



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences



# Ammoniakreduktion in der Geflügelproduktion

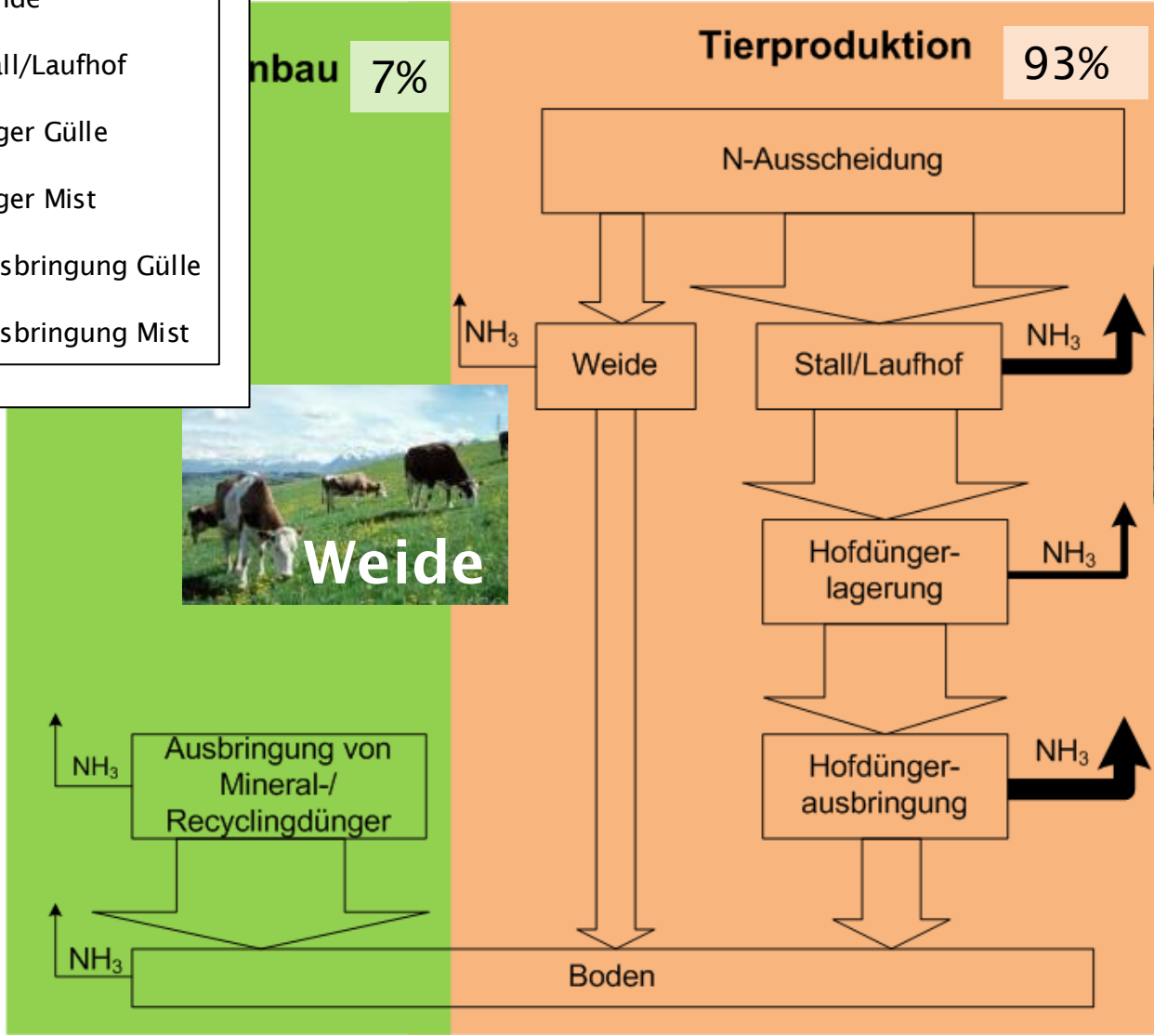
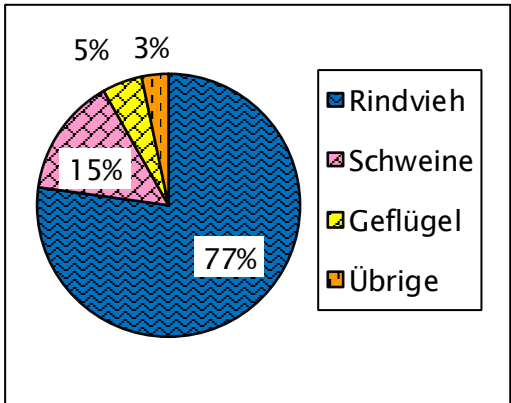
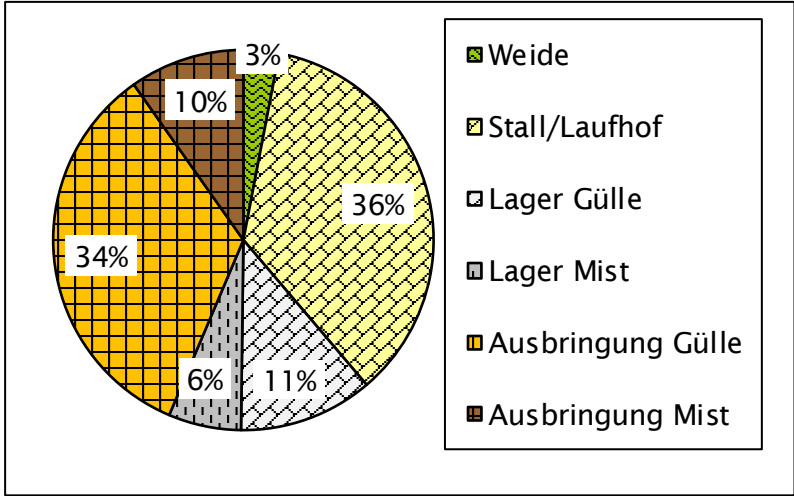
Grundlagen zur Berechnung von Ammoniakemissionen

WPSA Geflügeltagung 05.03.2026

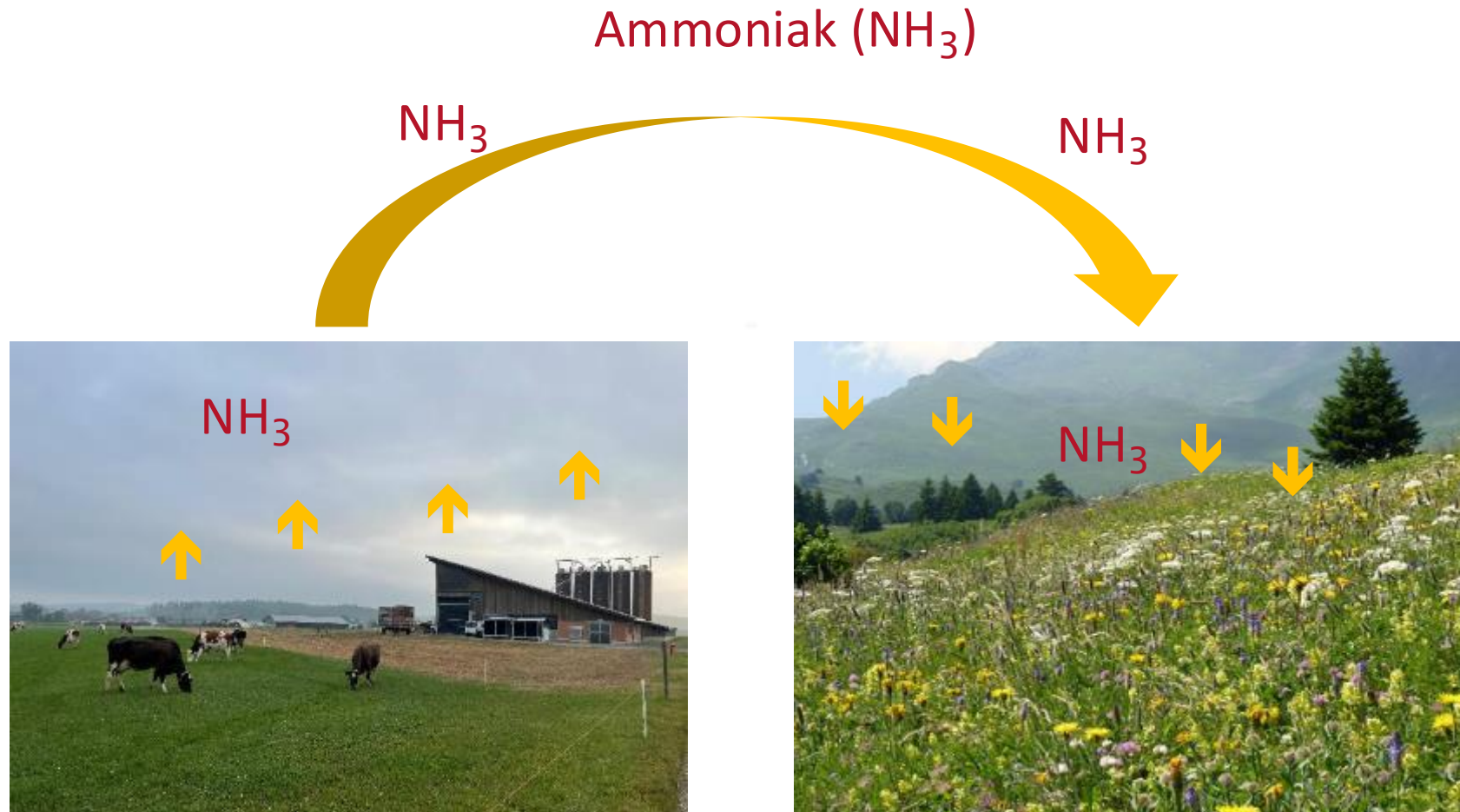
Stefan Gfeller

► Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

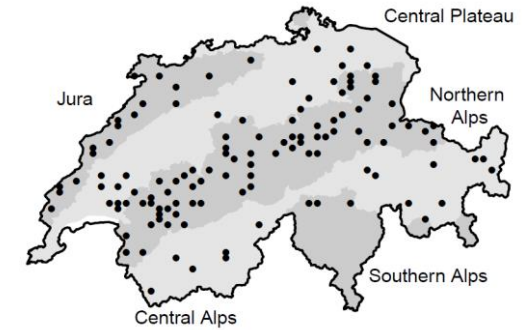
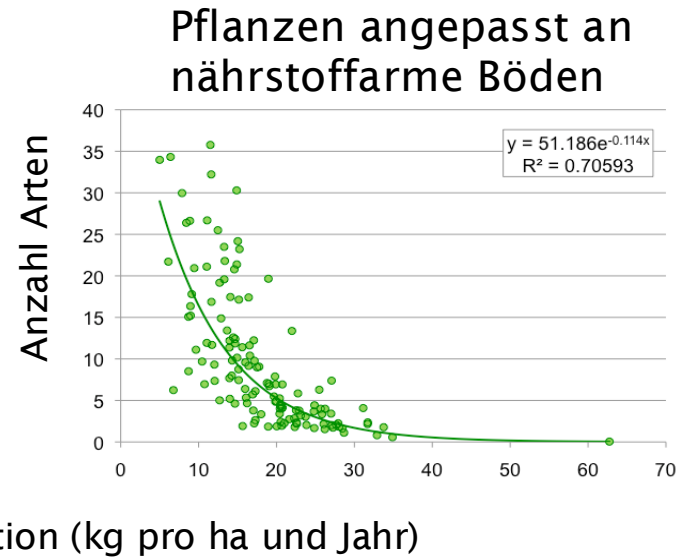
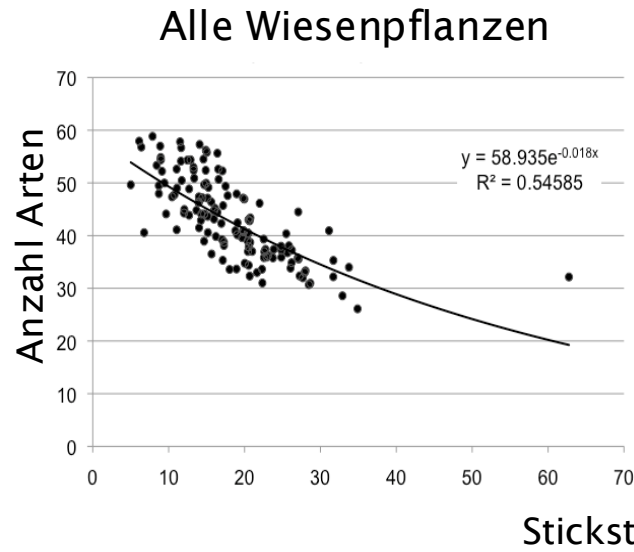
# Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft



# Ammoniakemissionen – Problem für die Umwelt



# Auswirkungen von Stickstoffeinträgen auf die Vielfalt von artenreichen Heuwiesen im Berggebiet



122 Standorte des Biodiversitätsmonitorings Schweiz

- ▶ Abnehmende Artenvielfalt insgesamt und vor allem Abnahme der an nährstoffarme Böden angepasste Pflanzen

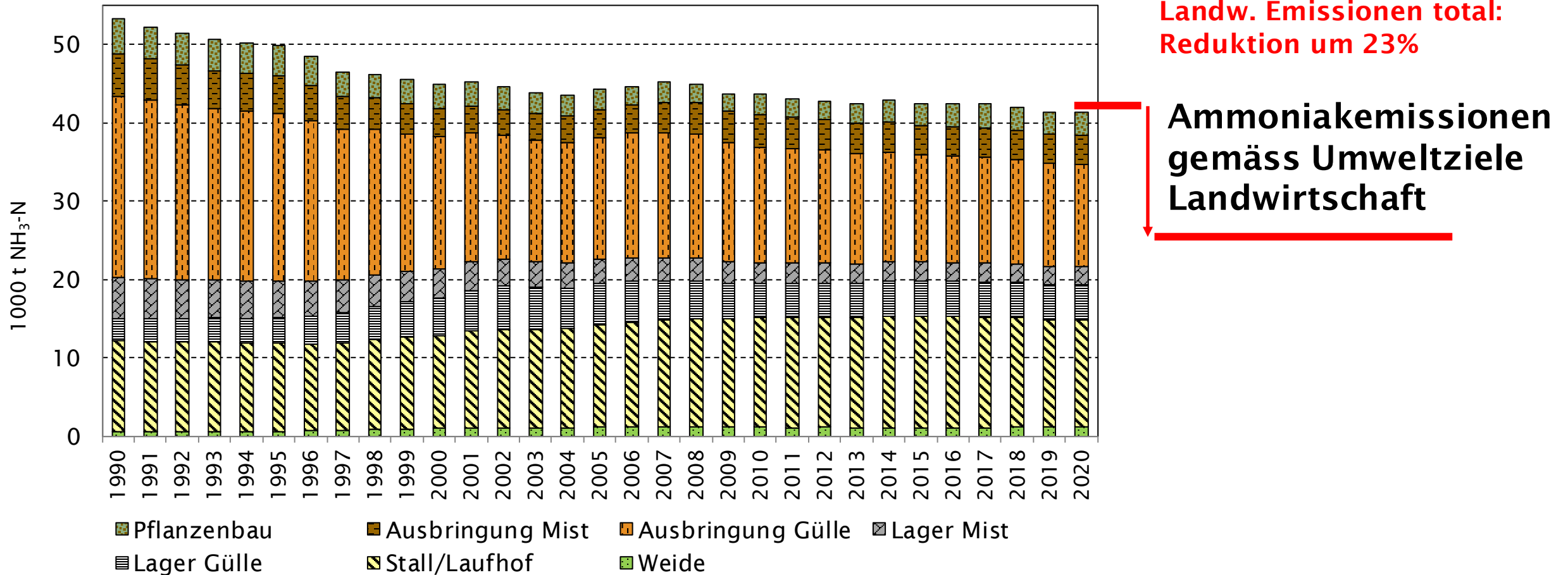
Quellen:

Slootweg, J., Posch, M., Hettelingh, J.-P., Mathijssen, L. 2014. Modelling and Mapping the impacts of atmospheric deposition on plant species diversity in Europe. CCE Status Report 2014. Coordination Centre for Effects, [www.wge-ccc.org](http://www.wge-ccc.org).

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Achermann, B. 2013. Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agr. Ecosyst. Environ.* 178: 121-126.

# Ammoniakemissionen aus der Tierproduktion

Entwicklung der modellierten Ammoniakemissionen Tierhaltung/Hofdünger in der Schweiz zwischen 1990 und 2020: **Reduktion um 21%**

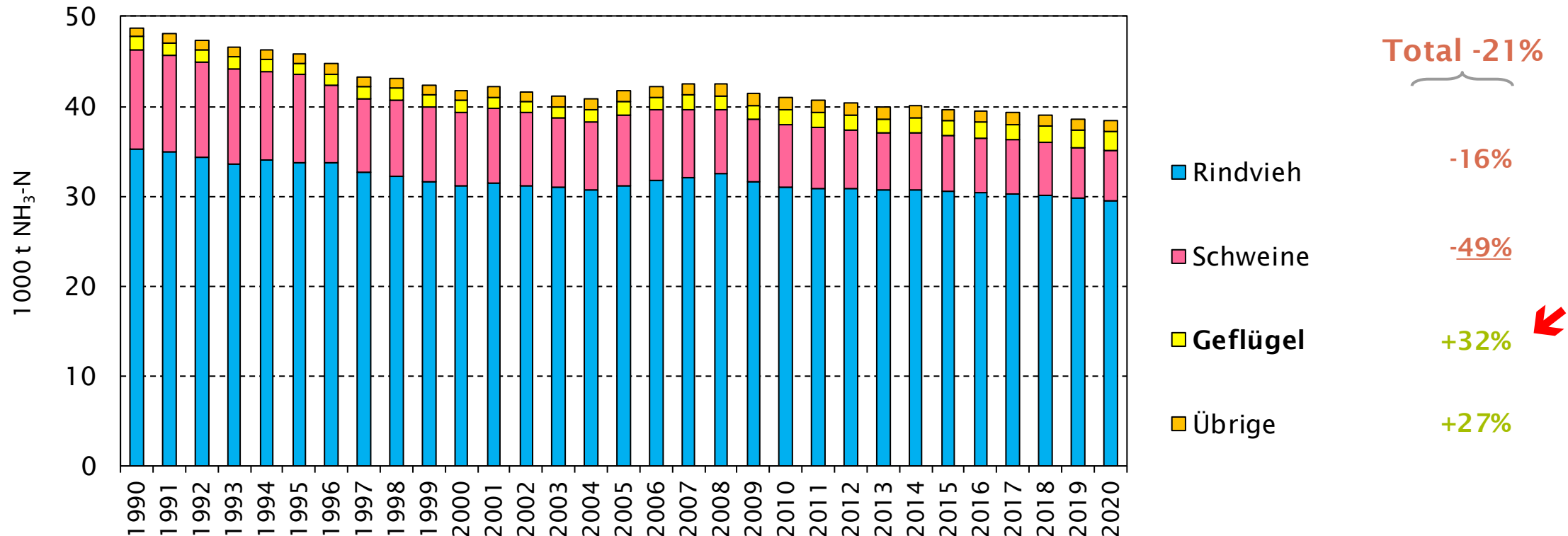


Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. Atmos Environ 103, 215-221.

Kupper, T., Häni, C., Bretscher, D., Zaucker, F., 2022. Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, p. 104 ([https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht\\_Agrammon\\_1990-2020\\_-20220331.pdf](https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht_Agrammon_1990-2020_-20220331.pdf); 19.03.2025).

# Ammoniakemissionen aus der Tierproduktion

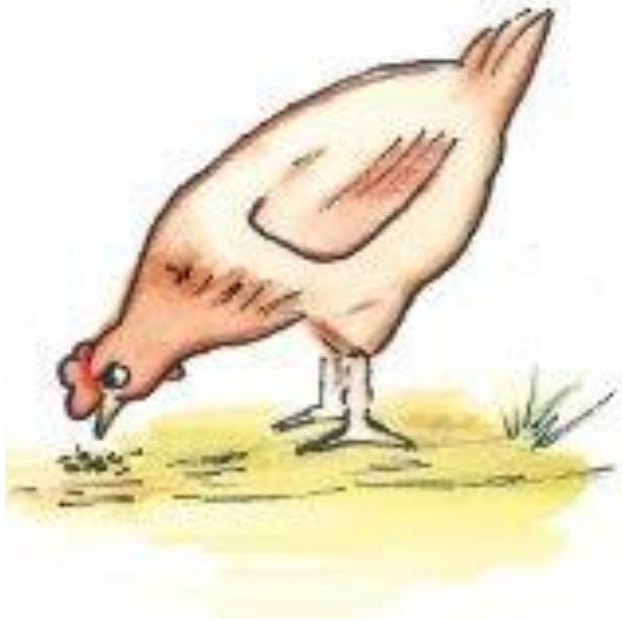
Entwicklung der modellierten Ammoniakemissionen Tierhaltung/Hofdünger in der Schweiz zwischen 1990 und 2020



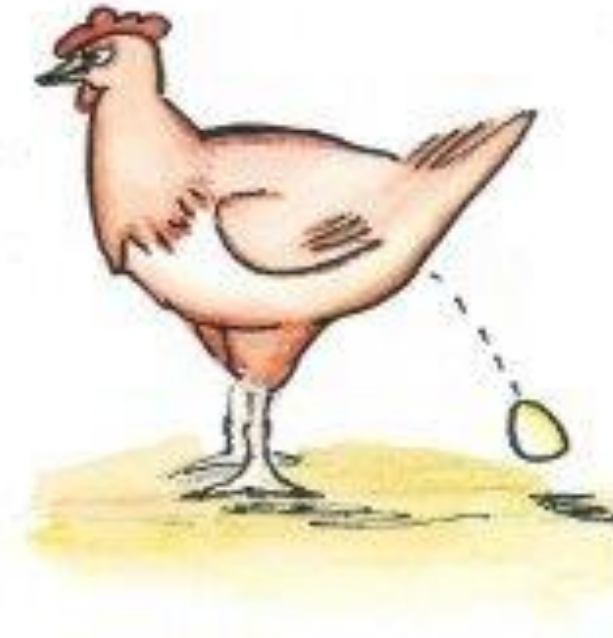
Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. Atmos Environ 103, 215-221.

Kupper, T., Häni, C., Bretscher, D., Zaucker, F., 2022. Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, p. 104 ([https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht\\_Agrammon\\_1990-2020\\_-20220331.pdf](https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht_Agrammon_1990-2020_-20220331.pdf); 19.03.2025).

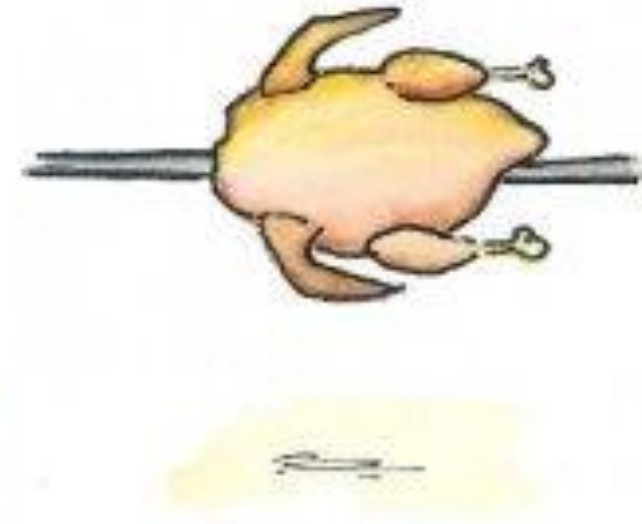
# N-Kreislauf in der Pouletproduktion



Input



Output



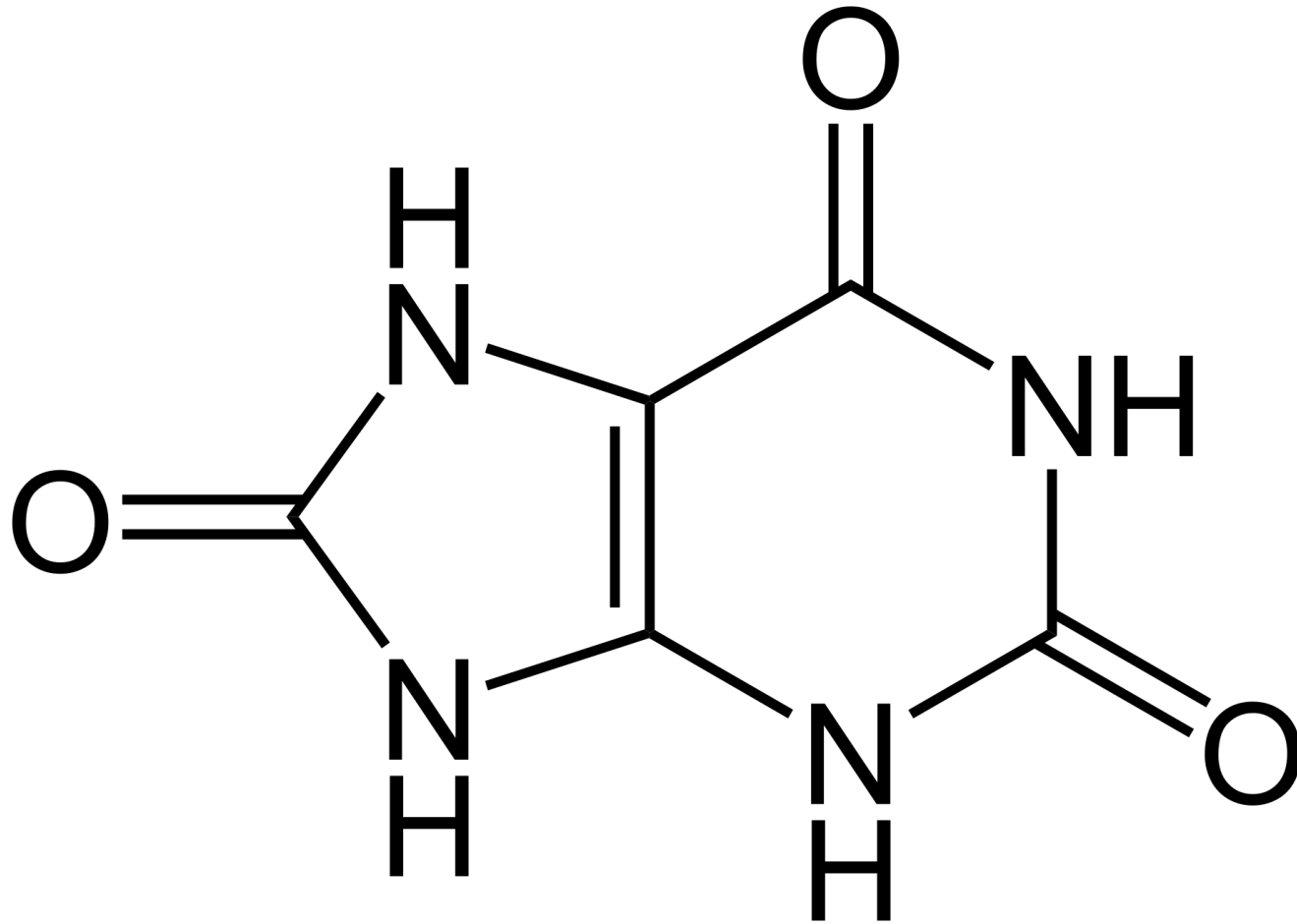
Kaputt

(topen.med.uni.rostock.de)

# Bildung von Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

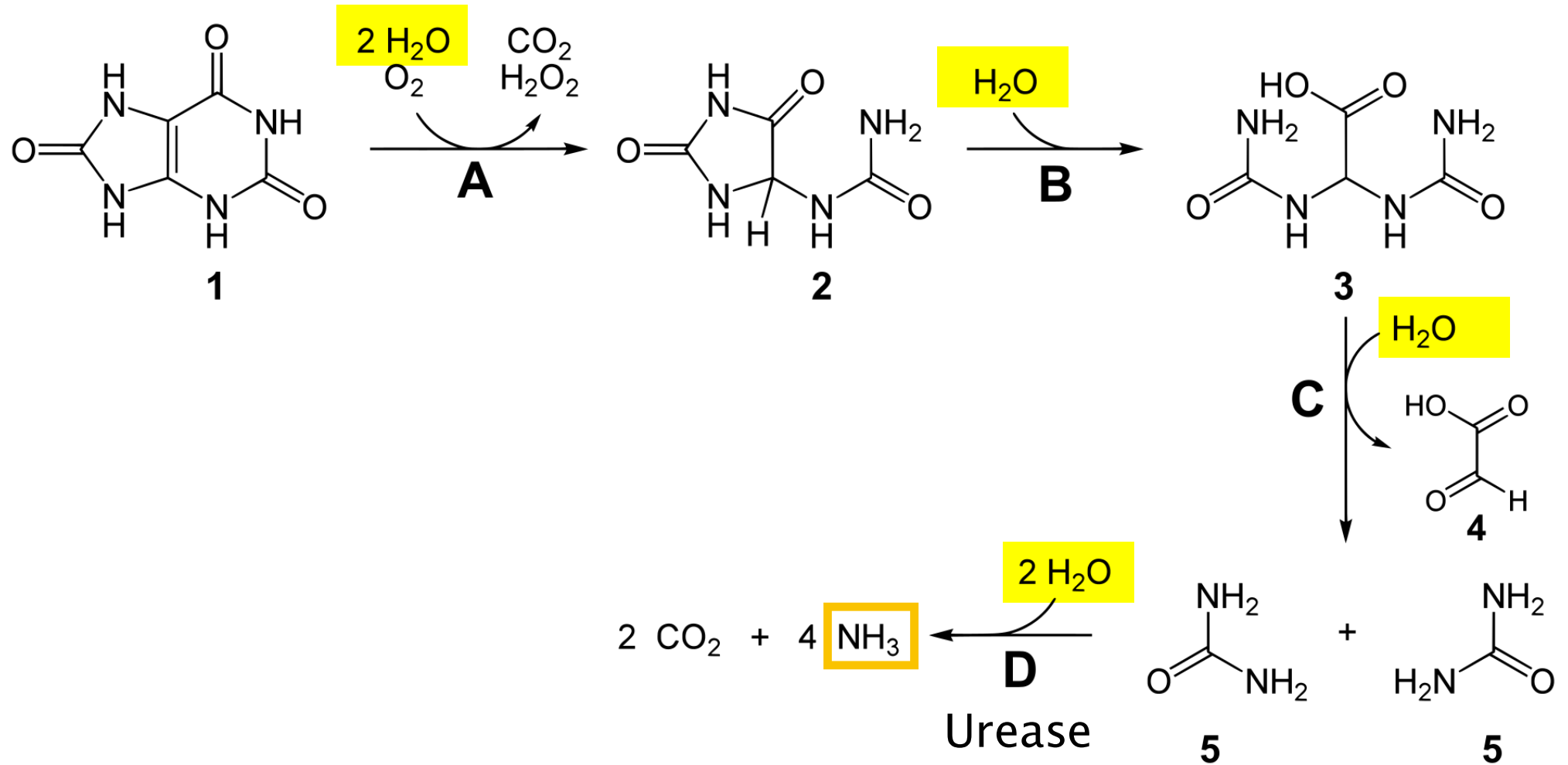
- ▶ Urease wird von Mikroorganismen produziert, die in grossen Mengen im Kot (oder auch im Boden) vorhanden sind
  - ▶ Ureaseaktivität proportional zur Temperatur: Hydrolyse von Harnstoff läuft sehr schnell ab (d.h. in ca. 2 h) bei  $\geq 10$  ° C
- ▶ Harn-N ist die Hauptquelle von NH<sub>3</sub> Emissionen aus den Ausscheidungen der Nutztiere sowie von Gülle und Mist
  
- ▶ Geflügel: der Stickstoff liegt in Form von Harnsäure vor

# Harnsäure



(Nature Blog Network)

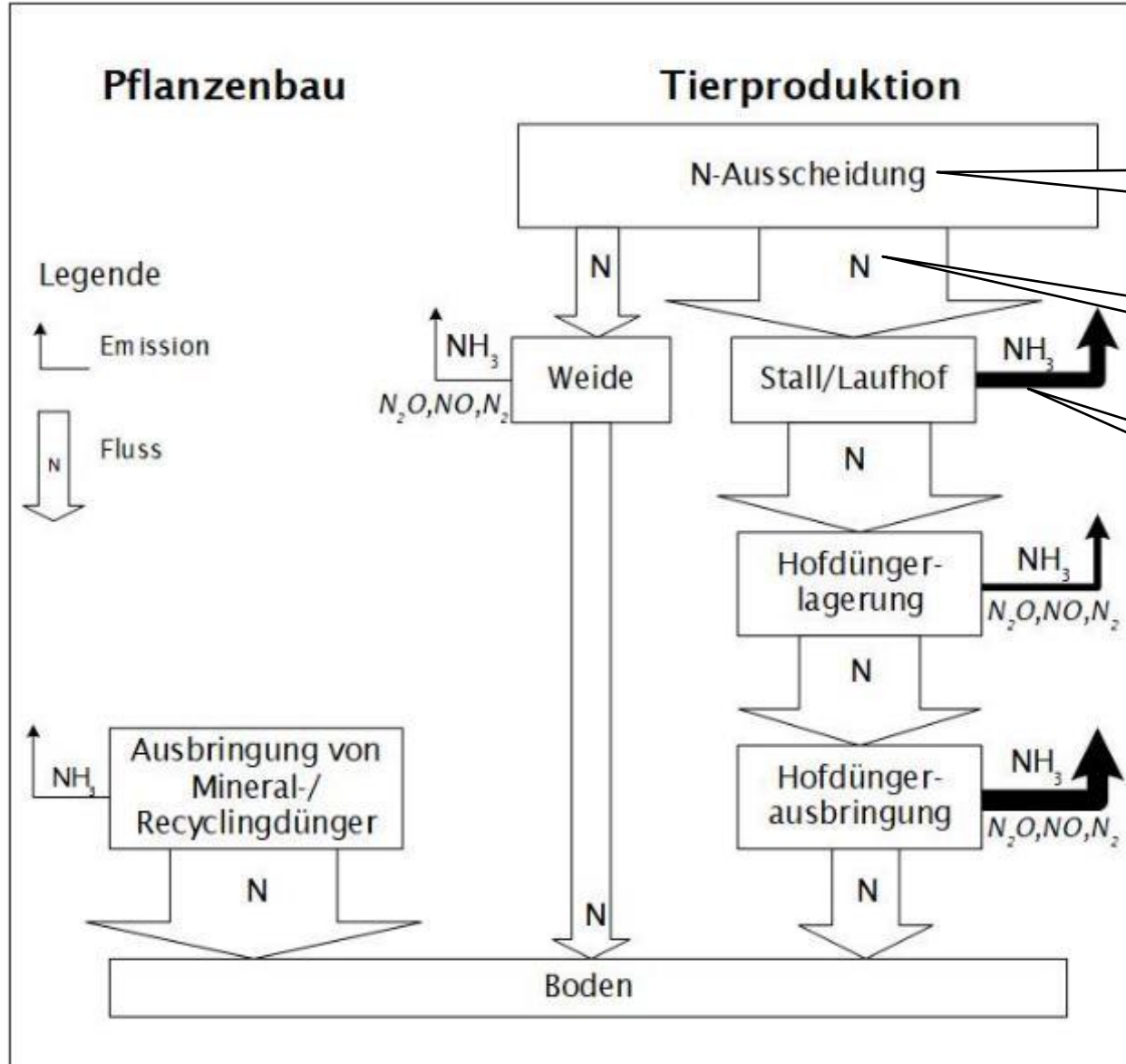
# Von Harnsäure zu Ammoniak



# Übersicht

- ▶ Berechnung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen  
Methodik und Grundlagen / Verlauf der Ammoniakemissionen  
beim Geflügel zwischen 1990 und 2020
- ▶ Bewertung von emissionsmindernden Techniken:  
Vorgehen der Nationalen Drehscheibe Ammoniak
- ▶ Messungen der HAFL mit folgenden Zielen:
  - ▶ Emissionsreduktion durch WRG/Wärmetauscher in einem  
Pouletmaststall
  - ▶ Revision des Emissionsfaktors Stall Mastpoulets in Agrammon

# Modellierung der Ammoniakemissionen mit Modell Agrammon<sup>1</sup>



Anzahl Tiere und ausgeschiedene N-Menge pro Tier (kg N als TAN)

TAN Fluss (kg N als TAN)

Emissionsfaktor (Verlust NH<sub>3</sub> in % des TAN Flusses)

TAN = Total Ammoniacal Nitrogen  
= Ammoniak in Lösung + Ammonium  
= anorganischer Stickstoff in den Ausscheidungen bzw. in den Hofdüngern

<sup>1</sup>Modell öffentlich verfügbar unter:  
<https://agrammon.ch/de/modell-agrammon/>

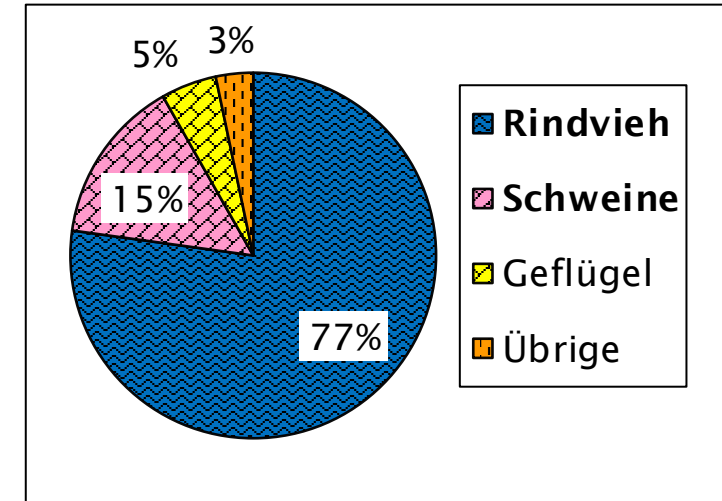
# Modell Agrammon: verwendete Berechnungsgrundlagen

- ▶ N-Ausscheidung und Emissionsfaktoren: soweit möglich von wissenschaftlichen Versuchen in der Schweiz
- ▶ Wo solche fehlen
  - ▶ Daten aus dem Ausland:
    1. Daten aus peer review Literatur
    2. Handbücher wie UNECE Guidance Document
  - ▶ Einschätzungen von Sachverständigen

# Modell Agrammon: verwendete Berechnungsgrundlagen

## ▶ N-Ausscheidung:

- ▶ Verwendung Werte von GRUD/Suisse Bilanz
- ▶ Regelmässige Revision der N-Ausscheidungswerte durch Agroscope, d.h. die N-Ausscheidungswerte werden entsprechend der Produktionstechnik angepasst
- ▶ Bei Milchkühen und Schweinen: Verwendung von Basis-N-Ausscheidungswerten korrigiert nach Leistung und/oder Fütterung
- ▶ Alle anderen Tierkategorien inkl. Geflügel: fixe Basis-N-Ausscheidungswerte



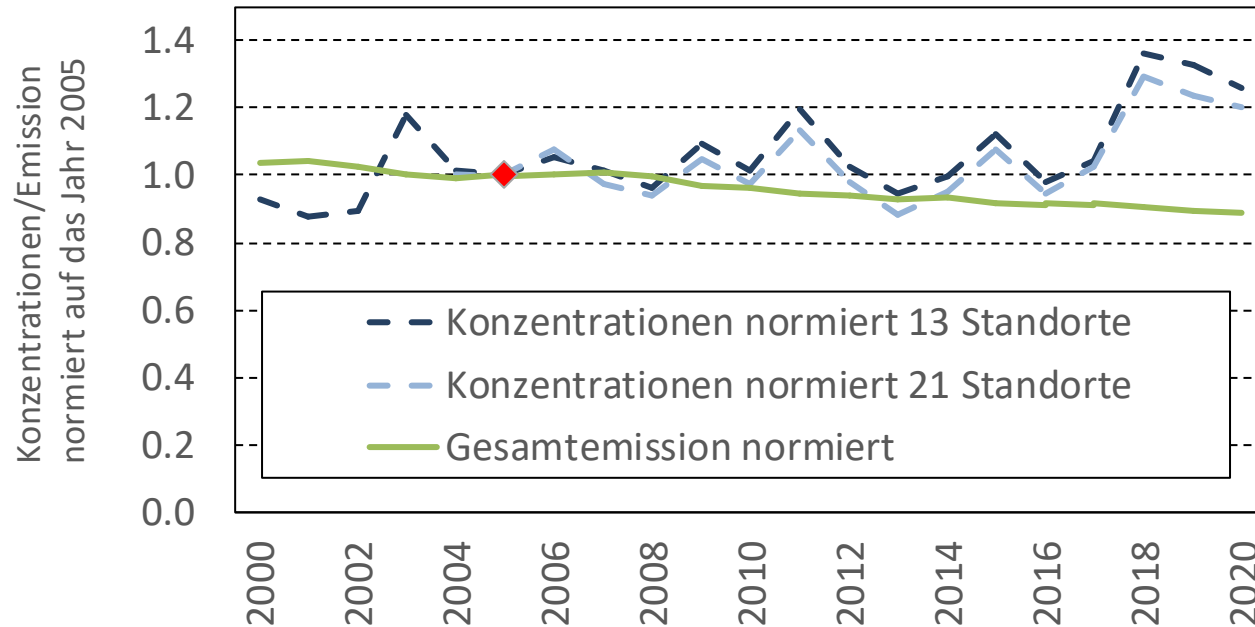
- ▶ Fokus eher auf den für Ammoniakemissionen wichtigen Tierkategorien Rindvieh und Schweine

# Modell Agrammon: verwendete Berechnungsgrundlagen

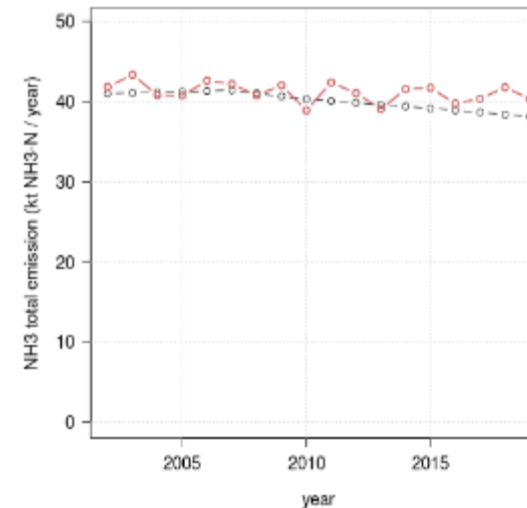
- ▶ Emissionsfaktoren:
  - ▶ Festlegung durch Expertengruppe vor rund 20 Jahren
  - ▶ Seither:
    - ▶ Regelmässige Überprüfung mittels Literaturstudien durch die HAFL
    - ▶ Emissionsmessungen Ausbringung Gülle, Lagerung Gülle, von ganzen Betrieben durch die HAFL
  - ▶ Fokus auf wichtige Emissionsstufen Stall/Laufhof, Ausbringung Gülle
  - ▶ Datenlage gut: Emissionsfaktoren Ausbringung Gülle und Ställe Rindvieh (Milchkühe)
  - ▶ Datenlage mittel: Ställe Schweine
  - ▶ Datenlage eher unbefriedigend/veraltet: Geflügel

# Gesamtemissionen von Ammoniak

Entwicklung der modellierten Gesamtemissionen von Ammoniak im Vergleich zu den gemessenen Luft-Konzentrationen des gesamtschweizerischen Ammoniak-Immissionsmessungen



Gesamtemission nicht korrigiert nach Jahrestemperatur



Gesamtemission  
 -o- nicht korrigiert  
 -o- korrigiert nach Jahrestemperatur

Insgesamt gute Übereinstimmung;  
 Ursache der Abweichungen 2003, 2011, 2015 und ab 2017: überdurchschnittlich warme Jahre, in denen die Ammoniakemissionen hoch sind

Agrammon berücksichtigt den Einfluss der Jahrestemperatur auf die Emissionen nicht  
 → Das ist so gewollt, da das Modell die Entwicklung der Produktionstechnik abbilden soll und nicht den Einfluss des Klimas

Kupper T., Häni, C., Bretscher, D., Zaucker, F., 2022. Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020. Berner Fachhochschule, Kupper, T., Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, p. 104 ([https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht\\_Agrammon\\_1990-2020\\_-20220331.pdf](https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht_Agrammon_1990-2020_-20220331.pdf); 19.03.2025).  
 Seitler, E., Meier, M., 2021. Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2020 Messbericht. FUB - Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil, p. 80.

# Wie wird ein Emissionsfaktor bestimmt?

- ▶ Beispiel Emissionsfaktor für einen Pouletmaststall:
  - ➔ Derjenige Anteil des von einem Tier in den Stall ausgeschiedenen TAN (=anorganischer Stickstoff), der sich als Ammoniak verflüchtigt
- ▶ Dazu muss man kennen:
  - ▶ Die von einem Tier in den Stall ausgeschiedene Menge TAN in kg N pro Tierplatz und Jahr: **zuverlässige Schätzung mittels IMPEX**
  - ▶ Die Emission von Ammoniak in kg NH<sub>3</sub>-N pro Tierplatz und Jahr **Emissionsmessung erforderlich**

# Was ist eine Emission? - Grundlagen Emissionsmessung

- ▶ Eine Emission ist die freigesetzte Menge eines Gases.  
Für die Bestimmung dieser Menge muss man kennen:
  - ▶ Die Gaskonzentration im Stall
  - ▶ Die Luftaustauschrate im Stall

Für Ammoniak  $\text{NH}_3$ :

Emission von  $\text{NH}_3$  (g pro  $\text{m}^2$  und h) =  
Konzentration von  $\text{NH}_3$  (g pro  $\text{m}^3$ ) \* Luftaustauschrate ( $\text{m}^3$  pro  $\text{m}^2$  und h)

**Emission<sub>NH3</sub> = Konzentration<sub>NH3</sub> \* Luftaustauschrate**

- ➔ **Hauptschwierigkeit bei für die Praxis repräsentativen Messungen:  
die Messung der Luftaustauschrate; daher oft nur Konzentrationsmessungen**
- ➔ **Aber: nur Messung von Konzentrationen = völlig unbrauchbar!**

# Grundlagen Emissionsmessung

## Windtunnel/Kammern (im Labor oder Praxismasstab)

$$E_{\text{gasA}} = \text{Konz}_{\text{gasA}} * \text{Luftaustauschrate}$$



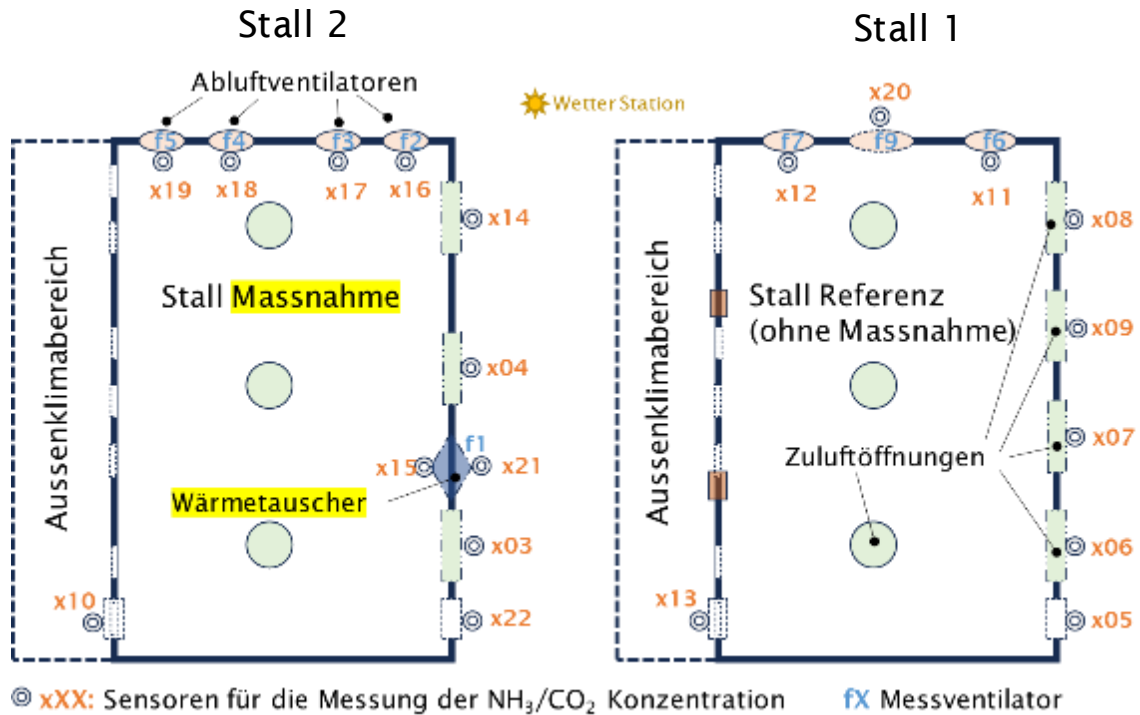
Gut geeignet für einen Proof of concept.

→ aber ungenügend, um zu beurteilen, ob ein System in der Praxis eine Emissionsreduktion bewirkt oder nicht

Bildquelle: Chiumenti, A., da Borso, F., Pezzuolo, A., Sartori, L., Chiumenti, R. 2018. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted dairy barn floors cleaned by robotic scrapers. Res. Agr. Eng. 64,(1): 26-33.

- + Relativ einfach und kostengünstig
- + Relativ genaue Emissionsmessung möglich, insbesondere für vergleichende Messungen (alle Einflussfaktoren sind identisch)
- **“Künstliche Bedingungen” (Einfluss von Witterung und Tieren ausgeschlossen)**
- **Keine/begrenzte Repräsentativität der Flächen für ganzen Stall**

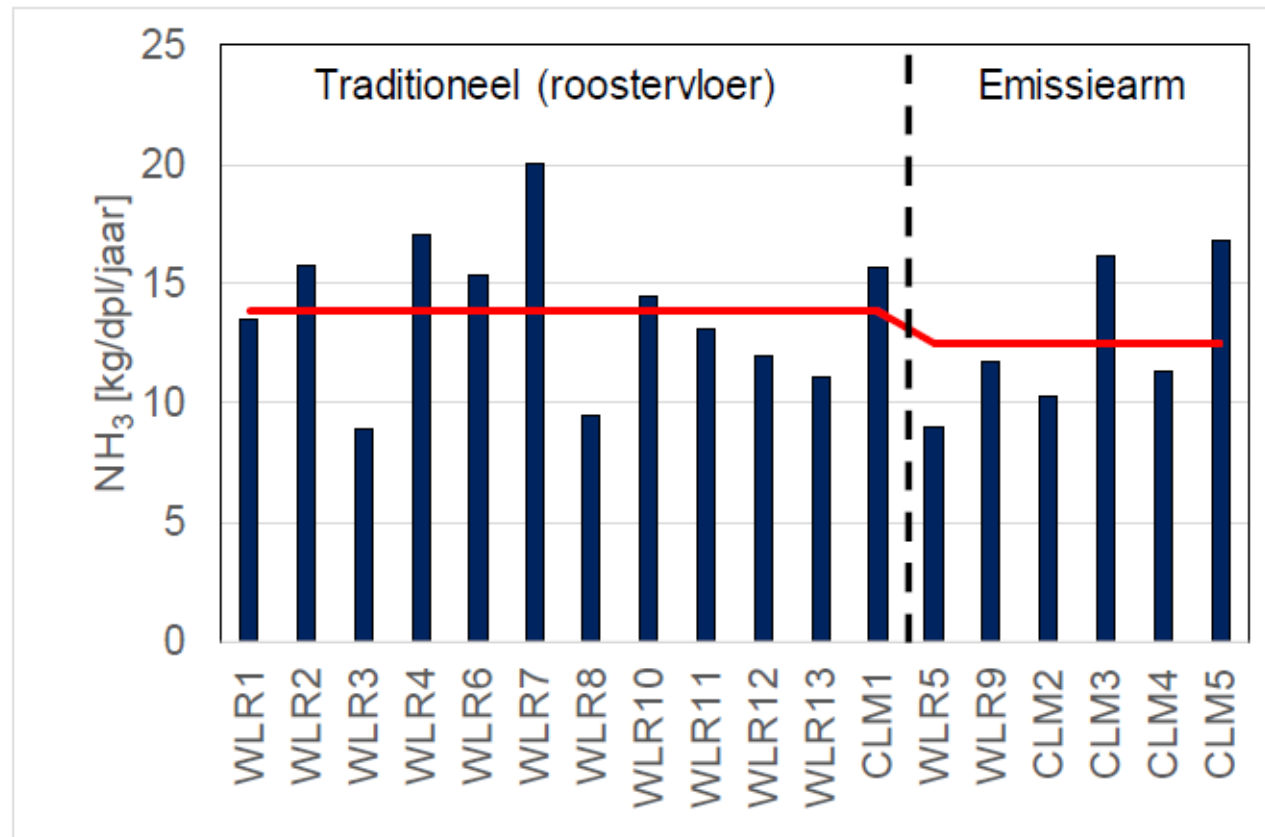
# Messungen der HAFL: Emissionsreduktion durch WRG/Wärmetauscher in einem Pouletmaststall



Messung der Luftaustauschrate möglich mit Messventilatoren bei jedem einzelnen Abluftventilator  
dito Konzentrationen NH<sub>3</sub>

# Verlässliche Bewertung von Minderungsleistungen

Grundproblem beim Ansatz mit mehreren Betrieben:  
hohe Variabilität der Emissionen von Einzelbetrieben  
(Beispiel: Messungen Milchviehställe NL)



# Anforderungen zum Nachweis der Emissionsreduktion einer Massnahme

- ▶ **Mindestens je eine Messkampagne über alle 3 Jahreszeiten Winter Übergangszeit (Frühjahr, Herbst) und Sommer**
- ▶ **Ausreichend lange Messperioden (je nach Verfahren); in der Regel mindestens mehrere Tage**
- ▶ Die Messungen müssen alle relevanten Produktionsphasen abdecken (wichtig vor allem bei Masttieren und Rein-Raus-Verfahren); dies bedeutet, dass bei Mastpoulets über eine ganze Mastperiode kontinuierlich gemessen werden muss
- ▶ Die Beprobungsstellen für Konzentrationsmessungen im Stall müssen repräsentativ sein für den ganzen Stall
- ▶ Die Hintergrundkonzentration der Umgebungsluft, die in den Stall gelangt, muss ebenfalls gemessen werden
- ▶ Begleitparameter (Temperatur, Windgeschwindigkeit, Betriebsparameter) müssen erfasst werden
- ▶ **Klare Dokumentation zu Vorgehen, Rahmenbedingungen, Ergebnissen nach guter Praxis wie festgelegt in VERA-Protokoll oder Protokoll NL**

# Übersicht

- ▶ Berechnung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen  
Methodik und Grundlagen / Verlauf der Ammoniakemissionen  
beim Geflügel zwischen 1990 und 2020
- ▶ **Bewertung von emissionsmindernden Techniken:  
Vorgehen der Nationalen Drehscheibe Ammoniak**
- ▶ Messungen der HAFL mit folgenden Zielen:
  - ▶ Emissionsreduktion durch WRG/Wärmetauscher in einem  
Pouletmaststall
  - ▶ Revision des Emissionsfaktors Stall Mastpoulets in Agrammon

## Vorgehen der nationalen Drehscheibe Ammoniak zur Prüfung der Emissionsreduktion einer Massnahme und Entscheid zu Empfehlung hinsichtlich Umsetzung; hier angegeben für Geflügel

- ▶ **Umsetzbarkeit gegeben / Anforderungen an Tierwohl erfüllt**
- ▶ **Messdaten erhoben unter Praxisbedingungen mittels Fall-Kontroll-Ansatz in 2 baugleichen Ställe eines Praxisbetriebs mit Zwangslüftung oder in praxisnahem Emissionsversuchsstall mit 2 identischen Abteilen**
- ▶ Messdaten erhoben unter Praxisbedingungen mittels Fall-Kontroll-Ansatz Stall eines Praxisbetriebs im Zeitverlauf
- ▶ Messdaten erhoben in mehreren Ställen von Praxisbetrieben mittels Ansatz mehrere Betriebe
- ▶ VERA Prüferklärung vorhanden oder Listung in Umweltverordnung NL, Anhang 5 oder Umweltechnologieliste DK
- ▶ Messdaten erhoben im Labor- oder Pilotmassstab oder mittels Kammernmessungen in einem Praxisstall
- ▶ Experteneinschätzung hinsichtlich Emissionsminderung basierend auf grundlegenden Mechanismen



Gewichtung

# Liste Massnahmen Geflügel Nationale Drehscheibe Ammoniak (Auswahl)

● Umsetzung empfohlen    ● In Einzelfällen empfohlen    ● Nicht empfohlen

● Kotbandtrocknung und Entmistung in geschlossenes Lager (nur Legehennen)	+	● Bodenheizung für Mastpouletställe	+
● Abluftreinigungsanlage bei zwangsgelüfteten Ställen oder Ställen mit Aussenklimabereich	+	● Hochdruckvernebelungsanlage	+
● Wärmetauscher für Mastpoulets	+	● Zugabe Aluminiumsulfat zur Einstreue bei Geflügel	+
● Häufiges Entmisten der Kotbänder	+	● Bodenhaltung mit Misttrocknung mit Innenluft (Legehennen, Mastpoulets)	+
● Volierenhaltung mit Sitzstangen, ohne Kotbandbelüftung (Hennen)	+		
● Tränkesystem ohne Wasserverlust in Einstreu	+		
● Geringerer Rohproteingehalt im Legehennen-Futter	+		

→ [www.ammoniak.ch](http://www.ammoniak.ch)

# Bedeutung der Liste der Nationalen Drehscheibe Ammoniak























- ▶ Die Liste
  - ▶ enthält eine fachliche Bewertung
  - ▶ hat empfehlenden Charakter
  - ▶ wird von den kantonalen Behörden in der Regel für die Umsetzung, z.B. im Rahmen von kantonalen Massnahmenplänen, übernommen

# Übersicht

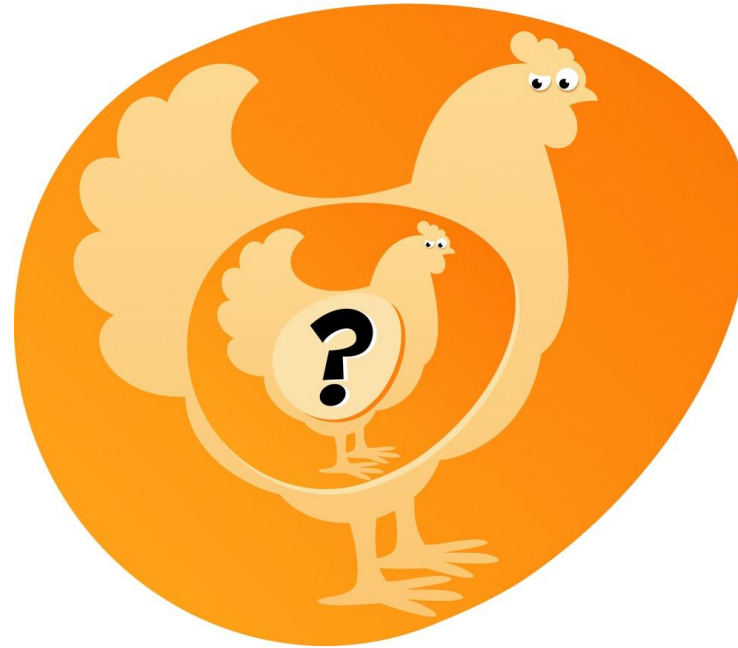
- ▶ Berechnung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen  
Methodik und Grundlagen / Verlauf der Ammoniakemissionen  
beim Geflügel zwischen 1990 und 2020
- ▶ Bewertung von emissionsmindernden Techniken:  
Vorgehen der Nationalen Drehscheibe Ammoniak
- ▶ Messungen der HAFL mit folgenden Zielen:
  - ▶ Emissionsreduktion durch WRG/Wärmetauscher in einem  
Pouletmaststall
  - ▶ Revision des Emissionsfaktors Stall Mastpoulets in Agrammon

# Agrammon selber ausprobieren

- ▶ [www.agrammon.ch](http://www.agrammon.ch)
- ▶ [www.ammoniak.ch](http://www.ammoniak.ch)

Eingabe-Parameter	Zum Editieren anklicken	Einheit	Hilfe	Komme...
Tierkategorie	Mastpoulets	-		
Anzahl Tiere	12'000	-		
Anzahl Tierplätze im Stall	12'000	-		
N Ausscheidung	<i>Standard</i>	kg N/Jahr		
TAN Anteil der N Ausscheidung	<i>Standard</i>	%		
Haben die Tiere Zugang zu einer Weide?	Nein	-		
Aufstallung	Bodenhaltung	-		
Entmistungsintervall bei Kotbandentmistung	weniger als 2 mal pro Monat	-		
Tränkesystem	Nicht tropfendes Tränkesystem	-		
Abluftreinigung	keine	-		
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Stall (siehe Spalte Hilfe)	0	%		

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



**Stefan Gfeller**  
**BFH-HAFL**  
Agronomie  
wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Leiter Digitalisierung und neue Technologien  
[stefan.gfeller@bfh.ch](mailto:stefan.gfeller@bfh.ch)  
031 848 51 66