



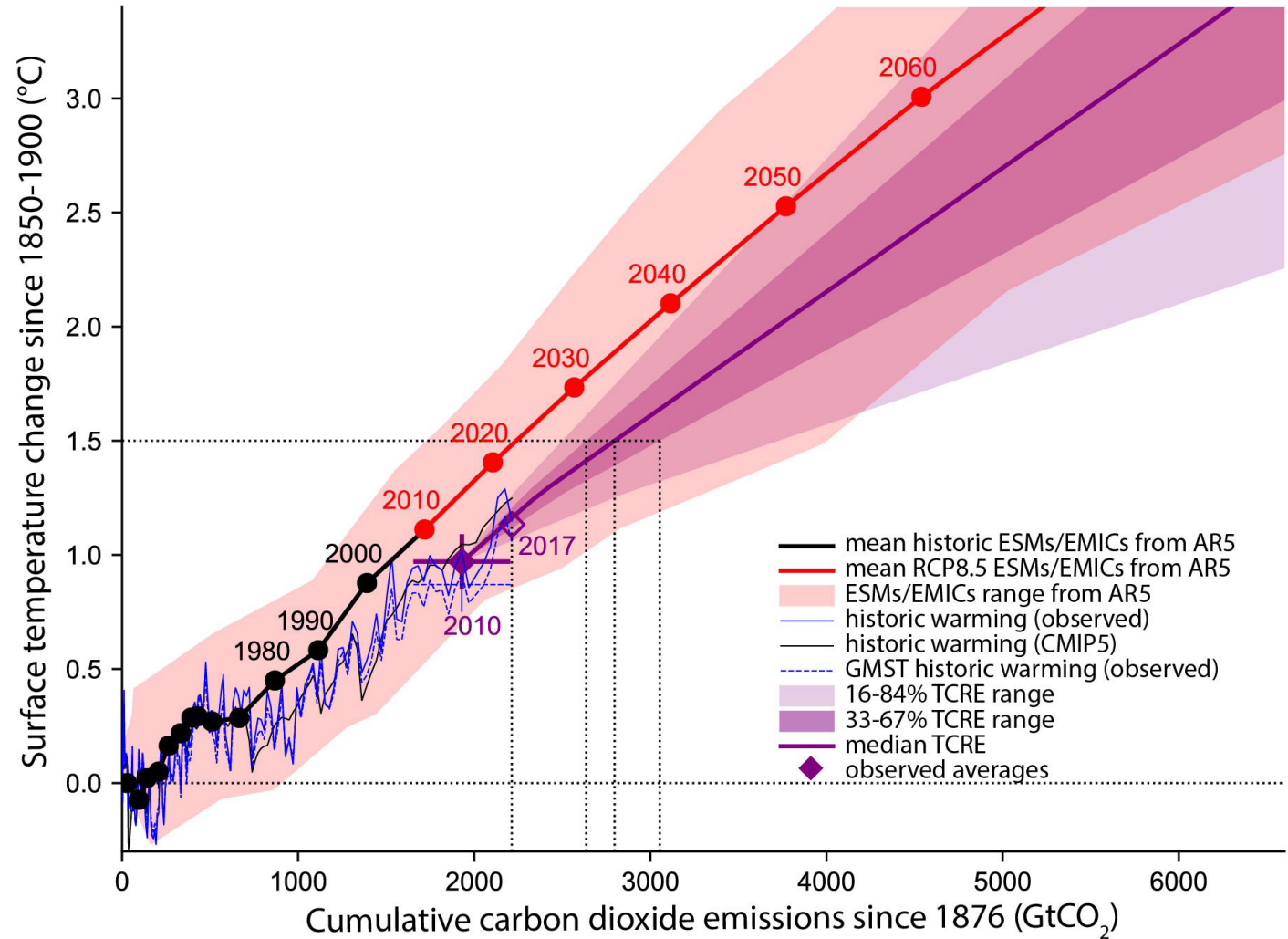
Klimawirkung der Schweinehaltung - Güllemanagement als zentraler Faktor

Brennpunkt Schweine 2024: CO₂-neutrale
Schweineproduktion – sind wir auf dem richtigen Weg?

Thomas Kupper, Michael Studer

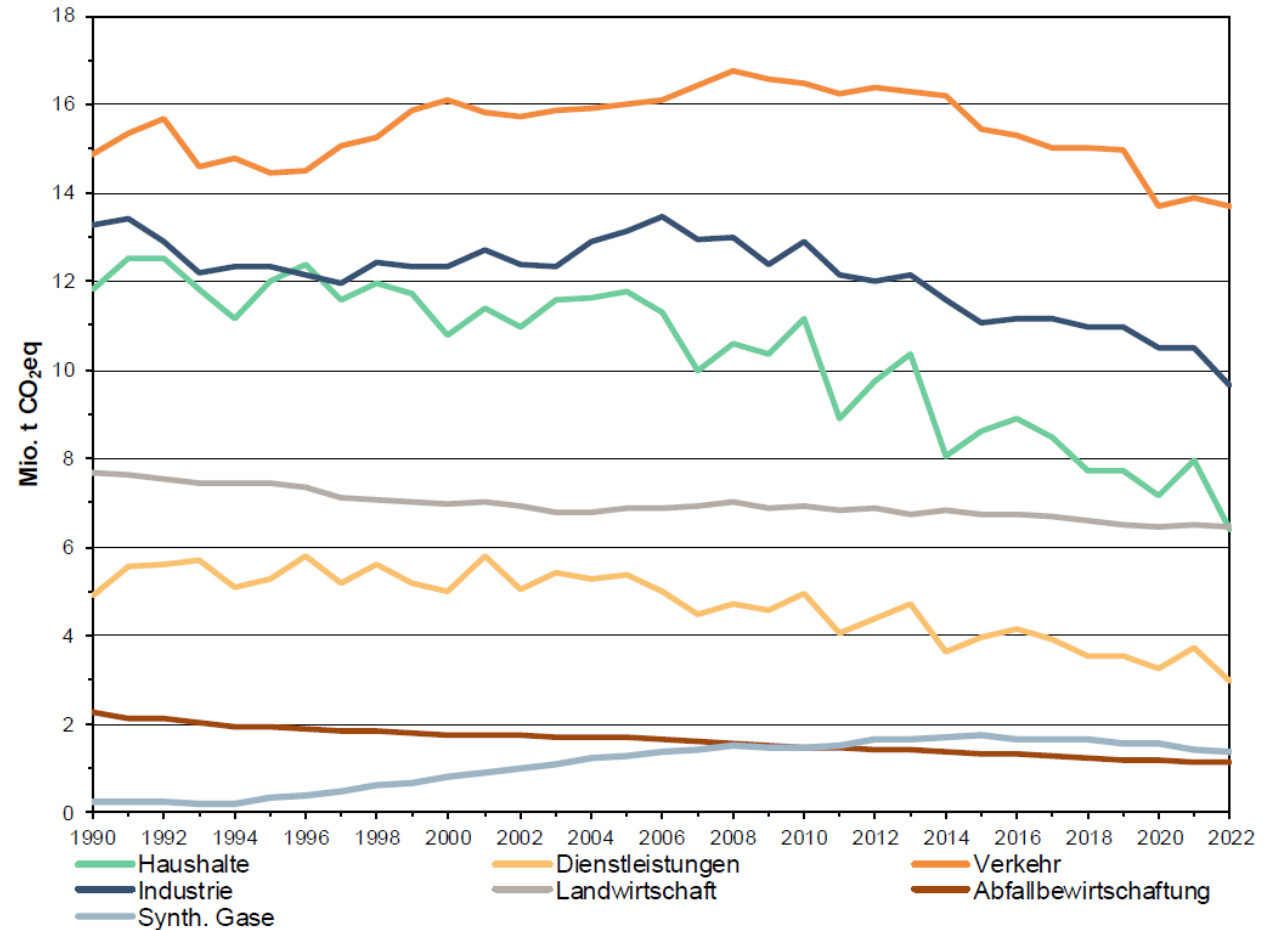
Ausgangslage

- ▶ Treibhausgasemissionen (THG) müssen reduziert werden, um die negativen Auswirkungen der Klimaerwärmung zu senken
- ▶ Alle Branchen müssen dazu ihren Beitrag leisten unabhängig davon, ob ihr Beitrag gross oder klein ist



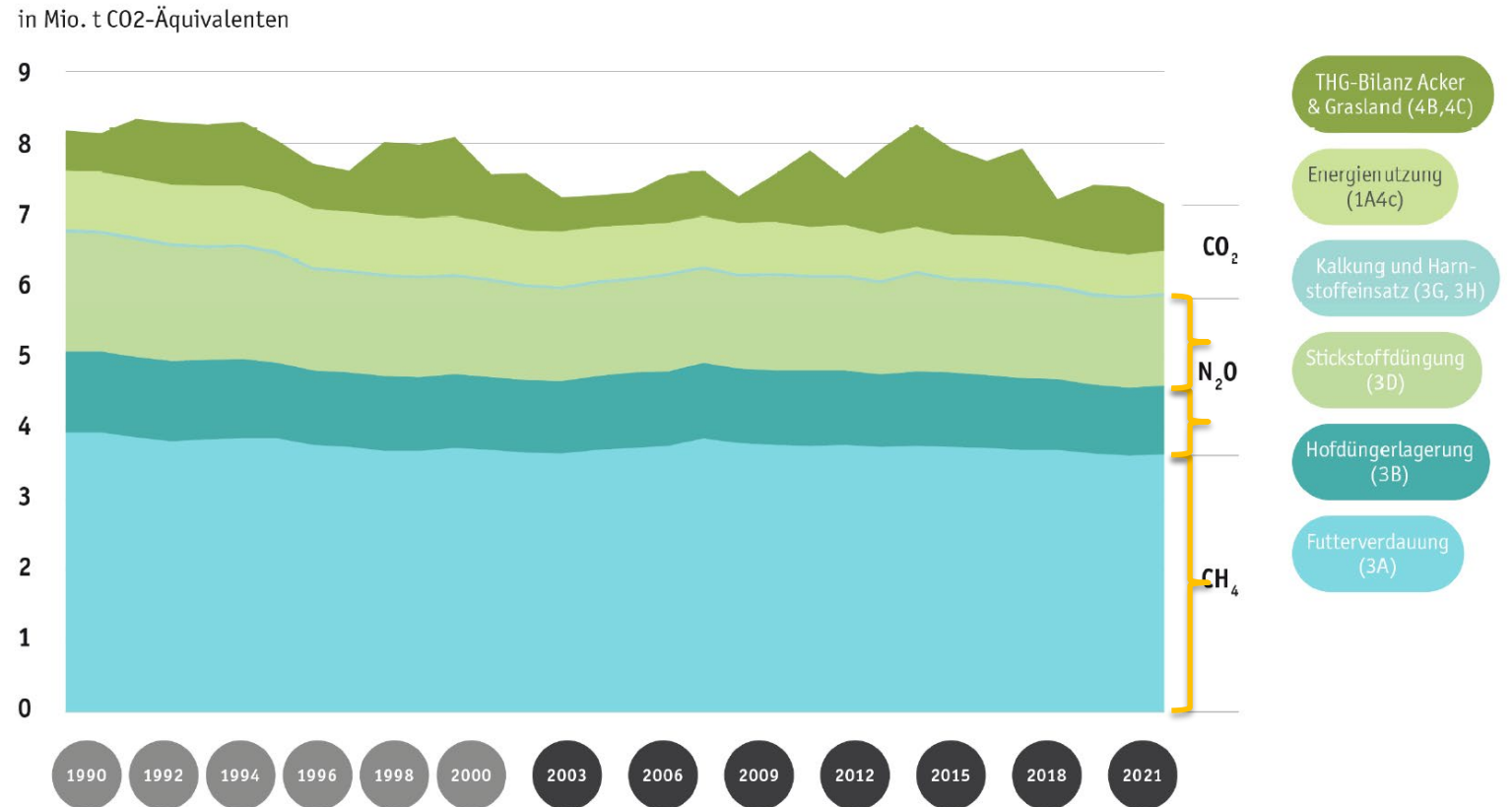
THG-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft

- ▶ Gesamtausstoss der Schweiz:
 - ▶ 42 Mio. t CO₂eq /a (2022)
- ▶ Anteil der Landwirtschaft am Total der schweizerischen THG-Emissionen:
 - ▶ 7.15 Mio. t CO₂eq \triangleq **15%**



THG-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft

- ▶ Wichtigste THG der schweizerischen Landwirtschaft sind Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O)
 - ▶ 1. Futterverdauung (50%)
 - ▶ 2. Stickstoffdüngung (18%)
 - ▶ Inkl. Pre-Chain-Emissionen (0.9 Mio.t/a)¹⁾
 - ▶ 3. Hofdüngerlagerung (13%)



1) Emissionen, die bei der Herstellung importierter Futtermittel und Mineraldünger im Ausland entstehen und dem Schweizer THG-Inventar zugerechnet werden
BLW (2024) *Agrarbericht2023*

Welchen Anteil an den THG-Emissionen hat die Schweinehaltung?

- ▶ Anteil CH₄
 - ▶ Enterische Fermentation: 1% \triangleq 0.04 Mio. t/a
 - ▶ *Hofdüngerlagerung: 20% \triangleq 0.19 Mio. t/a*
- ▶ Anteil N₂O
 - ▶ *Hofdüngerlagerung: 8% \triangleq 0.10 Mio. t/a*
 - ▶ *Ausbringung Hofdünger: 11% \triangleq 0.14 Mio. t/a*
- ▶ ***Total Schweinehaltung ca. 0.4 Mio. t CO₂eq / a***
 - ▶ ***\triangleq ~ 1% der THG-Emissionen der Schweiz im Jahr 2022***
 - ▶ ***\triangleq 40% der THG-Emissionen aus der Hofdüngerlagerung***

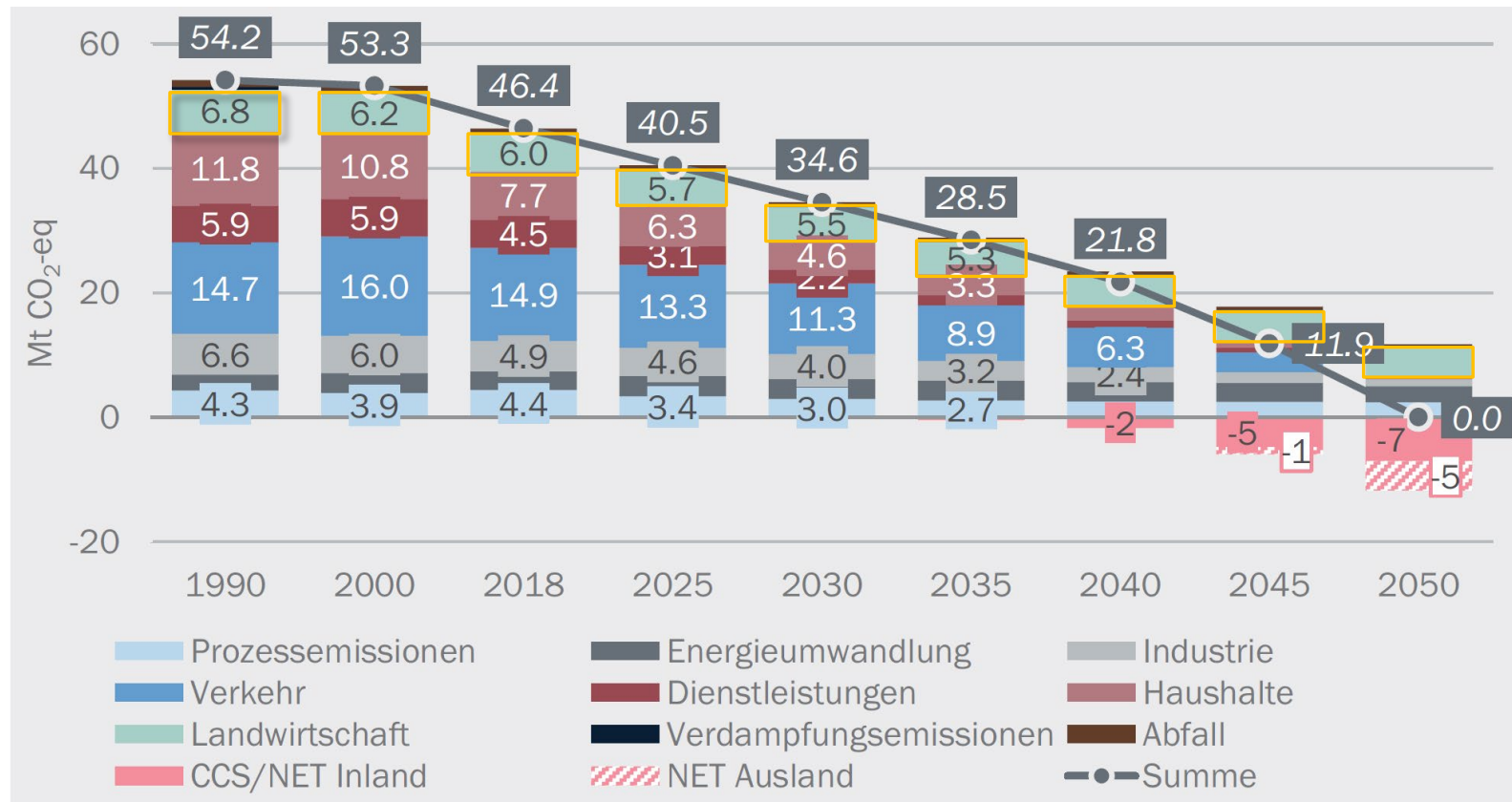
A B E R...

Netto-Null Klimastrategie 2050+ der Schweiz

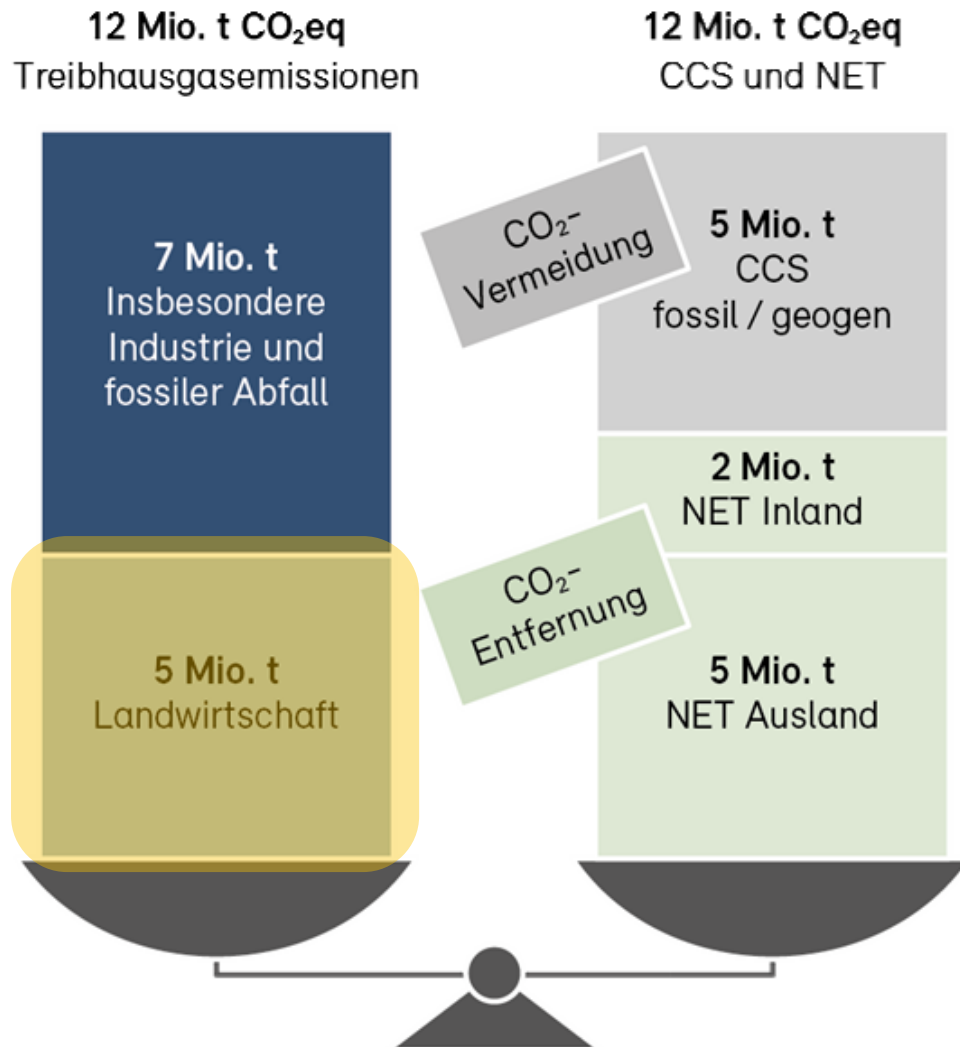
- ▶ Emissionsminderung wo immer möglich
 - ▶ Mobilität und
 - ▶ Wärmesektor

- ▶ Rest-THG-Emissionen müssen aus der Atmosphäre entfernt werden
 - ▶ Abfallverwertung/ Industrie
 - ▶ **Landwirtschaft**

- ▶ **~12Mt CO₂eq/a**



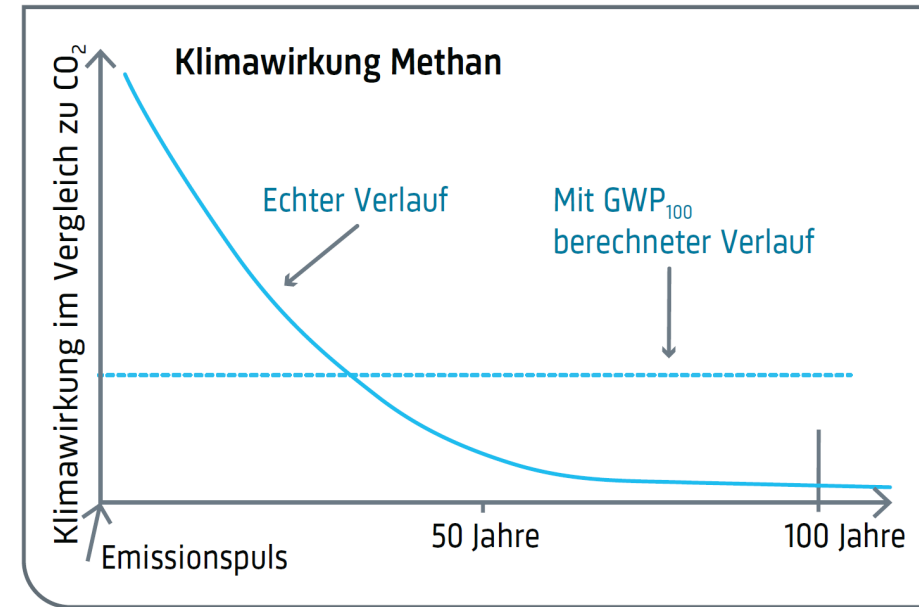
Das prioritäre Ziel muss also sein...




- ▶ *So viel THG-Emissionen verhindern wie möglich!*
- ▶ Können THG-Emissionen durch das Gülle-Management in der Schweinehaltung verhindert werden?
- ▶ Direkte Einsparung:
 - ▶ 0.4 Mio. t CO₂eq/a (Hofdüngerlagerung/-ausbringung)
- ▶ Indirekte Einsparung durch Verhinderung von NH₃-Emissionen:
 - ▶ Weniger synthetischer Stickstoffdünger
 - ▶ Tiefere N₂O-Emissionen

Verhinderung von THG-Emissionen während der Hofdüngerlagerung

- ▶ Nicht jedes THG hat dieselbe Klimawirkung
- ▶ CO₂ hat eine tiefer Klimawirkung als CH₄ oder N₂O
- ▶ -> **Ziel: CH₄ zu CO₂ umwandeln**
und CO₂ anstatt CH₄ 'emittieren'
- ▶ Gesetzlich vorgeschriebener Markt
- ▶ Für verhinderte CO₂-Emissionen können handelbare Bescheinigungen ausgestellt werden
 - ▶ ~ 1 bis 2 t_{CO2}/(SiGVE * Jahr) bei ca. 120 CHF/t_{CO2}



Substanz	GWP ₂₀	GWP ₁₀₀
CO ₂	1	1
Lachgas (N ₂ O)	273	273
Methan (CH ₄)	81	27

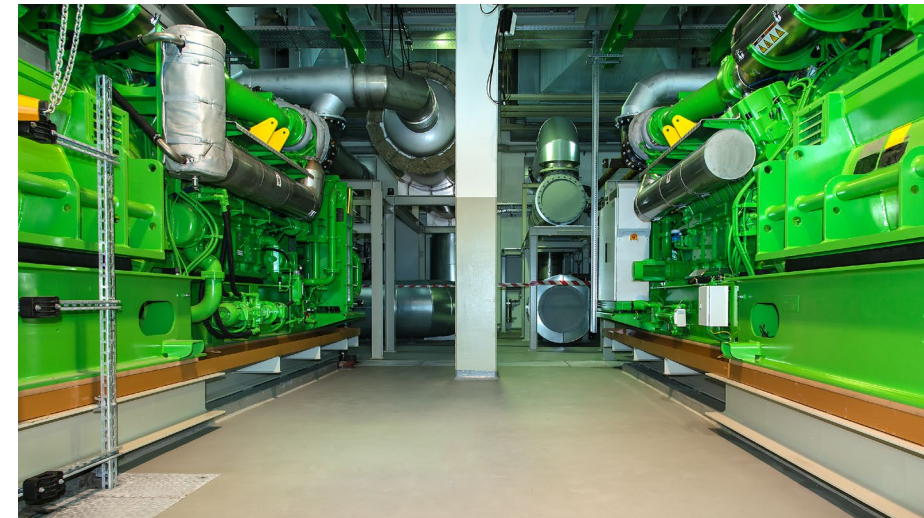
 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

 **Kliik** Fondation pour
la protection du climat et la
compensation de CO₂ Kliik

Biogasanlage als Lösung

1. Schweinegülle in Biogasanlage
2. Produktion von Methan in gasdichtem Fermenter
3. 'Verbrennen' des Methans zu CO_2 und Wasser
4. 'Emittieren' von CO_2



Hoher Wasseranteil in Schweinegülle

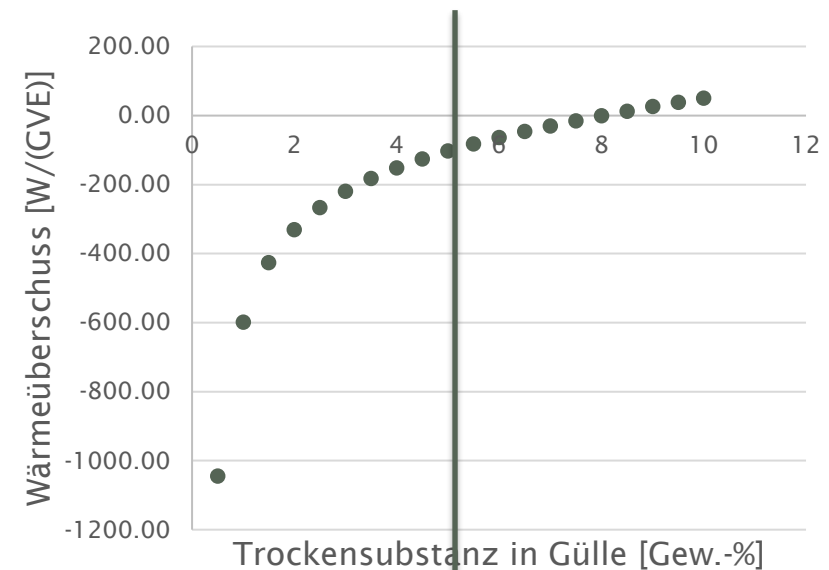
- ▶ Grosse Reaktorvolumen
im Verhältnis zur Gasproduktionsrate
- ▶ Hoher Wärmebedarf
 - ▶ Aufheizen des Wassers
 - ▶ Wärmeverluste
grosses Volumen und Oberfläche
- ▶ -> *Co-Substrate* würden benötigt – sind aber nicht mehr verfügbar...



1) Anspach, V. 2017 Schlussbericht Benchmarking Biogas, Oekostrom Schweiz

	Konventionell	Schweinegülle
El. Leistung	243 kW ¹⁾	
Fermenter- volumen	1'000 m ³	7'800 m ³
Biogas- produktion	2.4 Nm ³ _{Biogas} /(m ³ · d)	0.3 Nm ³ _{Biogas} /(m ³ · d)
Biomethan Potential	557 Nm ³ _{Biogas} /t _{oTS}	350 Nm ³ _{Biogas} /t _{oTS}

≙ Gülle von 4'500 SGVE



TS-Gehalt in Schweinegülle

Es braucht einen neuen Typ Klein-Biogasanlage

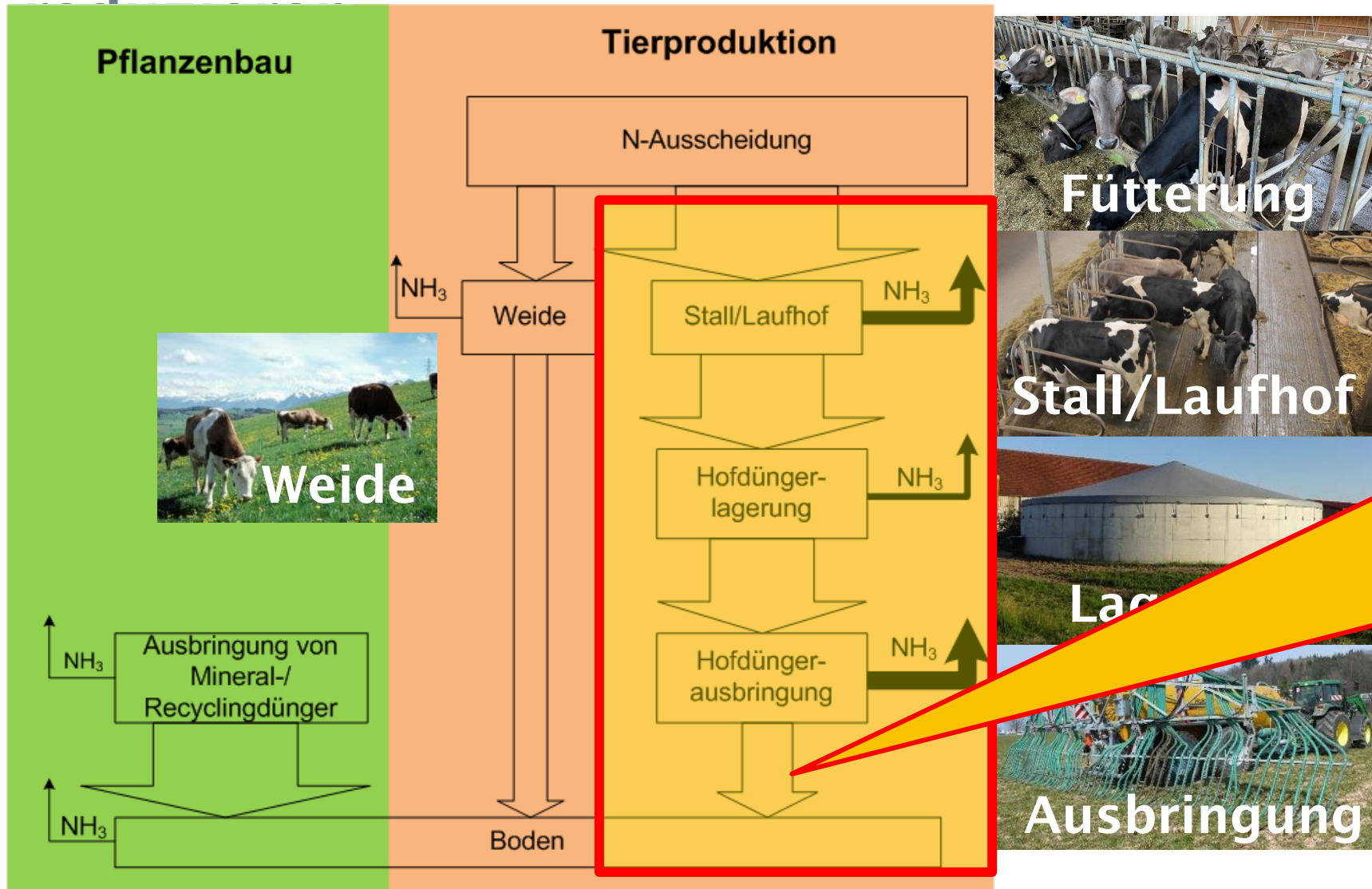
- ▶ Anlage muss mit nur Hofdünger funktionieren:
 - ▶ Technisch
 - ▶ Wärmebilanz
 - ▶ Ökonomisch
 - ▶ CAPEX/OPEX

$$\sim 50 \text{ kW}_{\text{chem}} \triangleq 17 \text{ kW}_{\text{el}}$$

*~ 15X kleiner als heutige landwirtschaftliche Anlage...
△ ~300 SGVE*



Ammoniakemissionen (NH₃) aus der Hofdüngerkette



- ▶ Mehr N gelangt in den Boden
- ▶ Mehr N für die Düngung der Kulturen
- ▶ Einsparung von N aus Mineraldüngern

Produktion von mineralischem N-Dünger

- ▶ Haber-Bosch Prozess
- ▶ Ammoniak aus N_2 und H_2
 - ▶ $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$
 - ▶ N_2 aus der Luft
 - ▶ H_2 aus Erdgas durch Dampfreformierung
 - ▶ 8 kWh / kg N ¹⁾ \triangleq 0.8 L Diesel / kg N_r
 - ▶ 1.9 kg CO₂ / kg N ²⁾
- ▶ Ammoniak ist weltweit diejenige Chemikalie, die den höchsten Energieverbrauch und CO₂ Ausstoss verursacht (1-2% Anteil am weltweiten Energieverbrauch)³⁾
- ▶ Produktion weltweit ca. 220 Mio. t. Davon stammt rund 1/3 aus China und Russland
 - ➔ Einsparung von N aus Mineraldüngern heisst damit auch weniger Abhängigkeit von eher unzuverlässigen Staaten und verbesserte Sicherheit der Nahrungsmittelproduktion der Schweiz

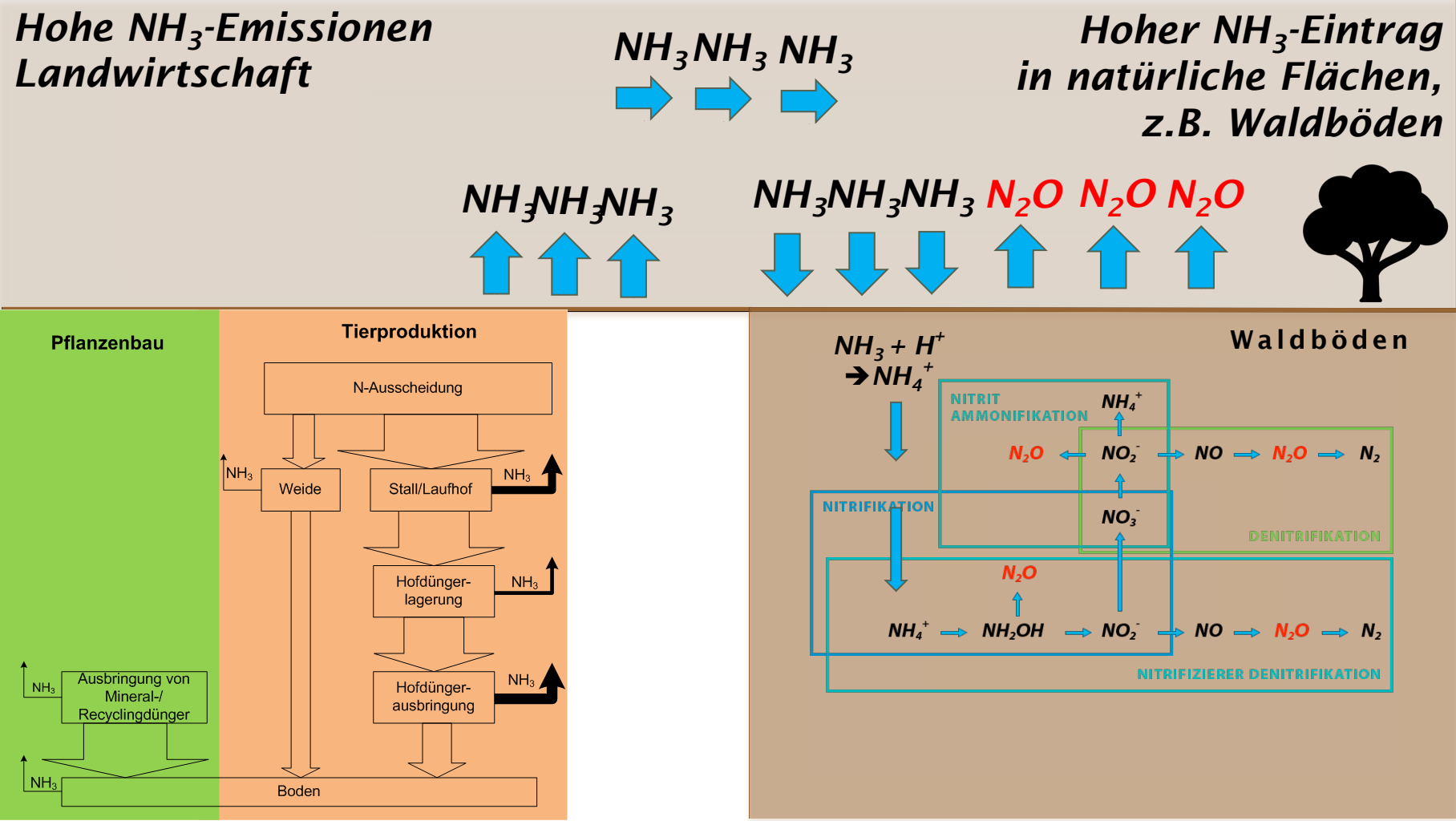
1) Boehler, M., *et al.* 2015. $(NH_4)_2SO_4$ recovery from liquid side streams. *Environ. Sci. R. Pollut. Res. Sci.* 22: 7295 - 7305.

2) EU Commission, *Hydrogen Strategy*, 2020

3) Kyriakou, V. *et al.* 2020. An Electrochemical Haber-Bosch Process. *Joule* 4(1): 142-158.

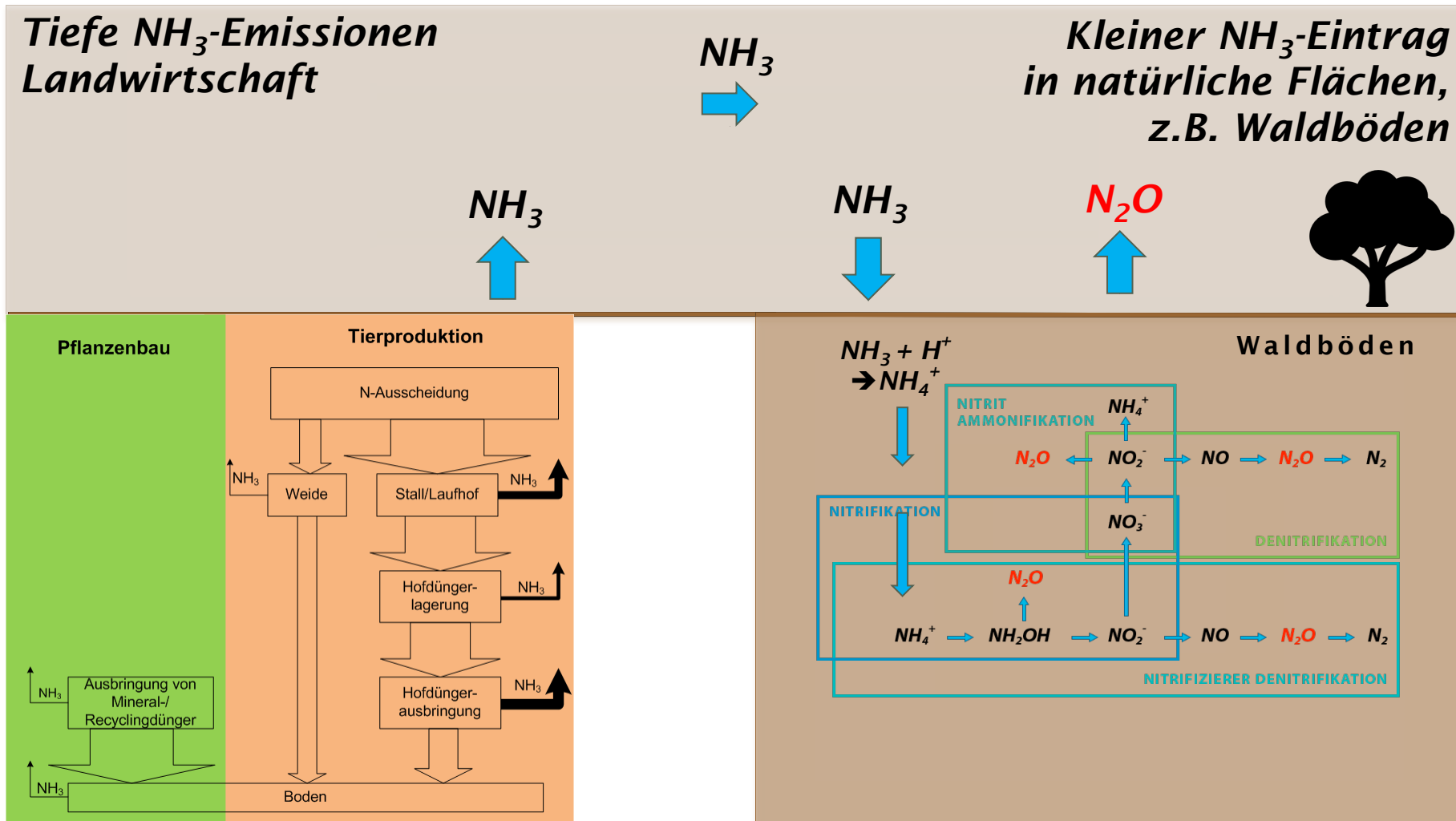
Zusammenhang zwischen NH_3 und N_2O Emissionen

ohne Anwendung von emissionsmindernden Techniken



→ Hohe N_2O Emissionen

Zusammenhang zwischen NH_3 und N_2O Emissionen mit Anwendung von emissionsmindernden Techniken



→ Tiefe N_2O Emissionen

Wie reduzieren wir Ammoniakemissionen in der Hofdüngerkette?

Grundlegende Mechanismen

- ▶ *N-Menge im landwirtschaftlichen Kreislauf*
- ▶ Physikalische, chemische Bedingungen für Ammoniakfreisetzung (Wirkung von Urease, Temperatur, pH)
- ▶ Grösse der emittierenden Oberfläche
- ▶ Luftaustausch über der emittierenden Oberfläche
- ▶ Abscheidung des Ammoniaks aus der Abluft (Luftwäscher)

Emissionsmindernde Massnahmen Ammoniak Stall

- ▶ Emissionsreduzierende Systeme im Stall
 - ▶ z.B. V-förmiger Kanal/Unterflurschieberentmistung (System Schauer)
 - ▶ Reduktionspotential 30-40% Stufe Stall
→ mehr als $\frac{1}{2}$ des ausgeschiedenen N im Harn; dieser wird vom Kot (Urease) sofort getrennt; gelangt in eine kühlere Umgebung mit wenig Luftaustausch
 - ▶ Vorteil:
funktioniert für geschlossene Ställe und für Labelställe mit Mehrflächenbucht und Auslauf



Foto: Schauer Agrotropic AG



Emissionsmindernde Massnahmen Ammoniak Stall

- ▶ Emissionsreduzierende Systeme im Stall
 - ▶ Zusätzliche Optionen:
Stabilisierung des getrennt gesammelten Harns mit Vuna Verfahren
 - ➔ Reduktion pH-Wert
 - ▶ Reduktionspotential bis ~ 40-50%
(Gesamtbetrieb)



Foto: Schauer Agrotronic AG

Emissionsmindernde Massnahmen Ammoniak Stall

- ▶ Emissionsreduzierende Systeme im Stall.

Weitere Techniken:

- ▶ Ansäuerung von Gülle im Stall
 - ➔ Reduktion pH-Wert
 - ▶ Reduktionspotential bis ~ 40-50% (Gesamtbetrieb)
- ▶ Luftwäscher
 - ➔ Abscheidung des Ammoniaks aus der Abluft
 - ▶ Reduktionspotential bis ~ 40-50% (Gesamtbetrieb)
 - ▶ besser Chemowäscher als Biowäscher (im Biowäscher findet Nitrifikation statt, bei der Lachgas entstehen kann)



Foto: Schauer Agrotronic AG

Emissionsmindernde Massnahmen Ammoniak Güllelagerung, -ausbringung

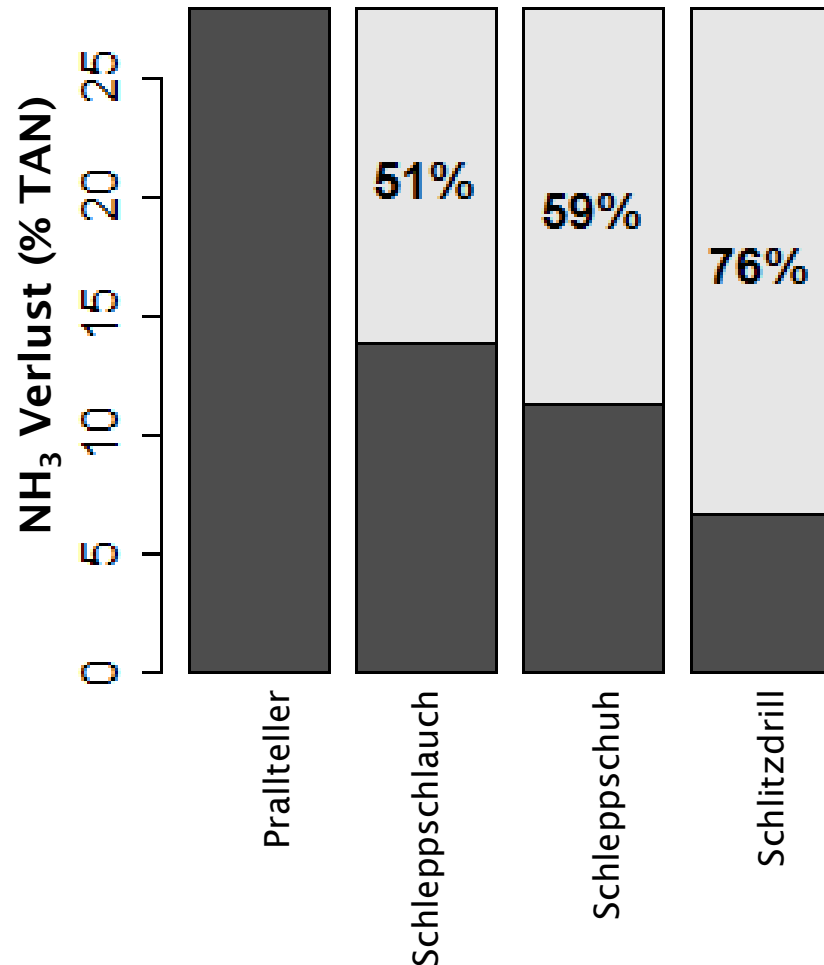
- ▶ Offene Güllelager abdecken
 - ▶ Reduktionspotential bis zu 80%
→ weniger Luftaustausch über der emittierenden Oberfläche
- ▶ Emissionsmindernde Techniken Ausbringung Gülle
 - ▶ Reduktionspotential bis zu 75%
→ Verkleinerung der emittierenden Oberfläche



Reduktion von Ammoniakemissionen

Emissionsmindernde Gülle-Ausbringetechniken

Posieux Aug 2012



- ▶ Alle 6 Feldversuche in der Schweiz der 2011-2013 und
- ▶ rund 100 Versuche weltweit zeigen überwiegend NH₃-Emissionen

Prallteller
Schleppschauch
Schleppschuh
Gülledrill



Zusammenfassung

- ▶ Jedes kg an THG-Emissionen zählt!
- ▶ 0.4 Mio. t CO₂eq Emissionen durch Schweinegülle
 - ▶ ~10% der THG-Emissionen der Landwirtschaft 2050
- ▶ Hofdünger-Biogasanlagen bieten sich als Lösung an
 - ▶ Überbetriebliche Schweinegülle-Vergärung notwendig
 - ▶ THG-Reduktionspotential muss abgeschätzt werden
- ▶ Lachgasemissionen reduzieren
 - ▶ Direkte Lachgasemissionen: weniger N in die Hofdünger-Kaskade
 - ▶ Indirekte Lachgasemissionen: Reduktion der Ammoniakemissionen: