



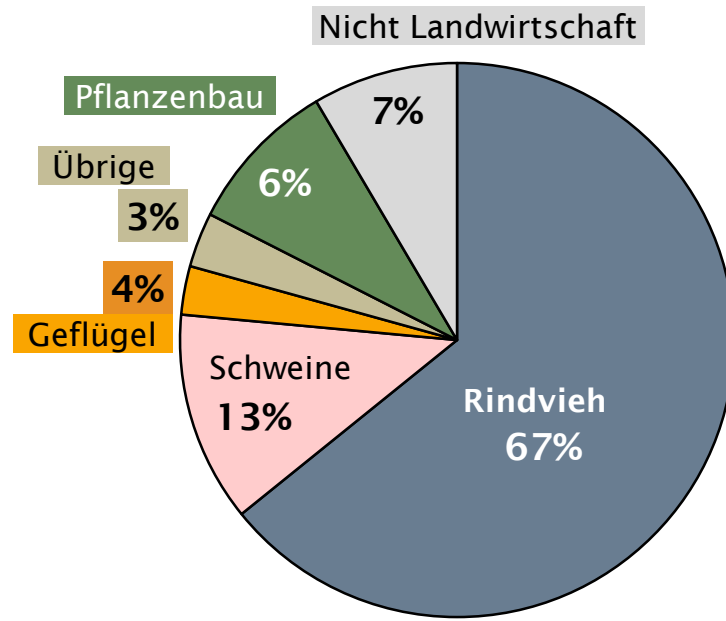
Berner
Fachhochschule

Weiterbildungskurs für Baufachleute
Landwirtschaftliches Institut des Kantons Freiburg,
Grangeneuve LIG (IAG)
2. November 2021

Agrammon – Simulationsmodell für die Berechnung von Ammoniakemissionen

Thomas Kupper, Christoph Häni, Marcel Bühler

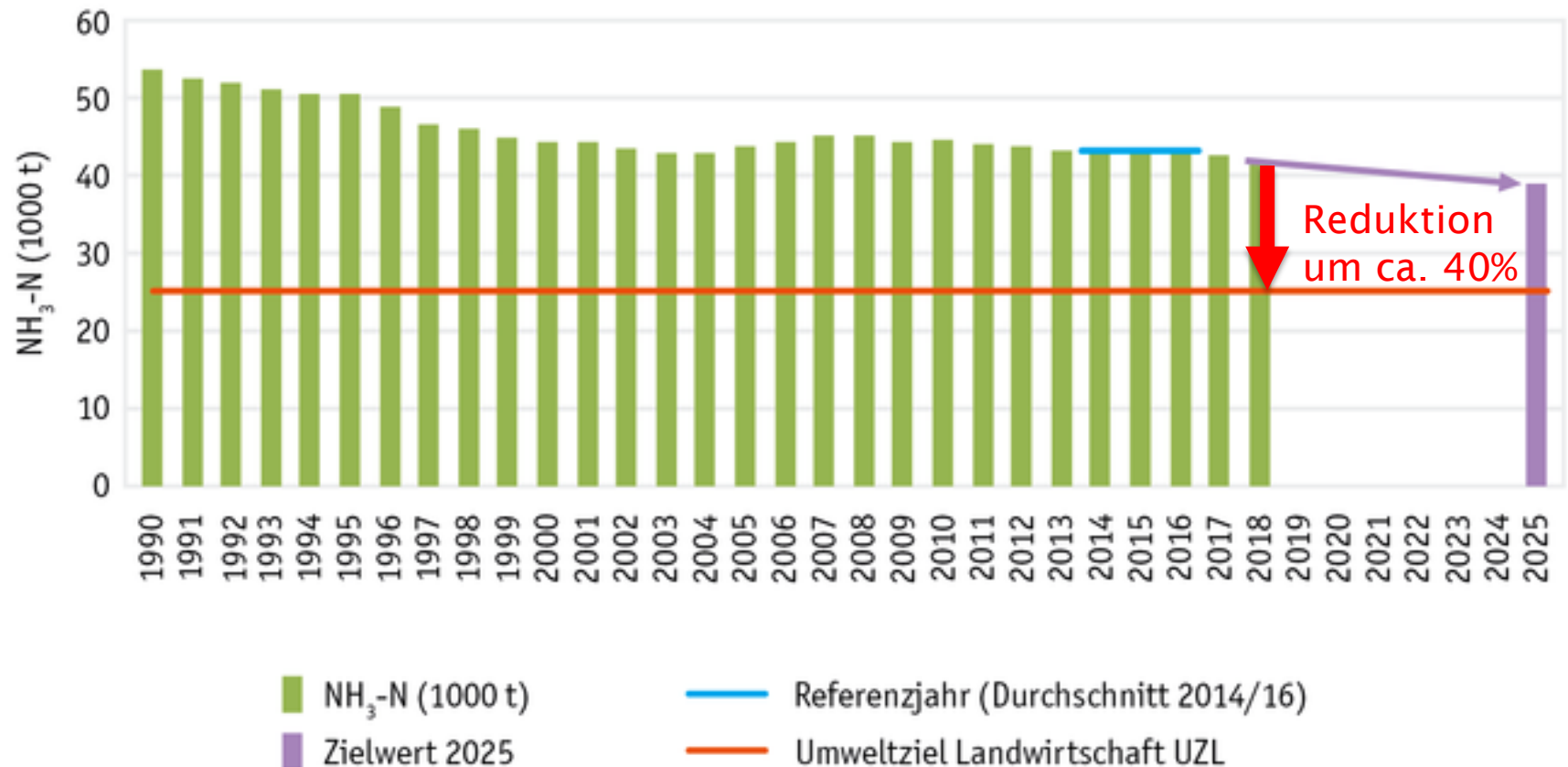
Aktuelle Situation Ammoniakemissionen in der Schweiz (2019)



- ▶ Total ca. 45'000 t N
- ▶ Davon
 - ▶ 87% aus Tierproduktion
 - ▶ 6% Pflanzenbau
 - ▶ 7% nicht landwirtschaftliche Quellen

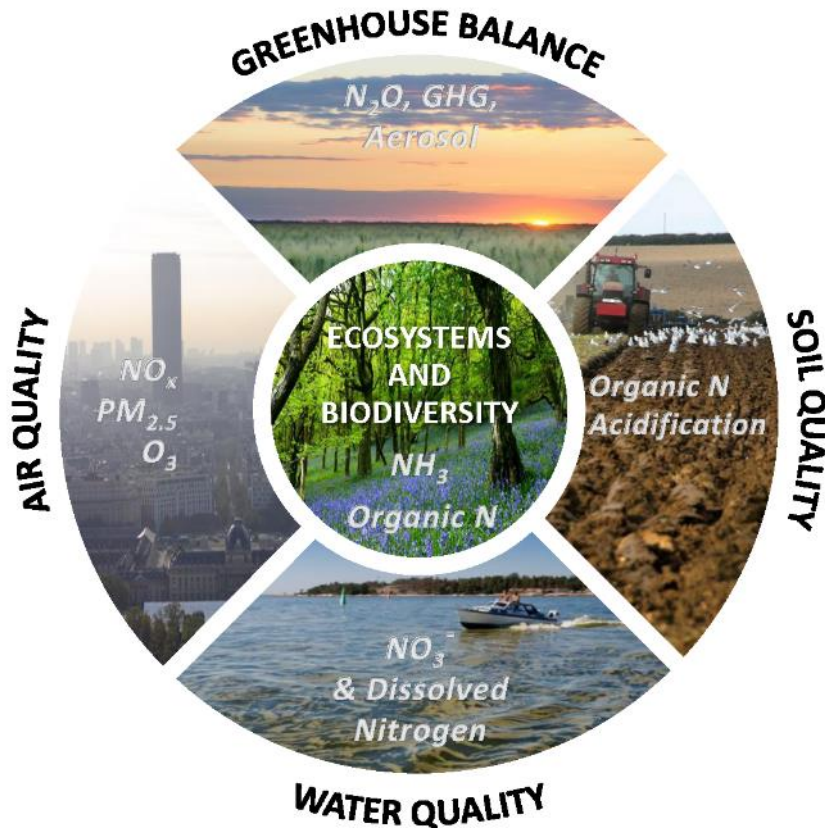
Umweltziel Stickstoffhaltige Luftschadstoffe

Entwicklung der Ammoniakemissionen seit 1990 mit Zielwert 2025



Quelle: Agrarbericht 2020; <https://www.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/ammoniakemissionen>

5 Problemfelder* als Folge der Zunahme von reaktivem Stickstoff



- ▶ Ökosysteme und Biodiversität
- ▶ Boden
- ▶ Wasser
- ▶ Luft (→menschliche Gesundheit)
- ▶ Klimaerwärmung

Folgekosten Schweiz**

- ▶ 0.5-2.5 Mia CHF verursacht durch Landwirtschaft

Quellen:

*Sutton, M.A., Howard, C.M., Erismann J.W., Bealey J.W., Billen G., Bleeker, A., Bouwman A., Grennfelt, G., van Grinsven, H. & Grizzetti G. (2011) The challenge to integrate nitrogen science and policies. Chapter 5, in: The European Nitrogen Assessment (Eds. Sutton et al.), Cambridge University Press.

**Gunter, J., Eichler, A., Hagedorn, F., Pellissier, L., Schwikowski, M., Seehausen, O., Stamm, C., van der Heijden, M., Waldner, P., Widmer, I., Altermatt, F. 2020. Übermäßige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer. Swiss Academies Factsheet 15 (8). Bern, Switzerland: Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT).

Ausgangslage

- ▶ Verpflichtungen zur Emissionsreduktion im Rahmen des Göteborg-Protokolls der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung*
- ▶ Umweltziel Stickstoffhaltige Luftschadstoffe**
- ▶ Erfolgskontrolle mittels Emissionsmodellierung und Erstellung des schweizerischen Emissionsinventars
- ▶ Grundlage: Modell Agrammon
- ▶ Stoffflussmodell (Tier 3 gemäss State of the Art)
- ▶ Auf Web frei verfügbar***→ weltweit einmalig
- ▶ Drei Versionen von Agrammon
 - ▶ Einzelbetriebsmodell
 - ▶ Regionalmodell
 - ▶ Einzelbetriebsmodell mit kantonalen Anpassungen

*Göteborg-Protokoll der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung <https://unece-modl.dotsoft.gr/environment-policyair/protocol-abate-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone>

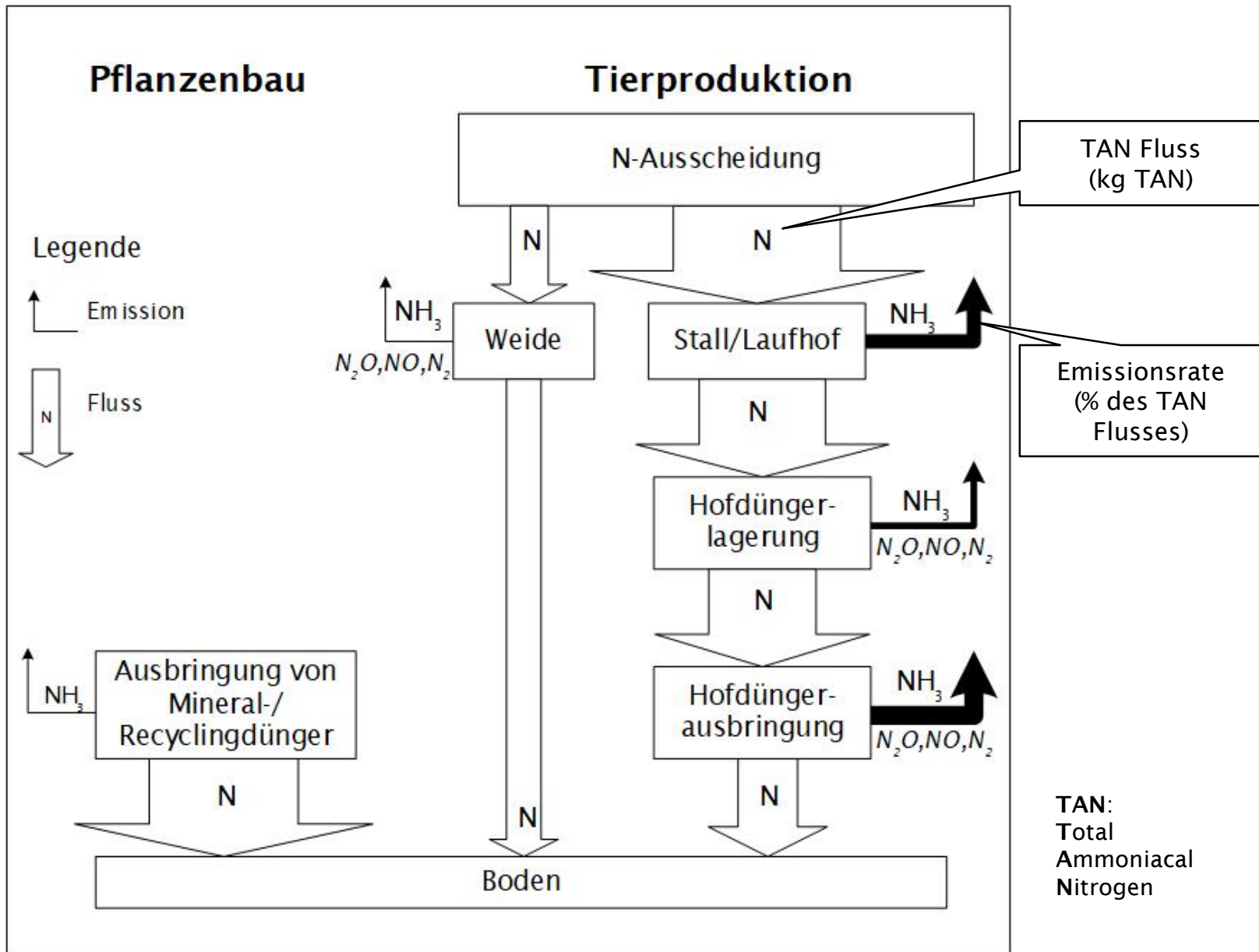
**BAFU, BLW. 2016. Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Umwelt-Wissen Nr. 1633. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)

***www.Agrammon.ch

Ausgangslage

- ▶ In diesem Kontext: 3 Anwendungsbereiche für Agrammon
 - ▶ Erstellung des nationalen Emissionsinventars Landwirtschaft basierend auf dem Einzelbetriebsmodell
 - ▶ Einzelbetriebliche Berechnung der Emissionen von rund 3000 landw. Betrieben auf der Grundlage der produktionstechnischen Daten einer repräsentativen, geschichteten Stichprobe von Betrieben alle 5 Jahre
 - ▶ Hochrechnung der einzelbetrieblichen Emissionen auf die Schweiz
 - ▶ Berechnung oder Simulation der aktuellen oder zukünftigen Emission von Regionen, Kantonen, Schweiz basierend auf Mittelwerten oder Annahmen zur künftigen Produktionstechnik mit dem Regionalmodell
 - ▶ Emissionsrechnungen im Rahmen von Beratung, Ausbildung, Baugesuchen, Umweltverträglichkeitsprüfungen mit dem Einzelbetriebsmodell oder dem Einzelbetriebsmodell mit kantonalen Anpassungen

Stoffflussmodell Agrammon



Grundlagen Modell Agrammon

- ▶ Berechnungsgrundlagen
 - ▶ Tierzahlen, Verbrauch mineralischer N-Dünger und Recyclingdünger aus Statistiken oder betrieblichen Daten
 - ▶ Ausscheidungen der Nutztiere → GRUD-Werte*
 - ▶ Emissionsraten für Weide und Stallsysteme je Tierkategorie, Lagerung sowie Ausbringung von Gülle und Mist
 - ▶ Korrekturfaktoren für die Emissionsraten bei Anwendung von emissionsmindernden Techniken
- ▶ Die Berechnungsgrundlagen basieren wenn immer möglich auf wissenschaftlichen Versuchen der Schweiz
- ▶ Wo solche fehlen: Beizug von Daten aus dem Ausland (v.a. aus peer review Literatur), internationalen Richtlinien (v.a. UNECE Guidance Document**) oder Expertenschätzungen

Quellen:

*Richner, W., Flisch, R., Mayer, J., Schlegel, P., Zähler, M., Menzi, H., 2017. 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern, in: Richner, W., Sinaj, S. (Eds.), Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz / GRUD 2017. Agrarforschung Schweiz 8 (6) Spezialpublikation, pp. 4/1-4/23.

**Bittman, S., Dedina, M., Howard, C.M., Oenema, O., Sutton, M.A. 2014. Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK.

Grundlagen Modell Agrammon

BFH Intranet

Willkommen | Agrammon

+

← → ↺ 🏠

🔒 https://agrammon.ch

133%

⋮ 📄 📱 📺 📺 📺 📺

⚙ Most Visited 🌐 Getting Started 📄 Einigung erzielt Alle F...

Agrammon

de-CH

Willkommen

Dokumentation

Kontakt

Über uns

Links

Downloads

Modell Agrammon

Willkommen

Ammoniakverflüchtigung ist für die Schweizer Landwirtschaft eine bedeutende Verlustquelle für Stickstoff (N). Pro Jahr gehen so mehr als 40'000 Tonnen Stickstoff verloren. Dies entspricht fast einem Drittel des N-Anfalles in Hofdüngern und hat für die Landwirte einen finanziellen Verlust und eine Verminderung der Produktivität zur Folge. Gleichzeitig belasten Ammoniakemissionen die Umwelt, insbesondere naturnahe Ökosysteme.

Das Simulationsmodell Agrammon erlaubt die Berechnung der Ammoniakemissionen und zeigt auf, wie sich auf einem Betrieb Änderungen in Struktur und Produktionstechnik auf die Emissionen auswirken.

Das Modell wurde von der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) und von den Firmen Bonjour Engineering GmbH sowie Oetiker+Partner AG mit Unterstützung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) entwickelt.



Type here to search

Grundlagen Modell Agrammon

BFH Intranet Downloads | Agrammon

https://agrammon.ch/de/downloads/ 133%

Willkommen Dokumentation Kontakt Über uns Links Downloads Modell Agrammon

Downloads

Berichte

- Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015. Bericht auf Deutsch mit Zusammenfassung auf Französisch und Englisch sowie Anhängen mit Daten zur Produktionstechnik und Emissionsfaktoren 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 (2018-10-10) [Download](#)
- Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015. Zusammenfassung (2018-10-10) [Download](#)

Hintergrundinformationen

- Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2007 (2010-02-02) [Download](#)
- Muster des Fragebogens der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2015 [Download](#)
- Technische Parameter Modell Agrammon (2021-06-04) [Download](#)
- Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon (2021-06-04) [Download](#)
- Bericht Berücksichtigung N₂O, NO, N₂ in N-Flussmodell (engl.) [Download](#)
- Häufige Fragen zum Modell Agrammon (2013-04-18) [Download](#)

Mitteilungen zum Modell Agrammon

Grundlagen Modell Agrammon



Technische Parameter Modell Agrammon

Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der Tiere, Emissionsraten, Korrekturfaktoren

Thomas Kupper,

Version 31.07.2019

Inhalt

1. Tierkategorien, Stickstoffausscheidung und Anteil löslicher Stickstoff in den Ausscheidungen	3
2. Emissionsraten NH_3	4
2.1 Tierhaltung	4
2.1.1 Weide	4
2.1.2 Stall und Laufhof	5
2.2 Hofdüngerlager	8
2.3 Hofdüngerausbringung	9
2.4 Pflanzenbau: mineralische N-Dünger und Recyclingdünger	9
3. Korrekturfaktoren	10

Grundlagen Modell Agrammon

Emissionen Stall

	Tierkategorie	System	ER*	Einheit	Grundlage
78.	Rindvieh (alle Tierkategorien)	Laufställe ²	18.3	% TAN	Monteny (2000), UNECE (2014) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
79.		Anbindeställe ²	6.7	% TAN	
80.		Tiefstreu / Tretmist ³	18.3	% TAN	Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
81.		Mehrfläche (nicht belegte Stallplätze) in Laufställen	pro 10% Mehrfläche: 5% Zunahme der Emission bis max. 50% Mehrfläche		Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
82.	Schweine (alle Tierkategorien)	Konventionelle Ställe	24.3	% TAN	Keck (1997)
83.		Labelställe mit Mehrflächenbucht und Auslauf	48.6	% TAN	Berry et al. (2005) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
84.		Tiefstreu ³	48.6	% TAN	
85.	Legehennen Junghennen	Mist (Kotgrube, Bodenhaltung) ³	50.0	% TAN/UAN	UNECE (2014); Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
86.		Kot (Kotbandentmistung ohne Kotbandtrocknung) ³	25.0	% TAN/UAN	Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon UNECE (2014)

Beispiel 1 Emissionsrechnung Baugesuch

Datei ▾
Editieren ▾
Optionen ▾
Admin ▾
Hilfe ▾

AGRAMMON 6.0.1 Einzelbetriebsmodell

Referenz: -
Datensatz: **Beispiel 1 Baufachleutetagung 2021**

Eingabe

[Resultate als Tabelle](#)

Agrammon

- Tierhaltung
 - Milchkühe
 - Stall Milchkühe**
 - Übriges Rindvieh
 - Stall Aufzuchtrinder u 1 J
 - Stall Aufzuchtrinder 1-2 J
 - Stall Aufzuchtrinder ü 2 J
 - Zuchtschweine
 - Mastschwei...
 - Geflügel
 - Pferde und andere Equiden
 - Kleinwiederkäuer
 - Andere Raufutterverzehrer
 - Hofdüngerlager
 - Mist
 - Gülle
 - Lager
 - Hofdüngerausbringung
 - Gülle
 - Mist
 - Pflanzenbau
 - Mineralische Stickstoffdünger
 - Recyclingdünger

Eingabe-Parameter	Zum Editieren anklicken	Einheit	Hilfe	Kommentar
Tierkategorie	Milchkühe	-	?	
Anzahl Tiere	40	-	?	
Anzahl Tierplätze im Stall	40	-	?	
N Ausscheidung	Standard	kg N/Jahr	?	
TAN Anteil der N Ausscheidung	Standard	%	?	
Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh	8'200	kg/Jahr	?	
Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten	100	%	?	
Anteil der Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten	100	%	?	
Anteil der Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten	0	%	?	
Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten	100	%	?	
Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten	100	%	?	
Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten	0	%	?	
Anteil der Tiere, die im Winter Kartoffeln erhalten	0	%	?	
Anteil der Tiere, die im Winter Futterrüben erhalten	0	%	?	
Durchschnittliche Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag im Sommer	1,5	kg/Tag	?	
Durchschnittliche Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag im Winter	2,5	kg/Tag	?	
Aufstallung	Laufstall mit Produktion von Vollgülle	-	?	
Emissionsmindernde Massnahmen bei Laufställen	keine	-	?	
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Stall (siehe Spalte Hilfe)	0	%	?	
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	365	Tage/Jahr	?	
Laufhof	vorhanden: keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof	-	?	
Laufhoftyp	Boden planbefestigt	-	?	
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Laufhof (siehe Spalte Hilfe)	0	%	?	
Jährliche Weidetage	192	Tage/Jahr	?	
Tägliche Weidestunden	4	Stunden/T...	?	

1 von 25 Zeilen

Zusammenfassung Resultate

Modul	Variable	Wert	Einheit
Tierproduktion			
	Weide	34	kg N/Jahr
	Stall und Laufhof	710	kg N/Jahr
	Hofdüngerlagerung	112	kg N/Jahr
	Hofdüngerausbringung	747	kg N/Jahr
	Total	1602	kg N/Jahr

Ausgangszustand Emissionen:
1602 kg NH₃-N pro Jahr

Beispiel 1 Emissionsrechnung Baugesuch

AGRAMMON 6.0.1 Einzelbetriebsmodell
Referenz:-
Datensatz: **Beispiel 1** Baufachleutetagung 2021

Eingabe

Resultate als Tabelle

Agrammon

- ☒ Tierhaltung
 - ☒ Milchkühe
 - Stall Milchkühe
 - ☐ Übriges Rindvieh
 - ☐ Stall Aufzuchtrinder 1-2 J
 - ☐ Stall Aufzuchtrinder u 1 J
 - ☐ Stall Aufzuchtrinder ü 2 J
 - ☐ Zuchtschweine
 - ☐ Mastschweine
 - ☐ Geflügel
 - ☐ Pferde und andere Equiden
 - ☐ Kleinwiederkäuer
 - ☐ Andere Raufutterverzehrer
 - ☒ Hofdüngerlager
 - ☐ Mist
 - ☒ Gülle
 - ☐ Lager
 - ☒ Hofdüngerausbringung
 - ☐ Gülle
 - ☐ Mist
 - ☒ Pflanzenbau
 - ☐ Mineralische Stickstoffdünger
 - ☐ Recyclingdünger

Eingabe-Parameter	Zum Editieren anklicken	Einheit	Hilfe	Kommentar
Tierkategorie	Milchkühe	-		
Anzahl Tiere	40	-		
Anzahl Tierplätze im Stall	40	-		
N Ausscheidung	Standard	kg N/Jahr		
TAN Anteil der N Ausscheidung	Standard	%		
Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh	8'200	kg/Jahr		
Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten	100	%		
Anteil der Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten	100	%		
Anteil der Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten	0	%		
Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten	100	%		
Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten	100	%		
Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten	0	%		
Anteil der Tiere, die im Winter Kartoffeln erhalten	0	%		
Anteil der Tiere, die im Winter Futterrüben erhalten	0	%		
Durchschnittliche Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag im Sommer	1,5	kg/Tag		
Durchschnittliche Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag im Winter	2,5	kg/Tag		
Aufstallung	Laufstall mit Produktion von Vollgülle	-		
Emissionsmindernde Massnahmen bei Laufställen	Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne und erhöhte Fressstände	-		
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Stall (siehe Spalte Hilfe)	keine	%		
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		Tage/Jahr		
Laufhof	Fressstand erhöht zum Laufgang	-		
Laufhoftyp	Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne	-		
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Laufhof (siehe Spalte Hilfe)	Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne und erhöhte Fressstände	%		

Zusammenfassung Resultate

Modul	Variable	Wert	Einheit
Tierproduktion			
	Weide	34	kg N/Jahr
	Stall und Laufhof	585	kg N/Jahr
	Hofdüngerlagerung	112	kg N/Jahr
	Hofdüngerausbringung	792	kg N/Jahr
	Total	1522	kg N/Jahr
	Mineralischer Dünger	62	kg N/Jahr
	Recyclingdünger	0	kg N/Jahr
	Total	62	kg N/Jahr

Zustand Emissionen mit Massnahme:
 1522 kg NH₃-N pro Jahr
 Emissionsreduktion: 5%

Beispiel 2 Emissionsrechnung Baugesuch

- Agrammon
- Tierhaltung

Milchkühe

Übriges Rindvieh

Zuchtschweine

Mastschweine

PF

Geflügel

Pferde und andere Equiden

Kleinwiederkäuer

Andere Raufutterverzehrer

Hofdüngerlager

Mist

Gülle

Lager

Hofdüngerausbringung

Gülle

Mist

Pflanzenbau

Mineralische Stickstoffdünger

Recyclingdünger
- | Eingabe-Parameter | Zum Editieren anklicken | Einheit | Hilfe | Kor |
|---|---|-----------|-------|-----|
| Tierkategorie | Mastschweine | - | | |
| Anzahl Tiere | 500 | - | | |
| Anzahl Tierplätze im Stall | 500 | - | | |
| N Ausscheidung | Standard | kg N/Jahr | | |
| TAN Anteil der N Ausscheidung | Standard | % | | |
| Rohproteingehalt der Ration in Mastphase 1 (siehe Spalte Hilfe) | 160 | g RP/kg | | |
| Rohproteingehalt der Ration in Mastphase 2 (siehe Spalte Hilfe) | 150 | g RP/kg | | |
| Rohproteingehalt der Ration in Mastphase 3 (siehe Spalte Hilfe) | 135 | g RP/kg | | |
| Energiegehalt der Ration | 14 | MJ VES/kg | | |
| Aufstallung | Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf | - | | |
| Abluftreinigung | keine | - | | |
| Emissionsmindernde Massnahmen Stall, Güllekanal | keine | - | | |
| Emissionsmindernde Massnahmen Zuluftführung | keine | - | | |
| Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Stall (siehe Spalte Hilfe) | 0 | % | | |
- 1 von 14 Zeilen
- ## Zusammenfassung Resultate
- | Modul | Variable | Wert | Einheit |
|----------------|----------------------|------|-----------|
| Tierproduktion | | | |
| | Weide | 0 | kg N/Jahr |
| | Stall und Laufhof | 1686 | kg N/Jahr |
| | Hofdüngerlagerung | 83 | kg N/Jahr |
| | Hofdüngerausbringung | 446 | kg N/Jahr |
| | Total | 2215 | kg N/Jahr |

Vorgehen bei neuen Techniken

► Literaturstudie: Beispiel: Ansäuerung von Gülle



**Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als
Massnahme zur Reduktion von Ammoni-
akemissionen in der Schweiz -
Aktueller Stand**

**Evaluation de l'acidification du lisier
comme mesure pour réduire
les émissions d'ammoniac en Suisse -
Etat actuel**

**Evaluation of slurry acidification
for mitigating ammonia emissions
in Switzerland – Update**

Bericht auf Deutsch mit Zusammenfassung auf Französisch und Englisch
Rapport en allemand avec résumé en français
Report in German with summary in English

Bericht erstellt im Auftrag
des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) 3003 Bern

Thomas Kupper

Berner Fachhochschule

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften

23. Januar 2017

Verfügbar unter:
[https://Agrammon.ch/de/down
loads/weitere-informationen/](https://Agrammon.ch/de/downloads/weitere-informationen/)

Vorgehen bei neuen Techniken

► Literaturstudie: Beispiel: Ansäuerung von Gülle

Anrechnung der Reduktion von Ammoniakemissionen bei Ansäuerung von Gülle im Stall für Emissionsrechnungen mittels Agrammon

Einleitung

Gemäss aktuellem Wissensstand gilt die Ansäuerung von Gülle als Technologie, welche zur Reduktion von Ammoniakemissionen beitragen kann²⁰. Bei Anwendung des Systems JH Forsuring NH4+ zur Ansäuerung von Gülle im Stall (aufgeführt in der Technologielliste des dänischen Umweltbundesamts²¹) werden im Rahmen der Anwendung des Modells Agrammon (www.agrammon.ch) die unten aufgeführten Werte zur Emissionsminderung vorgeschlagen.

Emissionsminderung

Stufe Stall²²:

- Rindvieh: 25 %
- Schweine: 30 %

Diese Werte gelten unter der Bedingung, dass der pH Wert der Gülle im Mischtank auf 5.5 abgesenkt wird, und die Kanäle im Stall mindestens einmal pro Tag mit angesäuerter Gülle gespült werden. Weiter müssen die Exkremente rasch in die angesäuerte Gülle befördert werden. Dies ist in der Regel unter den folgenden Voraussetzungen gegeben:

- Rindvieh: planbefestigter Boden mit häufigem Betrieb des Schiebers (mindestens alle 2 h) oder Vollspaltenboden in Stall und Laufhof.
- Schweine: System mit Teilspaltenboden, sofern die befestigten Flächen im Stall und im Auslauf sauber sind.

Stufe Lager: Rindvieh und Schweine: 50 %²³

Stufe Ausbringung: Rindvieh und Schweine: 50 %²³

Die Emissionsreduktion auf den Stufen Lager und Ausbringung gilt nur, wenn ausschliesslich im Stall angesäuerte Gülle unter ausgebracht wird. Bei einer Zumischtraten oder Hilfsstoffen, muss im Einrechnung angerechnet werden kann.

Emissionsminderung

Stufe Stall²²:

- Rindvieh: 25 %
- Schweine: 30 %

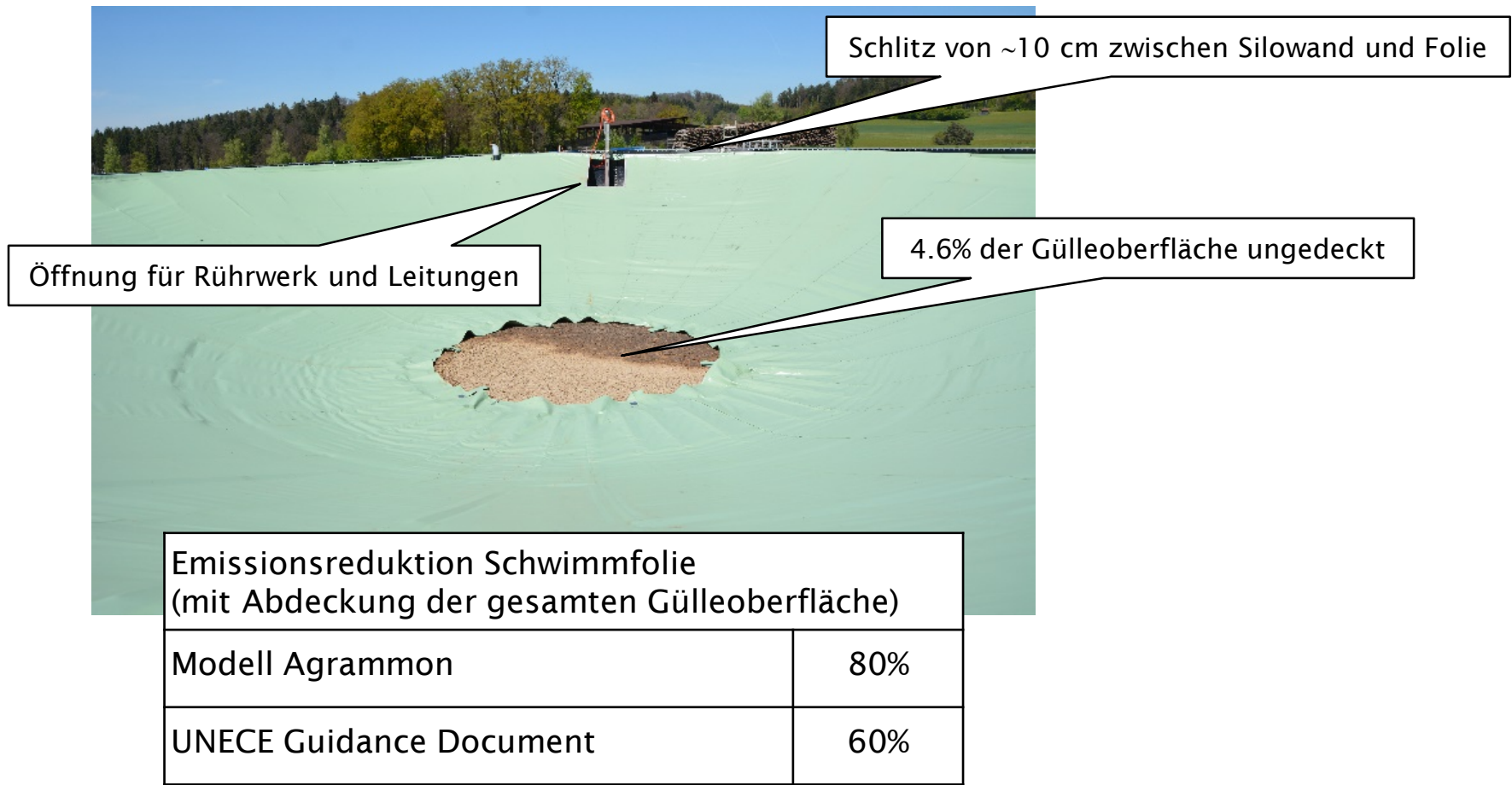
Option zur Eingabe unter
«Zusätzliche emissionsmindernde
Massnahme Stall»

Stufe Lager: Rindvieh und Schweine: 50 %²³

Stufe Ausbringung: Rindvieh und Schweine: 50 %²³

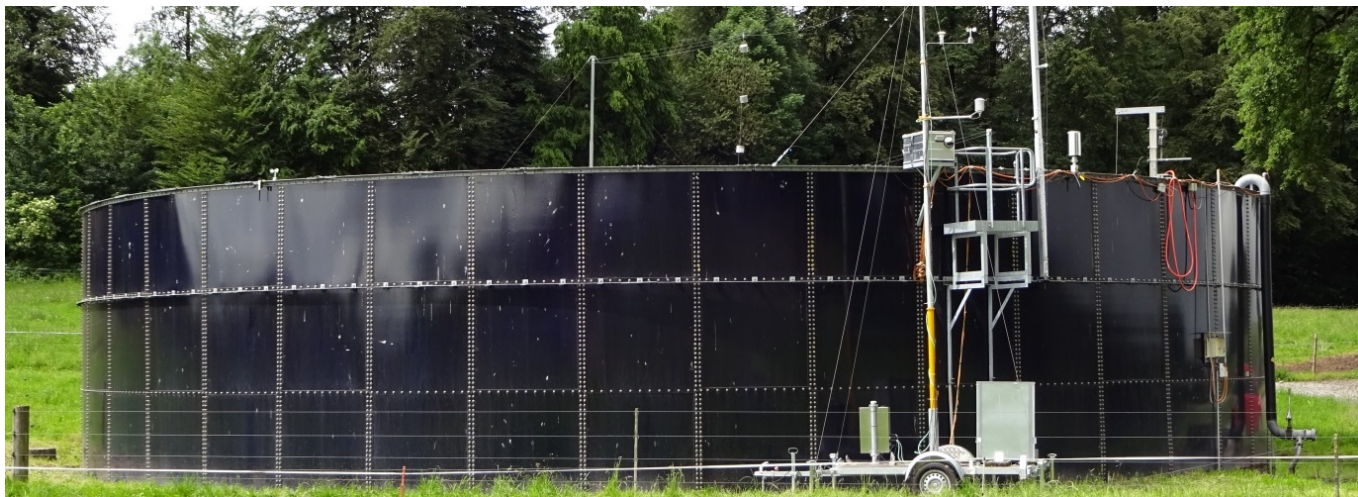
Vorgehen bei neuen Techniken

- Emissionsmessung:
Beispiel: Abdeckung Güllelager mit teilschwimmender Folie



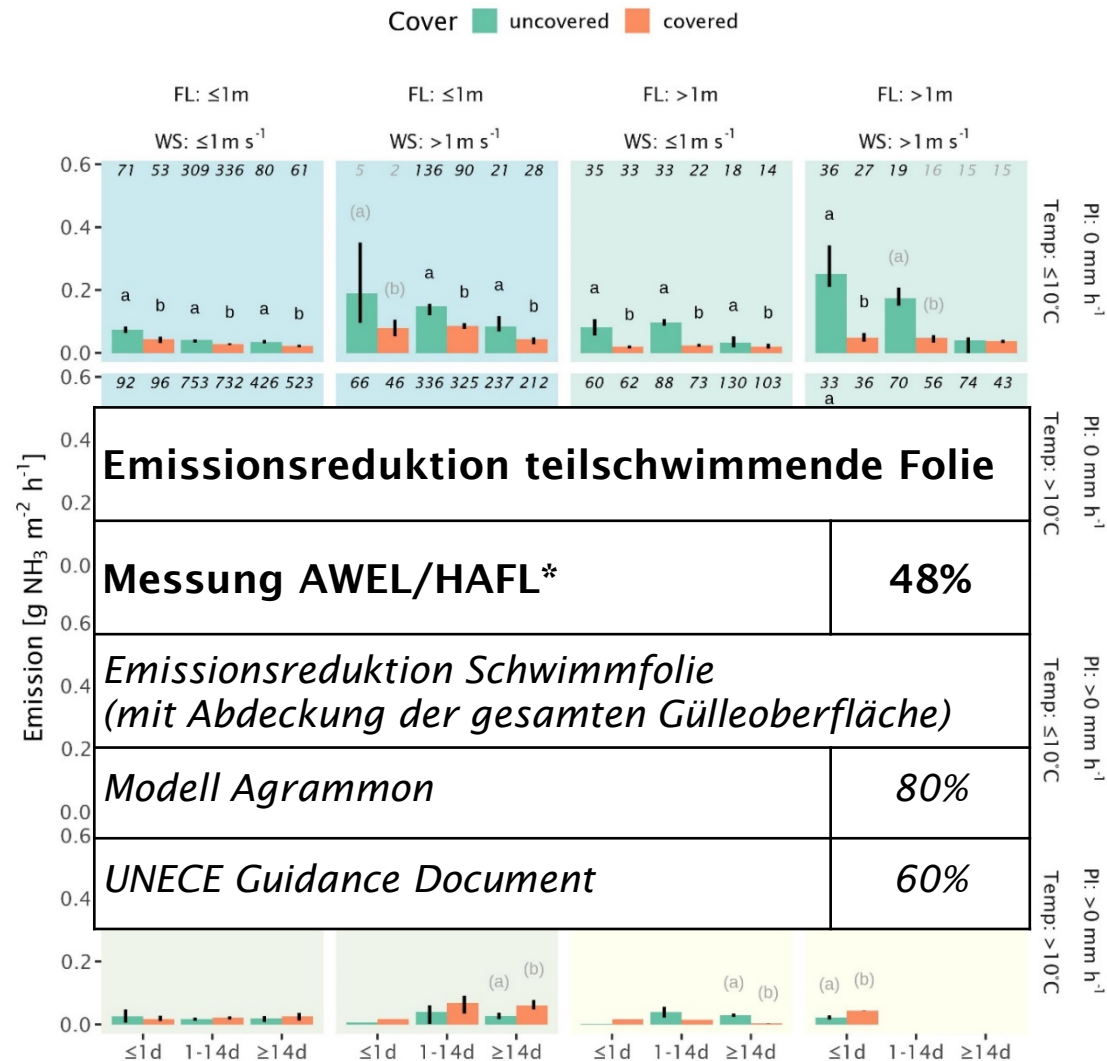
Vorgehen bei neuen Techniken

- ▶ Emissionsmessung:
Beispiel: Abdeckung Güllelager mit teilschwimmender Folie
- ▶ 2 Jahre Emissionsmessung vom ungedeckten Güllelager (2015-17)
- ▶ 1 Jahr Emissionsmessung vom Güllelager
nach Abdeckung mit teilschwimmender Folie (2017/18)
- ▶ Messungen: AWEL
Auswertungen und Berechnung Emissionsreduktion: HAFL



Vorgehen bei neuen Techniken

- Emissionsmessung:
Beispiel: Abdeckung Güllelager mit teilschwimmender Folie

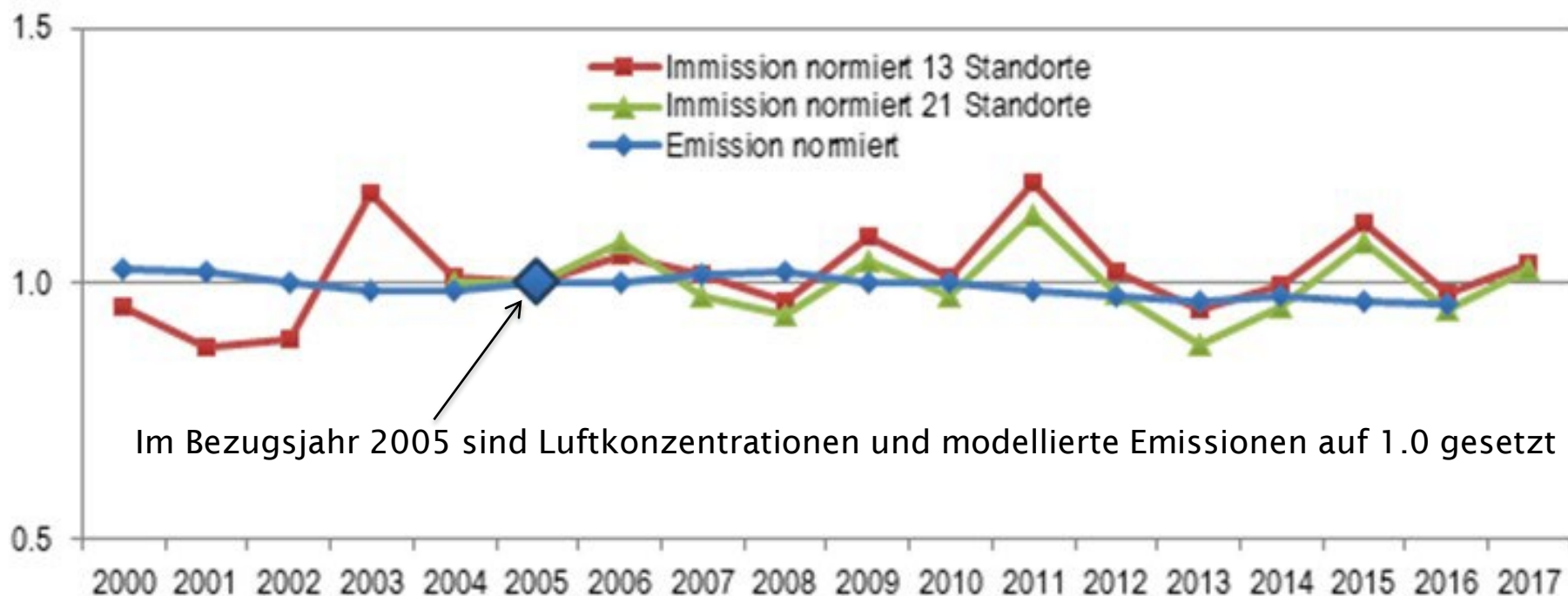


*Quelle: Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Neftel, A., Häni, C. 2021. A novel approach to estimate the abatement of ammonia emissions from mitigation techniques at farm-scale slurry stores exemplified by a semifloating cover. J. Environ. Qual. 50(5): 1074-1083.

Genauigkeit der Emissionsmodellierung

Entwicklung der gemessenen Ammoniak-Luftkonzentrationen (=Immissionen) in der Schweiz zwischen 2000 und 2017 im Vergleich zu den modellierten Emissionen

Nachweis oder zumindest starkes Indiz dafür, dass das gesamtschweizerische landwirtschaftliche Emissionsinventar basierend auf dem Modell Agrammon die reale Emissionssituation adäquat abbildet

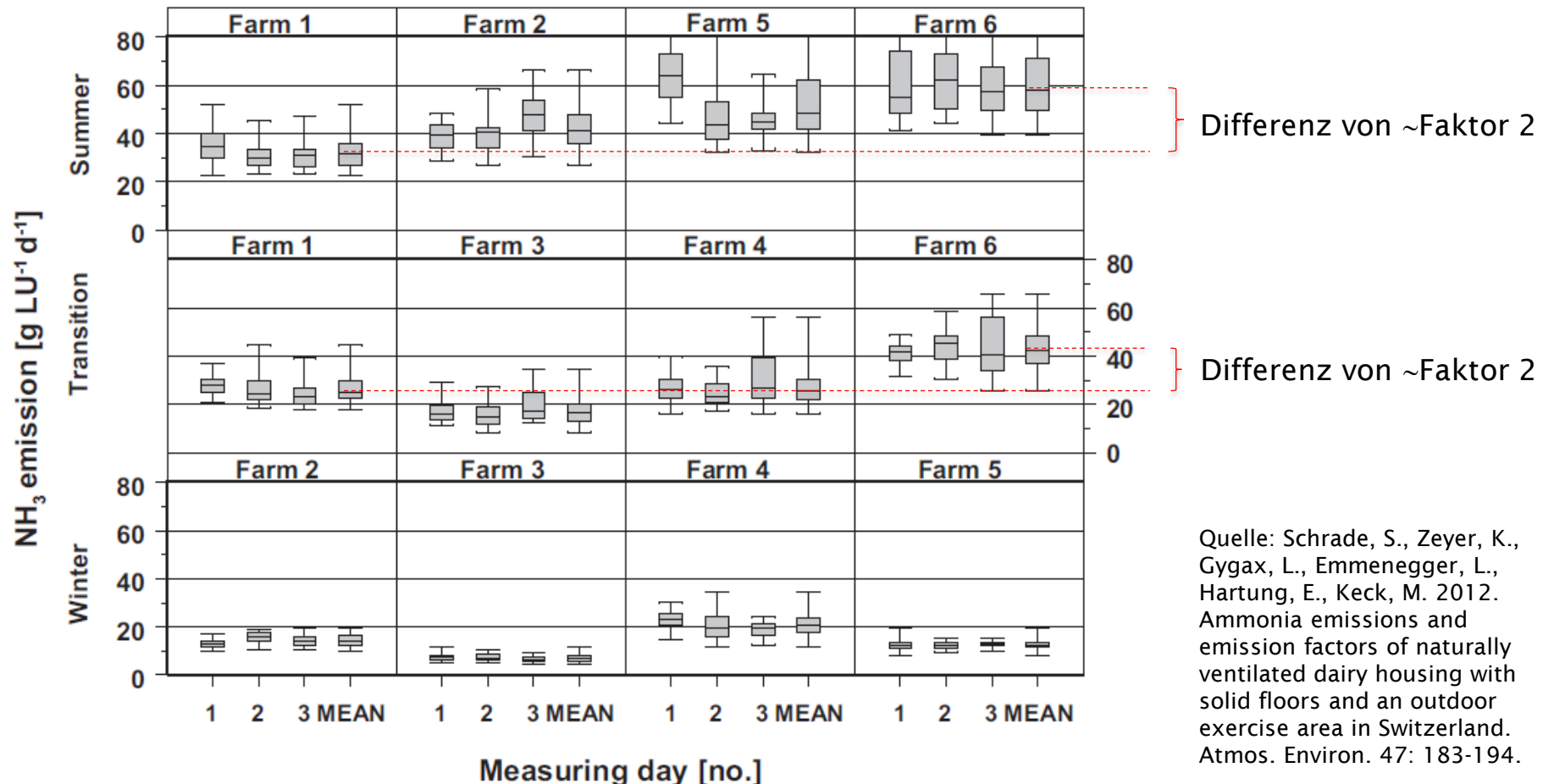


Quelle: Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F. 2018. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2015 URL: <http://www.Agrammon.ch/dokumente-zum-download/>. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.

Genauigkeit der Emissionsmodellierung

Einzelbetriebliche Messungen (gemessen mit Tracer-Ratio-Methode=«Goldstandard») zeigen grosse Variabilität der Emissionen

Deutlicher Hinweis, dass einzelbetriebliche Emissionsrechnungen basierend auf dem Modell Agrammon eine erhebliche Unsicherheit aufweisen



Quelle: Schrade, S., Zeyer, K., Gyga, L., Emmenegger, L., Hartung, E., Keck, M. 2012. Ammonia emissions and emission factors of naturally ventilated dairy housing with solid floors and an outdoor exercise area in Switzerland. Atmos. Environ. 47: 183-194.

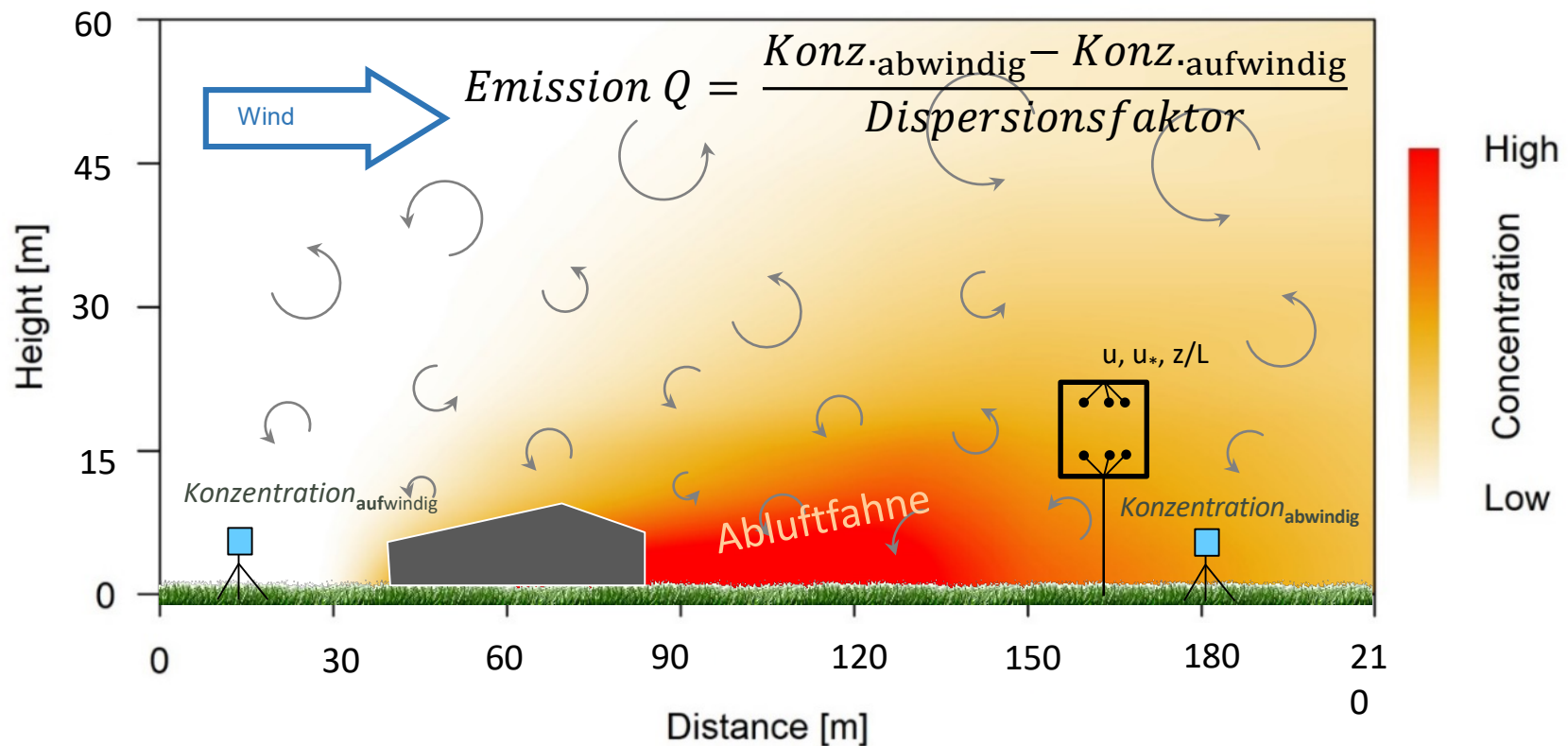
Genauigkeit der Emissionsmodellierung

- ▶ Spricht die Unsicherheit bei einzelbetrieblichen Rechnungen gegen Agrammon als Werkzeug zur Anwendung für Baubewilligungen?
 - ▶ Gibt es bessere Alternativen?
 - ➔ Kaum; im Moment sind sehr wahrscheinlich keine besseren Methoden verfügbar
 - ▶ Klare Vorteile der Verwendung von Agrammon:
 - ▶ Einheitliche Anwendung schweizweit
 - ▶ Kein zusätzlicher Aufwand für die Vollzugsstellen zur Herleitung eigener Berechnungsmethoden
- (Apropos Unsicherheit:
Unsicherheiten bei anderen etablierten Werkzeugen wie Suisse-Bilanz sind kaum kleiner und werden akzeptiert)

Bedarf und Optionen zur Verbesserung der Grundlagen von Modell Agrammon

- ▶ Daten von Systemen aus der Schweiz sind oft nicht verfügbar, z.B.
 - ▶ Rindvieh: Laufställe mit Laufhof
 - ▶ Schweine: Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf
 - ▶ Geflügelställe mit Wintergarten und Auslauf
- ▶ Ursachen
 - ▶ Solche Systeme kommen fast nur in der Schweiz vor
 - ▶ Die Emissionen solcher Systeme sind sehr schwierig und nur mit sehr grossem Aufwand zu messen
- ▶ Geeignete Methode zur Emissionsbestimmung unter Praxisbedingungen adaptiert von der HAFL:
Linienintegrierte Gasmessung kombiniert mit bLS
Ausbreitungsmodell (→vereinfacht: «Fernmessung»)

Linienintegrierte Gasmessung kombiniert mit bLS Ausbreitungsmodell (vereinfacht: «Fernmessung»)



Fernmessung: Messgeräte

Sensor Gasmessung
Spiegel



Sonic anemometer Wetterstation
3D Messung der
Luftbewegung



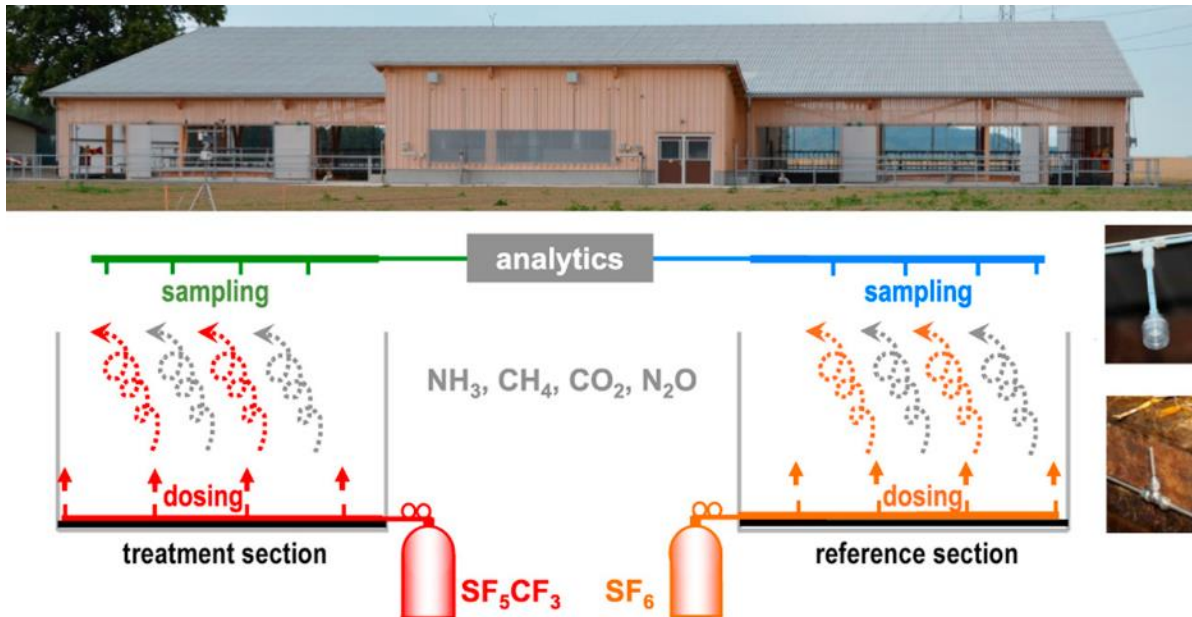
Messkampagnen Emissionsversuchsstall Waldegg, Agroscope Tänikon

- ▶ Frei gelüfteter Laufstall für 40 Milchkühe
- ▶ 2 Messkampagnen und Vergleich ...



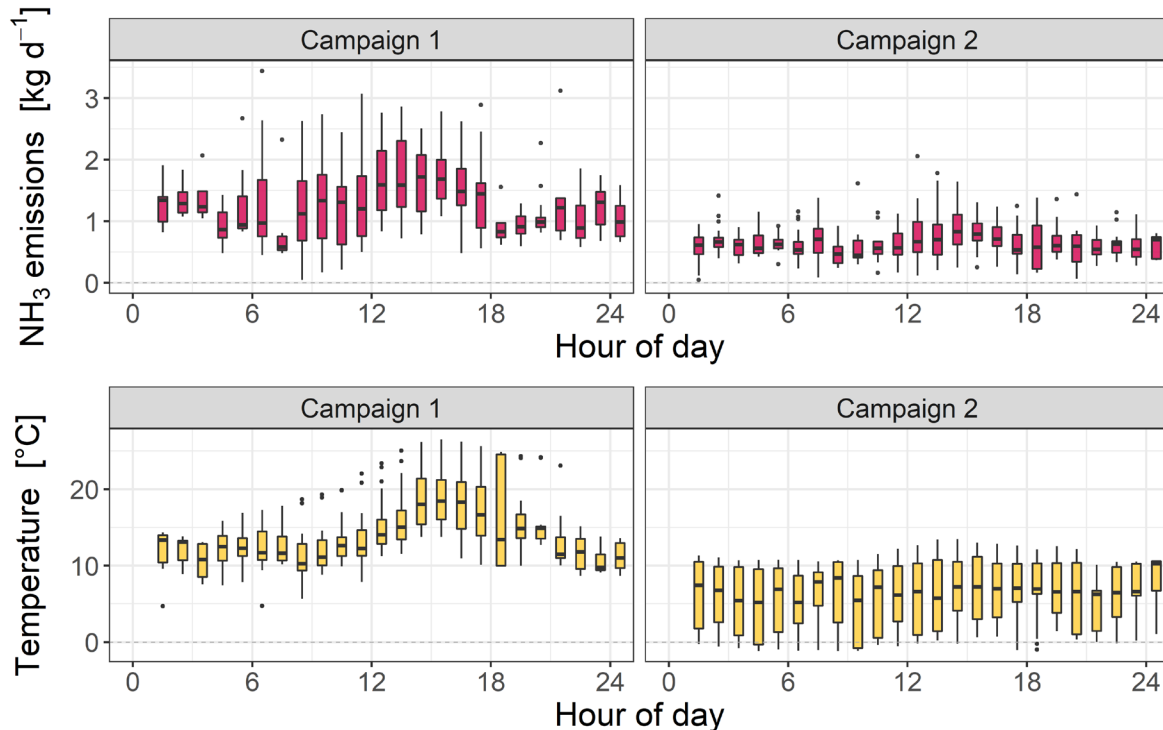
Messkampagne Emissionsversuchsstall Waldegg, Agroscope Tänikon

- ...mit Resultaten aus parallel durchgeführten Messungen mit Tracer-Ratio- Methode (=«Goldstandard»)



Bildquelle: Mohn, J., Zeyer, K., Keck, M., Keller, M., Zähler, M., Poteko, J., Emmenegger, L., Schrade, S. 2018. A dual tracer ratio method for comparative emission measurements in an experimental dairy housing. Atmos. Environ. 179: 12-22.

Messkampagne Emissionsversuchsstall Waldegg, Agroscope Tänikon: Resultate



- ▶ Tagesgang der Emissionen basierend auf Fernmessung wie erwartet mit Maximum am frühen Nachmittag
- ▶ Emissionen skalieren mit der Temperatur
- ▶ Höhere Emissionen in Kampagne 1 (Herbst) als Kampagne 2 (Winter)

- ▶ Abweichung zwischen Emissionen gemessen mit Fernmessung und Tracer-Ratio-Methode: $\leq 10\%$
- ▶ Abweichung zu Emissionen geschätzt mit Agrammon $< 10\%$
- ▶ Vermutlich viel grössere Unsicherheit der Emissionsberechnung mit Agrammon für BTS-Ställe von Schweinen, Geflügel

Anforderung an die Umgebung für Fernmessung

- ▶ Möglichst ebene, homogene Umgebung
- ▶ Möglichst gleiche Vegetationshöhe von weniger als ca. 80 cm zwischen Emissionsquelle und Messpfaden
- ▶ Möglichst keine Hindernisse wie Gebäude in der Umgebung (~ 200 m), welche die Turbulenz ($\approx$ Windrichtung, -stärke) beeinflussen können
- ▶ Genügend Platz, um linienintegrierte Messsysteme aufstellen zu können: Pfadlängen von ca. 50 – 250 m
- ▶ Möglichst klare Hauptwindrichtung und Windgeschwindigkeit > 1 m/s
- ▶ Möglichst keine andern Quellen des zu messenden Gases in der Umgebung, v.a. auf der windaufwärtigen Seite

Kommende Messkampagne

- ▶ Milchviehbetrieb im Seeland
(Messung Oktober bis Dezember 2021;
Messdauer: 2 bis 4 Wochen)



Mögliche Messkampagnen

► Geflügelställe mit Wintergarten (und Auslauf)



Schlussfolgerungen

- ▶ Negative Auswirkungen der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft erfordern eine Reduktion der Emissionen
- ▶ Agrammon ist ein etabliertes Werkzeug für das Monitoring der Emissionssituation Landwirtschaft und als Grundlage zur Umsetzung von Massnahmen
- ▶ Agrammon hat Stärken und Schwächen
- ▶ Momentan ist kaum ein besser geeignetes Werkzeug als Agrammon für Emissionsrechnungen bei Baubewilligungen verfügbar
- ▶ Bedarf zur Verbesserung der Modellgrundlagen und zur Einschätzung der Unsicherheit der mit Agrammon modellierten Emissionen ist vorhanden
- ▶ Die HAFL verfügt mit der Fernmessung über eine viel versprechende Methode zur Messung der Emissionen von komplexen Systemen wie BTS-Ställen unter Praxisbedingungen

Dokumentation

► Emissionsmodellierung (Agrammon)

Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F. 2018. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2015 URL: <http://www.Agrammon.ch/dokumente-zum-download/>. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.

Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H. 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. *Atmos. Environ.* 103(0): 215-221.

► Emissionsmessung geordnet nach Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager, -ausbringung

Bell, M., Flechard, C., Fauvel, Y., Häni, C., Sintermann, J., Jocher, M., Menzi, H., Hensen, A., Neftel, A. 2017. Ammonia emissions from a grazed field estimated by miniDOAS measurements and inverse dispersion modelling. *Atmos. Meas. Tech.* 10(5): 1875-1892.

Voglmeier, K., Jocher, M., Häni, C., Ammann, C. 2018. Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture. *Biogeosciences* 15(14): 4593-4608.

Bühler, M., Häni, C., Ammann, C., Mohn, J., Neftel, A., Schrader, S., Zähler, M., Zeyer, K., Brönnimann, S., Kupper, T. 2021. Assessment of the inverse dispersion method for the determination of methane emissions from a dairy housing. *Agric. For. Meteorol.* 307: 108501.

Kupper, T., Häni, C., Neftel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B., VanderZaag, A.C. 2020. Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - a review. *Agr. Ecosyst. Environ.* 300(106963): 1-18.

Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Häni, C. 2021. Ammonia emissions from an uncovered dairy slurry storage tank over two years: Interactions with tank operations and meteorological conditions. *Biosys. Eng.* 204: 36-49.

Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Neftel, A., Häni, C. 2021. A novel approach to estimate the abatement of ammonia emissions from mitigation techniques at farm-scale slurry stores exemplified by a semifloating cover. *J. Environ. Qual.* 50(5): 1074-1083.

Häni, C., Sintermann, J., Kupper, T., Jocher, M., Neftel, A. 2016. Ammonia emission after slurry application to grassland. *Atmos. Environ.* 125: 92-99.

Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Burchill, W., Bussink, W., Chantigny, M., Carozzi, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Hunt, D., Kupper, T., Lanigan, G., Loubet, B., Misselbrook, T., Meisinger, J.J., Neftel, A., Nyord, T., Pedersen, S.V., Rochette, P., Sintermann, J., Vermeulen, B., Vestergaard, A., Voytkov, P., Williams, J.R., Sommer, S.G. 2018. The ALFAM2 database on ammonia emission from field-applied manure: Description and illustrative analysis. *Agric. For. Meteorol.* 258: 66-78.

Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Carozzi, M., Chantigny, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Kupper, T., Misselbrook, T., Neftel, A., Nyord, T., Sommer, S.G. 2019. A flexible semi-empirical model for estimating ammonia volatilization from field-applied slurry. *Atmos. Environ.* 199: 474-484.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dank für die langjährige Finanzierung: v.a. BAFU; auch BLW, Kantone
Dank an die Kollegen/-innen von HAFL, Agroscope, Empa für die ausgezeichnete Zusammenarbeit