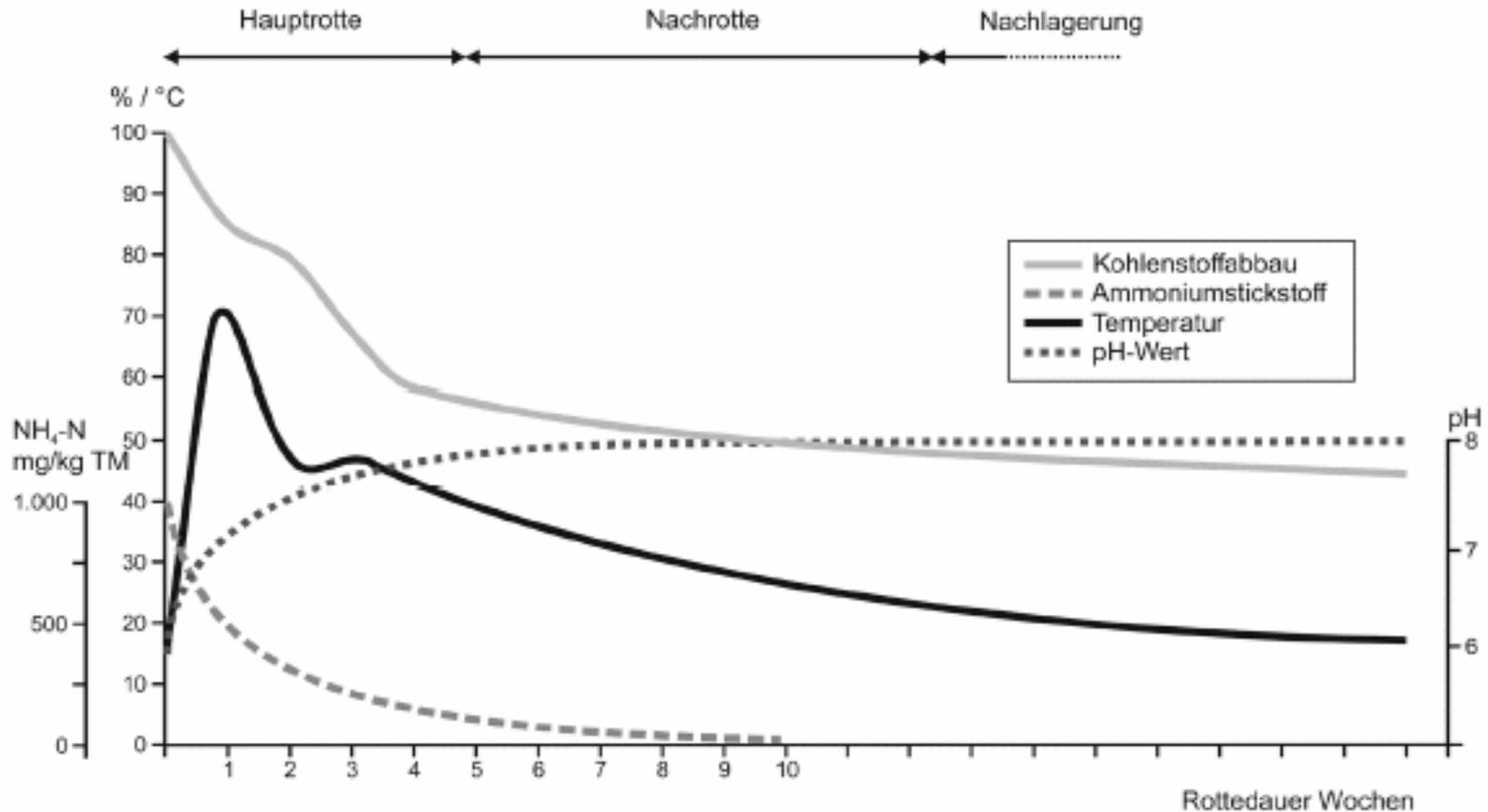
# Bewertung TA Luft

- TA Luft (2002), besondere Regelungen für bestimmte Anlagenteilen
  - Nr. 5.4.8.5 Anlagen der Nr. 8.5  
Kompostierung
    - > 3.000 Mg/a sollen möglichst geschlossen sein, Mindestabstand
    - > 10.000 Mg/a müssen geschlossen sein, 500 GE/m<sup>3</sup>, Staub 10 mg/m<sup>3</sup>
  - Nr. 5.4.8.6 Anlagen der Nr. 8.6  
Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen
    - > 30 Mg/Tag 500 GE/m<sup>3</sup>, Staub 10 mg/m<sup>3</sup>
- TA Luft (2002), allgemeine Anforderungen
  - Gesamtkohlenstoff (Ges.-C)  
Konzentrationswert 50 mg/m<sup>3</sup>  
oder Massenstrom 0,5 kg/h
  - Ammoniak (NH<sub>3</sub>)  
Konzentrationswert 30 mg/m<sup>3</sup>  
oder Massenstrom 0,15 kg/h

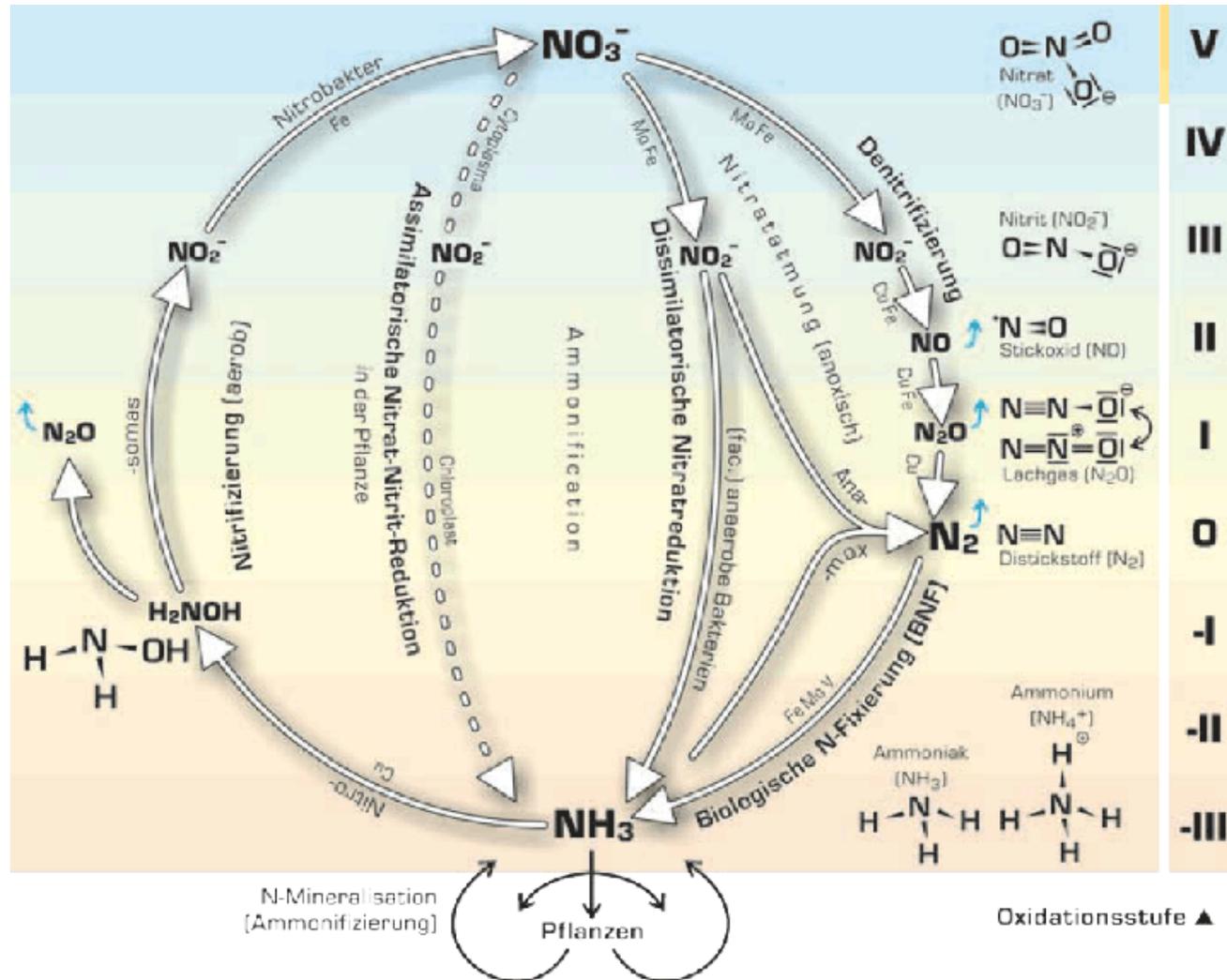
# Ermittlung der THG-Emissionen

- Auswahl repräsentativer Anlagen, je 2 Messzeiträume
- Erstellen des Messprogramms:  
Emissionsquellen (Kamin, Biofilter, passive Quellen)  
kontinuierliche Analytik: Ges.-C, CH<sub>4</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O  
Abgas: Volumenströme [m<sup>3</sup>/h]  
Emissionskonzentrationen [mg/m<sup>3</sup>]  
Emissionsmassenströme [kg/h]  
Halbstunden- / Tagesmittelwerte (TA Luft)  
KOA Abfalldurchsatz [Mg/h]
- Ermittlung der Emissionsfaktoren [g/Mg],
- Fehlerbetrachtung, Unsicherheiten → Mittelwerte
- Hochrechnung für Bioabfallverwertung in Deutschland
- Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O  
CH<sub>4</sub> (Faktor 25), N<sub>2</sub>O (Faktor 298), CO<sub>2</sub> (Faktor 0)

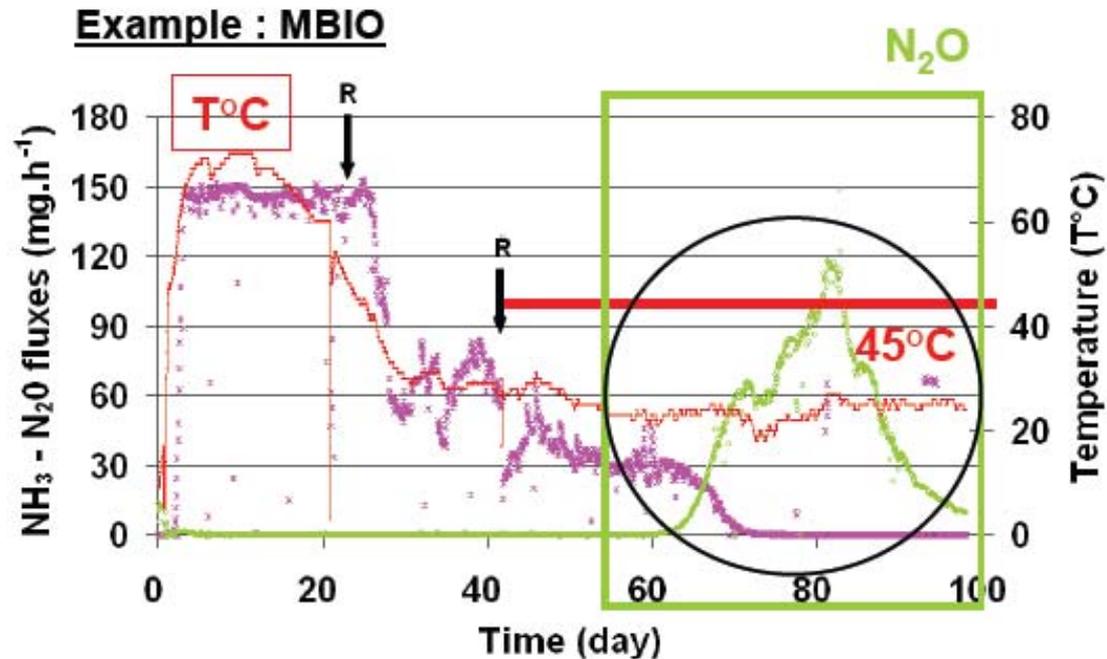
# Temperatur (°C), Kohlenstoffabbau (%), Ammoniumbildung (mg/kg TM) und pH-Wert über die Rottedauer



# Stickstoffumsetzungen und Lachgasbildung: Nitrifikation und Denitrifikation,



# Verlauf der Bildung von Lachgas während der Kompostierung

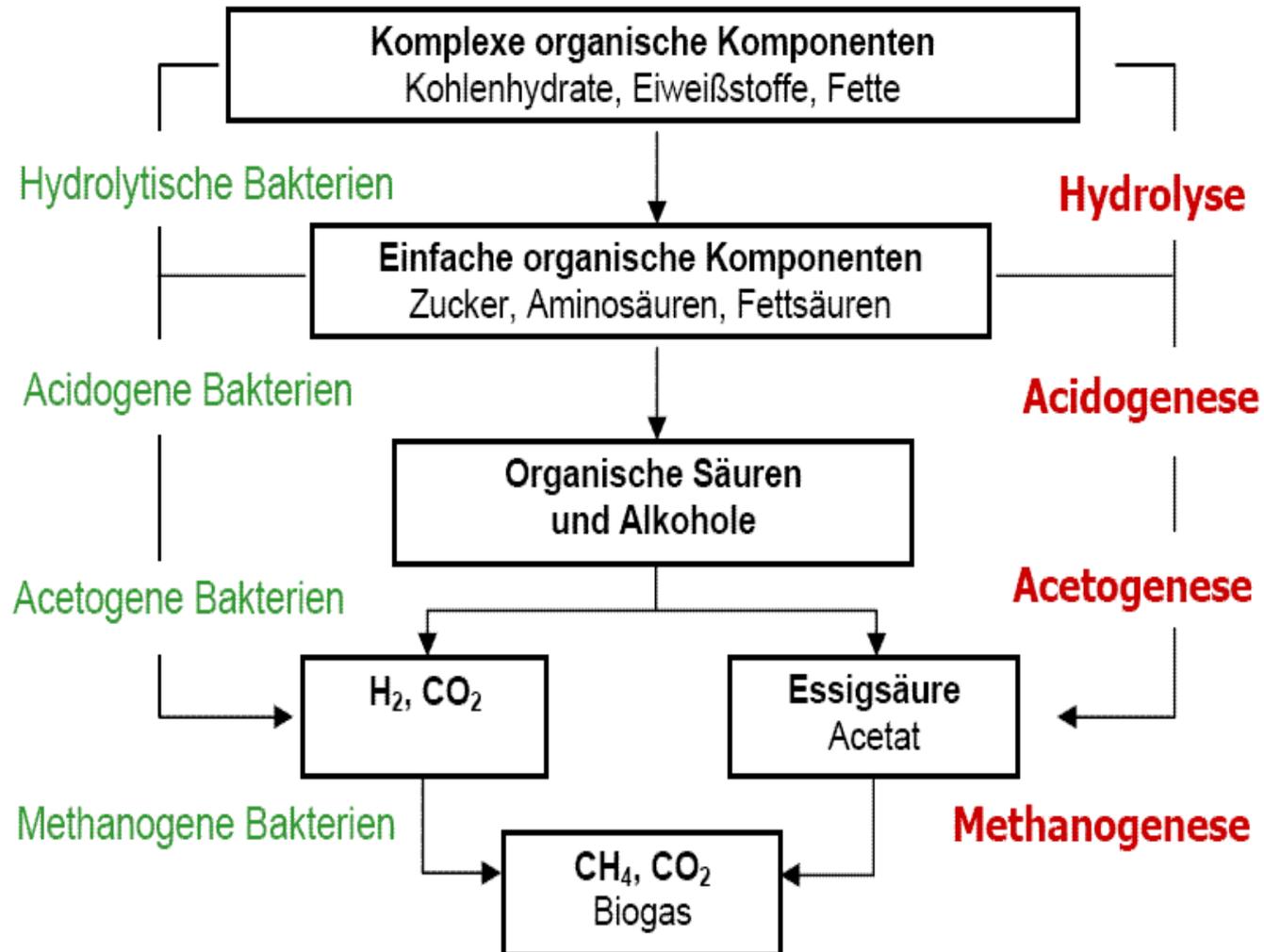


**N<sub>2</sub>O emissions occur :**

- with a temperature lower than 45°C
- without NH<sub>3</sub> emissions

At the end  
of the process

# Kohlenstoffumsetzungen und Methanbildung

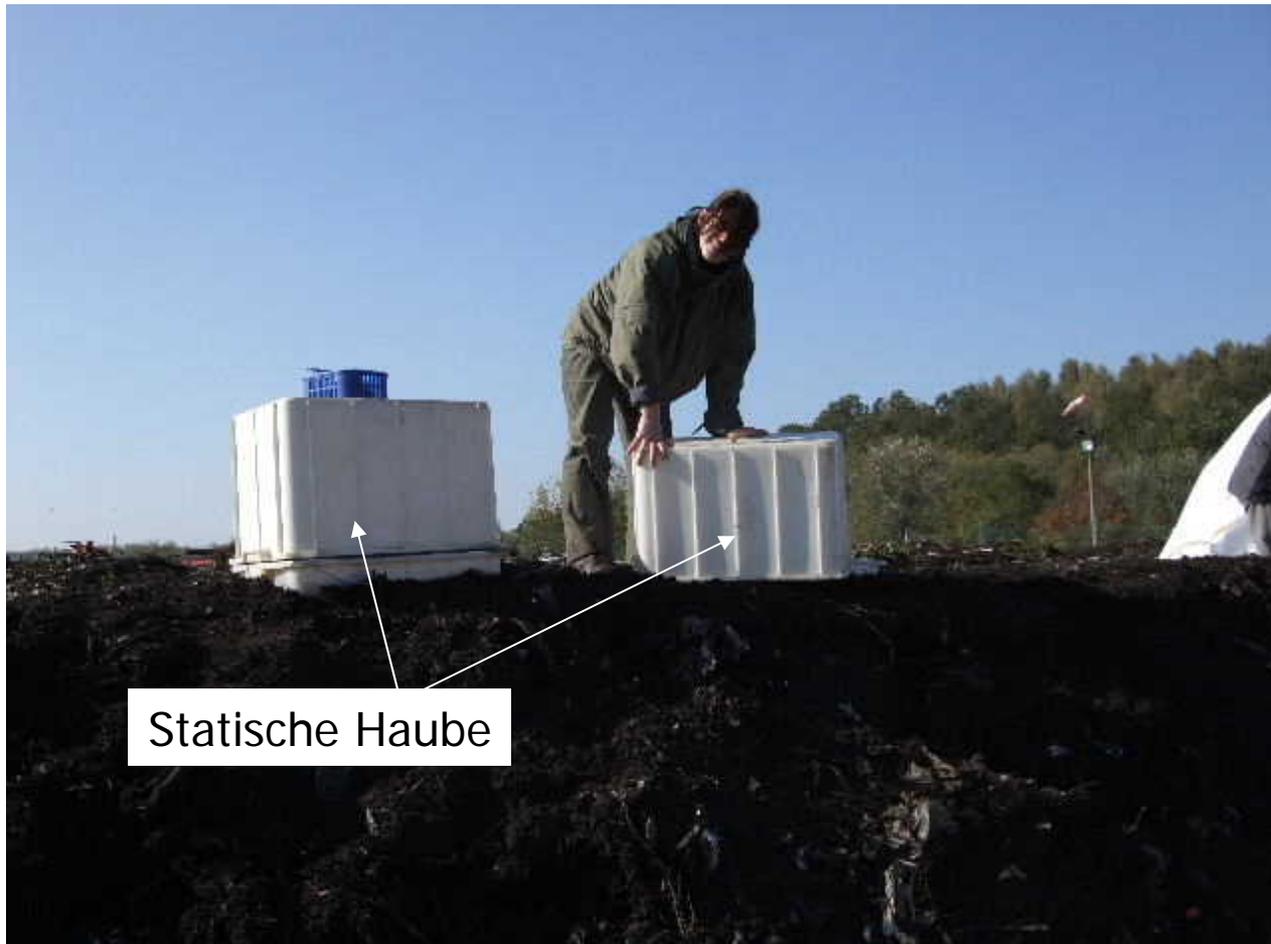


## Ergebnisse offener KOA

Problematik: diffuse Emissionsquelle!

Probenahme mittels statischer Hauben

Nachteil: kleinräumige Aufnahme,  $< 1\text{m}^2$  Fläche, Heterogenität  
= mangelnde Repräsentativität, berücksichtigt keine Konvektion, ungeeignet !

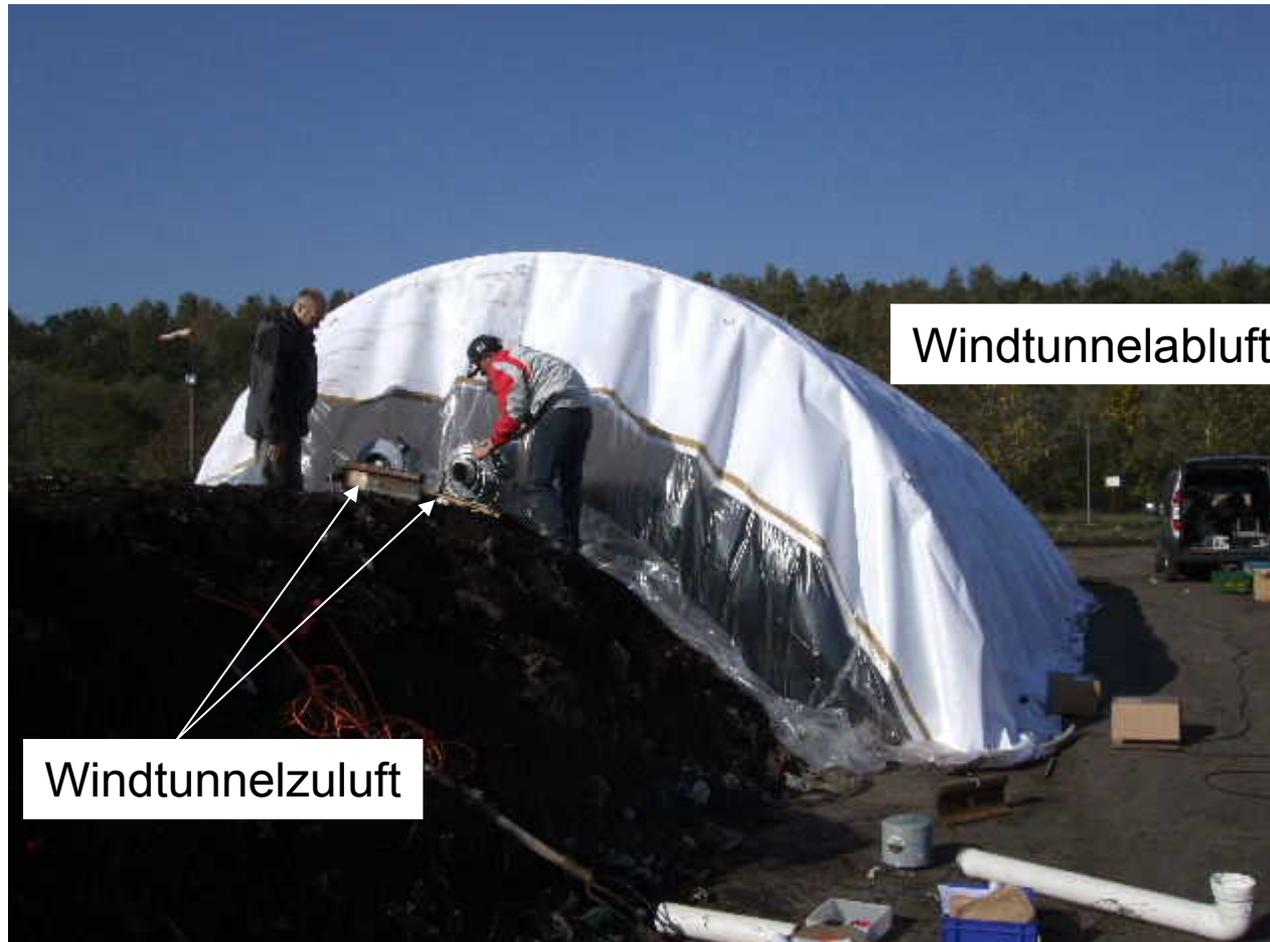


## Beispiel: offene KOA

Problematik: diffuse Emissionsquelle!

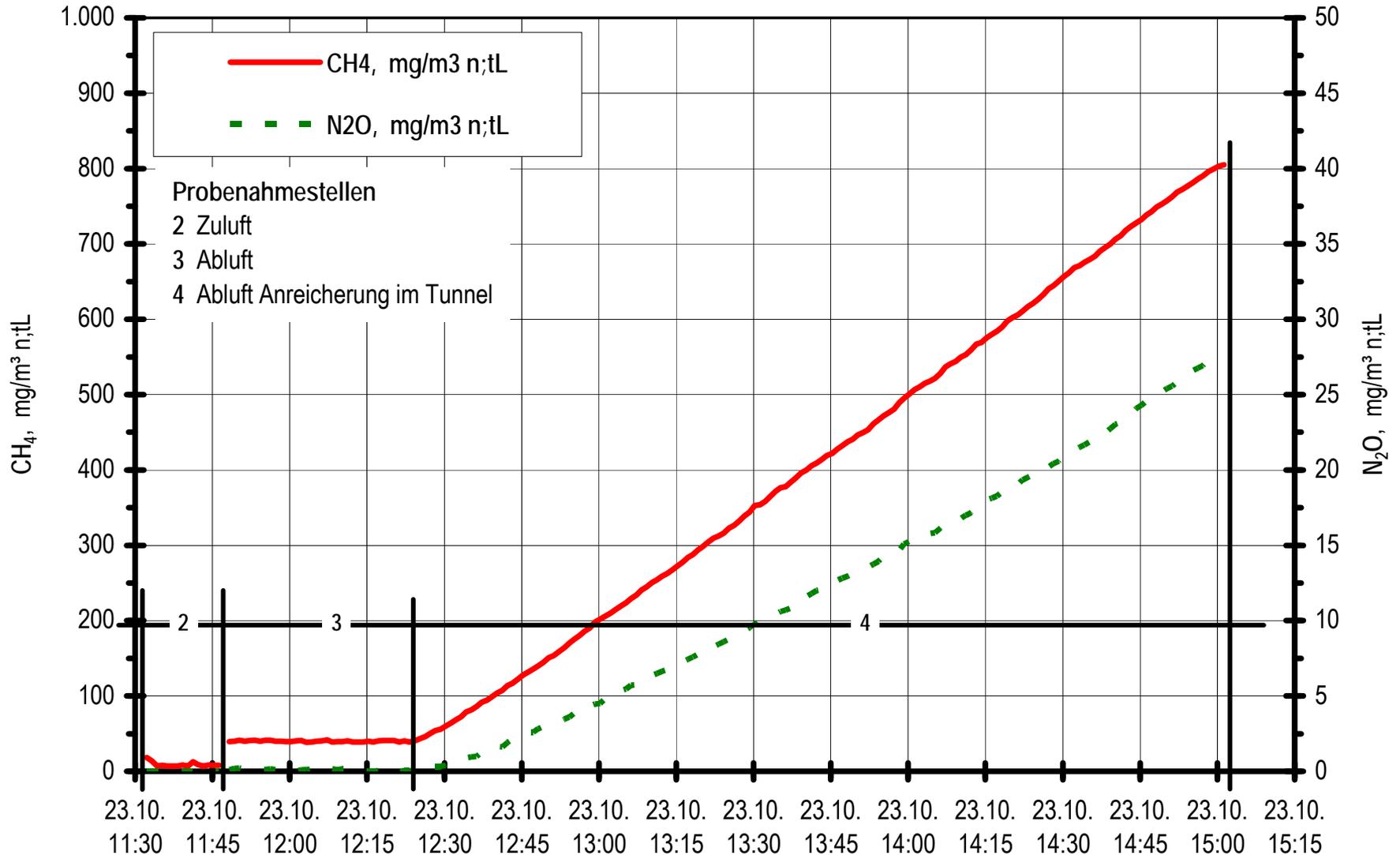
Probenahme mittels großem Windtunnel

Vorteil: großräumige Aufnahme, temporäre Einhausung 10 m offener Mietenlänge,  
= hohe Repräsentativität, Mehrfachmessung wünschenswert !



# Beispiel: offene KOA

C-Emissionen aus Mietenoberfläche: Methode Windtunnel, Abluft – Zuluft

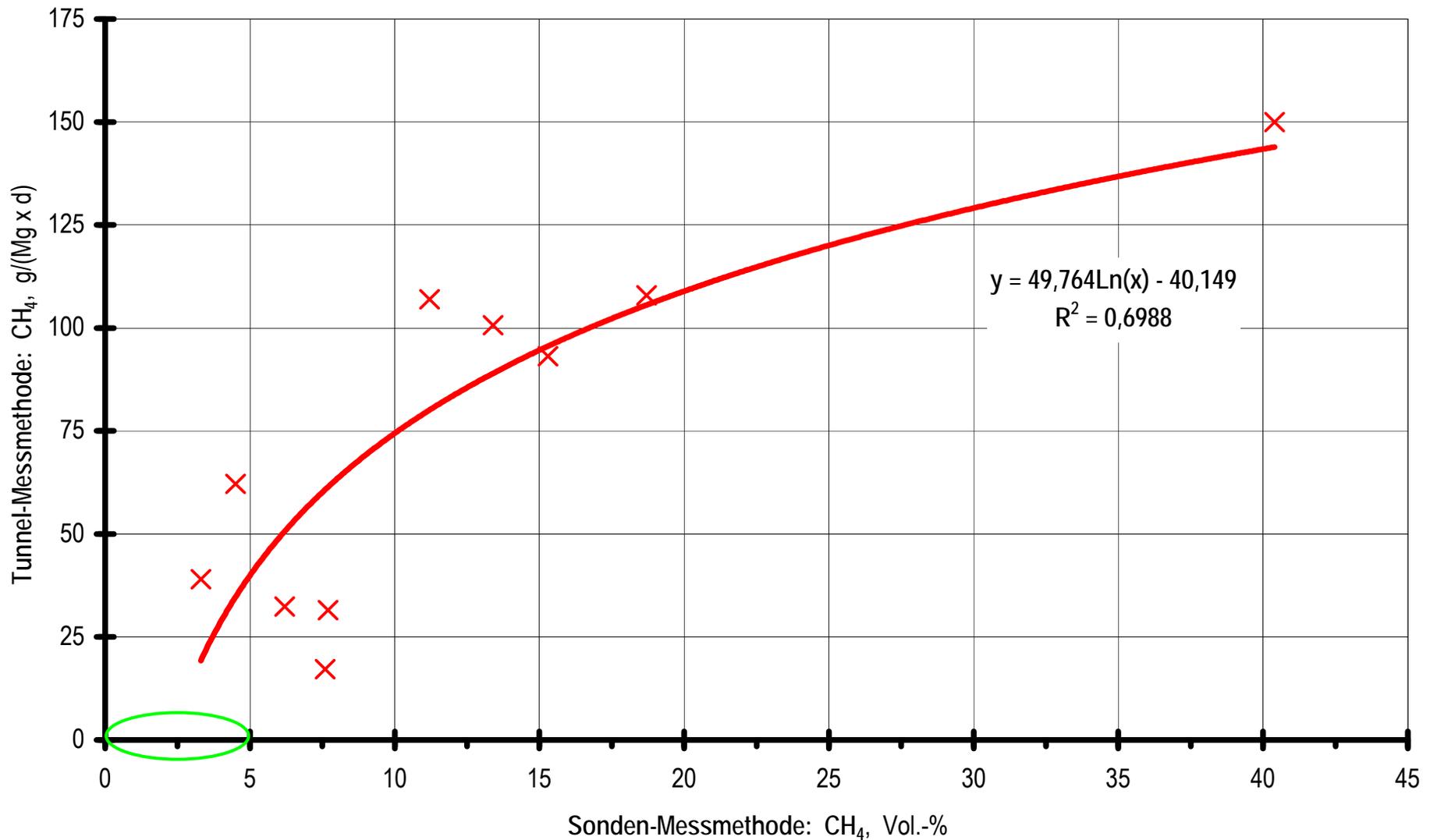


Qualitätskontrolle: Messung der Porengase im Mietenkörper,  
mit Stechsonde und mobiler Gasanalysator ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ )

Methode BGK: Messung der Mieten-Porengase und der Luftdurchlässigkeit in situ

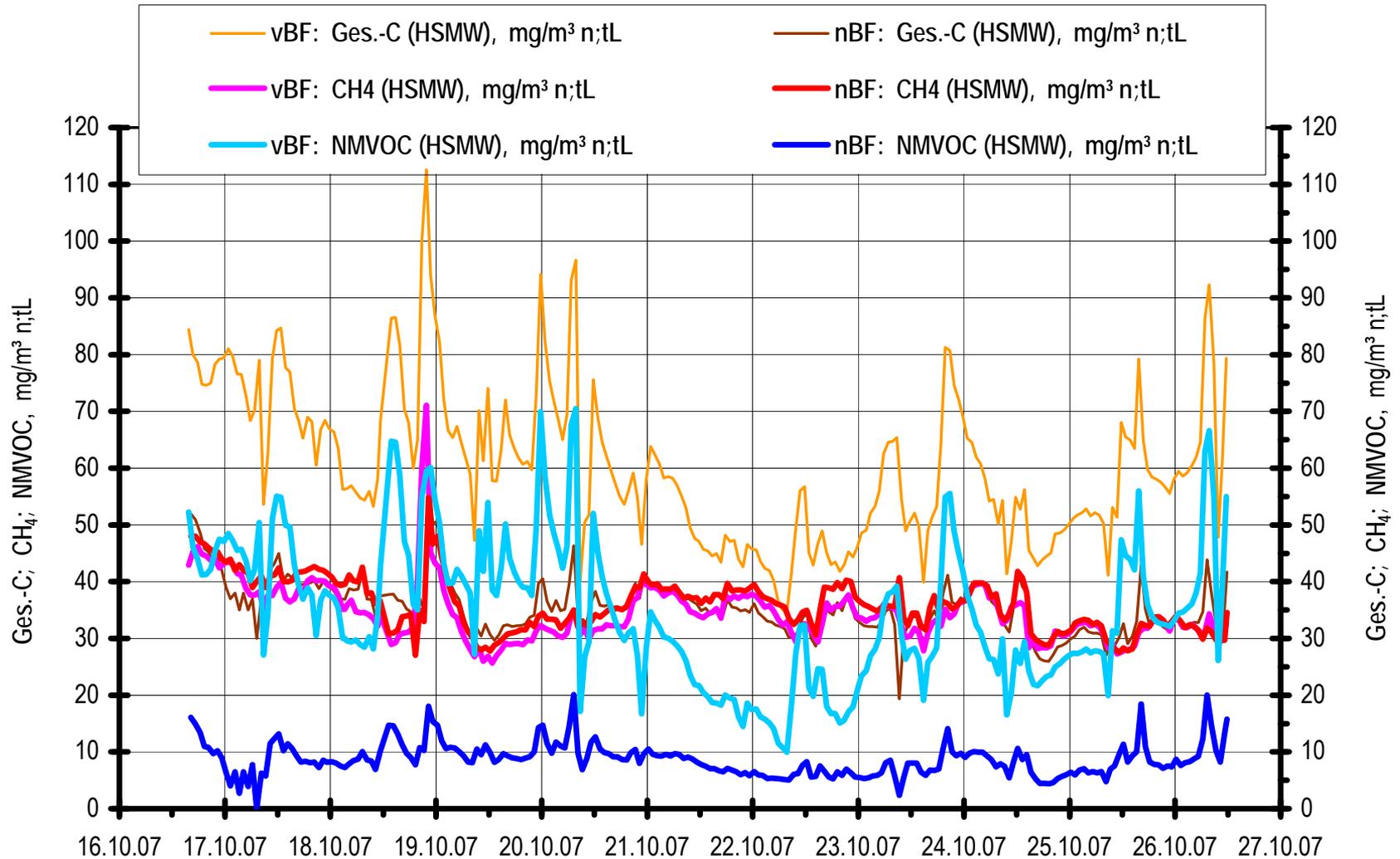


# Ausblick: Korrelation zwischen Porengaskonzentration und Emissionsmassenstrom → Qualitätsprüfung

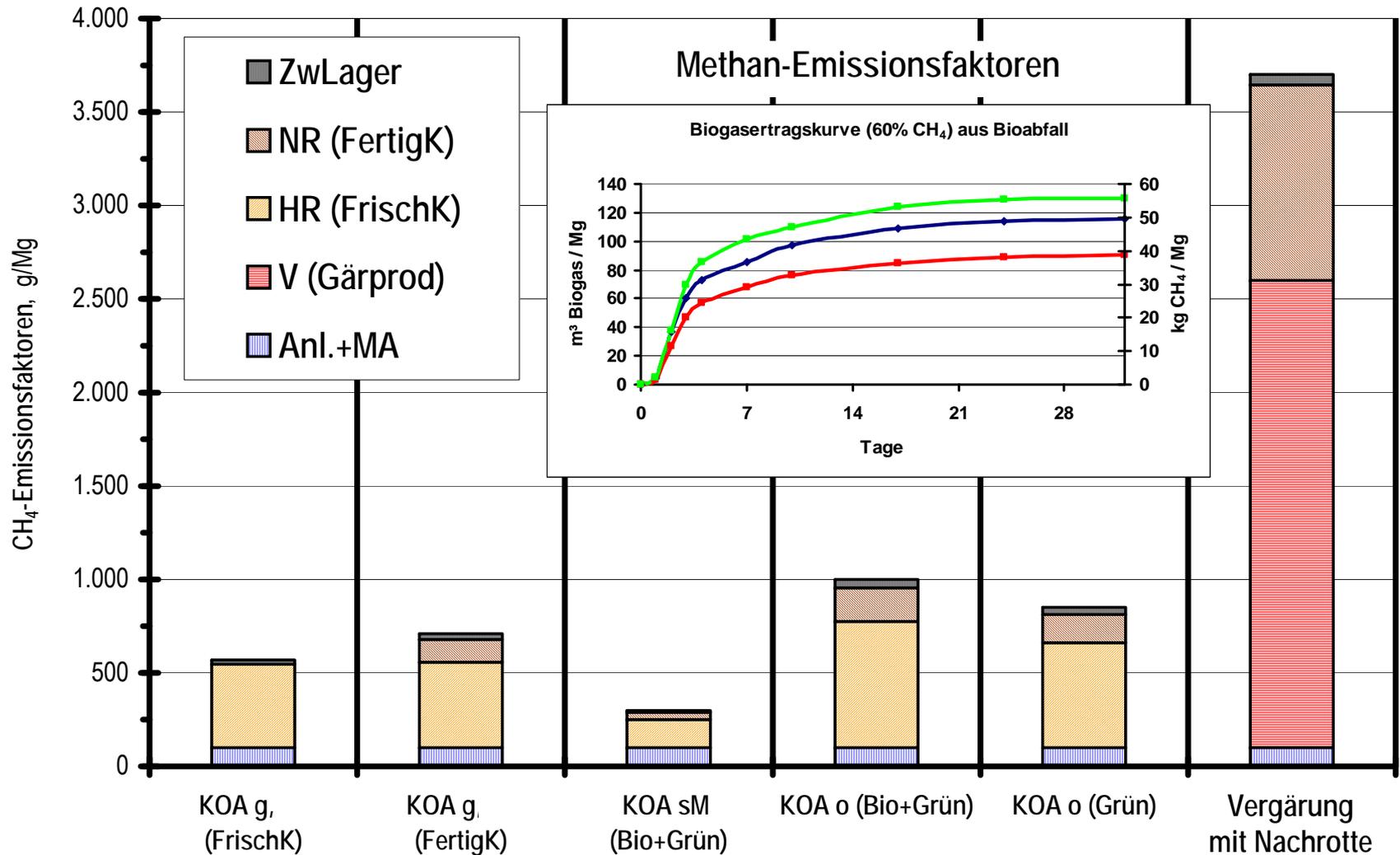


# Beispiel: geschlossene KOA

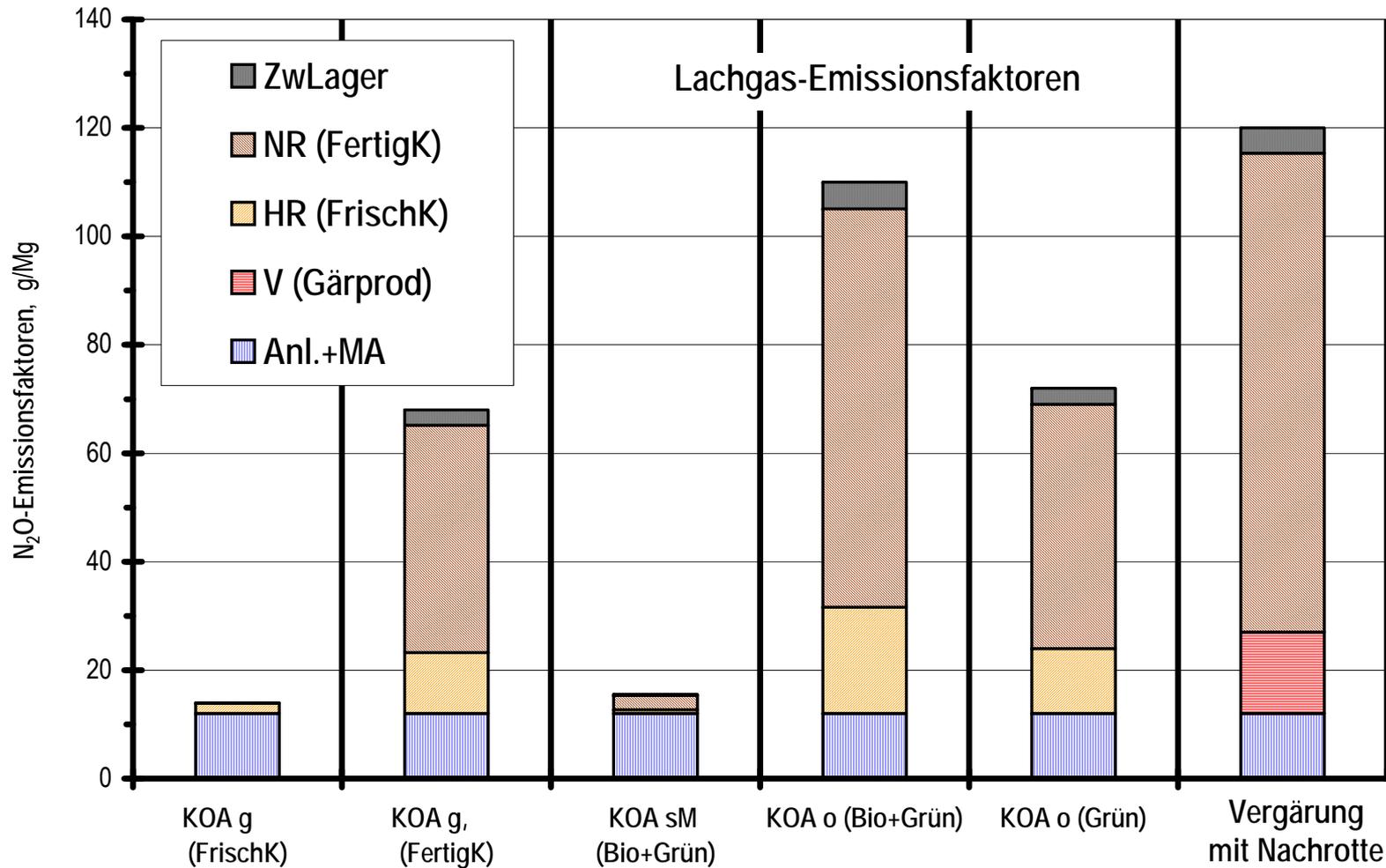
C-Konzentrationen vor/nach Biofilter: **keine Methanreduktion!**, guter NMVOC-Abbau



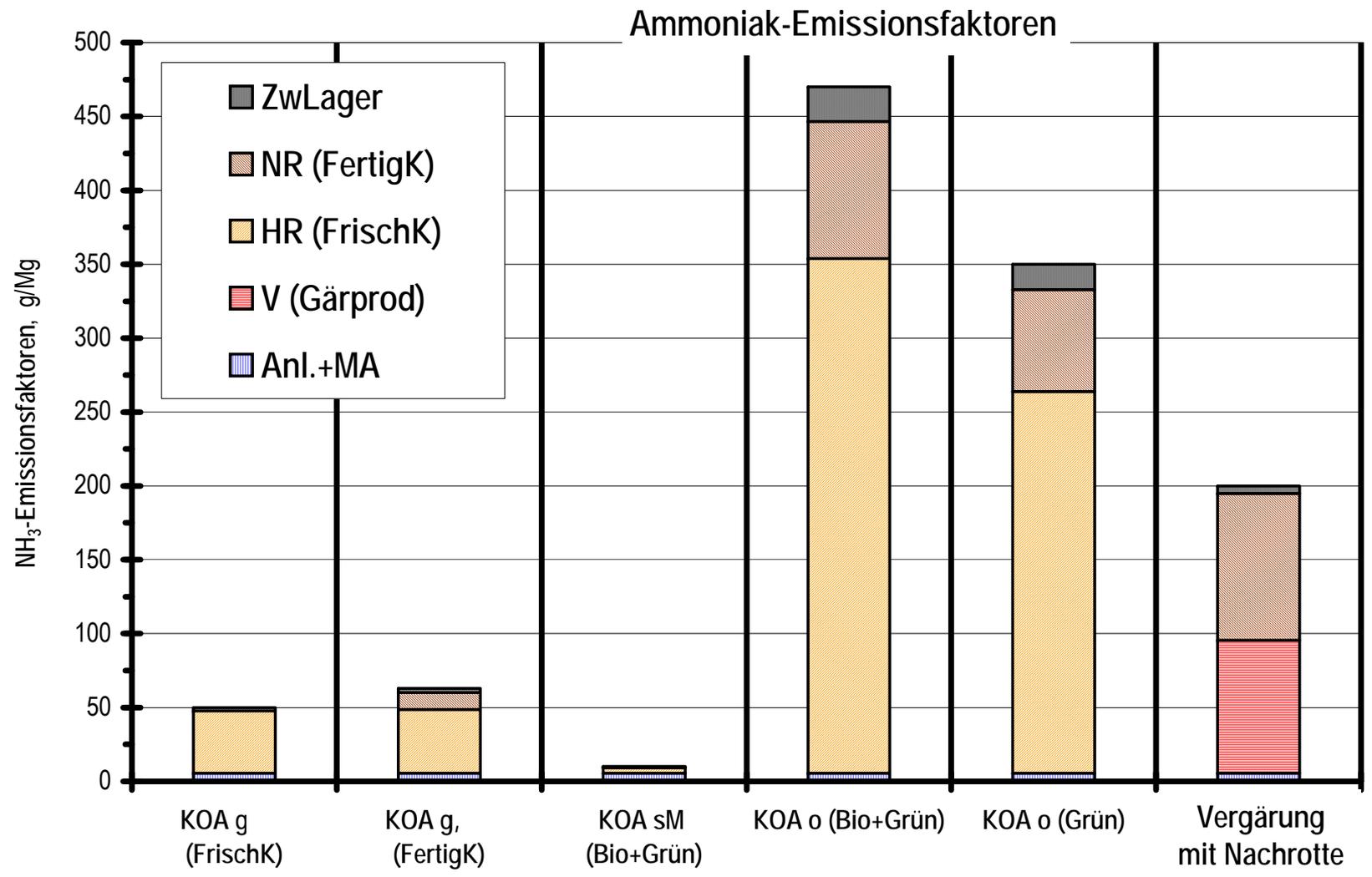
# Ergebnisse CH<sub>4</sub> aus den Behandlungsverfahren



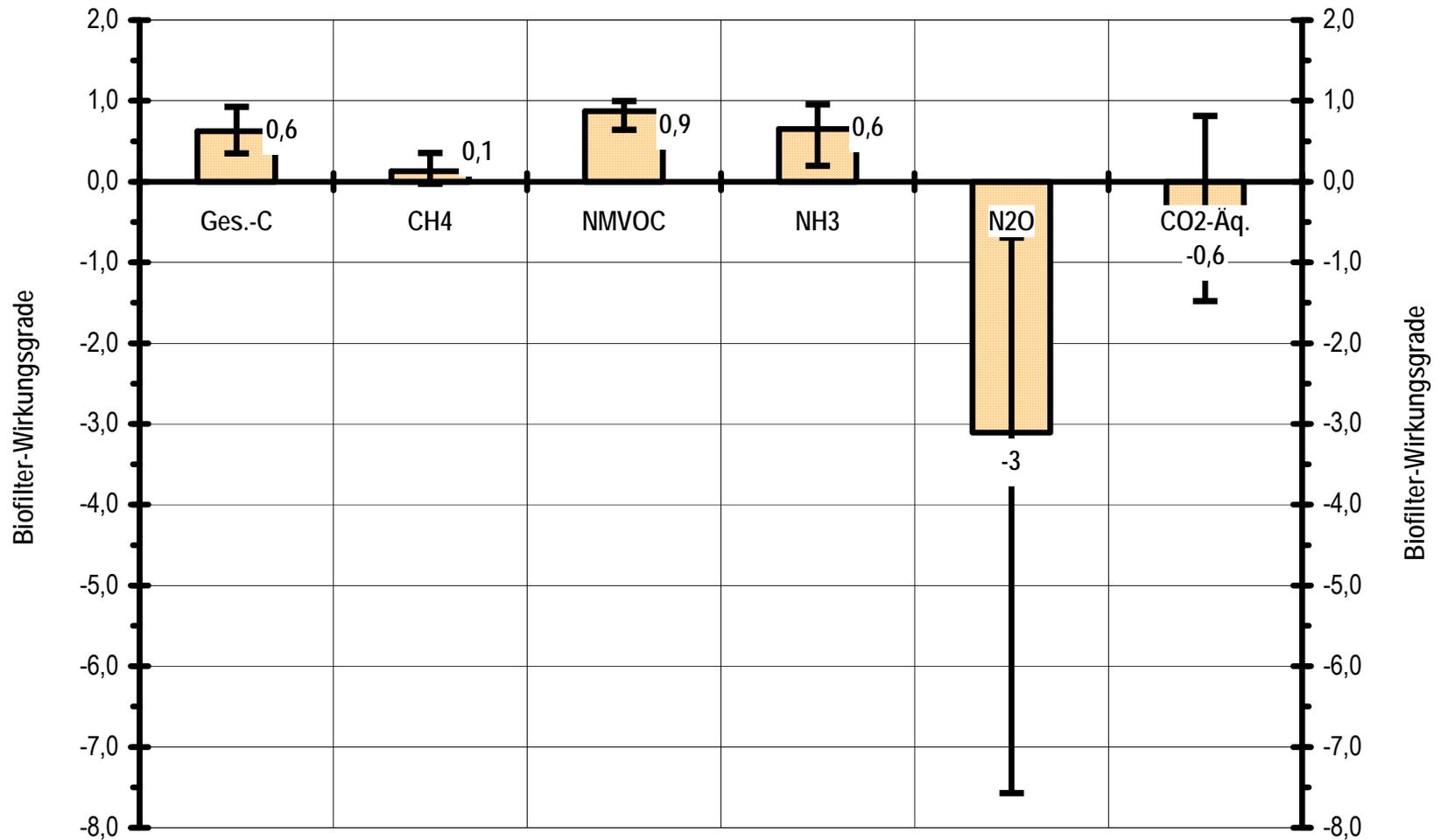
# Ergebnisse N<sub>2</sub>O aus den Behandlungsverfahren



# Ergebnisse NH<sub>3</sub> aus den Behandlungsverfahren



# Emissionsminderung (THG) bei Biofiltern (Auswertung > 30 Anlagen)



# Handlungsempfehlungen für eine gute fachliche Praxis (THG)

- Etwa 10% des Bio- und Grünabfalls wird von **Vergärungsanlagen** verarbeitet, 90% teilen sich **geschlossene** und **offene Kompostierungsanlagen**.
- Geschlossene Anlagen verfügen über eine aktive Belüftung und Abluftreinigung (Biofilter), Umsetzaggregate
- Offene Anlagen verfügen in der Regel nur über Umsetzaggregate
- Offene KOA sind grundsätzlich nicht schlechter als geschlossene KOA. **Der Betrieb ist entscheidend!!!** Günstige Literatur-Werte sind historisch.
- Die aktuelle Praxis zeigt, dass der Betrieb nicht auf die Reduktion von THG ausgelegt ist. Die geschlossene Anlage kann über die aktive Belüftung Defizite (Poren, Wasser) im **Rottematerial** besser ausgleichen.
- Hohe Emissionen resultieren meistens aus mangelnder fachliche Praxis: Mangelnde **Mietengeometrie**, **Strukturmaterial** und **Umsetzintervalle** führen zu schlechter Belüftung, ungenügende O<sub>2</sub>-Versorgung (→ CH<sub>4</sub>).
- Die besten KOA emittieren nahezu kein Methan, NMVOC wird zu > 90% im Biofilter abgebaut. TA Luft Emissionswerte werden eingehalten!!!

# Handlungsempfehlungen für eine gute fachliche Praxis (THG)

- $\text{N}_2\text{O}$  entsteht vorwiegend in der Nachrotte (Nitrifikation), deshalb Mieten nicht auskühlen lassen und auf weites C:N Verhältnis achten.
- **Biofilter** reduzieren  $\text{CH}_4$  nicht, wohl aber  $\text{NH}_3$ , was zu sek.  $\text{N}_2\text{O}$  führt.
- Offene KOA mit Membranabdeckung können über die aktive Belüftung ein sehr günstiges Emissionsniveau ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ) erreichen.
- **Vergärungsanlagen** emittieren aus flüssigem Gärprodukt und aus der Nachrotte erhebliche Mengen an  $\text{CH}_4$ , bis zu 5-10% des Biogasertrags. Hier besteht **erhebliches Optimierungspotential** am Treibhauseffekt. Nach **TA Luft** sind Emissionswerte für  $\text{NH}_3$  und Ges.-C nicht eingehalten.
- Als Mittel der Bioabfallverwertung resultieren 1.100 g/Mg für  $\text{CH}_4$ , 99 g/Mg für  $\text{N}_2\text{O}$ , 450 g/Mg für  $\text{NH}_3$  und 330 g/Mg für NMVOC.
- Die  $\text{CO}_2$ -Äquivalente belaufen sich auf  $\varnothing$  100 kg  $\text{CO}_2$ -Äq/Mg.
- Die Anteile am nat. Emissionsinventar liegen zwischen **0,40 und 0,64 % für  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$**  und  $\text{NH}_3$  (0,05% der Summe der  $\text{CO}_2$ -Äq in Deutschland).
- *BGK: Betrieb von Kompostierungsanlagen mit geringen Emissionen THG*