



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,
Bildung und Forschung WBF

Agroscope

Synergien und Zielkonflikte bei der Minderung von Ammoniak- und Lachgasemissionen

Christof Ammann & Daniel Bretscher

Nachhaltigkeitstagung, 27. Januar 2022



Inhalt

- Einführung / Motivation
- Übersicht: Landwirtschaftlicher Stickstoff-Umsatz und Emissionen
- Emissionsprozesse und Einflussgrößen
- Übersicht Minderungs-Massnahmen mit Synergien oder mit Spannungspotential
- Versuch: Emissionsfaktor für N_2O bei Weidehaltung
- Versuch: Effekt von N-optimierter Ration
- Schlussfolgerungen



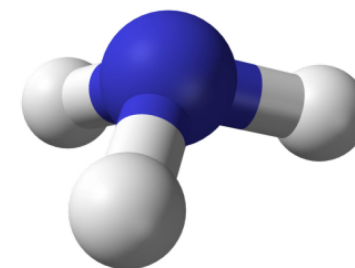
Einführung

- Ammoniak und Lachgas gehören zu den wichtigsten gasförmigen Emissionen aus der Landwirtschaft
- Sie sind beide eng an den Umsatz von Stickstoff (N) in der landwirtschaftlichen Produktion gekoppelt, haben aber sehr unterschiedliche Eigenschaften und Wirkungen

- **Ammoniak (NH_3)** ist ein stark wasserlösliches und reaktives (kurzlebiges) Gas.

Es wird in naturnahen Ökosystemen (Wald, Moore, Gewässer) eingetragen, wo es zu Eutrophierung und Versauerung sowie zu 'indirekten landwirtschaftlichen N_2O -Emissionen' führt.

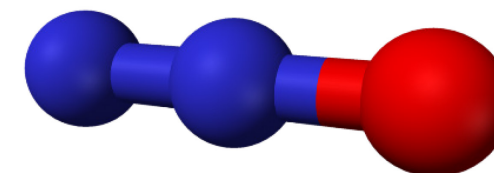
Ausserdem trägt es zur Sekundärbildung von Feinstaub in der Luft bei.



- **Lachgas (N_2O)** ist ein inertes Gas und in der Atmosphäre sehr langlebig.

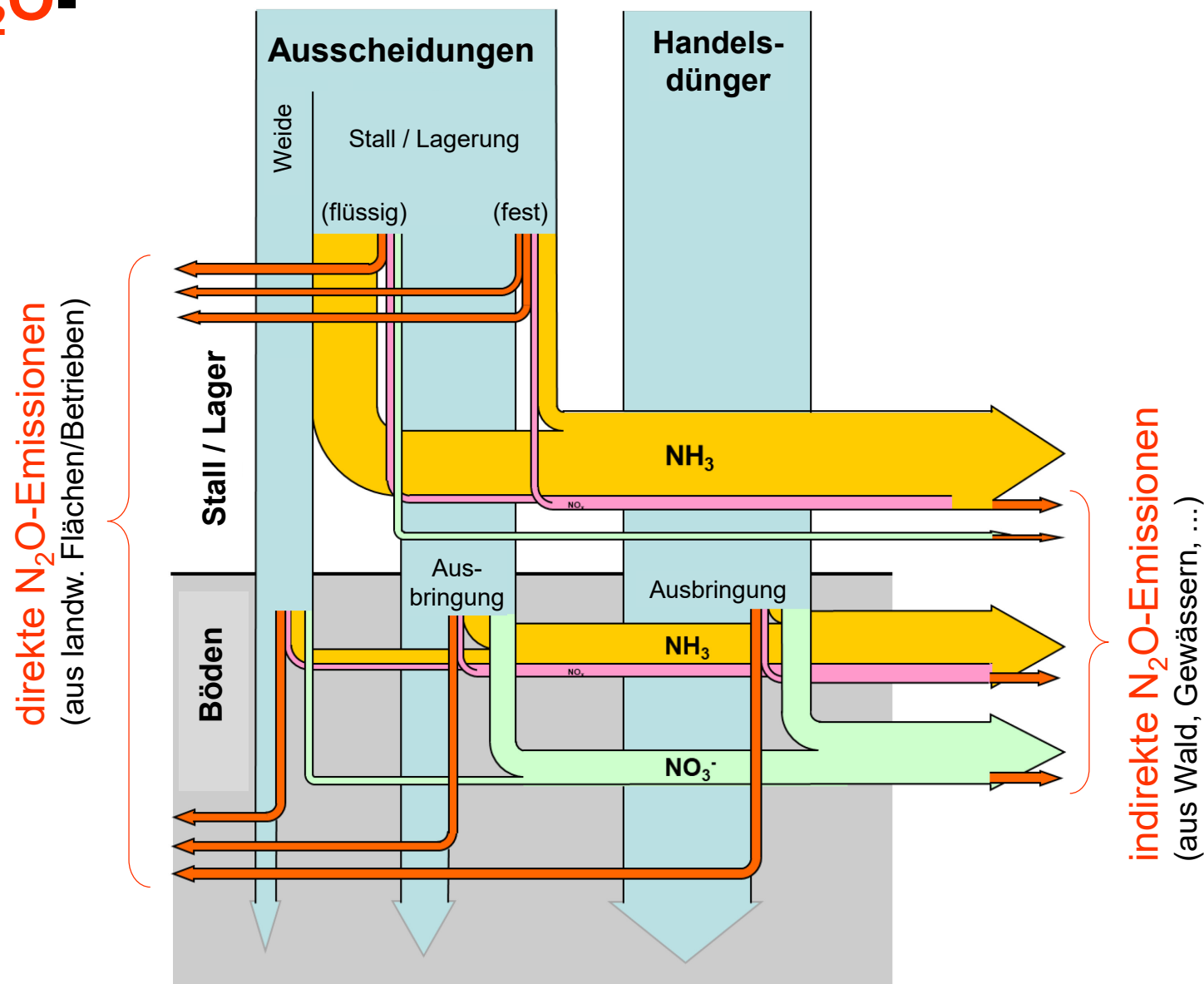
Die Hauptwirkung des Treibhausgases ist der Beitrag zur Klimaerwärmung

Daneben trägt es zum Ozonabbau in der Stratosphäre bei.





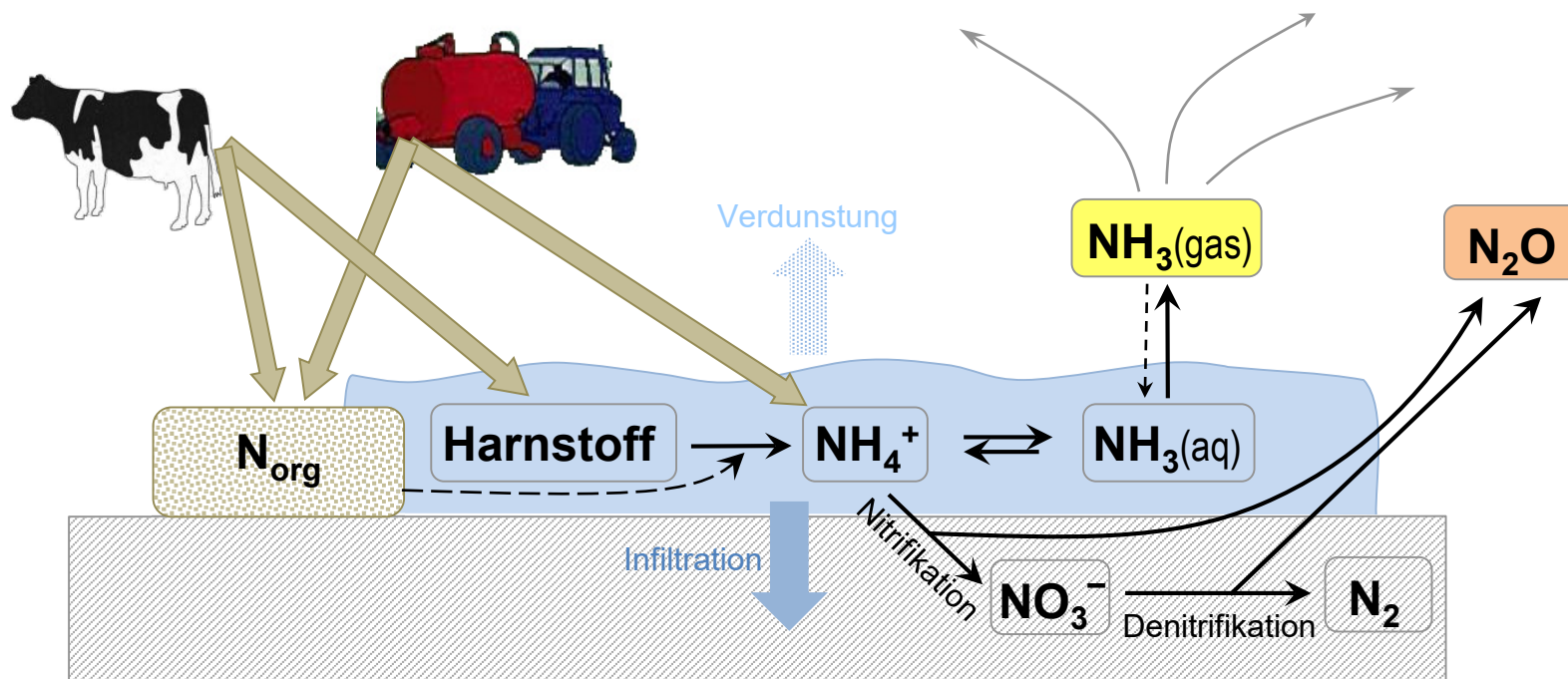
Schema des N-Umsatzes und der NH_3 - und N_2O - Emissionspfade





Emissionsprozesse und Einflussgrössen

- Volatilisierung von NH_3 von benetzten Oberflächen (z.B. Wiese, Stall)
Einflussparameter: Urease↑, pH↑, Temperatur↑, benetzte Fläche↑, Einsickerung↓, Wind↑
- N_2O entsteht bei mikrobiellen Prozessen im Boden:
 - Nitrifikation: Umwandlung von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-)
 - Denitrifikation: Umwandlung von Nitrat zu N_2*Einflussparameter:* Temperatur↑, Bodenfeuchte↑, pH↓, Ammonium/Nitrat-Konzentration↑





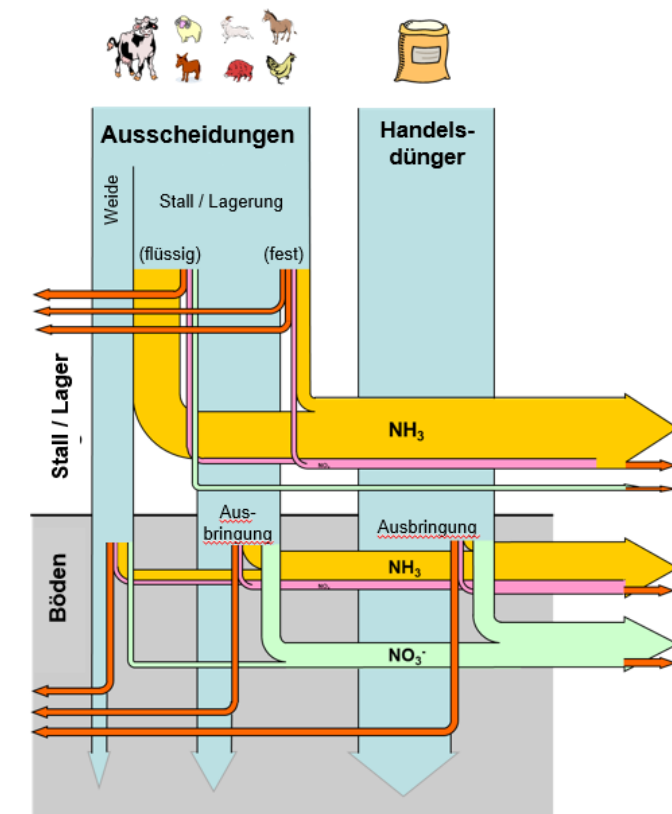
Mögliche Minderungsmaßnahmen

1) Verminderung des relevanten N-Eintrages/Umsatzes

- weniger N-Überschuss (erhöhte Effizienz)
- generell Synergie für Emissionsminderung ($\text{NH}_3 \downarrow$, $\text{N}_2\text{O} \downarrow$)
 - N-optimierte Fütterung (weniger Rohprotein)
 - optimierte Düngung (Menge/Zeitpunkt)

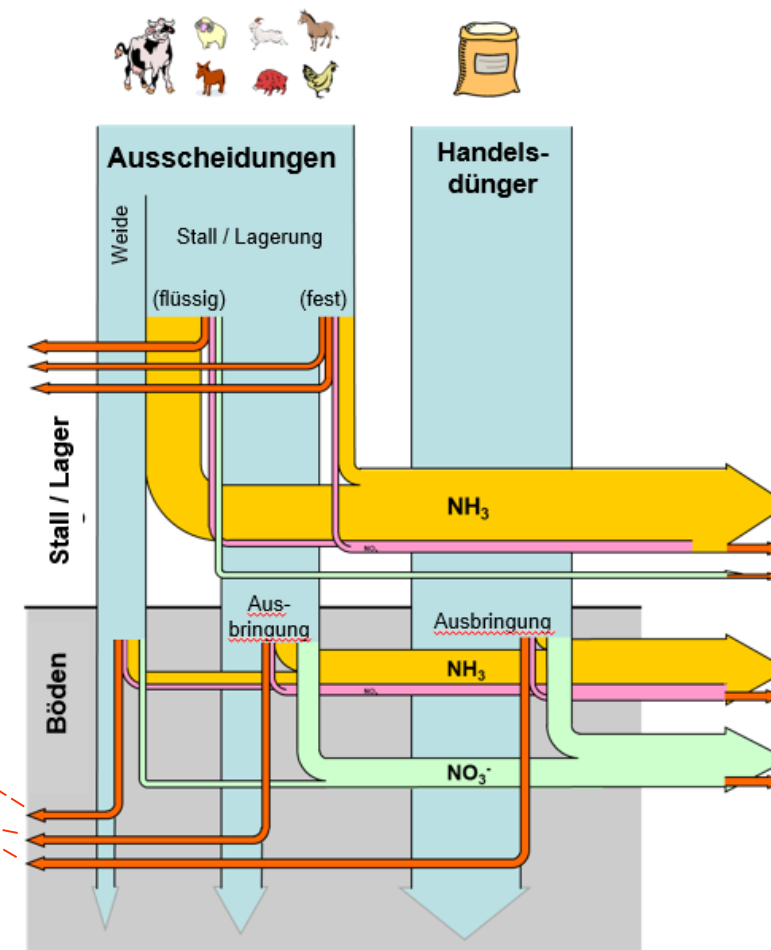
2) Beeinflussung der Emissionsprozesse

- Massnahmen ohne Zielkonflikt ($\text{NH}_3 \downarrow$, $\text{N}_2\text{O} \downarrow =$)
 - Kot-Harn-Trennung im Stall
 - Güllelagerabdeckung
 - Gülleansäuerung
 - Pflanzenkohle
- Mögliche Zielkonflikte ($\text{NH}_3 \downarrow$, $\text{N}_2\text{O} ?$)
 - Weidehaltung (vs. Stallhaltung/Ausbringung)
 - Schleppschlauch (emissionsarme Gülleausbringung)
- Mögliche Zielkonflikte ($\text{N}_2\text{O} \downarrow$, $\text{NH}_3 ?$)
 - Nitrifikationshemmer für Gülle oder Harnstoff



N₂O-Emissionsfaktoren für landwirtschaftliche Böden

- Direkte Emission von landwirtschaftlichen Böden ist wichtigste N₂O-Emissionsquelle (> 50%)
- IPCC-Konzept: **Emission** = Emissionsfaktor x **N-Eintrag** (EF)
- Zur Zeit werden im Inventar globale Standard-EF (IPCC 2006) verwendet:
Beweidung (Kühe): $EF_3 = 2\%$
Dünger-Ausbringung $EF_1 = 1\%$
- Die Gültigkeit der EF-Werte für die Schweiz muss überprüft werden





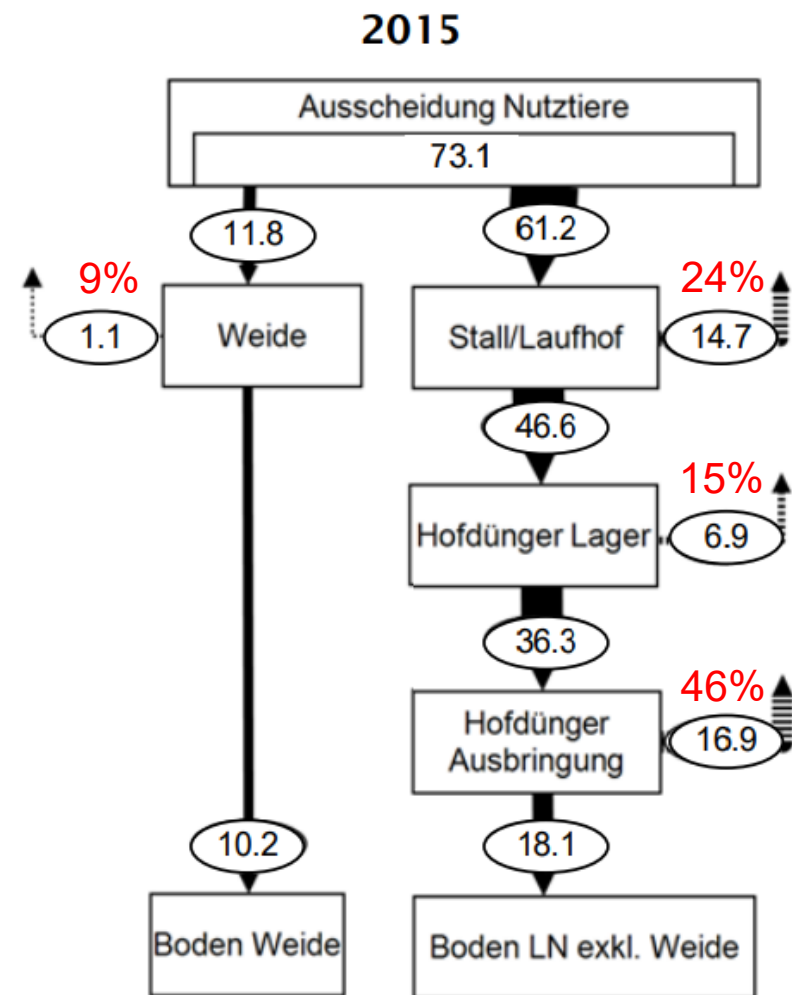
NH₃-Emissionen Weide

Ausscheidungen direkt auf der Weide erzeugen prozentual deutlich weniger NH₃-Emissionen als Ausscheidungen im Stall (+ Lagerung und Ausbringung)

weil die Ausscheidungen auf der Weide:

- direkt auf den Boden gelangen
- nur eine kleine Oberfläche bedecken (wenig Kontaktfläche zur Luft)
- schnell in den Boden infiltrieren (kurzer Kontakt zur Luft)
- sich kaum vermischen (separate Harn- und Kot-Stellen)

Zu beachten: NH₃-Emissionen werden nicht auf den Gesamt-N bezogen (wie N₂O) sondern nur auf den Ammonium-Anteil (TAN)

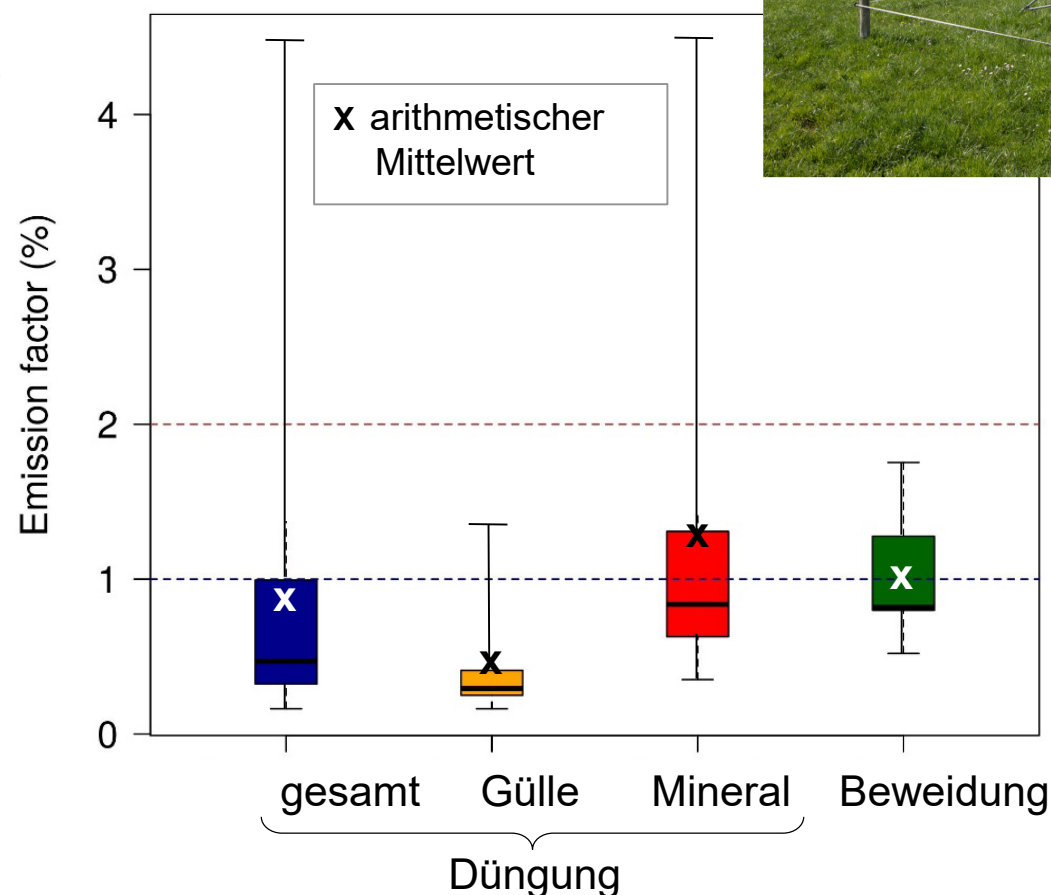


Zahlen in (kt TAN a⁻¹)
Kupper et al. (2018),
www.agrammon.ch



Versuchsergebnisse: Emissionsfaktoren für N₂O

- Bestimmung des EF für Düngung (Gülle und Mineraldünger) und Beweidung aus Feldversuch in Posieux über 5 Jahre
- Resultate für einzelne Düngergaben variieren stark (u.a. abhängig von Wetter und Bodenfeuchte)
- Düngung gesamt: Mittelwert relativ nahe am IPCC-Standardwert von 1% (wie bei früheren Versuchen)
- Gülle allein: EF deutlich geringer *aber*: Güllegaben nur in der kalten Jahreszeit (März / Nov.) *und* geringere N-Verfügbarkeit
- Beweidung zeigt einen deutlich geringeren EF als der bisherige IPCC-Standardwert von 2%





N₂O-Emissionsfaktoren nach IPCC

- IPCC globale Standard-Werte ('Tier 1') für direkte Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden:

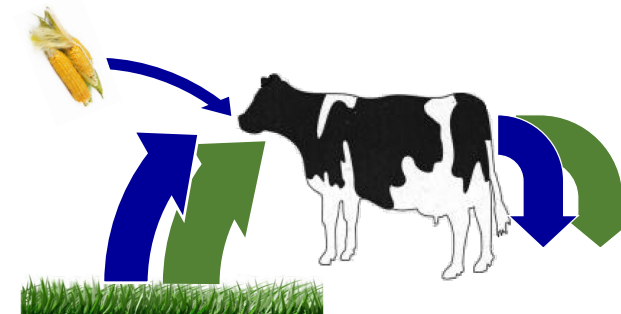
Kategorie	bisher	neu (2019 Refinement)		
	EF Wert	EF Wert (aggregiert)	Unterkategorie	EF Wert (spezifisch)
EF ₁ Düngung	1.0 %	1.0 %	feuchtes Klima (Mineraldünger)	1.6 %
			feuchtes Klima (Hofdünger)	0.6 %
			trockenes Klima (alle Dünger)	0.5 %
EF ₃ Weide (Kühe)	2.0 %	0.4 %	feuchtes Klima	0.6 %
			trockenes Klima	0.2 %

- Bei den neuen EF-Standardwerten gibt es grosse Veränderung für weidebezogene Emissionen
- Der neue Standardwert für Weide ist tiefer als unsere Messergebnisse in der Schweiz
- Alternativ können landesspezifische EF ('Tier 2') oder prozessorientierte Modelle ('Tier 3') etabliert werden (→ laufendes Projekt LACHSIM)



Versuchsergebnisse: N-optimierte Ration

- Vergleich von zwei parallelen Systemen:
 G: nur Weidefutter; **M**: Weidefutter + Maissilage (20%)
- Der reduzierte Proteingehalt in der Ration führte bei **M** zu weniger N-Überschuss (im Harn)
- Messung der NH_3 - und N_2O -Emissionen auf der Vollweide (Posieux)



	NH_3		N_2O	
	System G	System M	System G	System M
Emission (g N Tier ⁻¹ h ⁻¹)	1.07 ± 0.12	0.64 ± 0.11	0.16 ± 0.05	0.12 ± 0.04
EF gemessen	8.7 %	6.4 %	0.83 %	0.74 %
EF Standard	8.3 % (national)		2.0 % (IPCC)	



- Die N-optimierte Ration führte zu einer gleichzeitigen Emissionsreduktion für NH_3 (-40%*) und N_2O (-25%) pro Kuh bei vergleichbarer Milchleistung
- Emissionen bei der Maisproduktion und der Aspekt der Nahrungsmittelkonkurrenz sind hier (noch) nicht berücksichtigt.



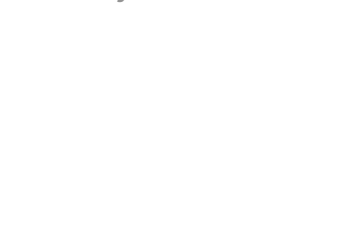
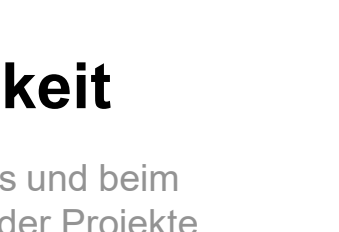
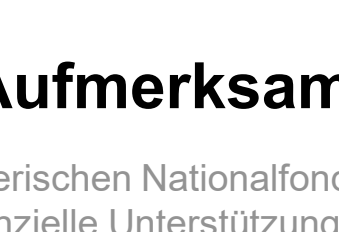
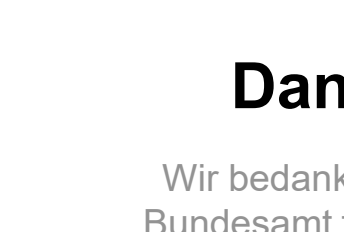
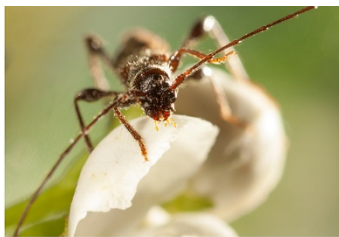
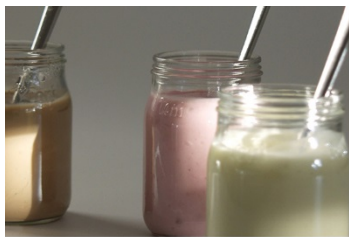
Schlussfolgerungen

- Eine gleichzeitige Emissionsminderung beider Gase kann vor allem durch Verbesserungen der N-Effizienz erreicht werden (z.B. Optimierung des Rohproteinanteils in der Ration)
- Einsparungen durch Minderung der NH_3 -Verluste (z.B. Schleppschlauch) sollten bei der Düngermenge berücksichtigt werden (weniger N-Ausbringung für gleichen Pflanzenbedarf)
→ sekundäre Minderung von N_2O
- NH_3 -Minderungen führen immer auch zu einer Minderung der indirekten N_2O -Emissionen
- Der gemessene EF für weidebezogene N_2O -Emissionen ist deutlich niedriger als der bisher verwendete globale Standardwert von 2%
→ kein Zielkonflikt mit NH_3 -Minderung durch Vollweide
 - Ein weiteres Weide- N_2O -Experiment zur Bestätigung/Ergänzung läuft derzeit in Tänikon/Waldegg (inkl. Modellierung)
 - Versuche zur NH_3 -Emission des (leeren) Stalls während halbtägigem Weidegang werden dieses Jahr in Tänikon durchgeführt (Schrade et al.)
- **Fazit: Es gibt mehrheitlich Synergien zwischen der Minderung von NH_3 und von N_2O**



Literatur

- Ammann, C., Voglmeier, K., Mürger, A., and Bretscher, D.: Reduktion der Ammoniak-Emissionen auf der Weide, *Agrarforschung Schweiz*, 10 (1), 12–19, 2019.
- Ammann, C., Neftel, A., Jocher, M., Fuhrer, J., and Leifeld, J.: Effect of management and weather variations on the greenhouse gas budget of two grasslands during a 10-year experiment, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 292, 106814, 2020.
- Felber, R. et al.: Nitrous oxide emission reduction with greenwaste biochar: comparison of laboratory and field experiments, *European Journal of Soil Science*, 65, 128–138, 2014.
- Huguenin-Elie, O., Nyfeler, D., Ammann, C., Latsch, A., Richner, W.: Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf Ertrag und Stickstoffflüsse im Grasland, *Agrarforschung Schweiz*, 9 (7–8), 236–247, 2018.
- Hüppi, R. et al.: N use efficiencies and N₂O emissions in two contrasting, biochar amended soils under winter wheat-cover crop-sorghum rotation, *Environ. Res. Lett.*, 11, 084013, 2016.
- Kupper, T. et al.: Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015, Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 2018.
- Voglmeier, K., Jocher, M., Häni, C., and Ammann, C.: Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture, *Biogeosciences*, 15, 4593-4608, 2018.
- Voglmeier, K., Six, J., Jocher, M., and Ammann, C.: Grazing-related nitrous oxide emissions: from patch scale to field scale, *Biogeosciences*, 16, 1685-1703, 2019.
- Voglmeier, K., Six, J., Jocher, M., and Ammann, C.: Soil greenhouse gas budget of two intensively managed grazing systems, *Agricultural and Forest Meteorology*, 287, 107960, 2020



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Wir bedanken uns beim Schweizerischen Nationalfonds und beim Bundesamt für Umwelt für die finanzielle Unterstützung der Projekte

Christof Ammann
christof.ammann@agroscope.admin.ch

Agroscope

