

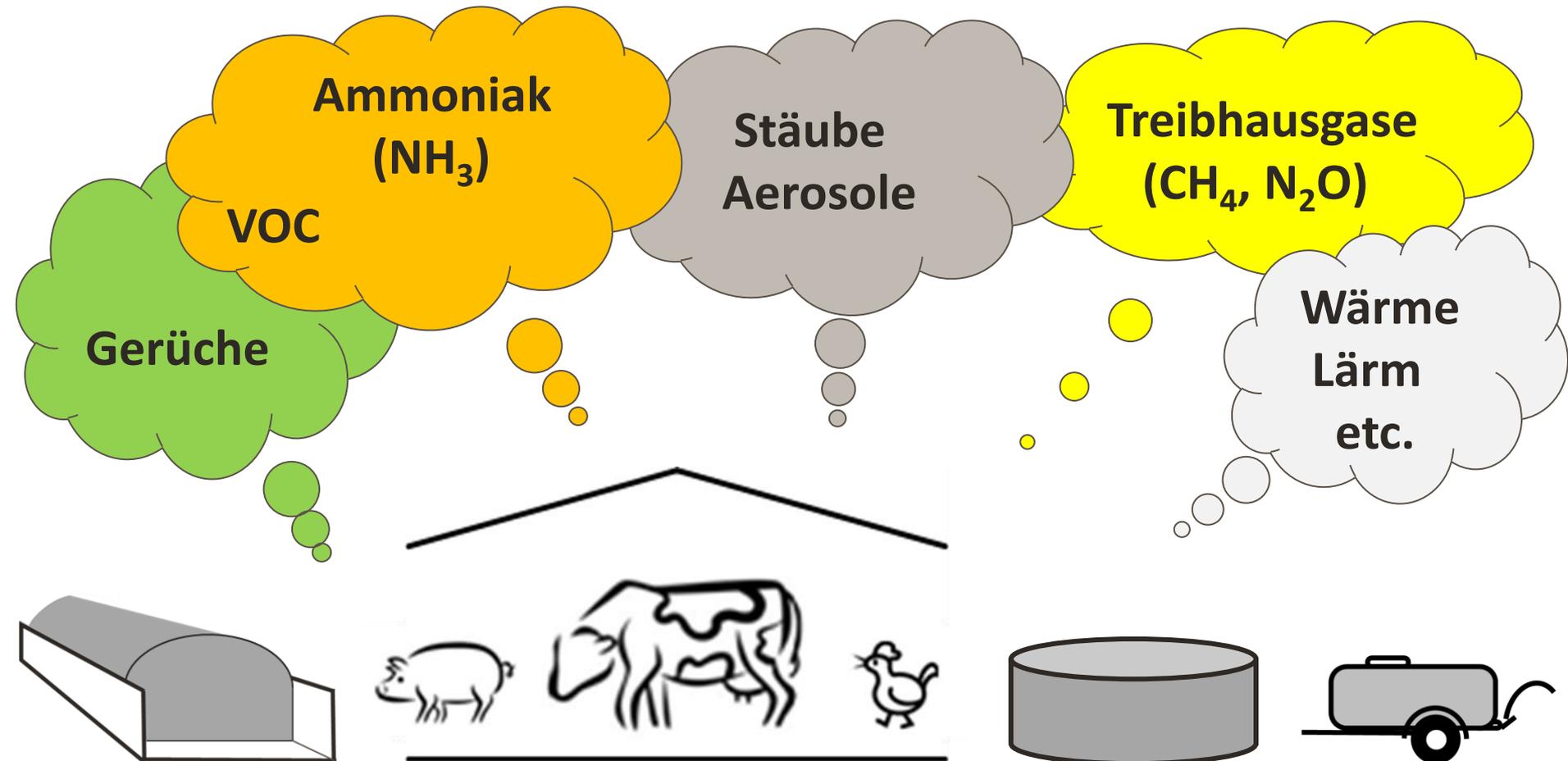
LfULG Fachtag Bau und Technik
Köllitsch, 29. November 2023

Maßnahmen und Möglichkeiten zur Emissionsminderung

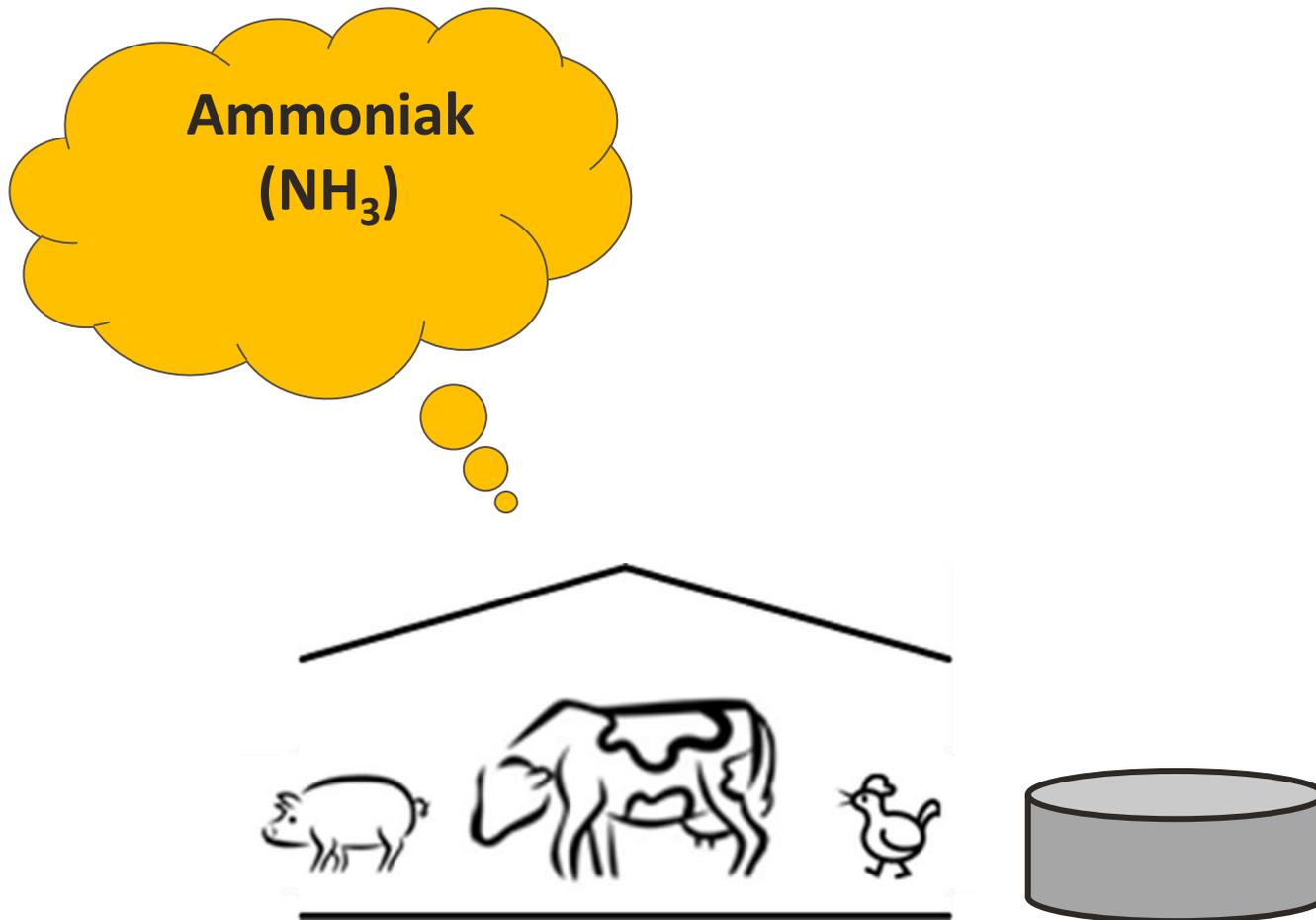
Dr. Manfred Trimborn

Institut für Landtechnik
Universität Bonn

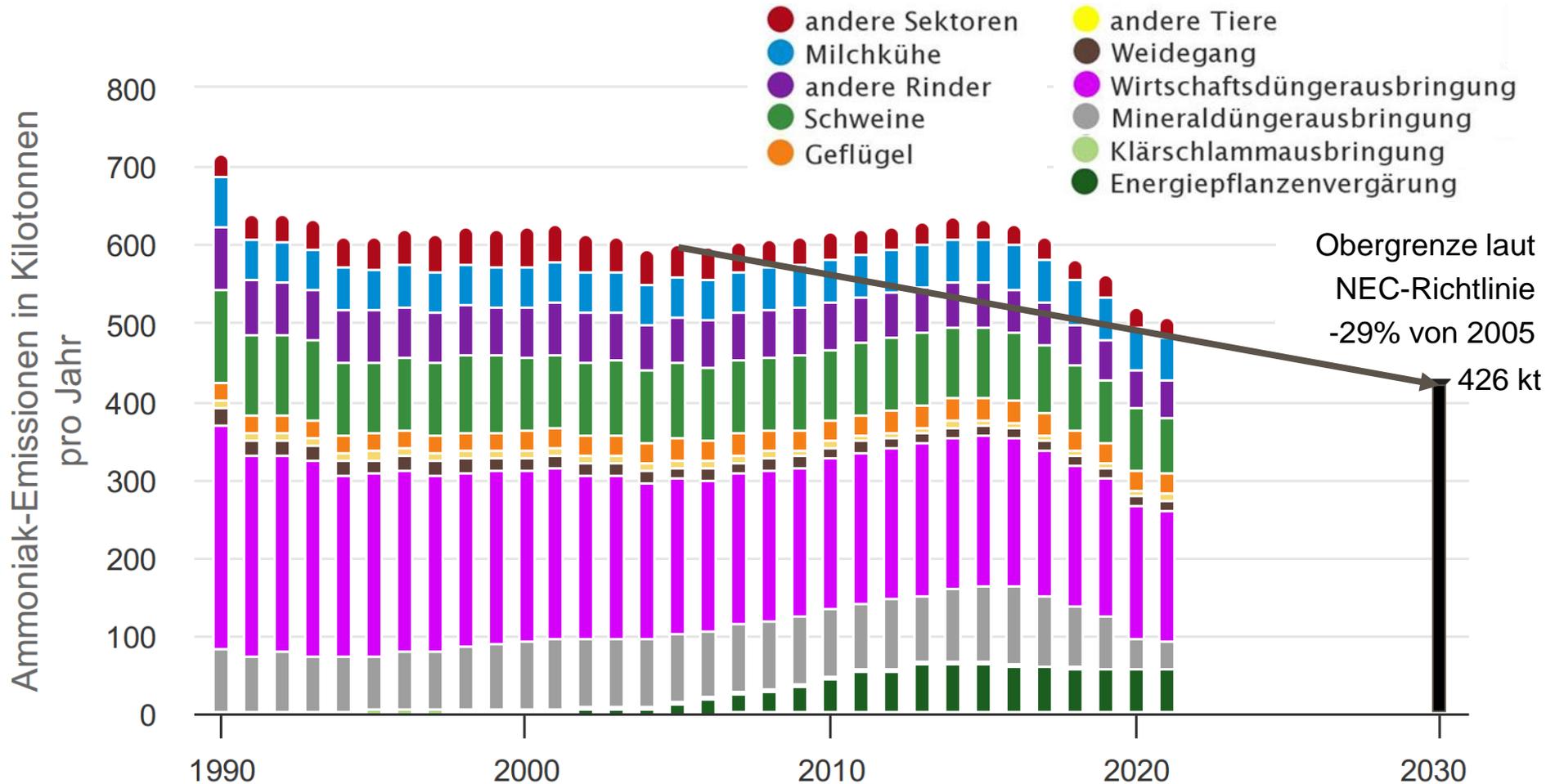
Emissionen im viehhaltenden Betrieb



Emissionen im viehhaltenden Betrieb



NH₃-Emissionen in Deutschland 1990-2020



©Thünen-Institut

Inhalt

- Wo entsteht Ammoniak?
- Wie entsteht Ammoniak?
- Was beeinflusst die Entstehung und Freisetzung?
- Wie lassen sich diese reduzieren?
- Welche Minderungsmaßnahmen lassen sich daraus ableiten?
- Wie effizient sind diese?

Stickstofffluss im landwirtschaftlichen Betrieb

Futter

Tier

Ausscheidungen



Stall

Lager



Ausbringung

Acker/Weide



Stickstofffluss im landwirtschaftlichen Betrieb

Futter

Tier

Ausscheidungen



Stall

Lager



Ausbringung

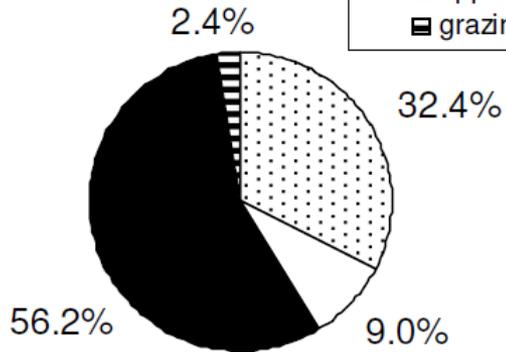
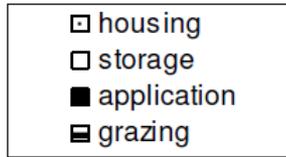
Acker/Weide



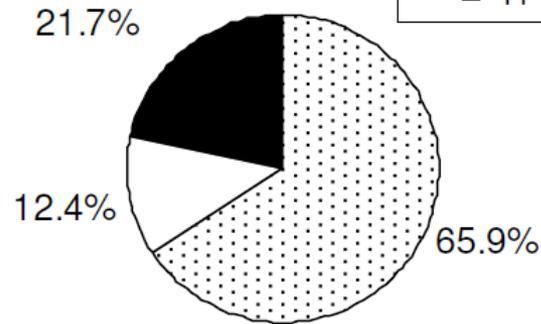
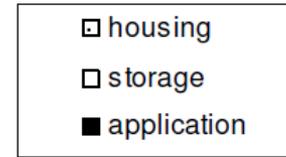
Quellen von Ammoniak nach Tierarten

(Haenel et al. 2018: Thünen-Report 57)

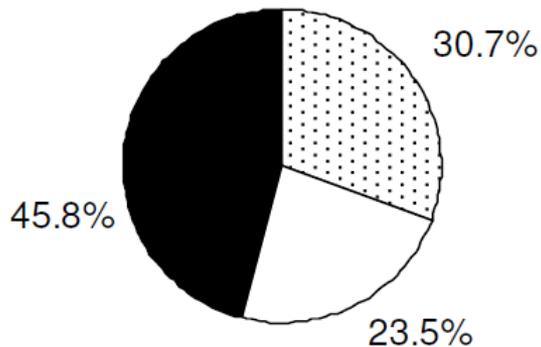
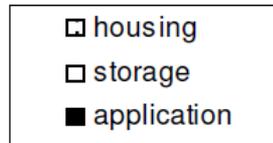
dairy cows 2016



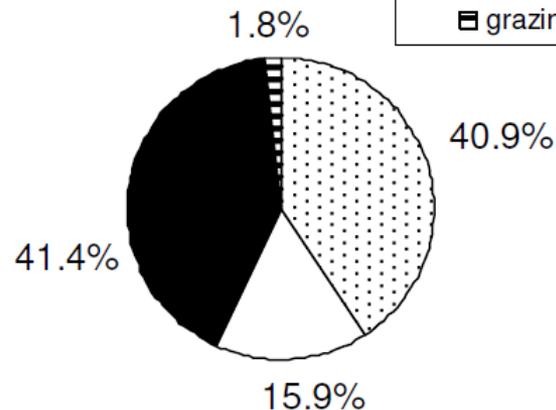
fattening pigs 2016



broilers 2016



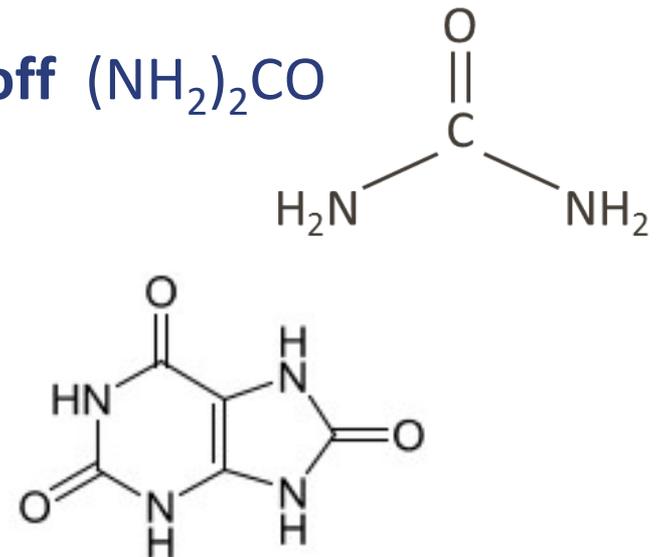
all animals 2016



Bereiche:
Stall
Lagerung
Ausbringung
Weidegang

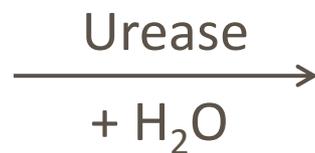
Wie kommt es zur Bildung von NH_3 ?

- Zersetzung von stickstoffhaltigem organischen Material
- Verdauung oder Abbau (körpereigener) N-haltiger Verbindungen
- Entgiftung durch Umbau zu **Harnstoff** $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ oder Harnsäure $(\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3)$
- N-Ausscheidung über Urin (75%) oder Kot (25%)



Abbau von Harnstoff

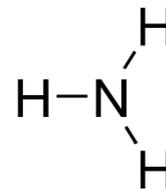
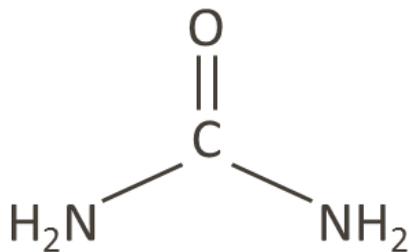
Harnstoff
(NH₂)₂CO



Ammoniak
NH₃

+

Kohlendioxid
CO₂



NH₃-Minderungsstrategien

1. Strategie: N-Ausscheidung (Harnstoff) verringern

-> Fütterungsmaßnahmen

- bedarfsgerechte Fütterung
- Phasenfütterung
- Futterzusätze

20 %
Emissions-
minderung
nach TA Luft

-> Futterverluste im Stall reduzieren

2. Strategie: schneller Abtransport des Urins aus dem Stall

-> Kot-Harn-Trennung
(im Idealfall mit separater Urin-Lagerung)

- Kuhtoilette
- Schweinetoilette 
- Rinnenboden (Schrägboden)
- Unterflurschieber-Entmistung mit Kot-Harn Trennung 



Kuhtoilette



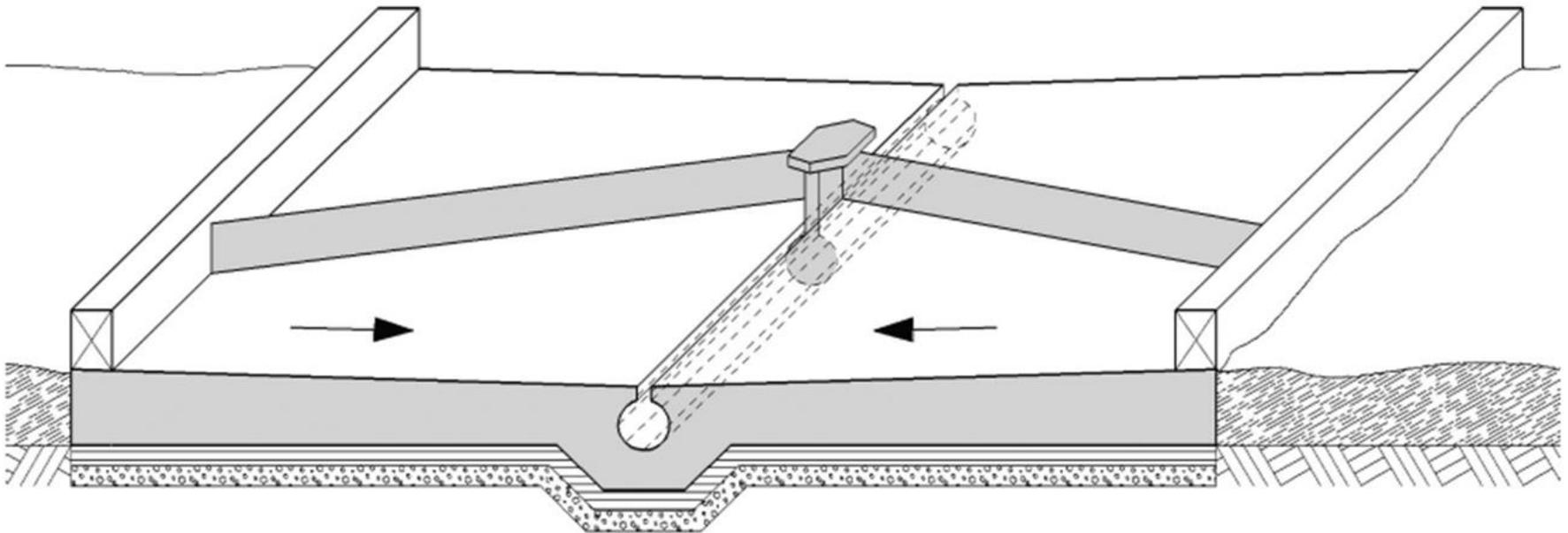
www.landwirtschaftskammer.de

Schweineteilette



www.bigdutchman.de

Laufflächen mit 3 % Quergefälle und Harnsammelrinne in Laufställen für Milchkühe



20 % Emissionsminderung nach
M. Zähler und S. Schrade (2020)

Unterflurschieber-Entmistung mit Kot-Harn Trennung



49 % Emissionsminderung nach
Hagenkamp-Korth et al., (2023)



3. Strategie: Abbau von Harnstoff unterbinden

-> Einsatz von Urease-Inhibitoren

- seit langem zugelassen in der Düngung
- im Stall noch nicht Stand der Technik
- im Kuhstall erfolgreich erprobt
- im Schweinestall im Test



Urease-Inhibitor (UI) in der Schweinmast



Zwangslüftung, Vollspaltenboden

planbefestigter Auslauf



H. Schulte



M. Felixberger

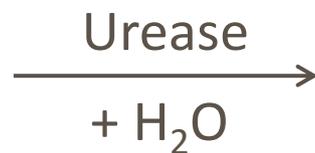
20 %

(32 %)

Emissionsminderung nach *Hagenkamp-Korth et al., (2023)*

Was passiert mit dem Kot-Harn Gemisch im Stall?

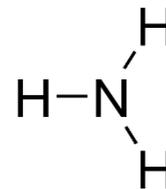
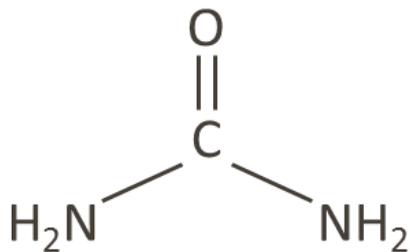
Harnstoff
(NH₂)₂CO



Ammoniak
NH₃

+

Kohlendioxid
CO₂



Löslichkeit von Ammoniak

Ammoniak
NH₃

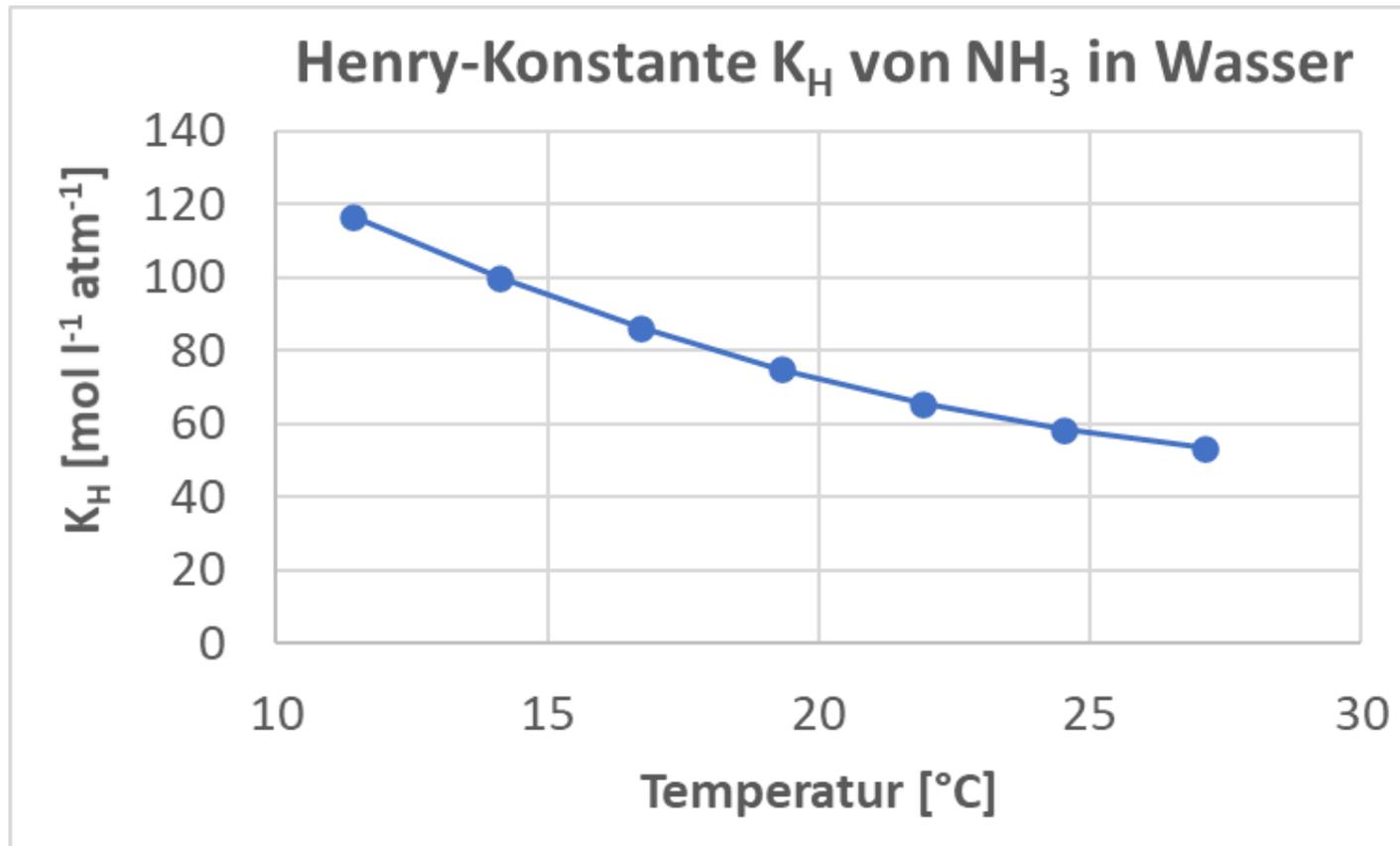
Kohlendioxid
CO₂

gelöst als Gase im Wasser

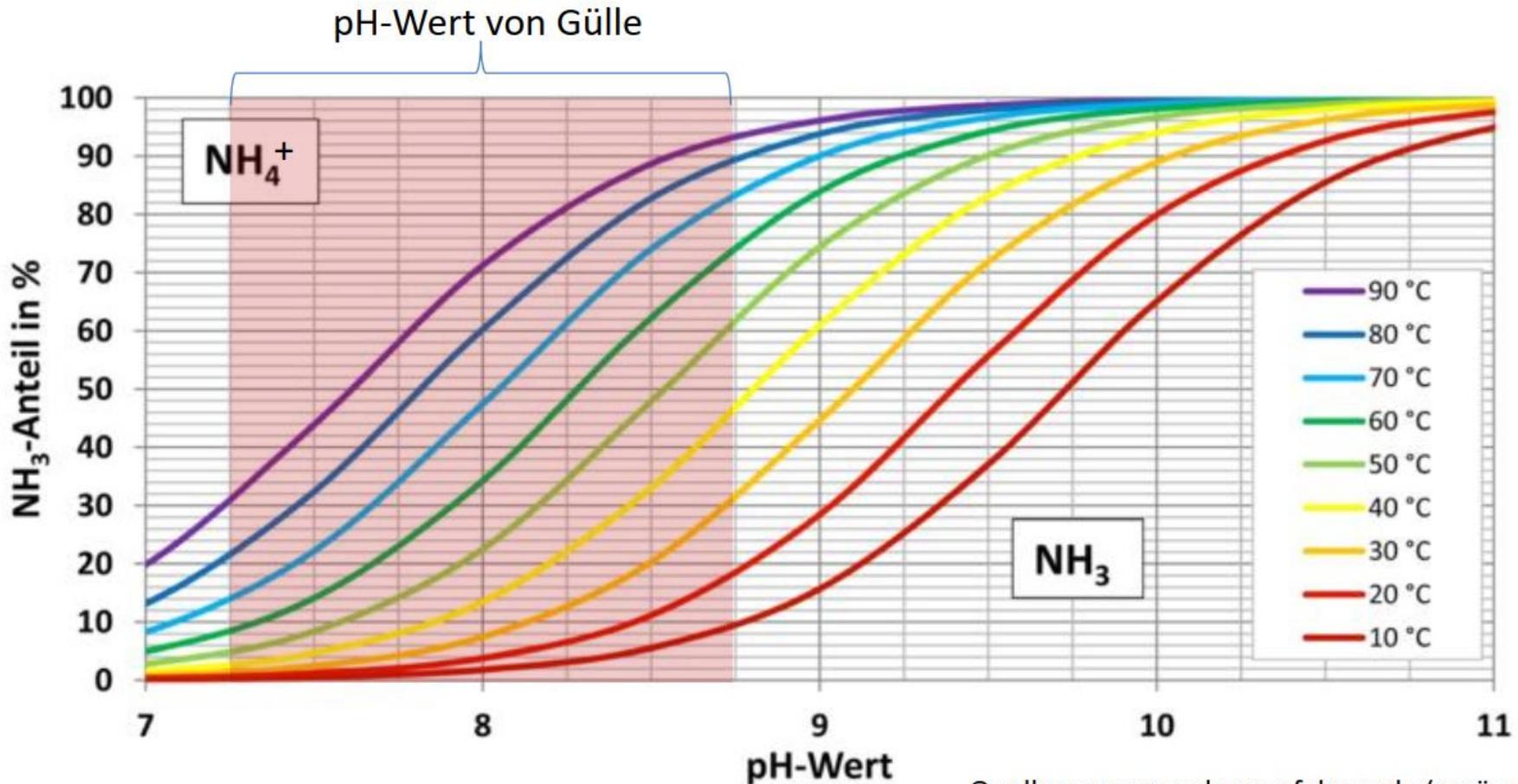
Löslichkeit ist temperaturabhängig

hohe Temperatur -> geringe Löslichkeit -> hohe Ausgasung

Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Ammoniak



Ammoniak (NH_3) / Ammonium (NH_4^+) - Gleichgewicht in Abhängigkeit des pH-Werts und der Temperatur



Quelle: www.pondus-verfahren.de (verändert)

4. Strategie: Verminderte Ausgasung durch Kühlung

-> Beschattung, Isolierung, Kühlung

- Beschattung im Auslauf
- Isolierte Stall- und Lagergebäude
- Zuluftkühlung
- Bodenkühlung
- Güllekühlung



Stallluftkühlung über

Kühlpads

Erdwärmetauscher



Quelle: T. Heidenreich 2015



Quelle: DLG 2005

ACO Funki GmbH

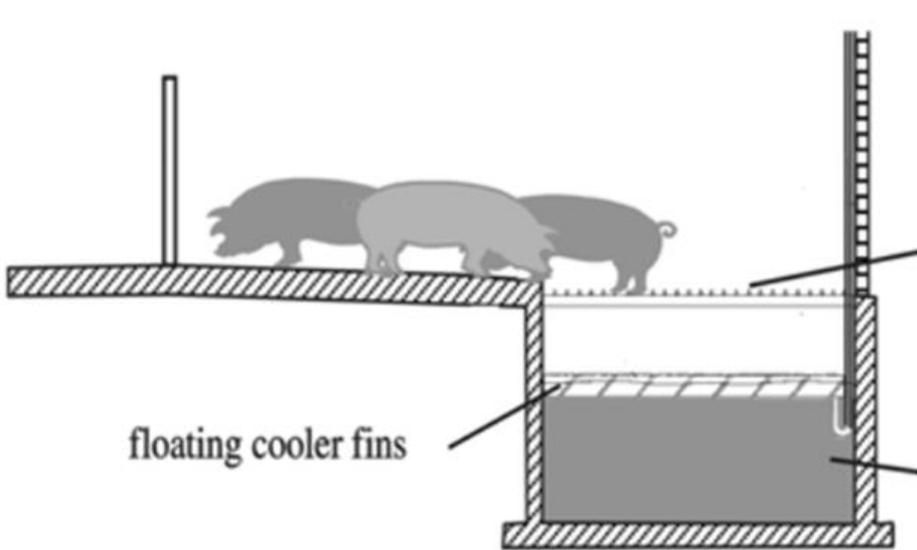
Erdwärmetauscher „Opti-Klima“

Temperatur-Ausgleichswirkung

DLG-Prüfbericht 5520F

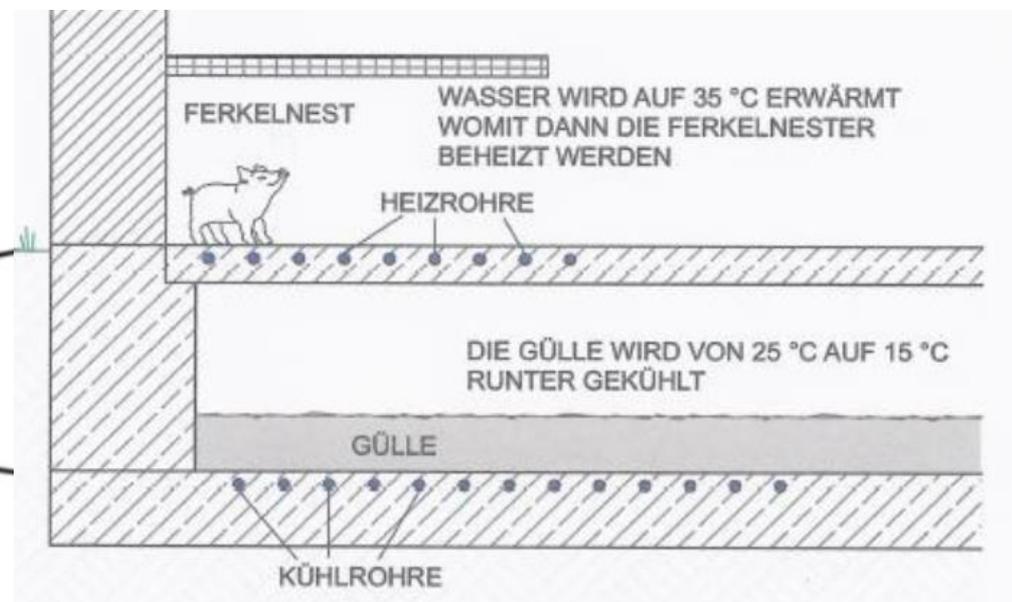
Gülle Kühlung

Schwimmende Wärmetauscherlamellen für Güllekanäle



Quelle: B. Eurich-Menden/S. Wulf 2017

Kühlrohre im Boden



Quelle: D. Hesse 2013

Gülleabfuhr mit Zieltemperatur der Gülle < 15°C



47 % Emissionsminderung
nach *Wokel & Gallmann (2023)*



Löslichkeit von Ammoniak

Ammoniak
NH₃

Kohlendioxid
CO₂

gelöst als Gase im Wasser

Löslichkeit ist temperaturabhängig

Reaktion von Ammoniak im Wasser

Ammoniak
 NH_3

Kohlendioxid
 CO_2

gelöst als Gase im Wasser

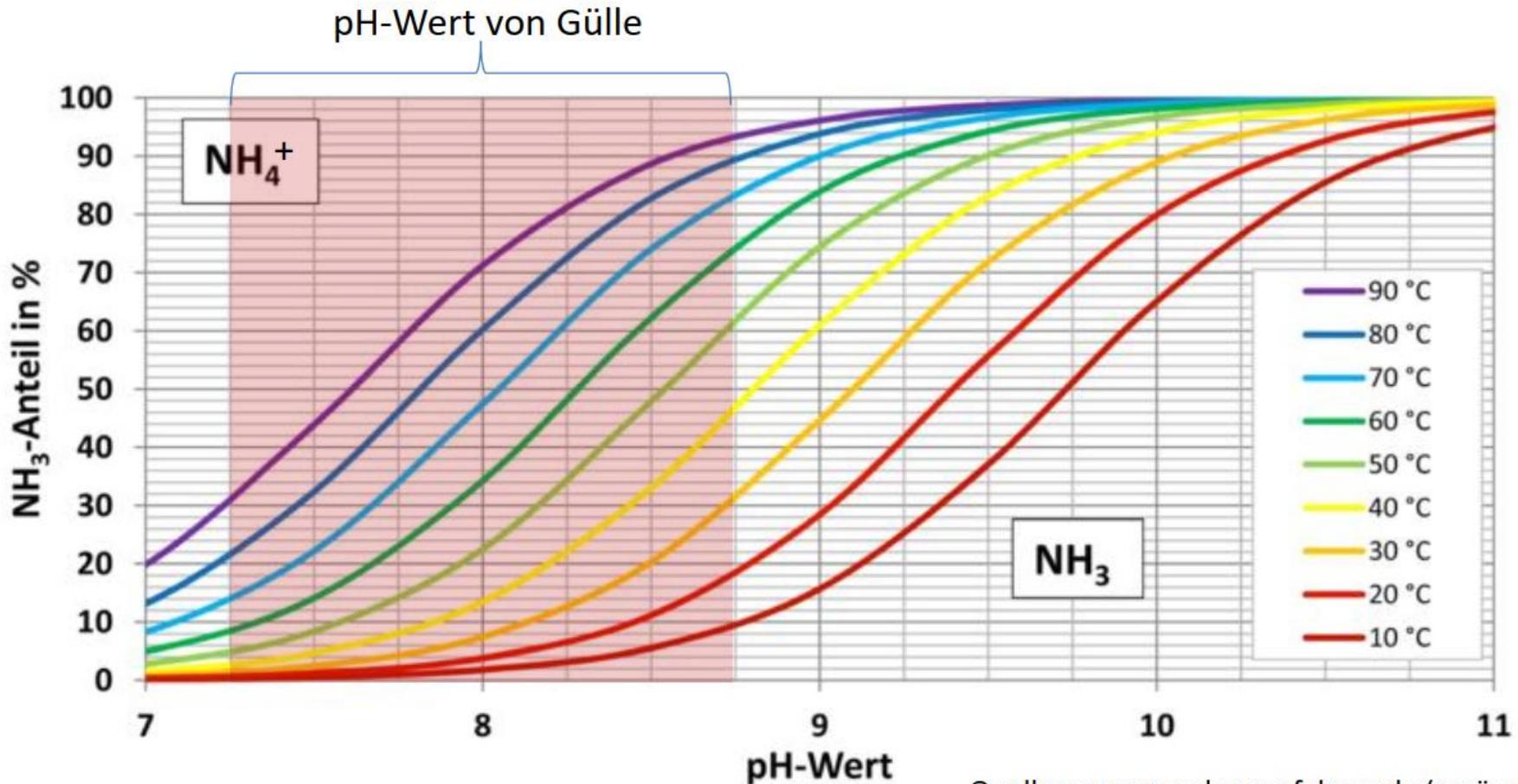


Ammonium
 NH_4^+

Hydrogencarbonat
 HCO_3^-

gebunden als Ion im Wasser
abhängig von Temperatur
und pH-Wert

Ammoniak (NH_3) / Ammonium (NH_4^+) - Gleichgewicht in Abhängigkeit des pH-Werts und der Temperatur



Quelle: www.pondus-verfahren.de (verändert)

5. Strategie: Verminderte Ausgasung durch Ansäuern

-> pH-Wert Verschiebung durch Säurezugabe oder interner Versauerung

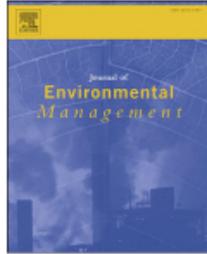
- Ansäuern im Stall
- Ansäuern im Lager
- Ansäuern vor oder während der Ausbringung



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Environmental Management

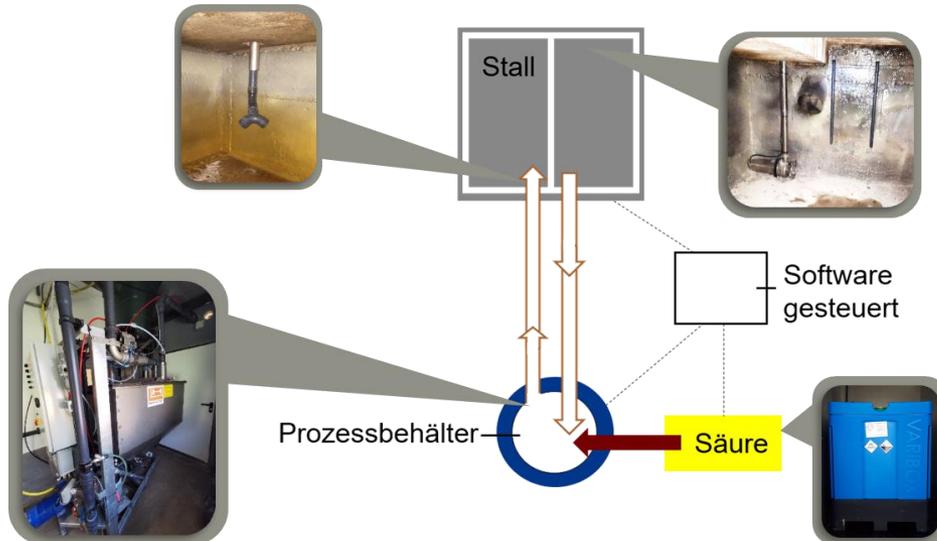
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman



Research article

Acidification of slurry to reduce ammonia and methane emissions: Deployment of a retrofittable system in fattening pig barns

Veronika Overmeyer^{a,*}, Manfred Trimborn^a, Joachim Clemens^b, Richard Hölscher^c,
Wolfgang Büscher^a



**39 % Emissionsminderung
nach Overmeyer et al. (2023)**

Ausgasung von Ammoniak in die Luft

Austausch mit der Luft abhängig von:



Ammoniak
NH₃

Kohlendioxid
CO₂

gelöst als Gase im Wasser

- Größe der emittierenden Oberfläche
- Konzentrationsgradient zwischen Flüssigkeit und Luft
- Luftbewegung / Turbulenz

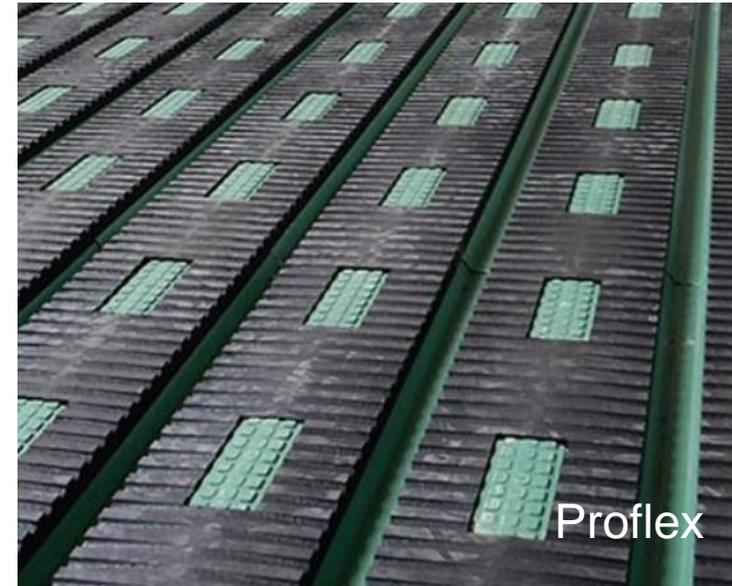
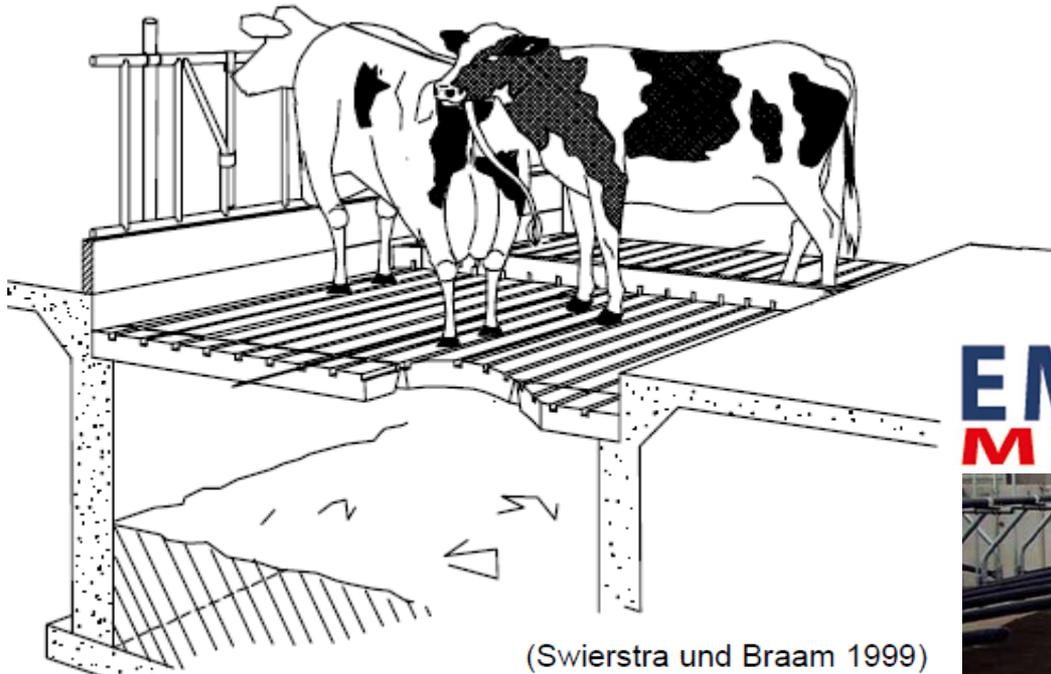
6. Strategie: Verkleinerung der emittierenden Oberfläche

-> Laufflächengestaltung, Güllekanal-Verkleinerung

- Rinnenboden
(planbefestigt mit Kammschieber)
- schräge Wände im Güllekanal
- erhöhte Fressstände
- Buchten mit Funktionsbereichen
- Sitzstangen

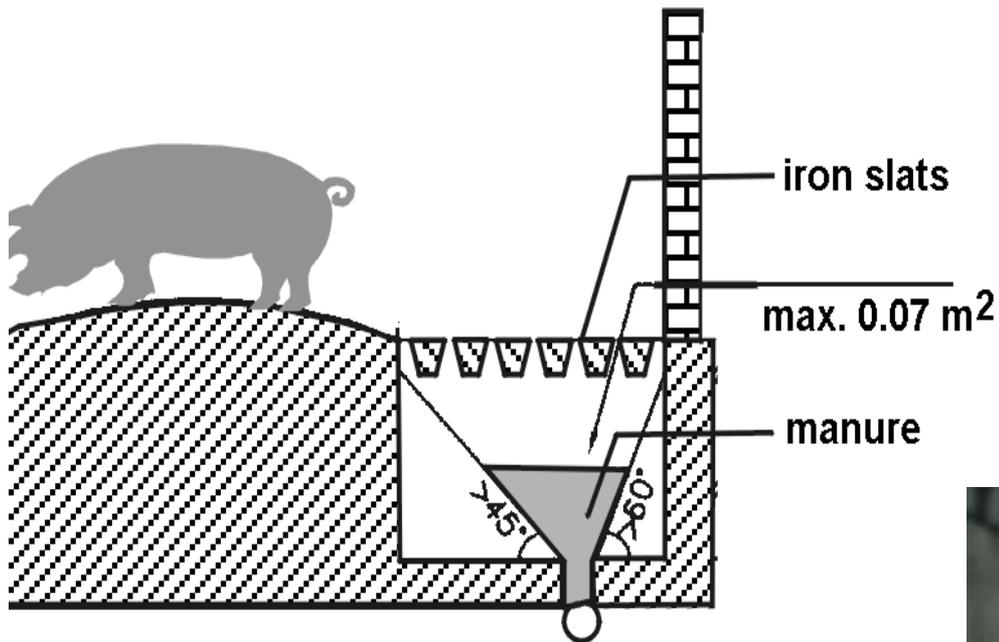


Rinnenboden (planbefestigt mit Kammschieber)



keine Emissionsminderung
nachweisbar *Janke et al. (2023)*

Geneigte Seitenwände im Güllekanal

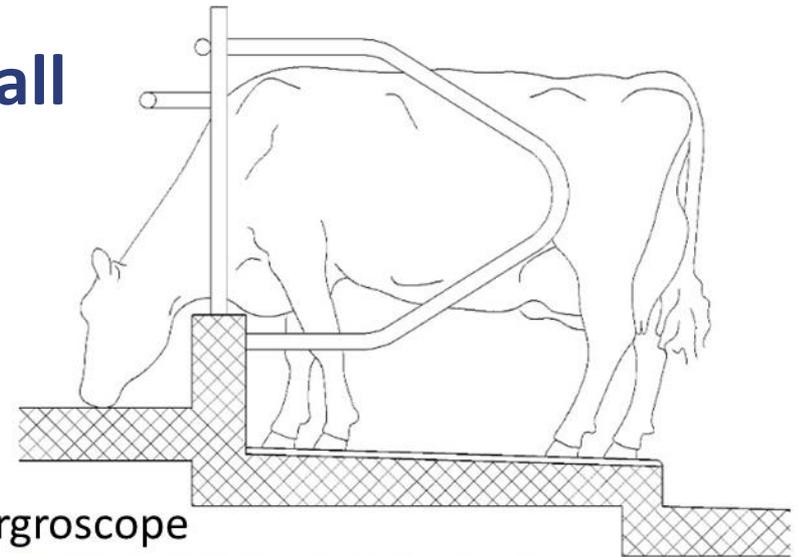


32 % Emissionsminderung
nach *Wokel & Gallmann (2023)*



Erhöhte Fressstände im Rinderstall

8 -19 % Emissionsminderung
nach *Zähner und Schrade* (2020)



argroscope



argroscope



B. Benz

7. Strategie: schnelles Ableiten des Emittenten intensiveres Reinigen der Oberflächen

-> Sauberkeit im Stall

- Bodengestaltung
- Kotband
- Schieberfrequenz erhöhen
- Reinigungsroboter
- Wassersprüheinrichtung
- Spülung der Güllekanäle

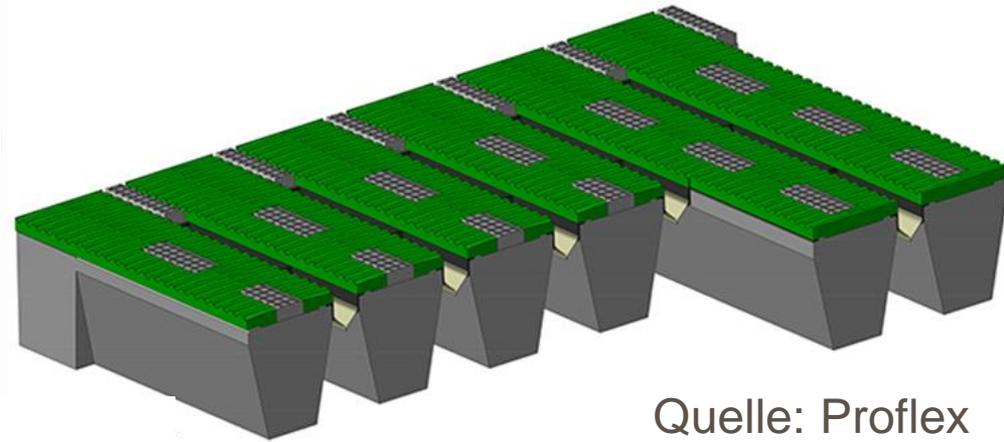
8. Strategie: verringerter Luftaustausch über dem Emittenten

-> Lüftungssteuerung, Abdeckung, Abschottung

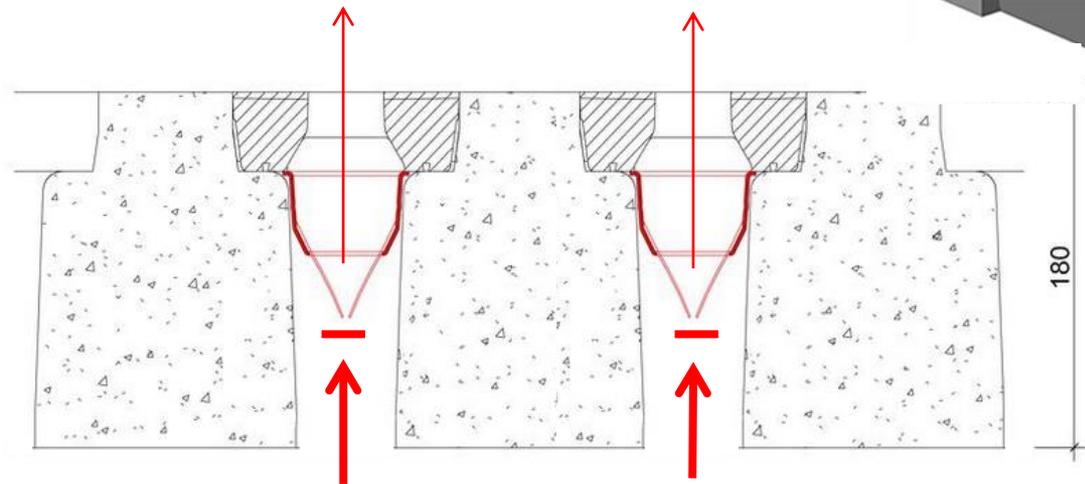
- Luftführung im Stall
(Unterflurabsaugung erhöht den NH_3 -Austrag)
- Emissionsschutzklappen im Spaltenboden
- Schwimmschichtbildung auf Güllelagern
- Abdeckung von Güllelagern



Emissionsschutzklappen im Spaltenboden



Quelle: Proflex



NH₃, CH₄, Geruch

Flüssigmist

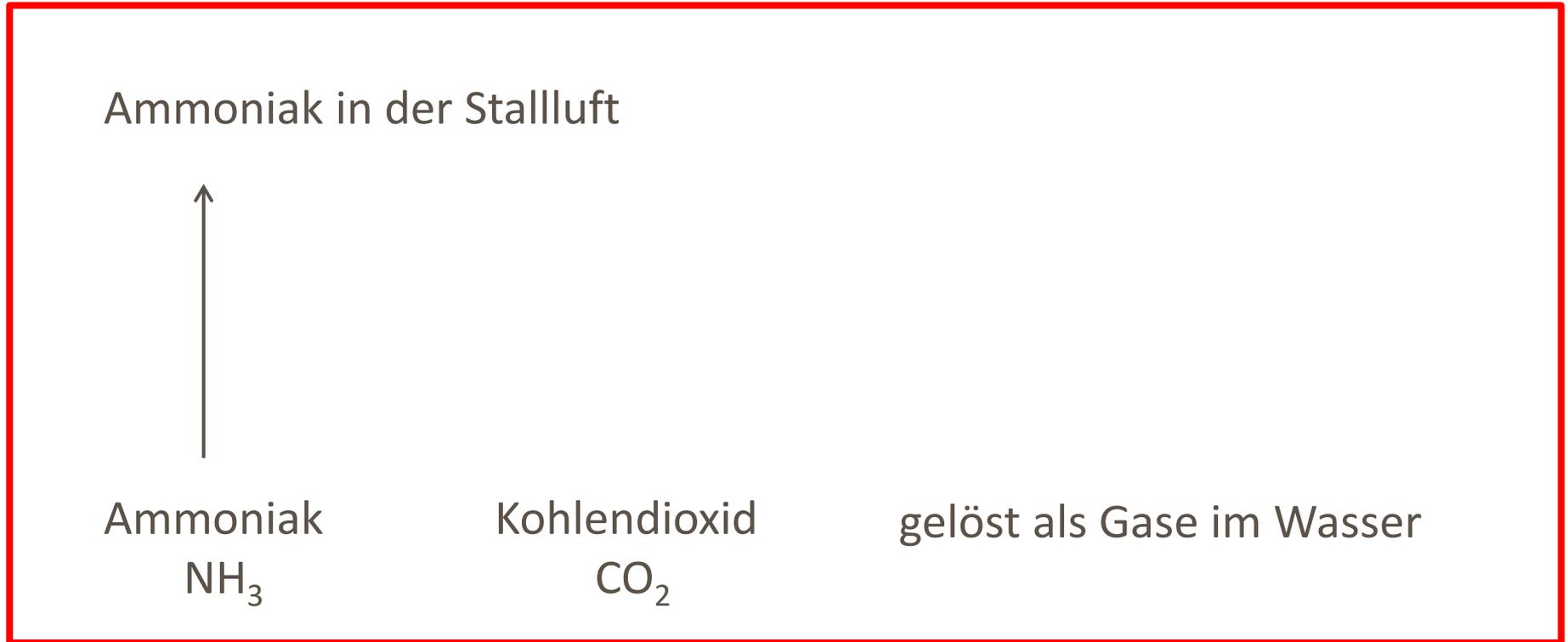
Eco-Boden, AndersBeton (verändert)



Quelle: KTBL

**Emissionsminderung < 20%
nach Janke et al. (2023)**

Ammoniak in der Stallluft



9. Strategie: Abluftreinigung

-> Stand der Technik, aber „end of pipe“-Technologie

- Unterflur-Absaugung
- Abluftreinigung (Chemowäscher, Rieselbettreaktor mit pH-Regulierung)
- beschränkt möglich bei Offenklmaställen

10. Strategie: Kombination verschiedener Maßnahmen

- sinnvolles Beispiel:
Ureaseinhibitoren x Unterflurschieber-Entmistung



- sinnloses Beispiel:
Flüssigmistansäuerung x Flüssigmistkühlung

- Effekt auf das Minderungspotential?
Addition / Multiplikation?



Ureaseinhibitor (UI)

Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung

Mast

freie Lüftung mit Auslauf

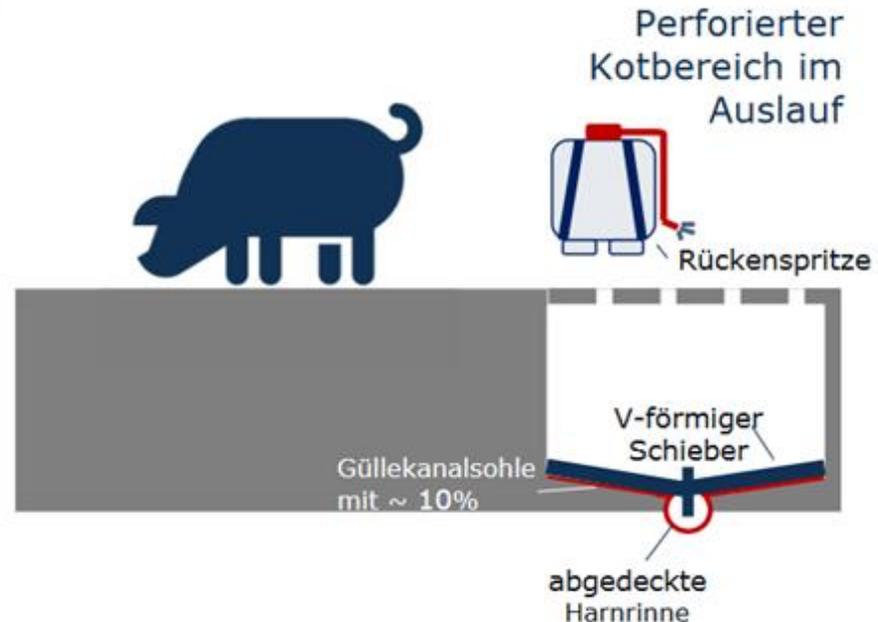
2 Ställe

Unterflurschieber:

- Kot - Harn -Trennung
- Harnrinne
- 10% Gefälle

Ureaseinhibitor:

- Applikation 1x tgl.
- 50 mg/m² UI
- 50 ml/m² Aufwandmenge



64 % Emissionsminderung nach
Hagenkamp-Korth et al., (2023)

Bewertung der NH₃-Emissionspotenziale von Haltungsverfahren



Startseite

Infothek

Export



Die drei Bewertungsaspekte



100 **KTBL**
Jahre | 1923
2023

www.ktbl.de/themen/emissionstagung

*Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!*