

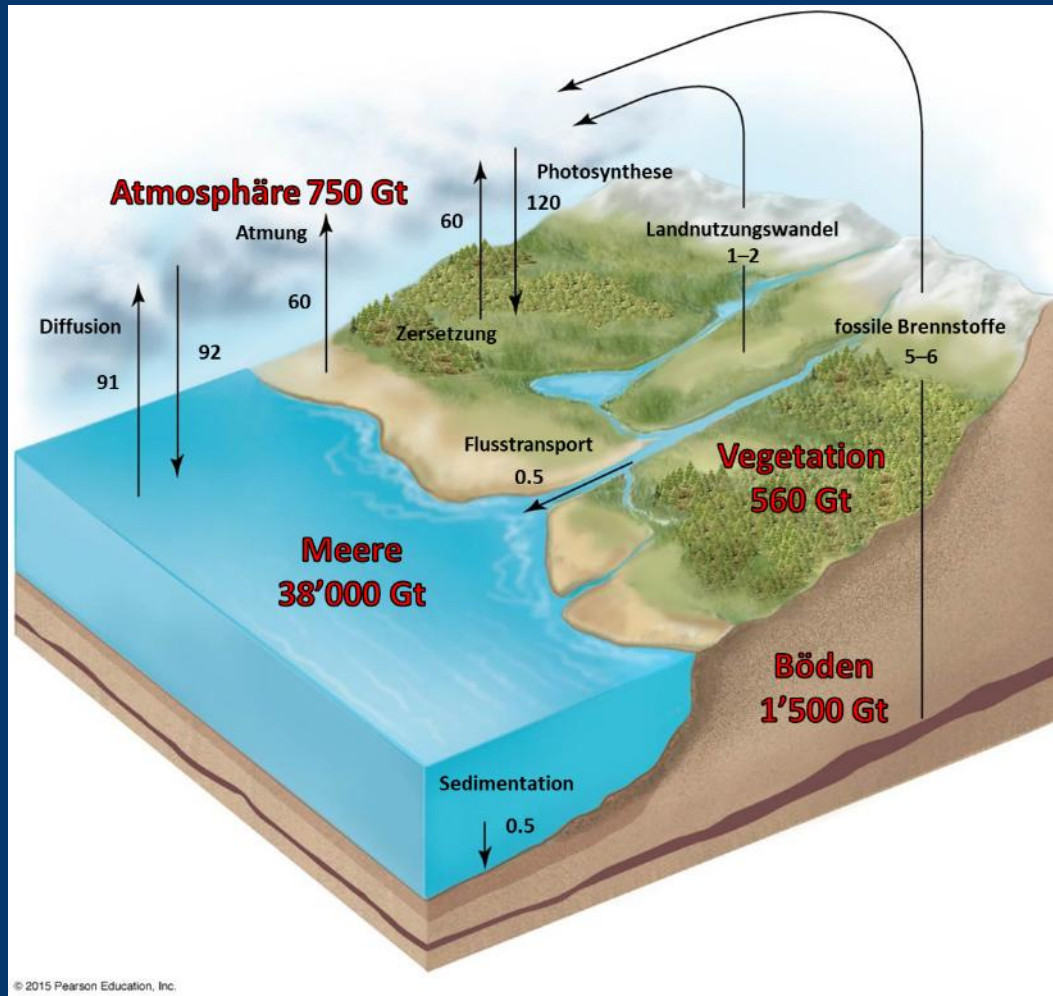


CO<sub>2</sub> EMISSIONS

# Der Humus und das Klima – was sagt die Wissenschaft dazu

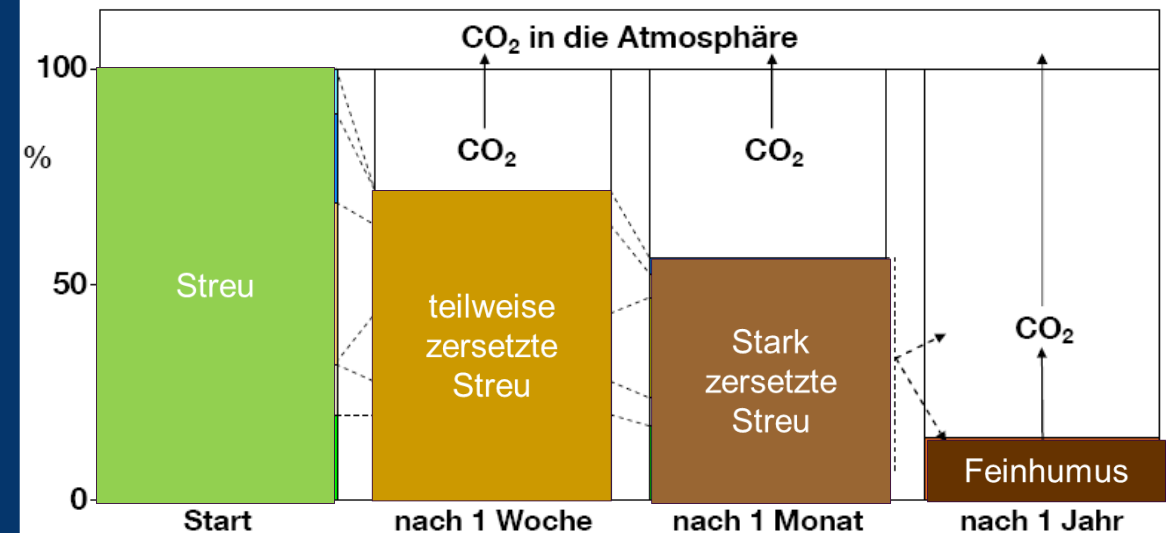


# Humus: Entstehung und Rolle im Kohlenstoffkreislauf



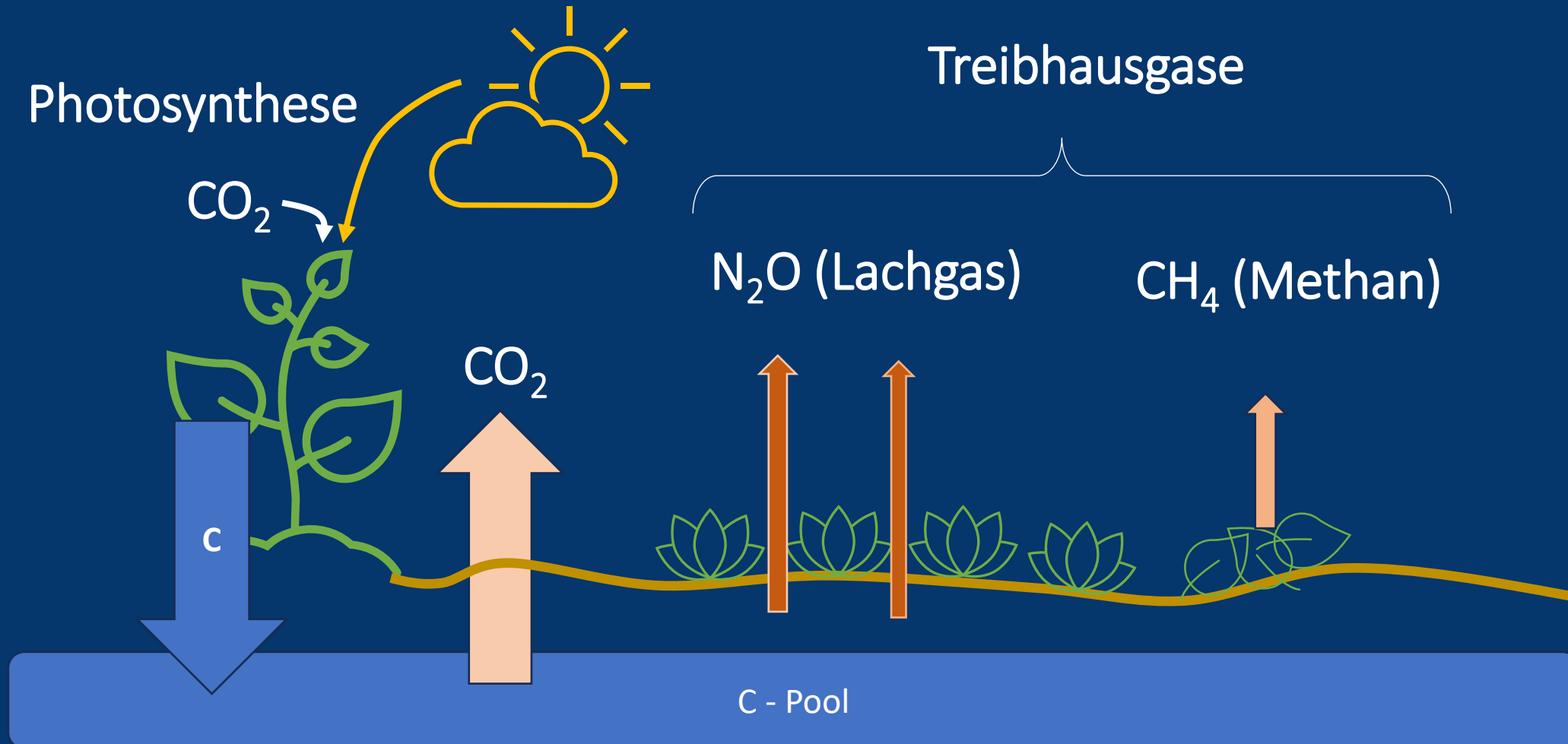
→ Böden enthalten weltweit etwa **1.500 Gigatonnen Kohlenstoff**, mehr als die Atmosphäre (~750 Gt) und die Vegetation (~560 Gt) zusammen.

→ Humus ist ein **wichtiger Speicher für organischen Kohlenstoff**. Wird Humus aufgebaut, wird CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre langfristig gebunden.



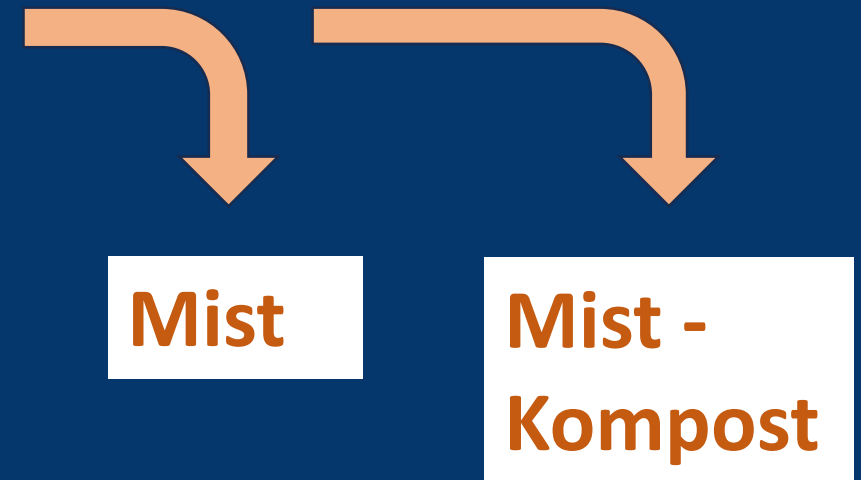


# Klimawirkung bei der Humusbildung



# Möglichkeiten des Humusaufbaus

- Mehr organische Substanz zuführen
- Dauerhafte Begrünung
- Biologische Aktivität fördern
- Erosionsschutz



# Das Problem mit den Treibhausgasen und dem Ammoniak

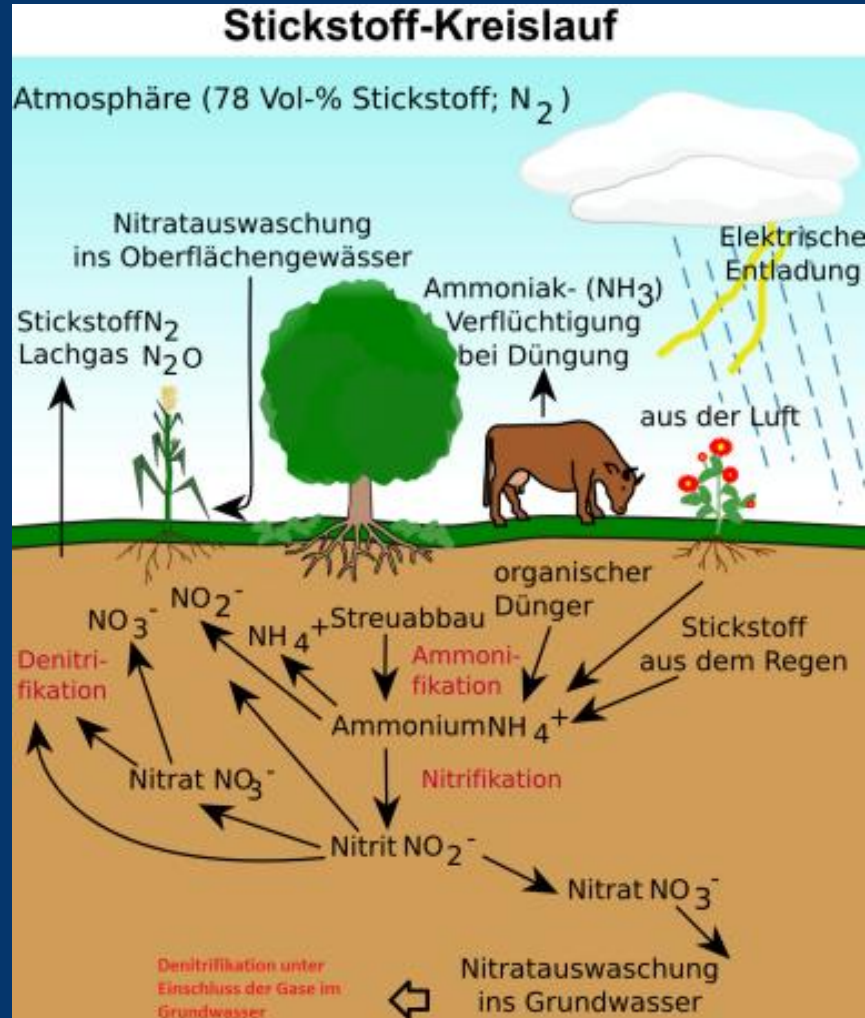
$\text{CH}_4$  (Methan) bei Sauerstoffmangel (anaerobe Zonen)

$\text{N}_2\text{O}$  (Lachgas) bei unvollständiger Nitrifikation / Denitrifikation

$\text{NH}_3$  (Ammoniak): kein direktes THG, aber indirekter Beitrag über Umwandlung zu  $\text{N}_2\text{O}$  in Atmosphäre und Böden




# Das Problem mit den Treibhausgasen und dem Ammoniak



- Ammoniakemissionen tragen indirekt zur THG-Wirkung bei:
- $NH_3$  wird in der Atmosphäre teilweise zu Nitrat oxidiert
- Nitrat kann in Böden durch Denitrifikation zu  $N_2O$  umgewandelt werden
- $N_2O$  hat ein 273-mal höheres Treibhauspotenzial als  $CO_2$  (IPCC AR6)
- Indirekte Emissionen durch  $NH_3$  werden in nationalen Treibhausgasinventaren berücksichtigt






# Klimawirkung im Kompostierprozess 1

---

Sammlung und Lagerung der Ausgangsstoffe bis zur Mietenerstellung

- 
- **CH<sub>4</sub>** bei anaeroben Bedingungen
  - **NH<sub>3</sub>** bei stickstoffreichen Materialien (z. B. Mist)
  - **geringe N<sub>2</sub>O** Emission möglich

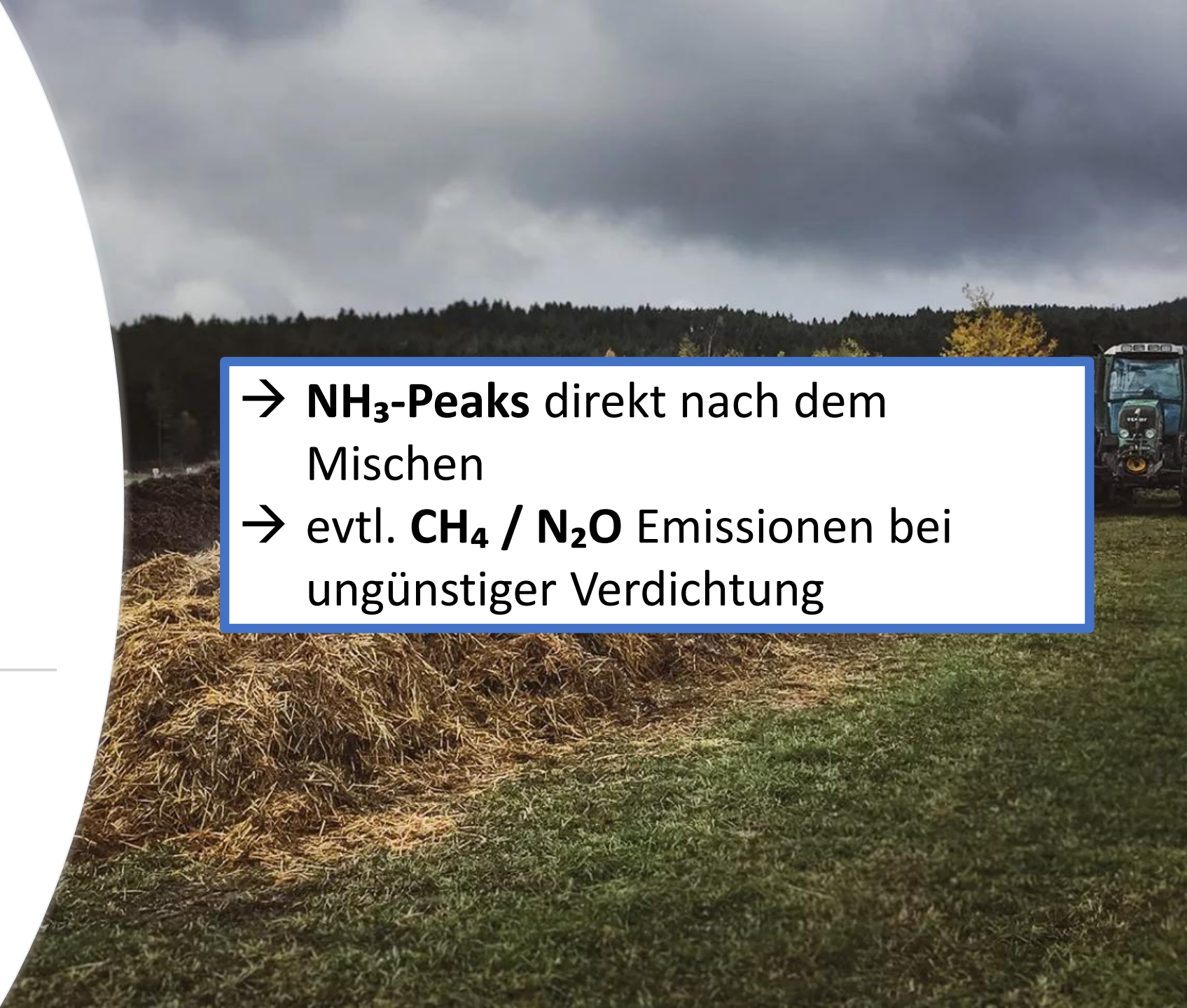


# Klimawirkung im Kompostierprozess 2

---

Erstellen einer Miete

<https://www.compost-systems.com/en/solutions/open-unpaved-windrow-composting>

- 
- **NH<sub>3</sub>-Peaks** direkt nach dem Mischen
  - evtl. **CH<sub>4</sub> / N<sub>2</sub>O** Emissionen bei ungünstiger Verdichtung

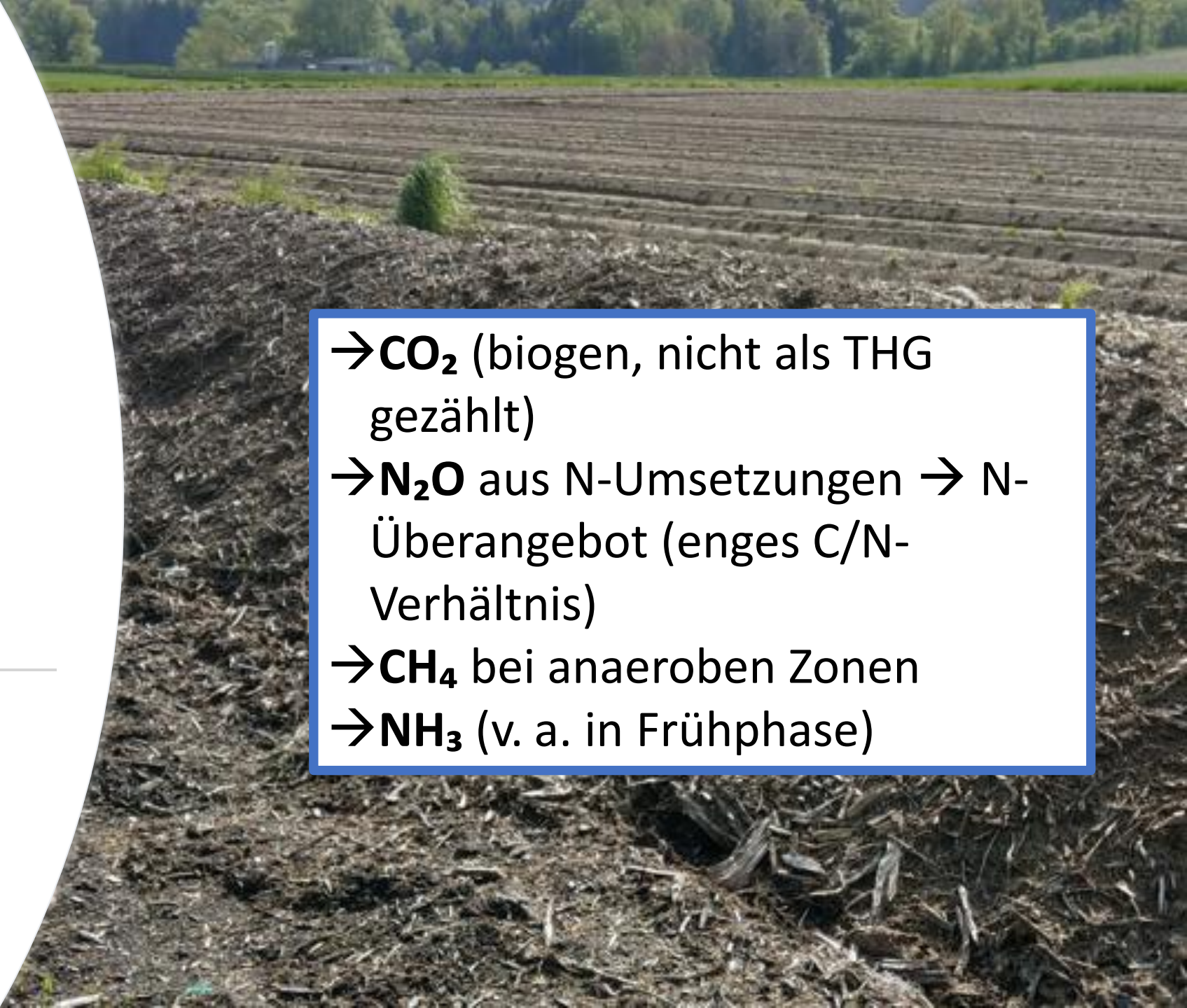





# Klimawirkung im Kompostierprozess 3

---

Lagerung der Miete

- 
- **CO<sub>2</sub>** (biogen, nicht als THG gezählt)
  - **N<sub>2</sub>O** aus N-Umsetzungen → N-Überangebot (enges C/N-Verhältnis)
  - **CH<sub>4</sub>** bei anaeroben Zonen
  - **NH<sub>3</sub>** (v. a. in Frühphase)

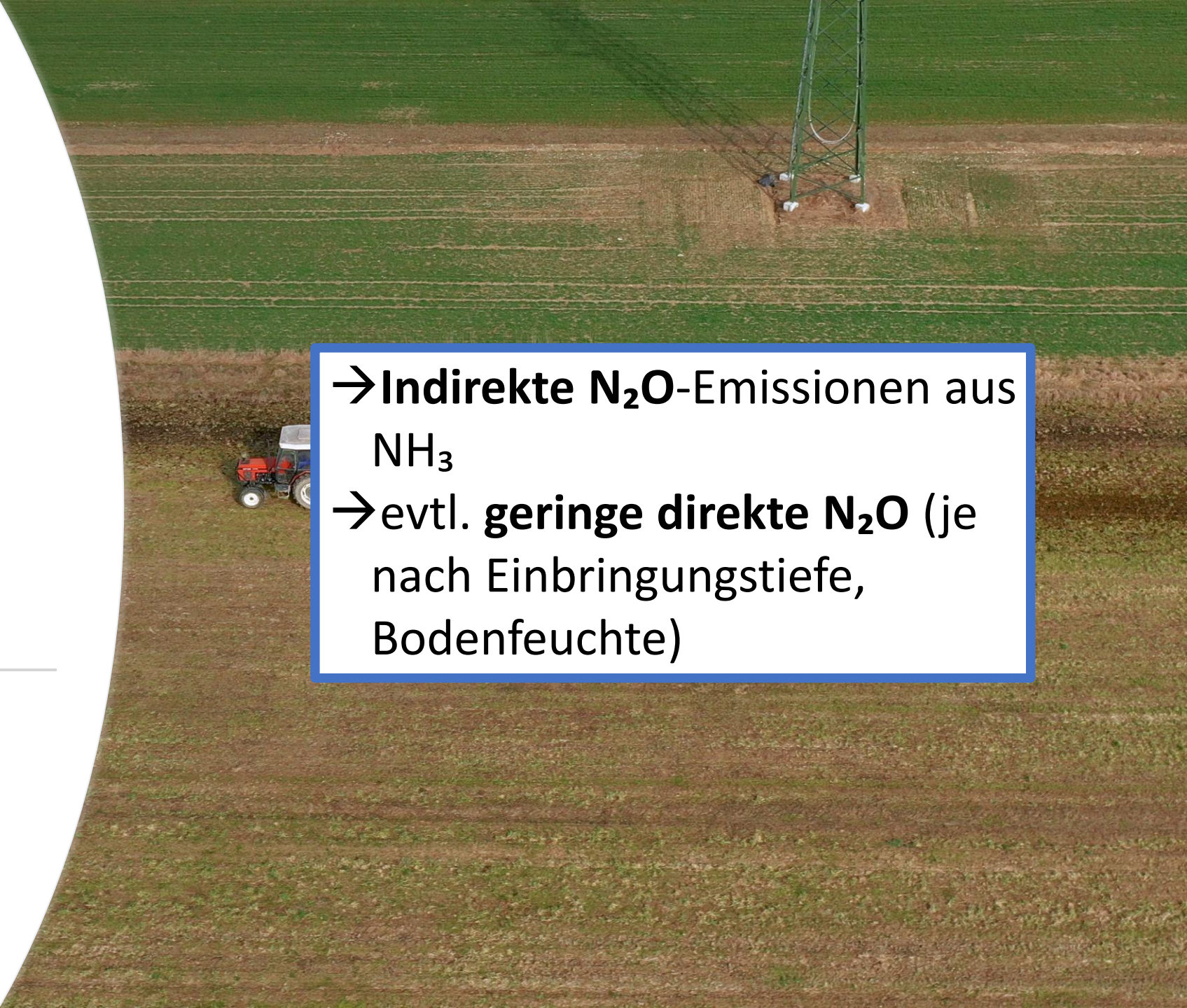




# Klimawirkung im Kompostier- prozess 4

---

Ausbringung von Kompost

- 
- **Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus  $\text{NH}_3$**
  - **evtl. geringe direkte  $\text{N}_2\text{O}$**  (je nach Einbringungstiefe, Bodenfeuchte)

# Einfluss der Umweltfaktoren in der Übersicht

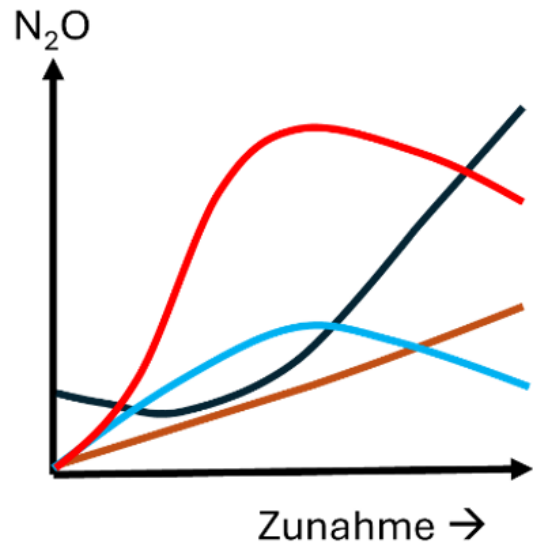


Abb. 1: Einfluss von Umweltfaktoren auf die Emission von Lachgas

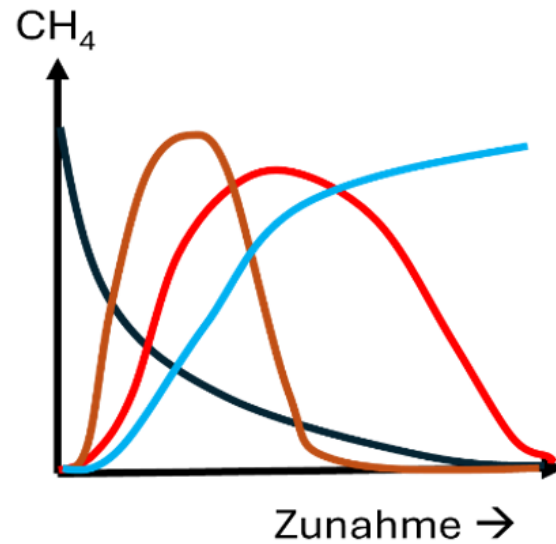


Abb. 2: Einfluss von Umweltfaktoren auf die Emission von Methan

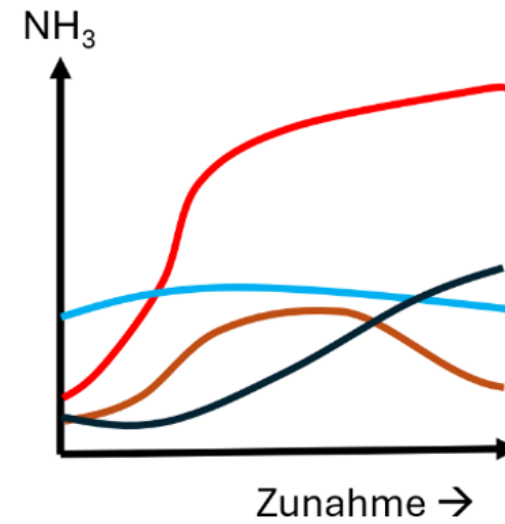


Abb. 3: Einfluss von Umweltfaktoren auf die Emission von Ammoniak

Legende: ■ Feuchteit ■ Sauerstoff ■ Lagerungszeit

■ Temperatur

Darstellung  
ZHAW  
unveröffentlicht,  
aus Projekt  
klimaneutrale  
Landwirtschaft  
Graubünden



# Halt, da gibt es ja verschiedene Kompostiersysteme...



Feldrandkompostierung  
(Bild: zhaw)



Platzkompostierung  
(Bild: [www.allmig.ch](http://www.allmig.ch))



Platzkompostierung  
(Bild: <https://www.compost-systems.com/de/loesungen/boxenkompostierung>)

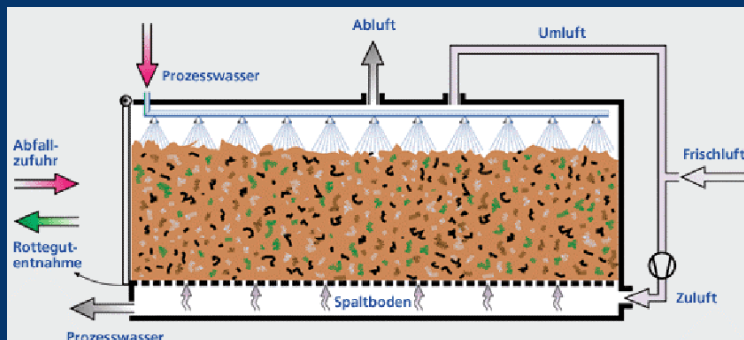


Bild: Funktionsprinzip einer Boxen- oder Containerkompostierung  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/abfallaufbereitung\\_kompost\\_com.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/abfallaufbereitung_kompost_com.pdf)

# Unterschiedliche Systeme, unterschiedliche Emissionen

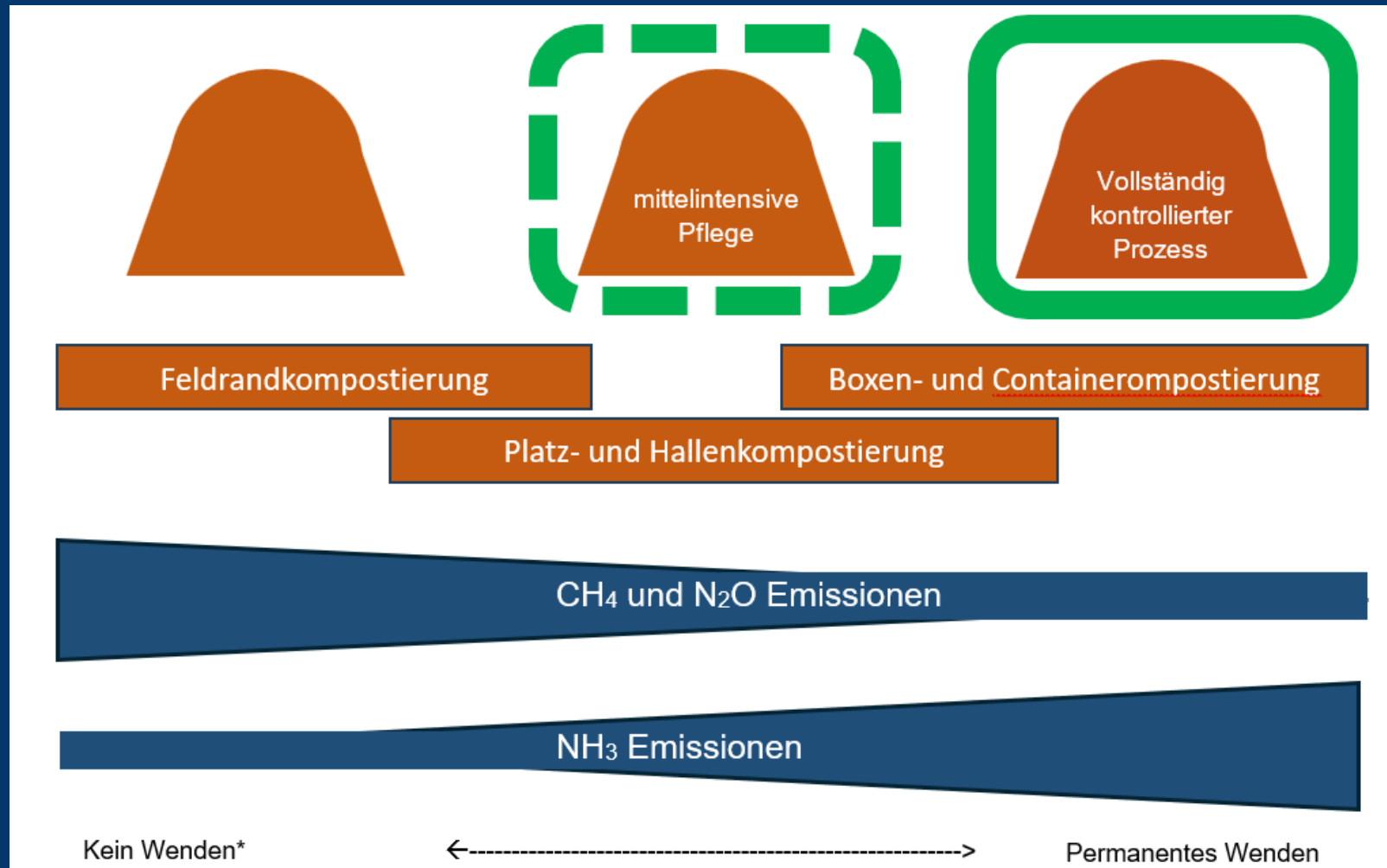


Bild: ZHAW unveröffentlicht, aus  
Projekt klimaneutrale Landwirtschaft  
Graubünden

# Halt, da gibt es ja verschiedene Kompostiersysteme



Bilder (v.l.n.r.):  
ZHAW;  
[www.allmig.ch](http://www.allmig.ch);  
[www.compost-systems.com](http://www.compost-systems.com)

System	CH <sub>4</sub> (MFC) <sup>1</sup>	N <sub>2</sub> O EF <sub>3</sub> (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	NH <sub>3</sub> -Verlust (% N)
Mistlagerung (herkömmlich)	2–4% <sup>2</sup>	0.005 – 0.1	30–45 %
Kompostierung in Mieten (intensive)	0.5–2% <sup>2</sup>	0.05	50 %
Kompostierung in Boxen/Container	0.5%	0.006	45 %

Tabelle: IPCC – Emissionswerte für Rindermist (Chapter 10: Emissions from livestock and manure management; [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp))

<sup>1</sup> MCF-Faktor: Gibt an, welcher Prozentsatz des maximal möglichen Methanpotenzials (B<sub>0</sub>) aus dem organischen Material im Mist tatsächlich unter den gegebenen Lagerungsbedingungen umgesetzt wird.

<sup>2</sup> Temperaturabhängig



# Wie können nun die Treibhausgas- und Ammoniakemissionen möglichst gering gehalten werden?

## → Eigentlich: Gute Kompostierpraxis



- Optimales C/N-Verhältnis
- Ausreichende Sauerstoffversorgung
- Feuchtegehalt im optimalen Bereich
- pH-Pufferung durch Strukturmaterialien
- schnelle Aufheizphase und Temperatursteuerung
- Homogene Mischung & Porenvolumen
- Kompostabdeckung
- Biofilter
- (...)

### GERINGERE AMMONIAK- UND THG-EMISSION BEI DER KOMPOSTIERUNG

C/N Optimales C/N-Verhältnis  
25-30:1



Ausreichende Sauerstoffversorgung



Feuchtegehalt im optimalen Bereich



Schnelle Aufheizphase  
und Temperatursteuerung



pH-Pufferung durch  
Strukturmaterialien



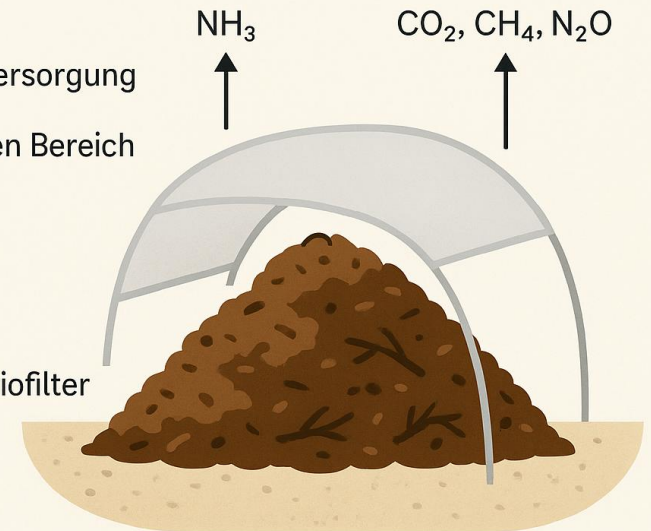
Kompostabdeckung oder Biofilter



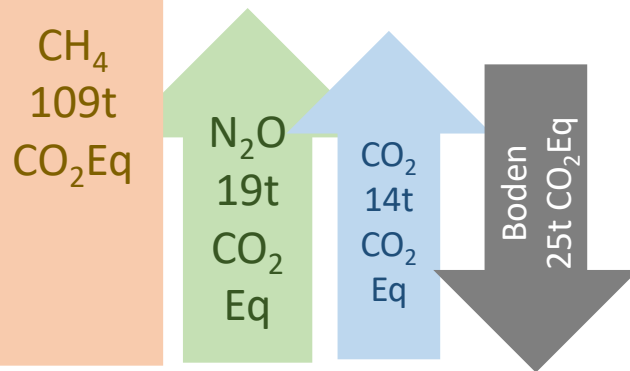
Homogene Mischung  
& Porenvolumen



Ausreichende Rottezeit



Netto 117t\* CO<sub>2</sub>Eq



# Praxisbeispiel Bauernhof P. Angelini, S-chanf

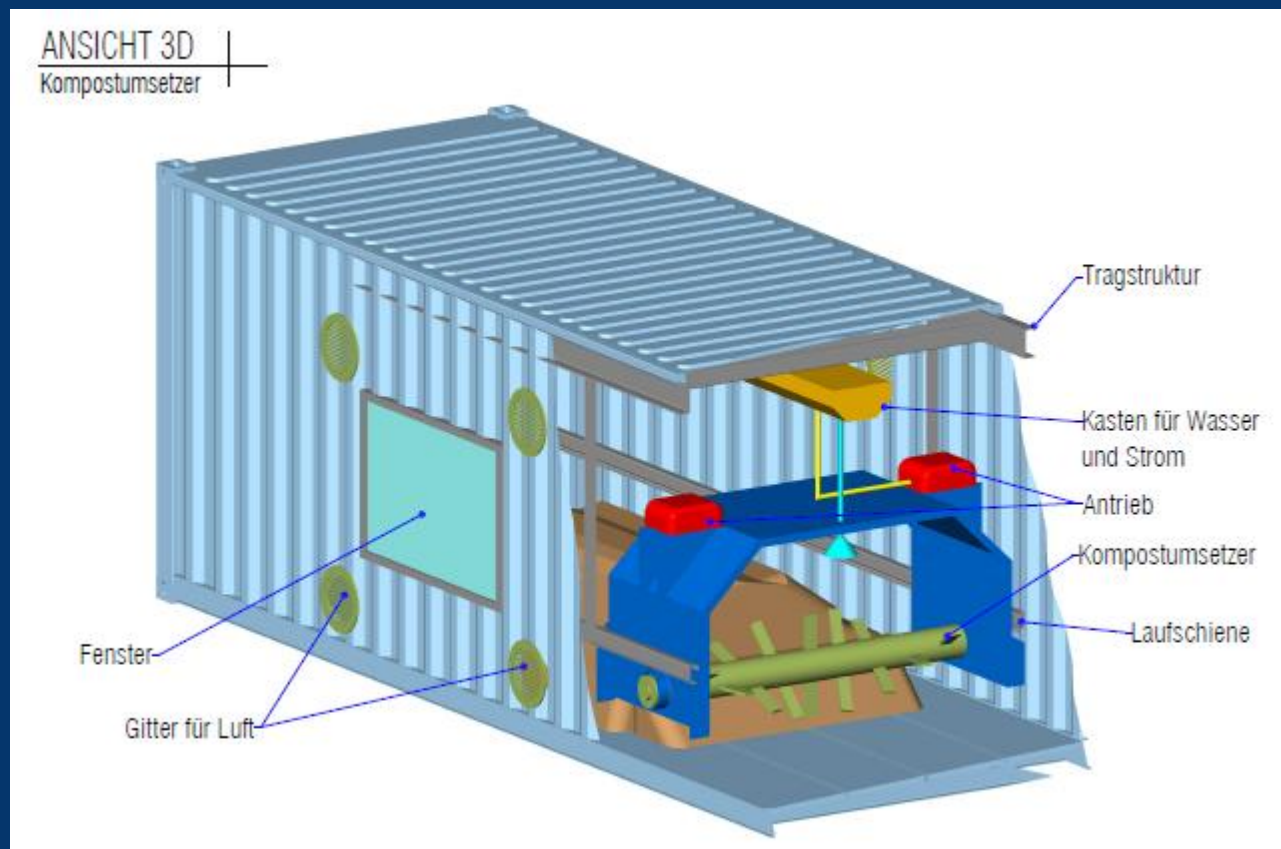
## Bisherige Klimabilanz\*

Tierhaltung:	Verdauung («enterische Gärung)	= 79t CO <sub>2</sub> Eq
	Tierische Ausscheidung (Lagerung und Ausbringung)	= 30t CO <sub>2</sub> Eq
	Davon Verlust Lager	(3t CO <sub>2</sub> Eq)
Boden:	Aus landwirtschaftlichem Boden (als N <sub>2</sub> O)	= 19t CO <sub>2</sub> Eq
Übrige:	Herstellung + Transport Betriebsmittel / Energieverbrauch	= 14t CO <sub>2</sub> Eq
Im Boden gebunden:		= 25t CO <sub>2</sub> Eq

\* Daten stammen aus der betrieblichen Klimabilanzierung mit ACCT im Rahmen der Projekts KNLGR

# Praxisbeispiel: Kompostieren von Mist mit einem Kompostiercontainer

Peter Angelini S-chanf / Unterstützt vom Bundesamt für Umwelt



Bilder: Kompostcontainer S-chanf, links erstellt durch Ingenieurbüro vor dem Bau, rechts Container in Betrieb (Bild ZHAW)



Netto 117t CO<sub>2</sub>Eq

CH<sub>4</sub>  
107t  
CO<sub>2</sub>Eq

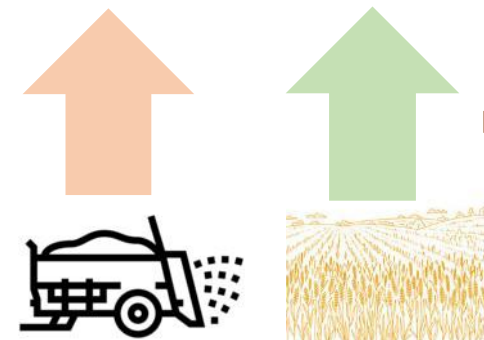
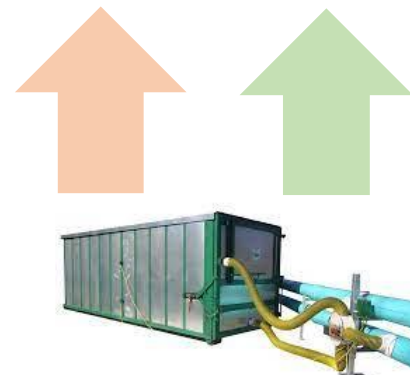
N<sub>2</sub>O  
19  
CO<sub>2</sub>  
Eq

CO<sub>2</sub>  
16  
CO<sub>2</sub>  
Eq

Boden  
25 CO<sub>2</sub>Eq



ORGANIC PRODUCTS



CH<sub>4</sub>: -75%  
N<sub>2</sub>O: +10%

CH<sub>4</sub>: -50%  
N<sub>2</sub>O: -40%

Total  
geschätzt=  
rund 10t  
CO<sub>2</sub>Eq

Wirkung der  
Massnahme (THG-  
bezogen):  
-5 t CO<sub>2</sub>Eq = 4% der  
Gesamtemissionen

Total  
Geschätzt  
rund 15t  
CO<sub>2</sub>Eq

\* Medianwerte verschiedener Studien

# Und das Ammoniak?



NH<sub>3</sub> - Wäscher

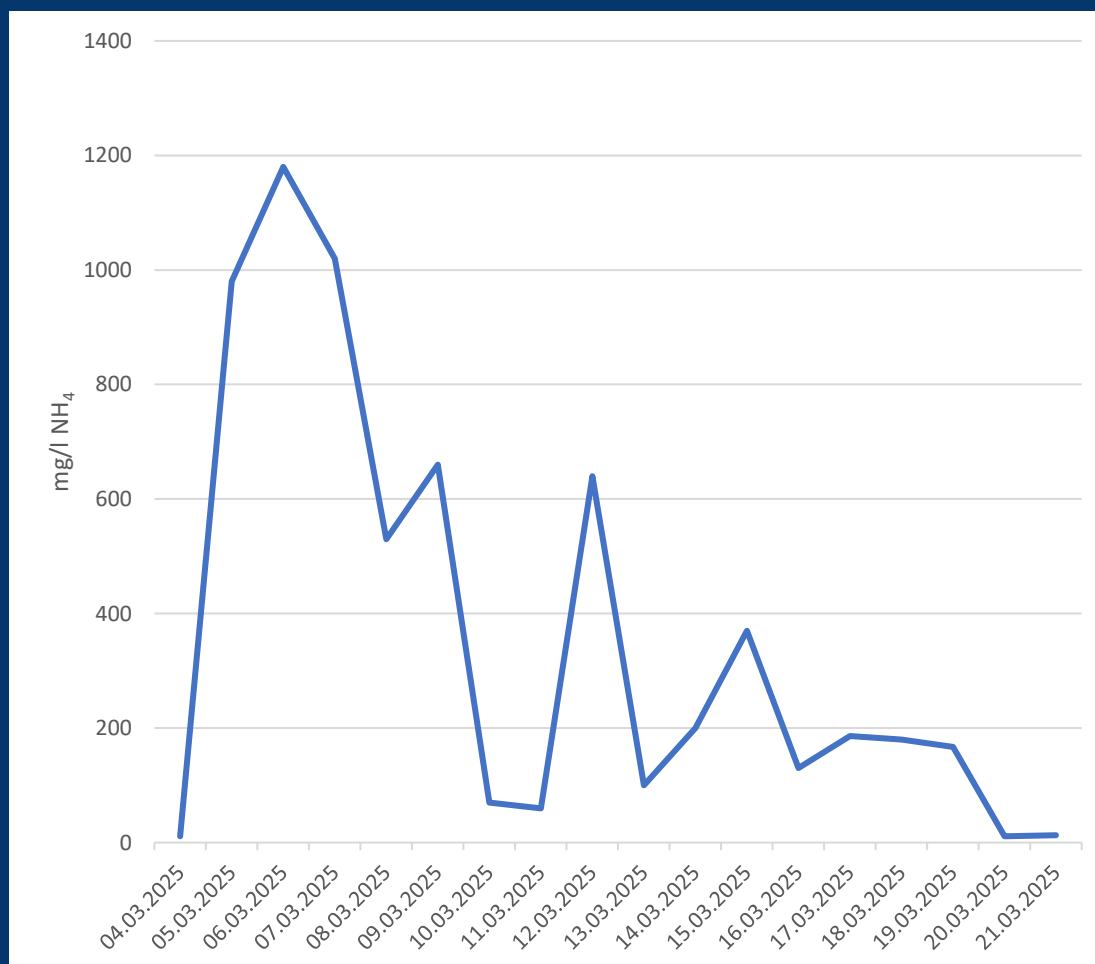


Biofilter



Wärmepumpe

# Erste Ergebnisse Ammoniak-Wäscher



NH<sub>4</sub><sup>+</sup> im Waschwasser [mg/l], März 2025

	BT-Meter		
Datum	NH <sub>3</sub> vor Wäscher	NH <sub>3</sub> nach Wäscher	NH <sub>3</sub> nach Filter
	[ppm]	[ppm]	[ppm]
03.03.2025			
04.03.2025	161	66.7	36.1
05.03.2025	200	95.3	39.6
06.03.2025	200	198	136
07.03.2025	200	175	120
08.03.2025	111	44.3	27.3
09.03.2025	112	10.8	1.5
10.03.2025	63.2	51.3	31.2
11.03.2025	57.1	7.7	3.9
12.03.2025	37.1	1.5	1.5
13.03.2025	33.9	4.8	5.6
14.03.2025	19.4	26.7	20.2
15.03.2025	8.3	1.2	1.4
16.03.2025	16.4	8.7	9.4



# Zusammenfassung «Kompostieren für's Klima»

- Mit der Kompostierung (von Mist bspw.) kann zwar das Klima nicht gerettet werden, jedoch trägt sie zur Reduktion klimarelevanter Emissionen, zur Stabilisierung organischer Substanz und zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bei!
- Sie leistet dennoch einen relevanten Beitrag zur Schliessung von Nährstoffkreisläufen und zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung im Boden.
- Sie kann Ammoniakverluste mindern und die Widerstandsfähigkeit von Böden gegenüber Klimastress verbessern

→ Kurz: Die Kompostierung ist kein Allheilmittel gegen den Klimawandel, doch sie kann durch Emissionsminderung, Nährstoffrückgewinnung und Humusaufbau einen messbaren Beitrag zur Klimaschutzstrategie der Landwirtschaft leisten!