



Foto: B. Eurich-Menden



Foto: K. Wagner

# Emissionsminderungsmaßnahmen für Ammoniak in der Milchvieh- und Mastschweinehaltung

**Dr. Ulrike Wolf**

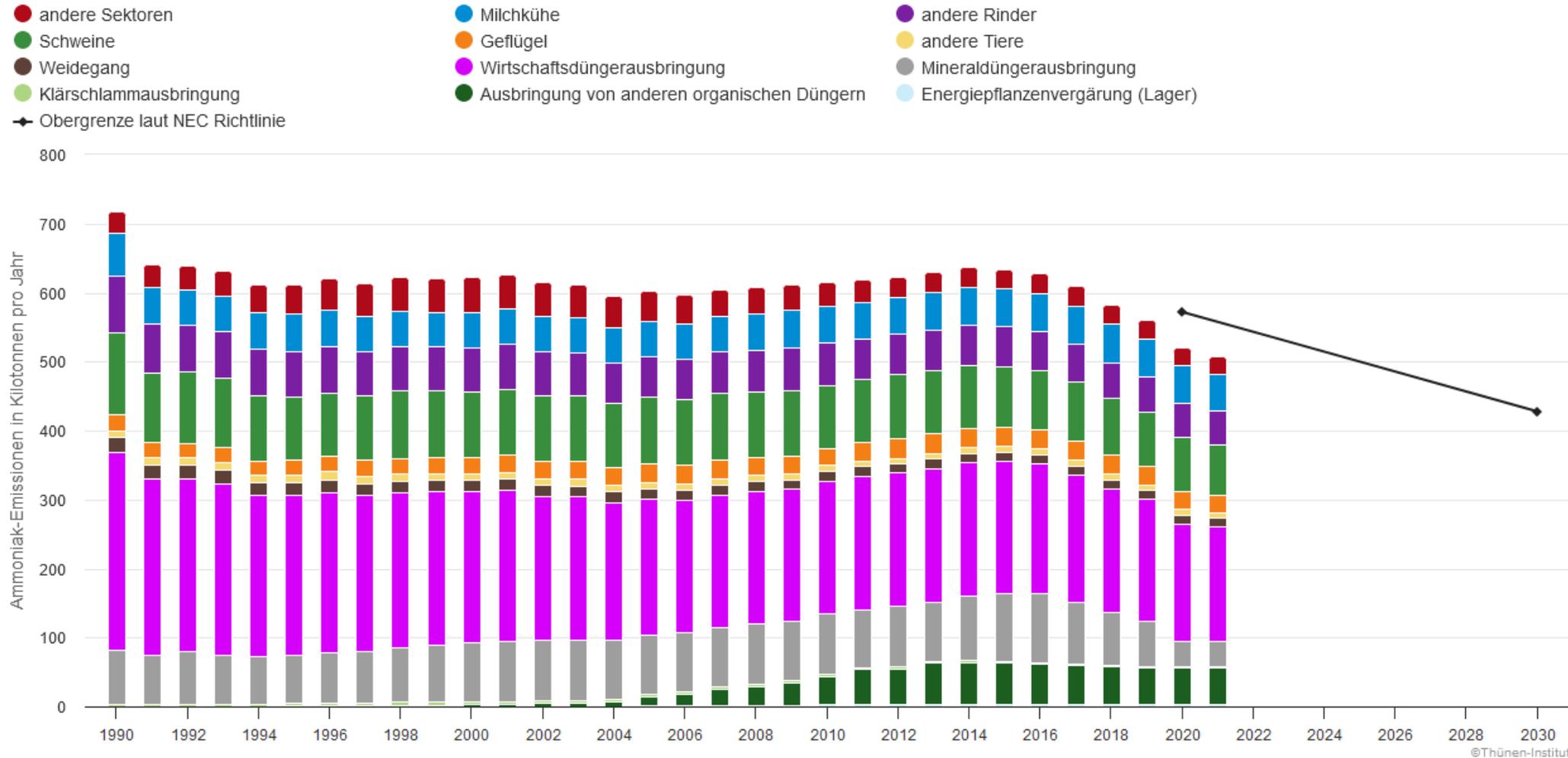
Dr. K. Wagner, Dr. B. Eurich-Menden, E. Grimm

ALB Hessen Winterprogramm, Eichhof, 22.11.2023

- Ammoniak aus der Tierhaltung
- Möglichkeiten der Emissionsminderung
  - Fütterung
- Baulich-technische Maßnahmen (Projekt EmiMin)
  - Rind
  - Schwein
- Erfahrungen zum Einsatz von Emissionsminderungsmaßnahmen – Ergebnisse aus Workshop 3 der KTBL-Emissionstagung
- Zusammenfassung

# Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft

## Ammoniak-Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2021



# Aktuelle Ammoniak-Emissionsraten

## Erhoben im Rahmen des Projekts EmiDaT

(„Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung)

→ Emissionsmessungen an Praxisställen nach VERA-Protokoll



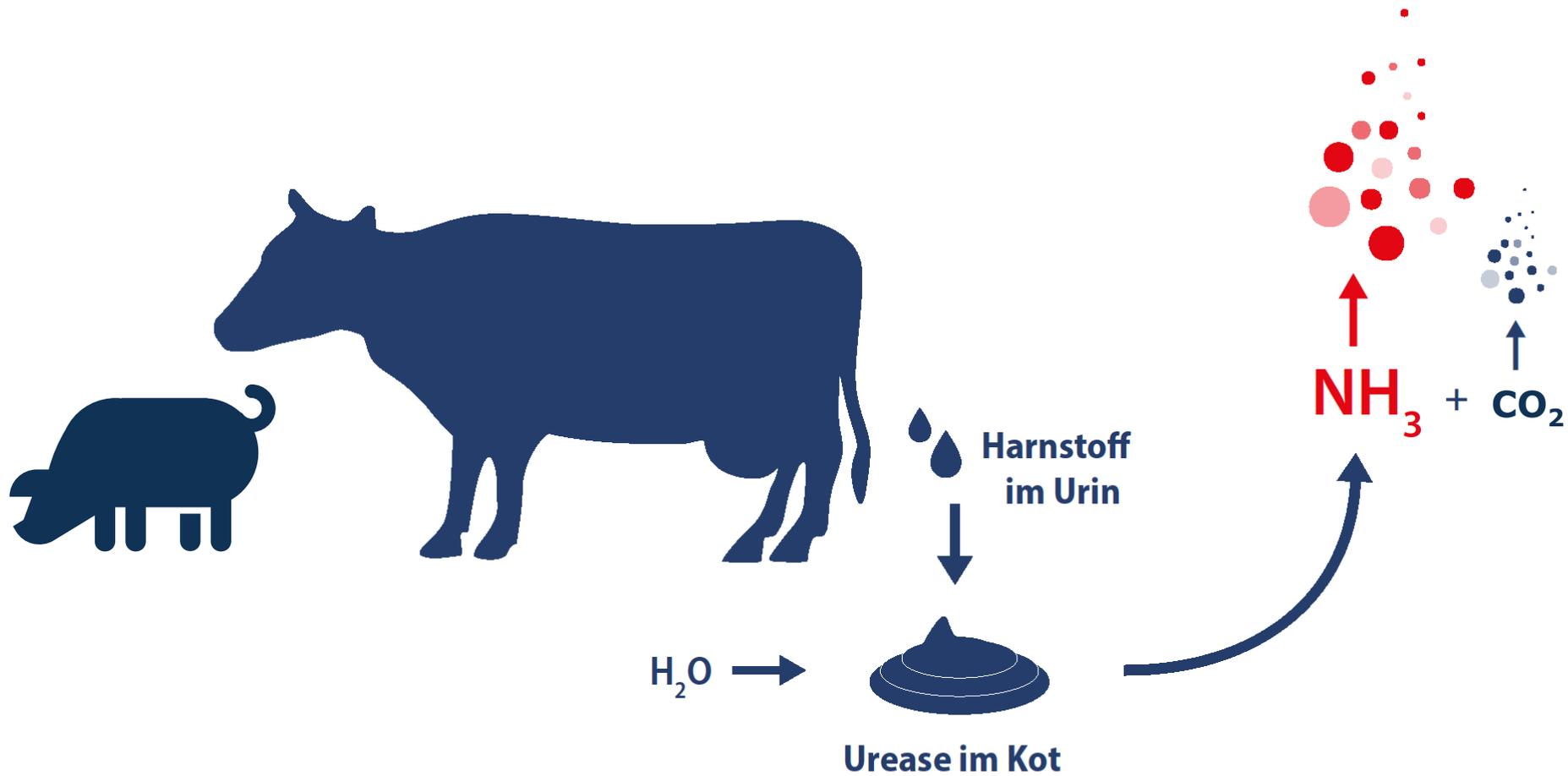
- **Milchvieh:** Mittelwert  $\text{NH}_3$ -Emissionen: **10,0 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  / (TP\*Jahr)**

gilt für: Liegeboxenlaufställe mit Spaltenboden im Laufgang (entweder mit Güllekeller oder Gülleaußenlager) sowie Liegeboxenlaufställe mit planbefestigtem Laufgang

- **Mastschweinställe mit Auslauf:** Mittelwert  $\text{NH}_3$ -Emissionen: **2,6 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  / (TP\*Jahr)**

gilt für: Mastschweinställe mit Auslauf; Auslauf entweder mit Spaltenboden oder (teil-)eingestreut und planbefestigt  
Ergebnis veröffentlicht in *Wolf et al. 2023, Landtechnik 78 (3)*

# Entstehung von Ammoniak in der Tierhaltung



## Mastschweinehaltung - Vorgaben zur NH<sub>3</sub>-Minderung in der TA-Luft (2021):

- Abluftreinigung mit NH<sub>3</sub>-Minderung um **mindestens 70%** verpflichtend für G-Anlagen (IED-Anlagen) (Stallanlagen ab 2.000 Mastplätze)
  - V-Anlagen mit vereinfachten Genehmigungsverfahren (ab 1.500 Mastplätze): Einsatz von verfahrensintegrierten Techniken, die NH<sub>3</sub>-Emissionen um **mindestens 40%** senken
  - Tierwohlställe (Außenklimaställe): Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen **um 33%**
- in TA-Luft Angabe von diversen Verfahren zur Emissionsminderung (Anhang 11), baulich-technische Verfahren, Management und Fütterung
- Keine Anforderungen an **Rinderhaltung** in TA-Luft (2021) bzgl. Fütterung und Stallemissionen

## Prinzip: Verringerung der N-Ausscheidung der Tiere

→ nährstoffangepasste Fütterung

In der **TA-Luft (2021)** sind **Vorgaben** in Bezug auf die energie- und **nährstoffangepasste Fütterung** von Nutztieren verankert (5.4.7.1):

### Mastschweine:

- „Rohproteinangepasste Futtermischungen / Rationen sind in einer Mehrphasenfütterung einzusetzen“
  - Anwendung einer Fütterung mit „mindestens 3 Phasen“
- Festlegung max. Ausscheidungswerte in Abhängigkeit von der Tierleistung

### Neuer Standard- bzw. Referenzwert:

unter Anwendung der stark N/P-reduzierten Fütterung ist die **Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen um 20%** im Vergleich zu „Universal- bzw. Standardfütterung“ ohne Nährstoffanpassung nachzuweisen

Übersicht über aktuelle Fütterungsverfahren für Mastschweine in:  
DLG Merkblatt 418 (2019) und DLG kompakt Nr. 6/2020



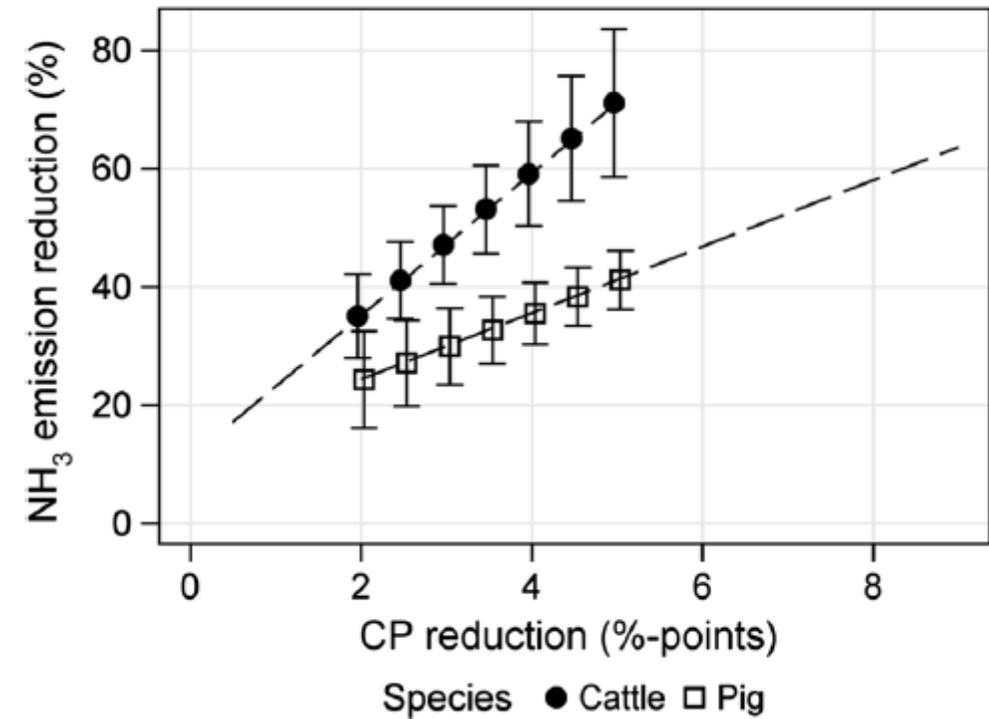
Minderungspotential hinsichtlich  $\text{NH}_3$ -Emissionen durch die gezielte Absenkung des Rohproteingehalts wurde insb. beim Schwein sehr gut untersucht

Sajeev et al. (2017):

**Absenkung des Rohproteingehalts (XP)** im Futter um 1% verringert  $\text{NH}_3$ -Emissionen

→ Rind: um **17%**

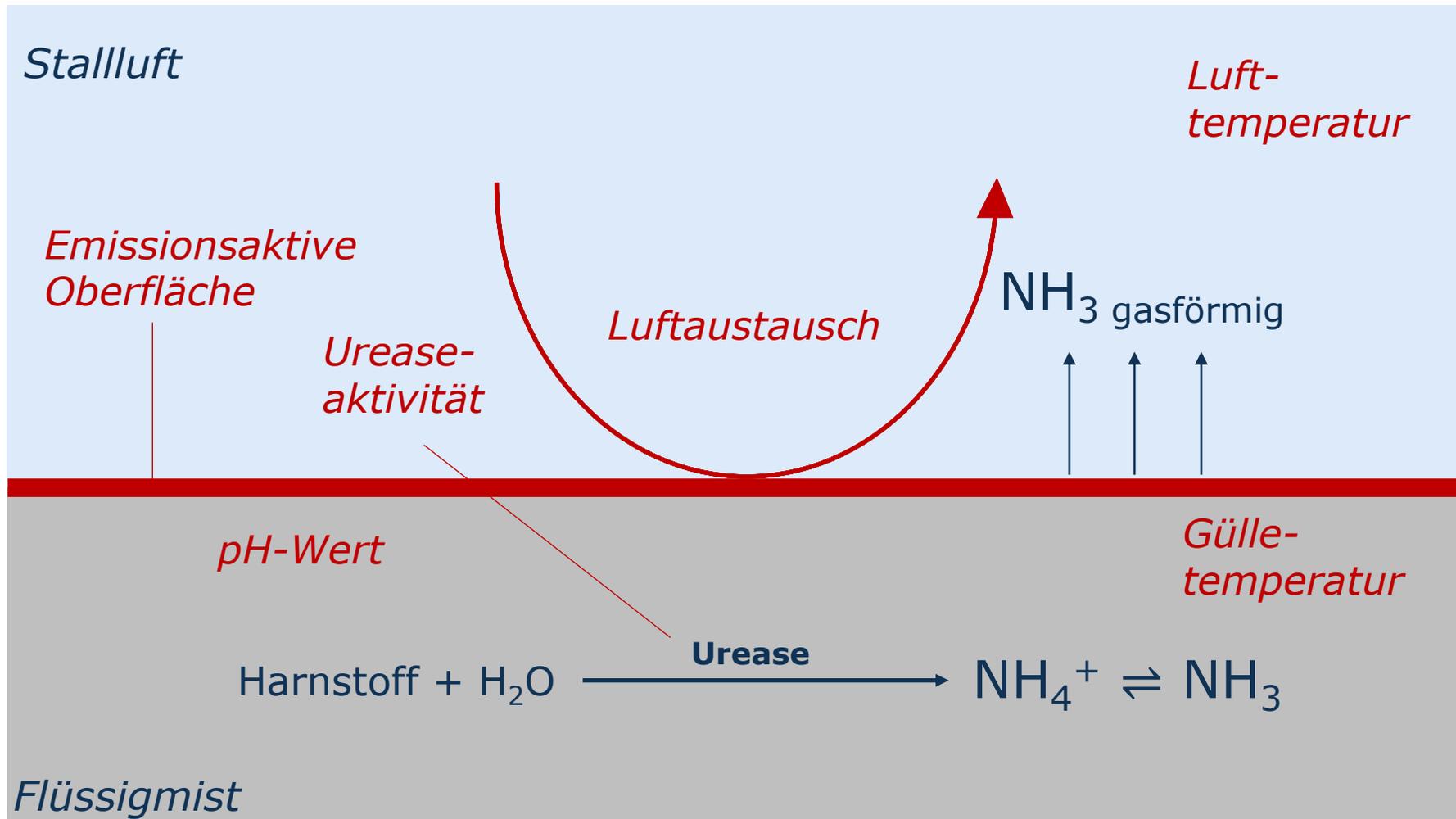
→ Schwein: um **11%**



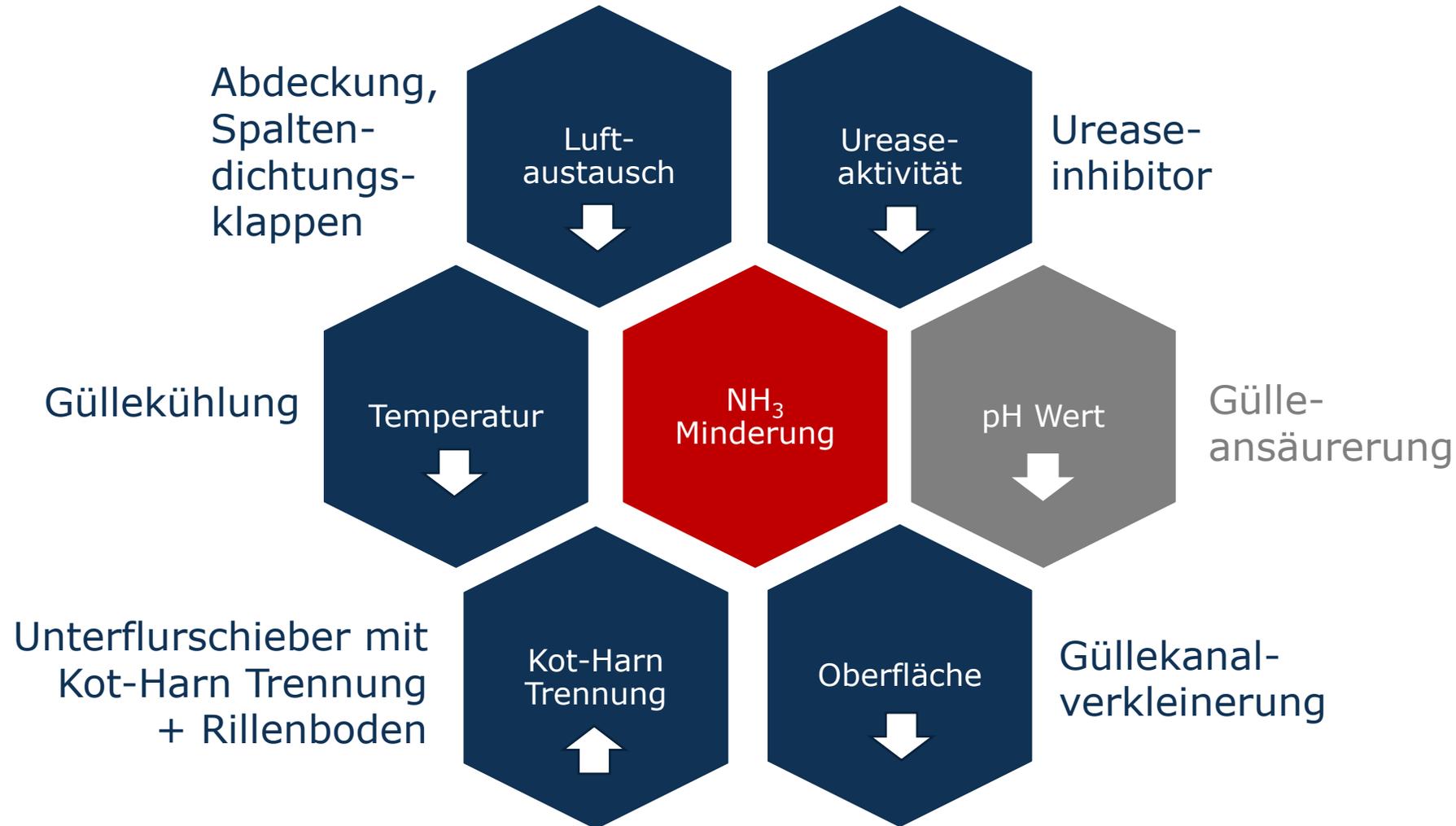
Quelle: Sajeev et al. (2017)

# Ammoniakbildung

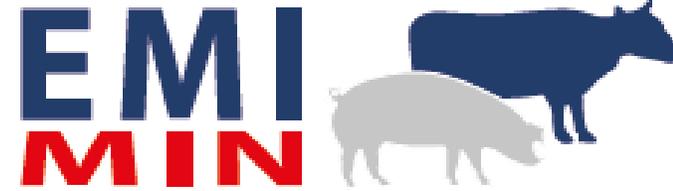
Einflussfaktoren bei der Bildung von Ammoniak:



# Möglichkeiten zur Minderung



# Minderungsmaßnahmen



## Verbundvorhaben „EmiMin“: „EmissionsMinderung Nutztierhaltung“

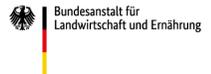
→ Untersuchung von verfahrensintegrierten, baulich-technischen Maßnahmen zur Emissionsminderung

Gefördert durch

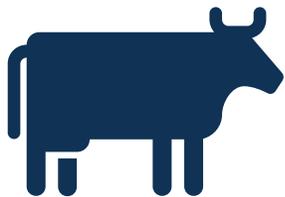


aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projekträger

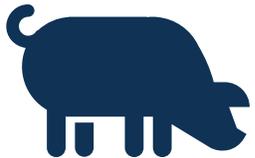


### Rinderhaltung



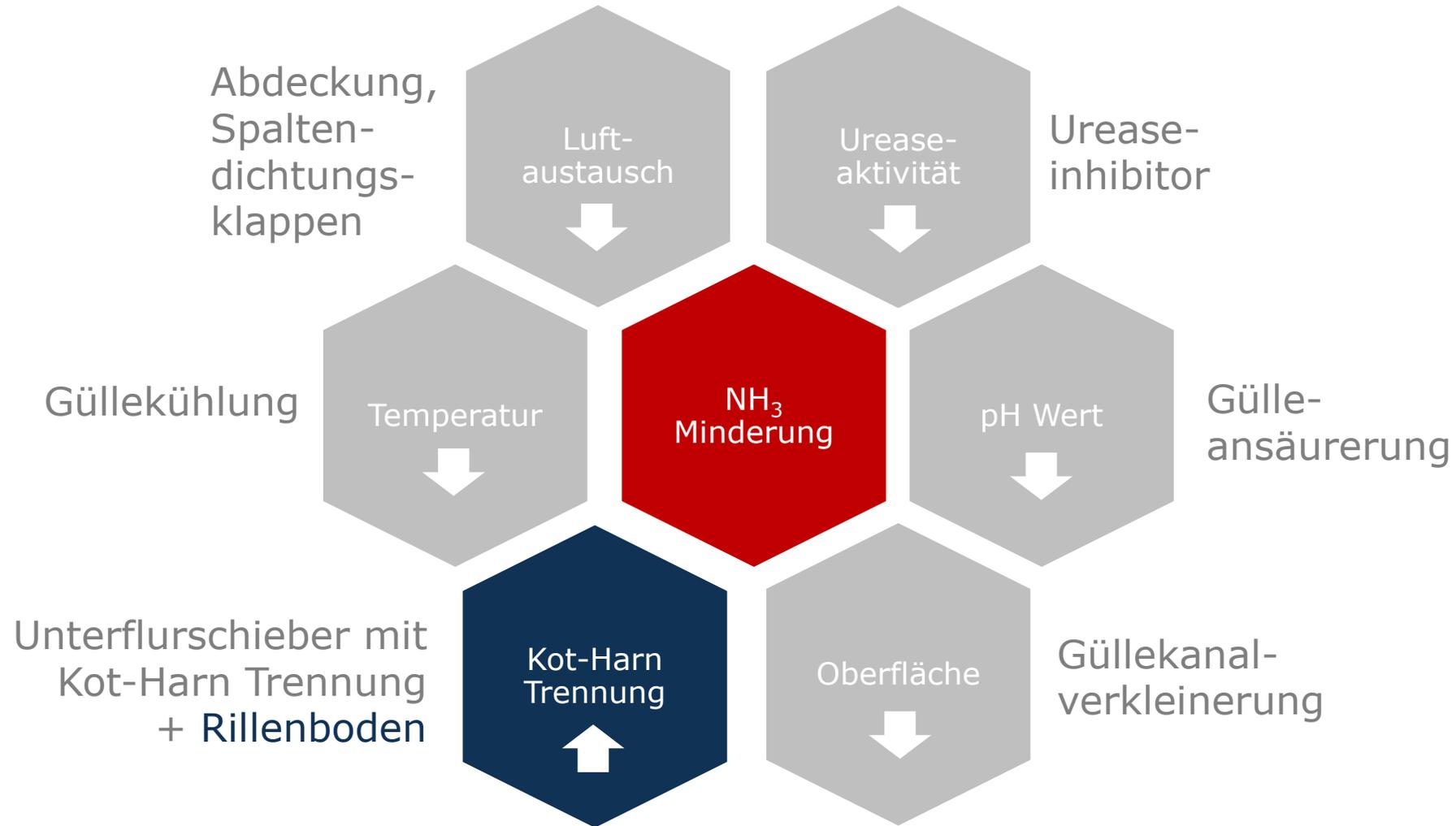
- **planbefestigter Rillenboden** mit angepasstem Fingerschieber im Laufbereich
- **perforierter Boden mit Emissionsminderungsklappen** und Reinigungsroboter im Laufbereich

### Schweinehaltung



- **Ureaseinhibitor** zur Oberflächenbehandlung im Stall und Auslauf
- **Gülleklärung** im Stall
- **Verkleinerung des Güllekanals** im Stall
- **Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung** unter perforiertem Auslauf

# Möglichkeiten zur Minderung



# Planbefestigter Boden

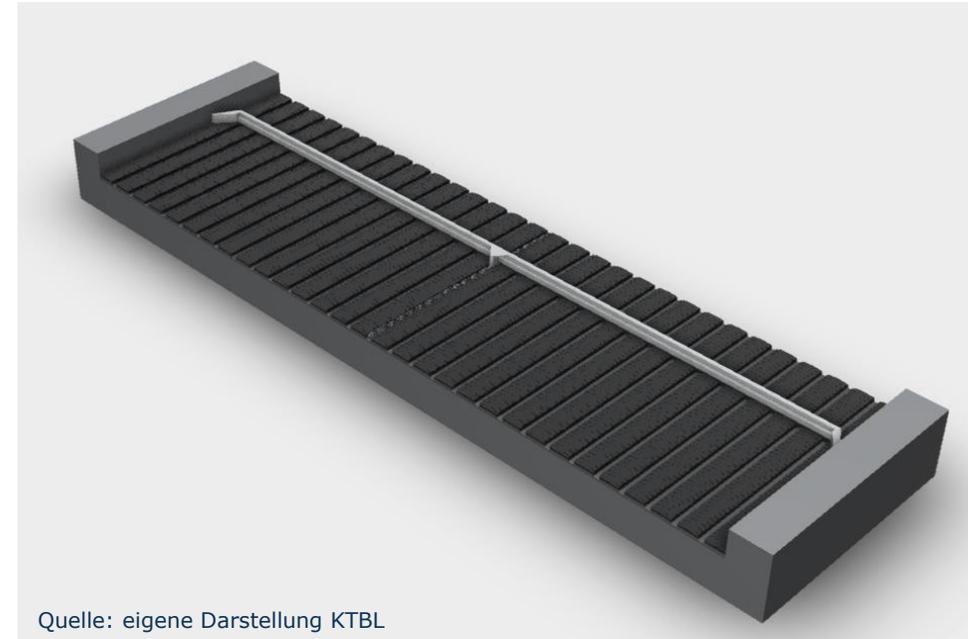
## Rillenboden mit angepasstem Fingerschieber

### Prinzip: Kot-Harn Trennung

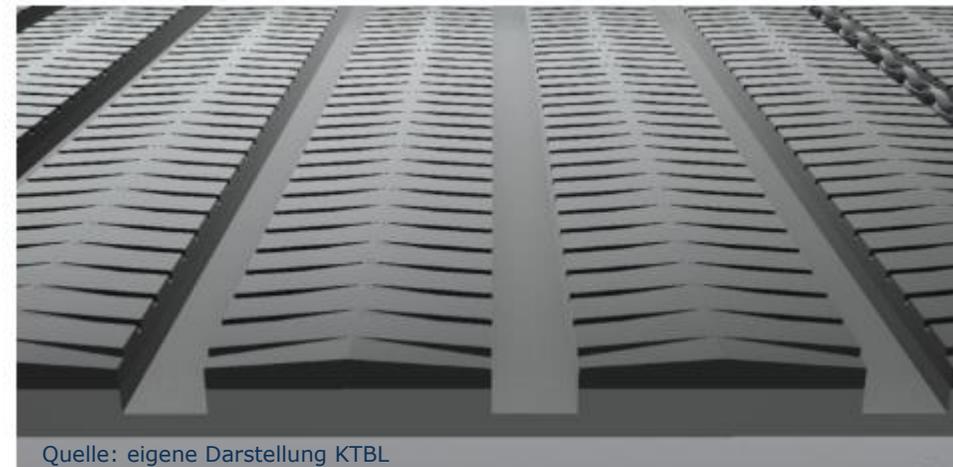
- Bodenbelag aus Gummi mit Rillenprofil
- Profil hat ein leichtes, beidseitiges Gefälle
- zügige Ableitung des Harns in die Harnrillen
- regelmäßige Reinigung der Laufflächen mit angepasstem Fingerschieber erforderlich (alle 2 Stunden)
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung **ca. 35%** (Winkel et. al 2020)
- Nachrüstung mit Einschränkungen möglich

### Auswirkungen auf das Tier:

- Erhöhte Trittsicherheit
- Positiv für Euter- und Klauengesundheit

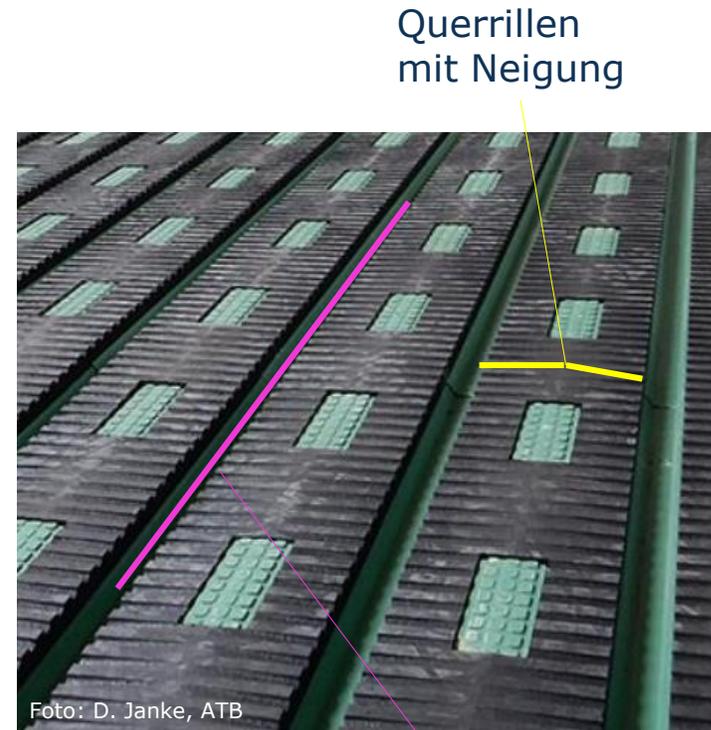
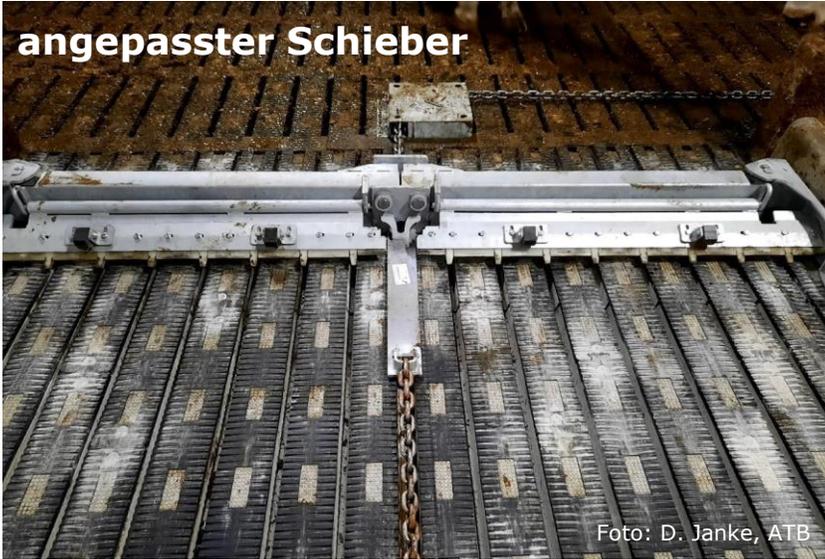


Quelle: eigene Darstellung KTBL

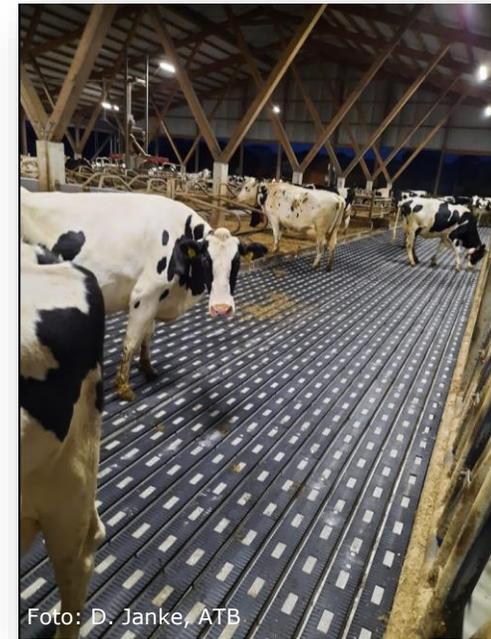


Quelle: eigene Darstellung KTBL

# Planbefestigter Boden

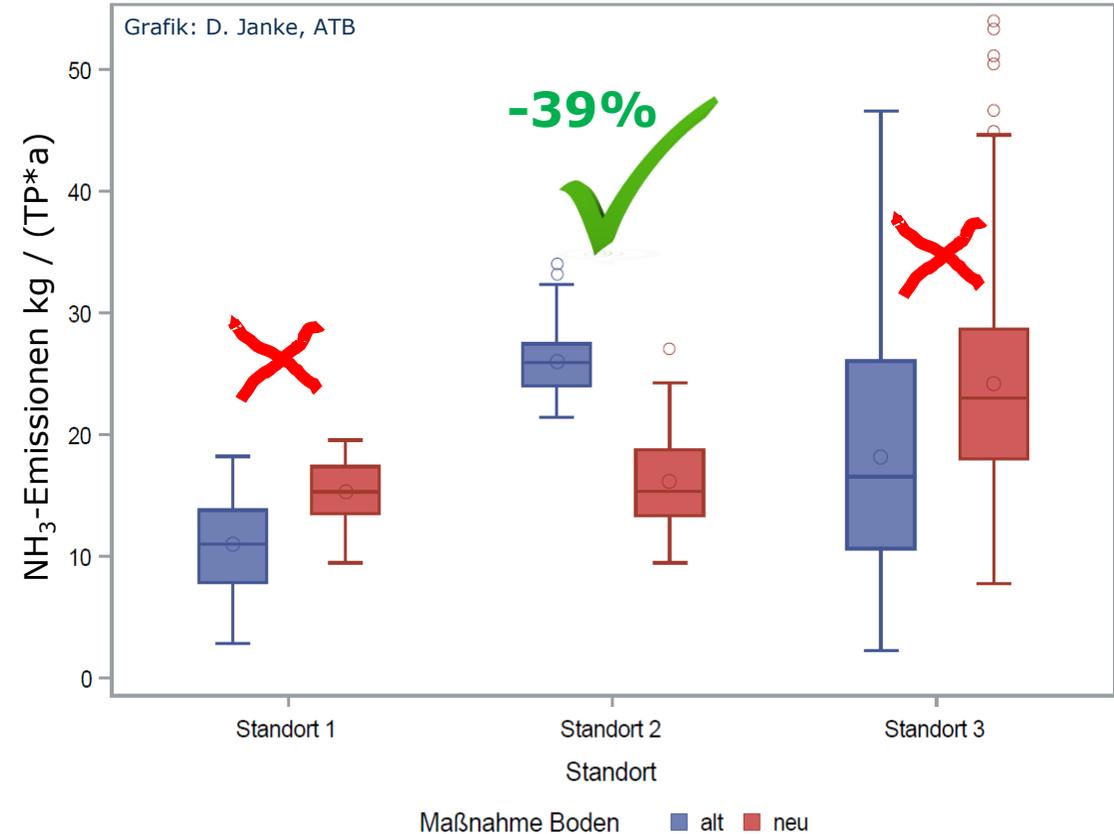
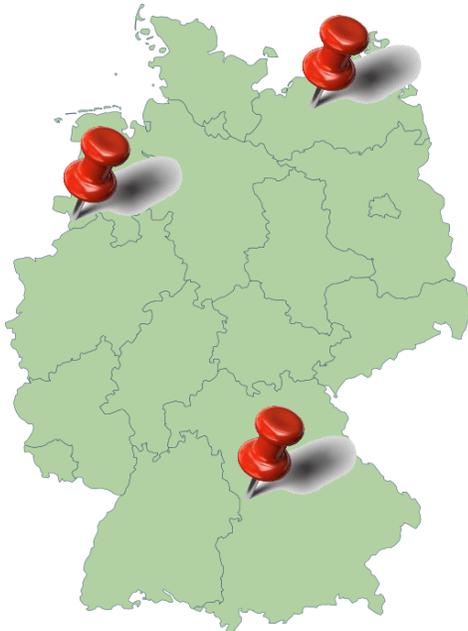


Längsrillen



# Planbefestigter Boden

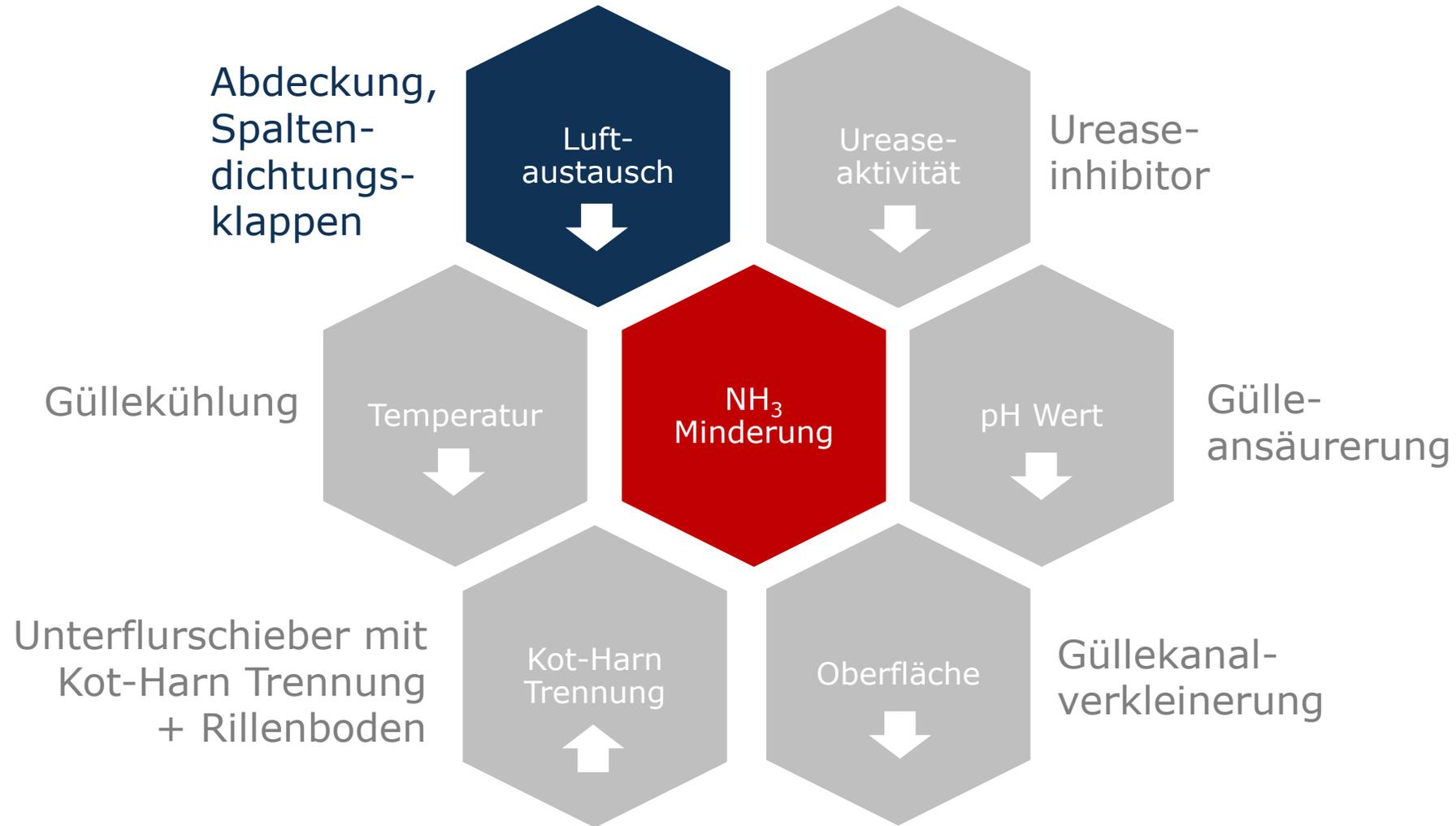
- In 3 Milchviehställen eingebaut
- Zwei verschiedene Hersteller, gleiches Wirkprinzip
- Einbau modular, segmentweise oder als Belag
- Messung case-control in time in Anlehnung an VERA



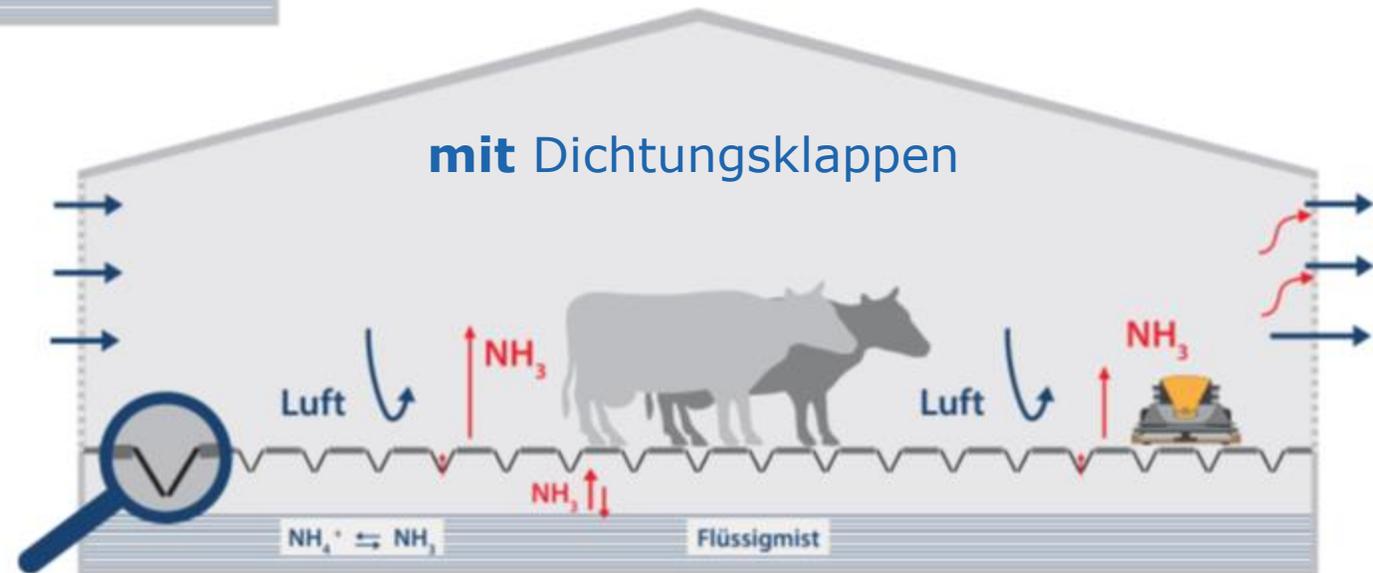
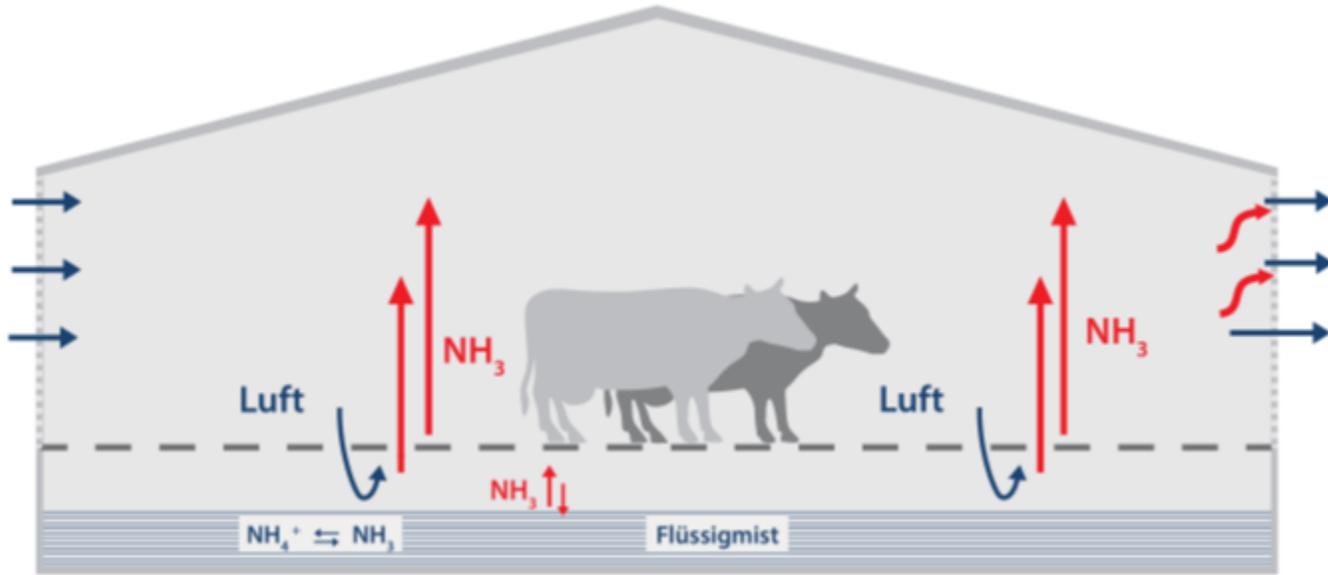
## Ergebnis:

- Auswirkung auf NH<sub>3</sub>-Emissionen ist standortabhängig
  - einzelbetriebliche Effekte
- Sicherer Minderungseffekt **nicht** nachweisbar

# Möglichkeiten zur Minderung



# Spaltenboden

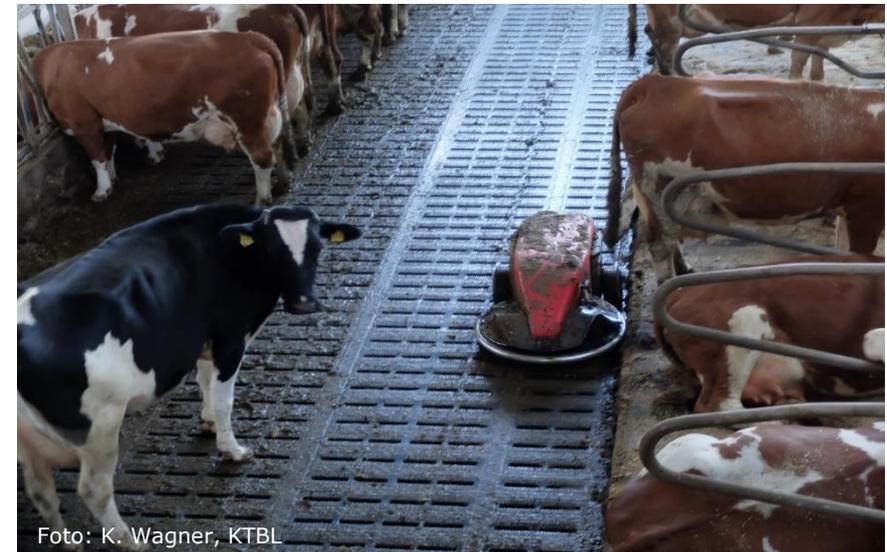


# Spaltenboden

## mit Emissionsminderungsklappen

**Prinzip: Verringerung des Luftaustauschs**  
zwischen Güllekeller und Stallraum

- Dichtungsklappen lassen Kot und Harn in den Güllekeller fallen
- Luftaustausch zwischen Stallluft und Luftraum über dem Güllekeller wird verringert.
- regelmäßige Reinigung der Laufflächen durch einen Reinigungsroboter mit Sprühvorrichtung notwendig
- nur für einstreulose bzw. -arme Haltungsverfahren
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung ca. **45-53 %**  
(IenW 2021, VERA 2021)
- Nachrüstung möglich



# Spaltenboden mit Klappen

- Untersuchung in 4 Praxisbetrieben
- Messungen gemäß VERA multi-site approach

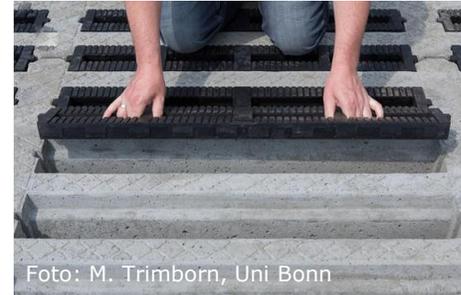


Foto: M. Trimborn, Uni Bonn



Foto: M. Trimborn, Uni Bonn



Foto: M. Trimborn, Uni Bonn



Foto: M. Trimborn, Uni Bonn

Bodenreinigung mit  
Spaltenreiniger und  
Wasser-  
Sprüheinrichtung



Foto: M. Trimborn, Uni Bonn

## Ergebnis:

- Noch nicht alle Daten ausgewertet
  - Plausibilisierung noch nicht abgeschlossen
- Minderungspotential der Maßnahme wird vermutlich **nicht über 20%** hinauskommen

# Verschmutzte Flächen

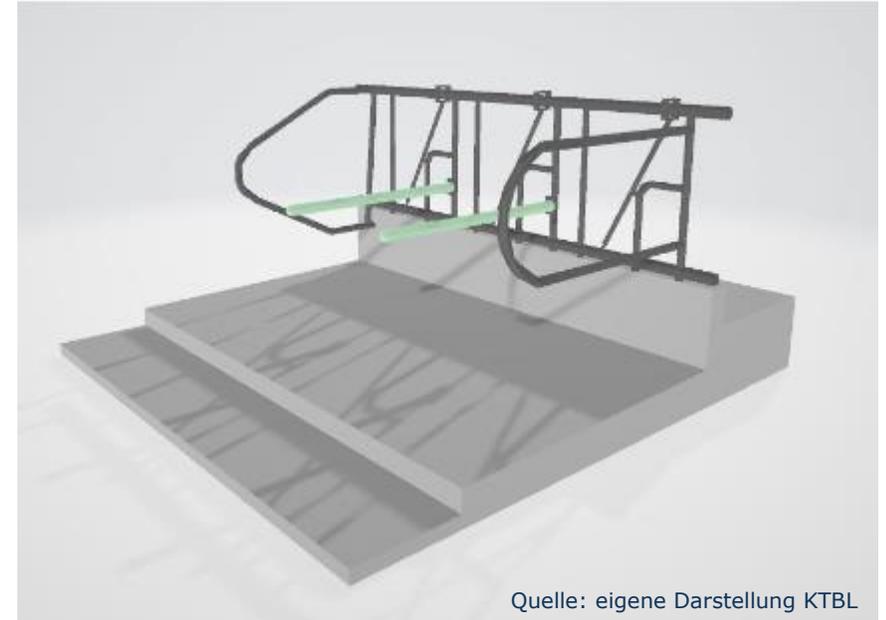
## Erhöhte Fressstände mit Fressplatzabtrennungen

### Prinzip: verschmutzte Oberfläche minimieren

- Bauliche Erhöhung der Standfläche gegenüber dem Laufgang um 10-20 Zentimeter
- Fläche bleibt bei korrekter Bauweise sauber, Ausscheidungen fallen auf den Laufgang
  - Erhöhung der Reinigungsfrequenz des Laufgangs möglich
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung **16%**  
(Zähler et al. 2019)

### Auswirkungen auf das Tier:

- Sicherer Fressplatz ohne Störung durch Reinigungstechnik
- Fressverhalten wird positiv beeinflusst (erhöhte Fressdauer)



Quelle: eigene Darstellung KTBL

## Harnauffang- und Sammeleinrichtung

### Prinzip: Urin wird separat vom Kot aufgefangen

- Auslösen des Urinierreflexes bei der Kuh
- Trennung von Kot und Harn
- Aufgefangener Urin wird direkt abgepumpt und separat gelagert
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung nicht quantifiziert



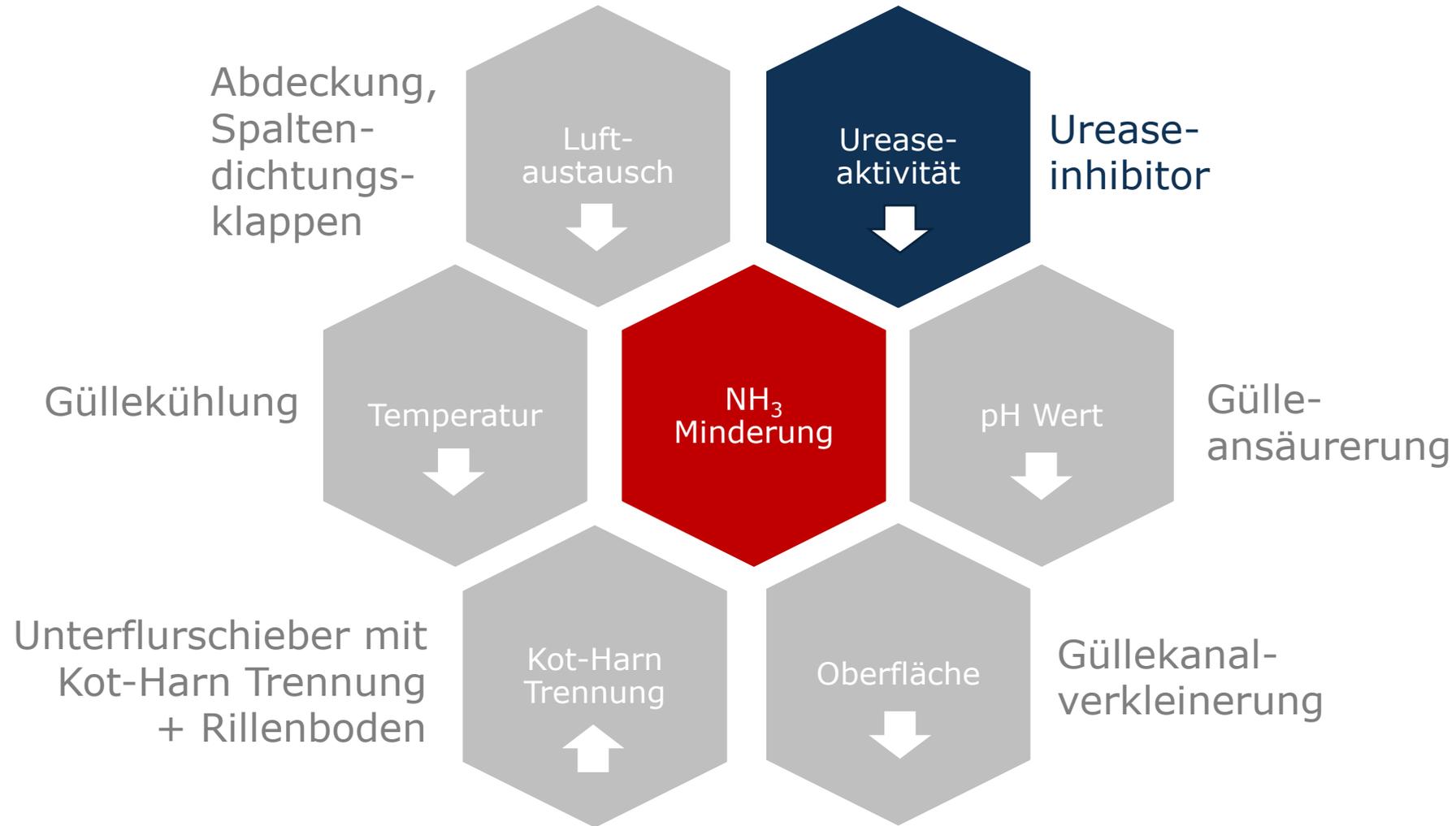
Quelle: eigene Darstellung, KTBL

## Weidehaltung

### Prinzip: rasches Versickern von Urin auf Weideflächen

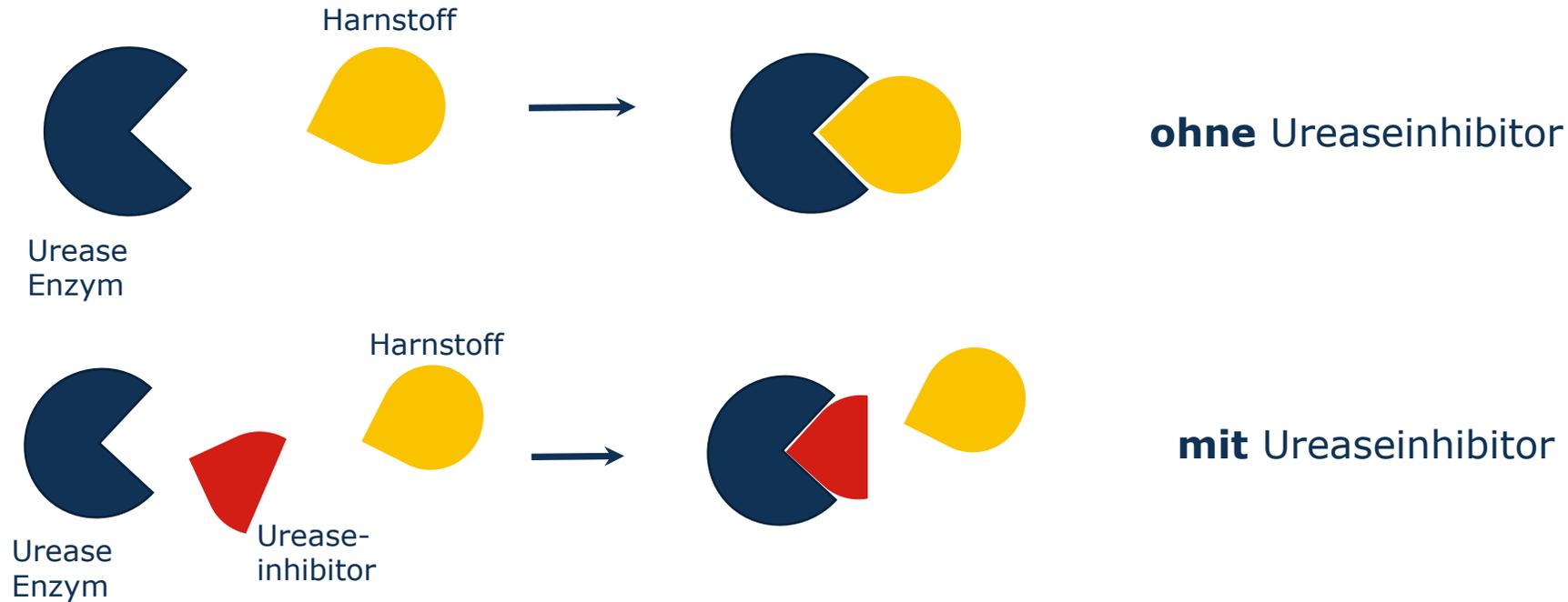
- Trennung von Kot und Harn
- Weidedauer von mind. 6 Stunden und über 180 Tage
- Gründliche Reinigung des Stallgebäudes direkt nach Verlassen erforderlich
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung **bis 15%** (VDI 3894 Blatt 1)

# Möglichkeiten zur Minderung



# Ureaseinhibitoren (UI)

**Prinzip:** durch den UI wird das Enzym Urease in seiner Wirkung gehemmt  
→ verminderte Umsetzung von Harnstoff zu  $\text{NH}_3$  /  $\text{NH}_4$  im Stall



Quelle: KTBL

- tägliche Applikation in Form einer Flüssigkeit auf Laufflächen  
→ Rinderhaltung: Vortrag Dr. A. Melfsen, Uni Kiel

# Ureaseinhibitor (UI)

## Mastschweineställe

### 1) mit Zwangslüftung und perforiertem Boden

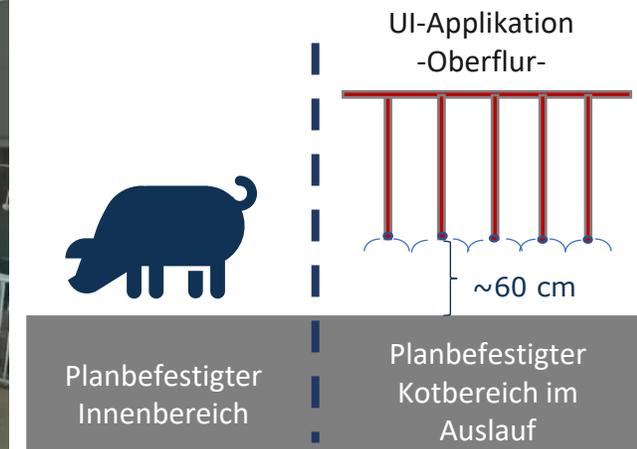
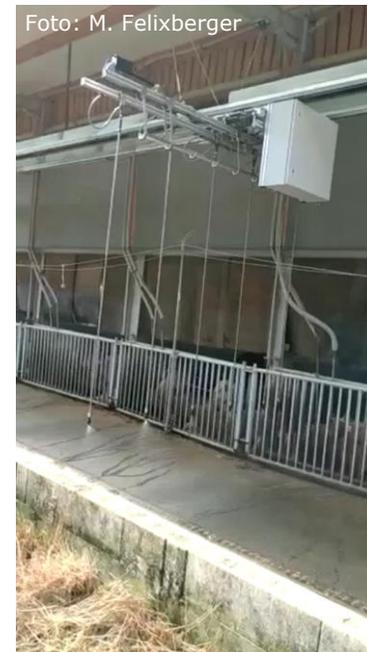
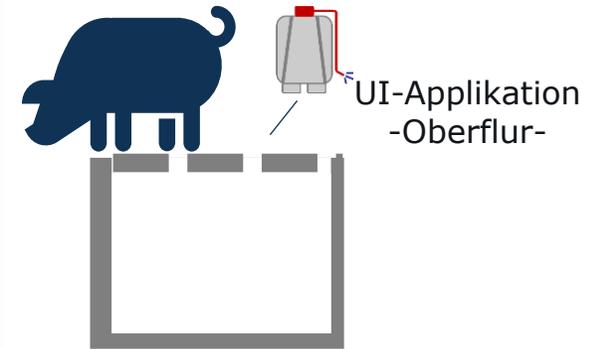
- UI-Applikation täglich Oberflur (Rückenspritze)
- 3 Ställe

→ **Ergebnis  $\text{NH}_3$ -Minderung: 20%**  
(Schulte et al. 2022)

### 2) mit freier Lüftung und planbefestigtem Auslauf

- UI-Applikation täglich Oberflur (Dosiereinheit)
- 2 Ställe

→ **Vorläufiges Ergebnis  $\text{NH}_3$ -Minderung: 32%**



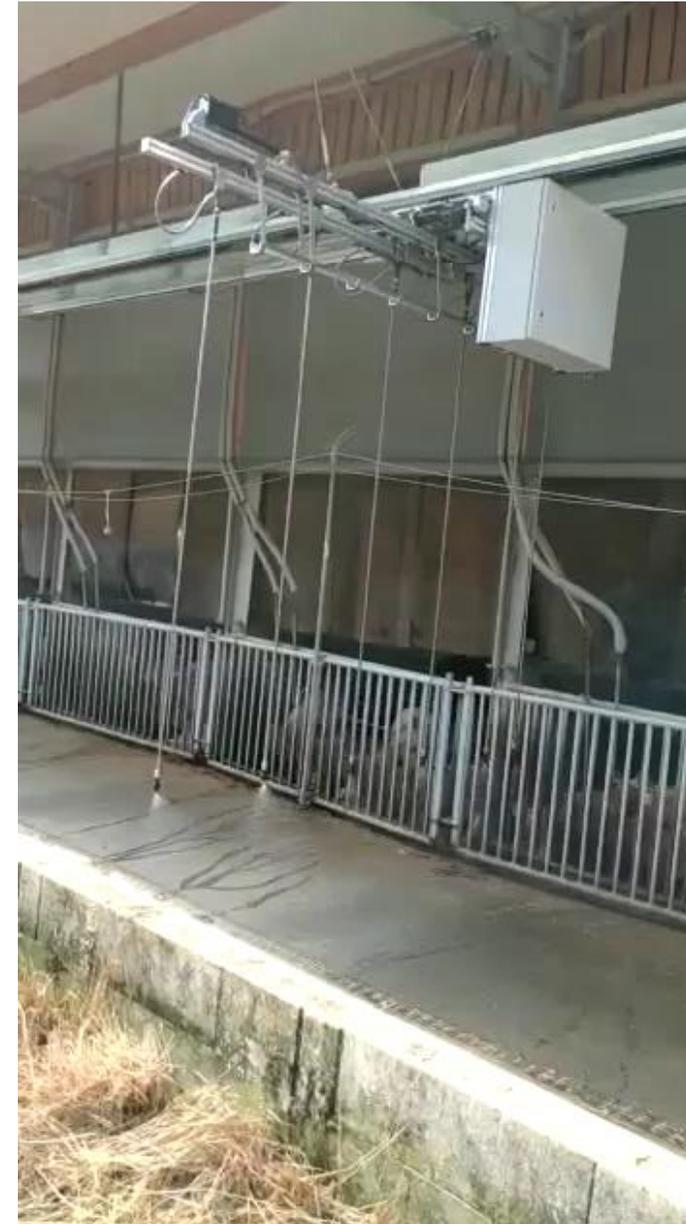


## Chancen:

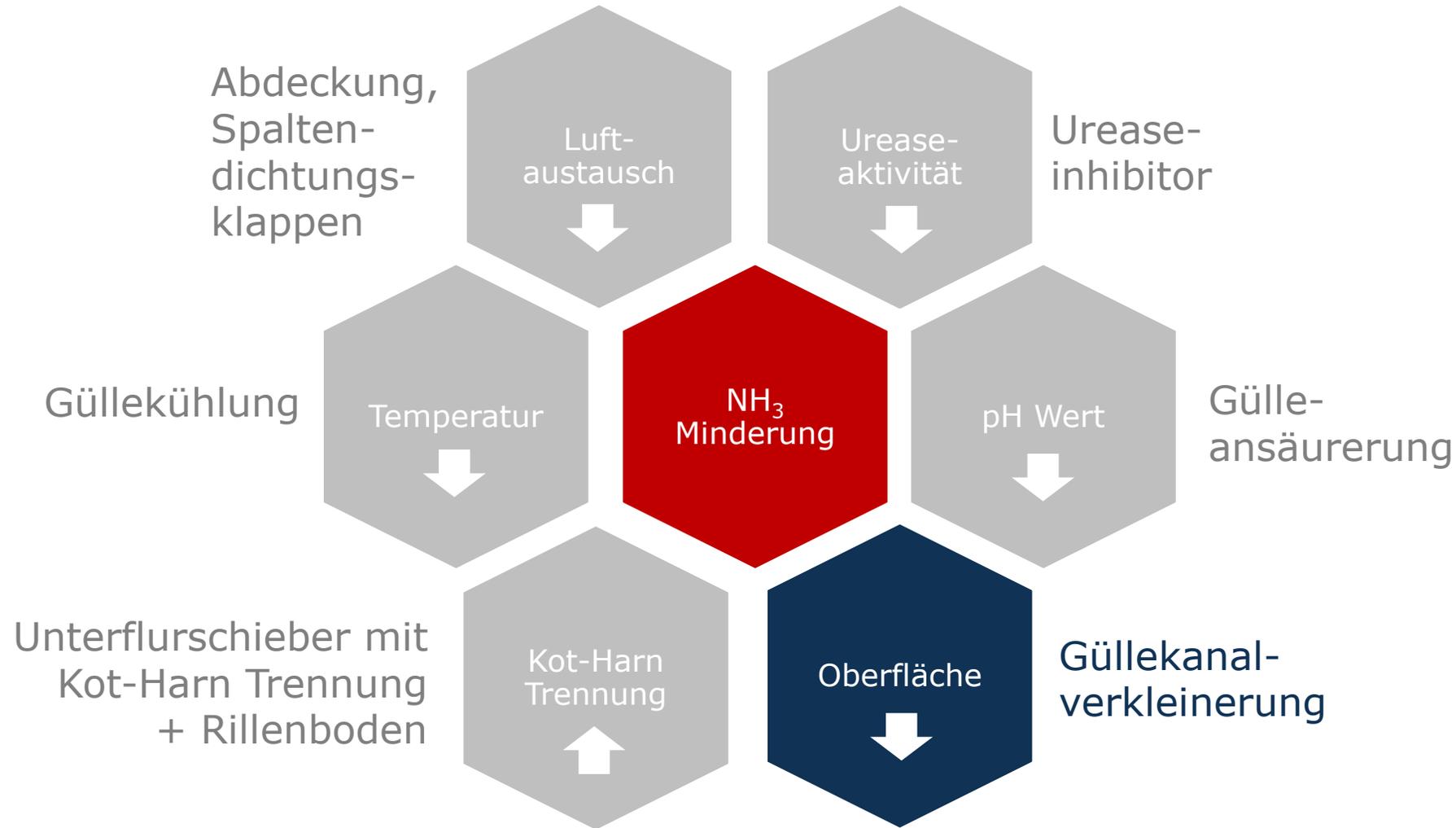
- Hemmung der  $\text{NH}_3$ -Freisetzung
- Erhöhung Ammoniumgehalt
- nachrüstbar
- Kombination mit anderen Minderungsmaßnahmen möglich

## Herausforderungen:

- Zulassung für Tierhaltung
- Automatisierung/Applikationstechnik
- Applikationsort (Ober-/Unterflur)



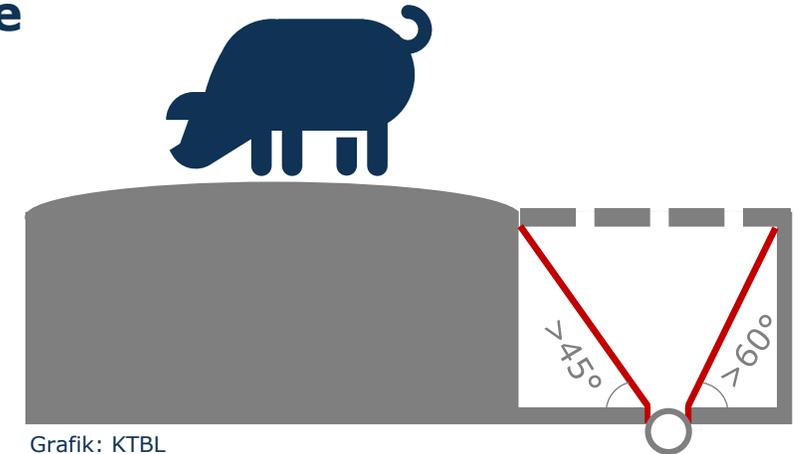
# Möglichkeiten zur Minderung



# Güllekanalverkleinerung

## Prinzip: Verringerung der emissionsaktiven Oberfläche

- Glatte, V-förmige Kunststoffwannen mit geneigten Wänden bewirken einen raschen Abfluss der Gülle
- Teilspaltenboden und Vakuumentmischung
- das Verfahren um so wirksamer, je sauberer das System gehalten wird  
(→ regelmäßiges Entleeren der Güllewannen)
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung **bis zu 50 %**  
(„geneigte Seitenwände“ TA Luft 2021)
- Nachrüstung möglich



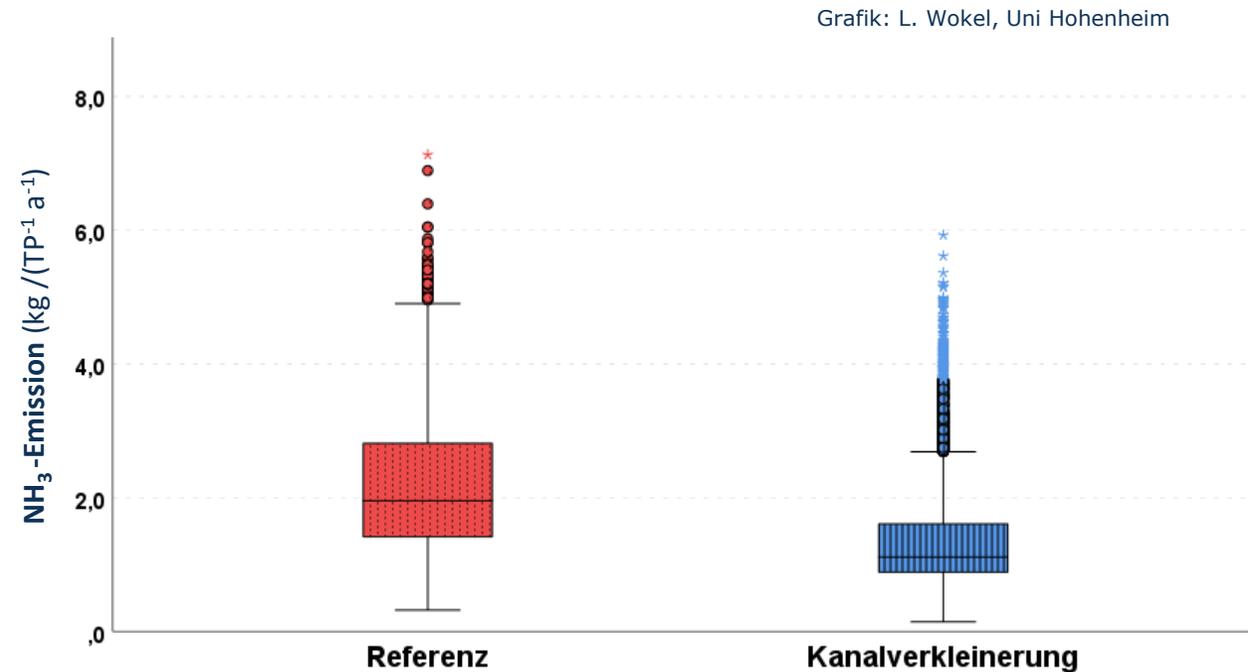
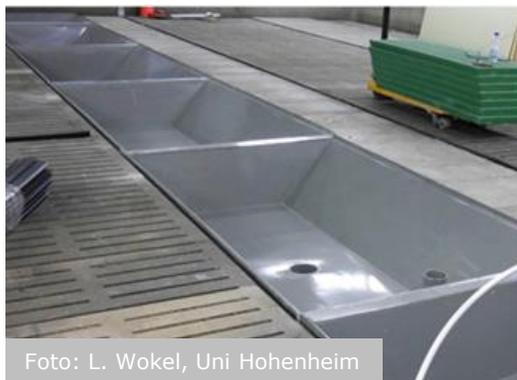
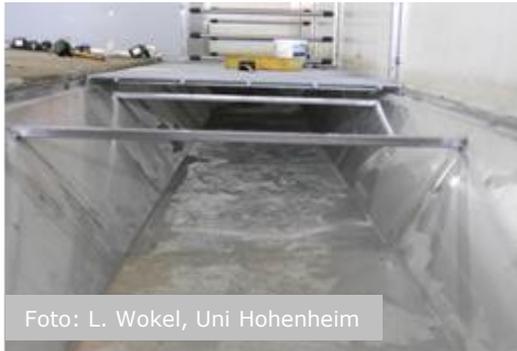
Grafik: KTBL



Foto: L. Wokel, Uni Hohenheim

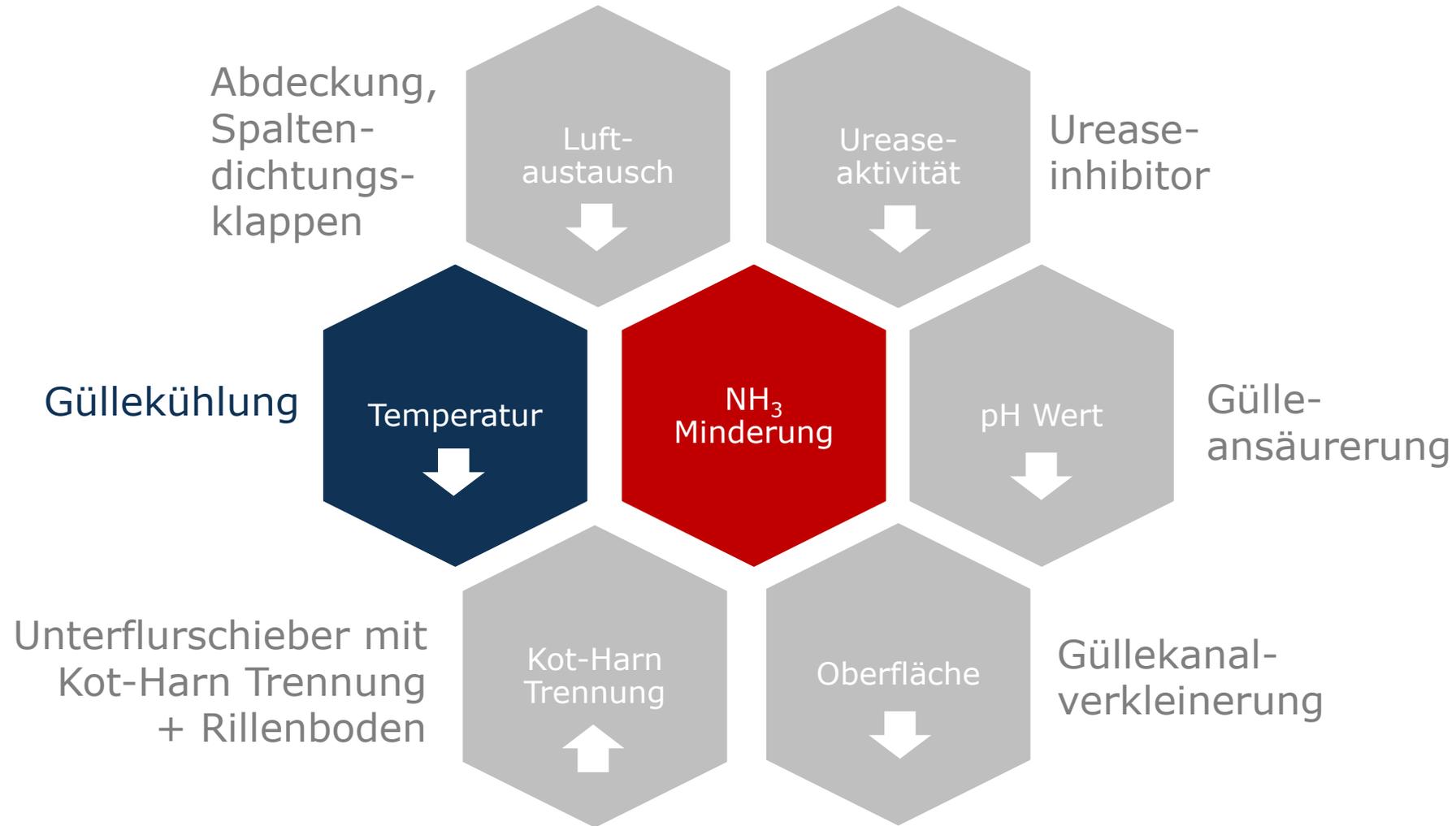
# Güllekanalverkleinerung

- mit getrenntem Gülle- und Wasserkanal
- 2 Mastschweineeställe mit Zwangslüftung



→ Ergebnis NH<sub>3</sub>-Minderung: 32%

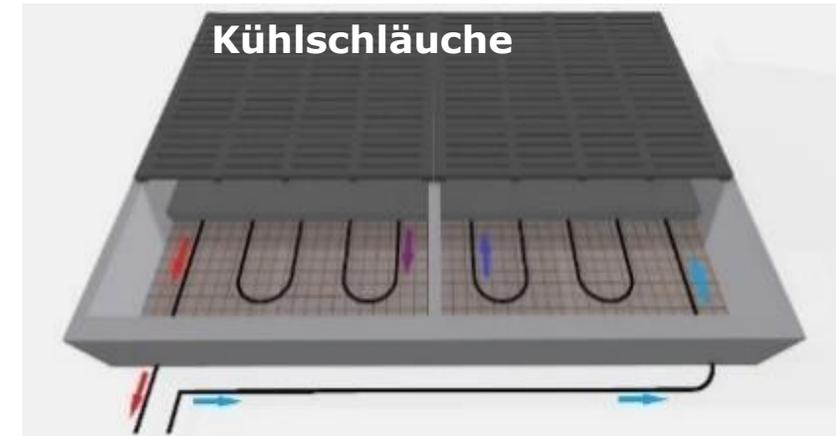
# Möglichkeiten zur Minderung



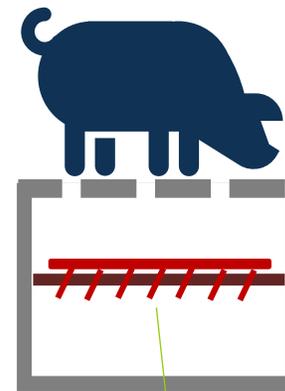
# Gülle Kühlung

## Prinzip: geringere Gülletemperaturen führen zu geringerer $\text{NH}_3$ -Freisetzung

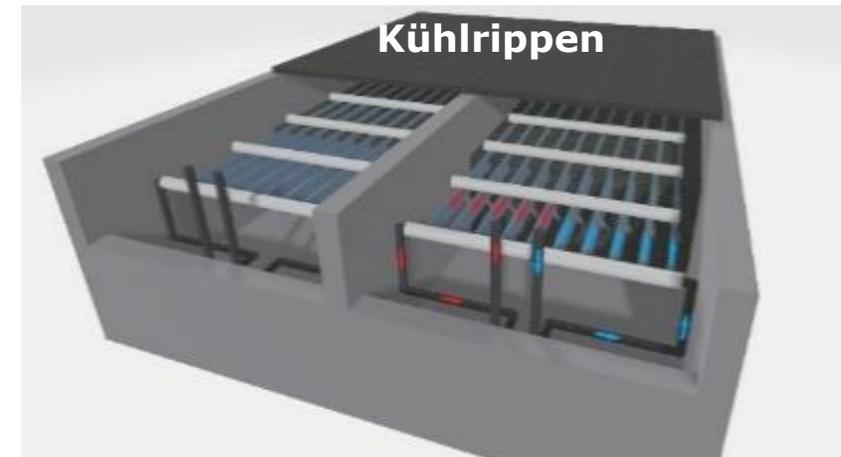
- Zieltemperatur der Güllekühlung beträgt  $< 15^\circ\text{C}$
- Einsatz einer Wärmepumpe zur Kühlung der Kühlflüssigkeit in Schläuchen, bzw. Kühlrippen
- Abwärme kann zum Heizen anderer Stallbereiche (z.B. Ferkelnest) verwendet werden
- $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung: **40-56%** (Öttl et al. 2023, Aarnink et al. 2019, TA Luft 2021)
- Nachrüstung möglich



Quelle: eigene Darstellung KTBL



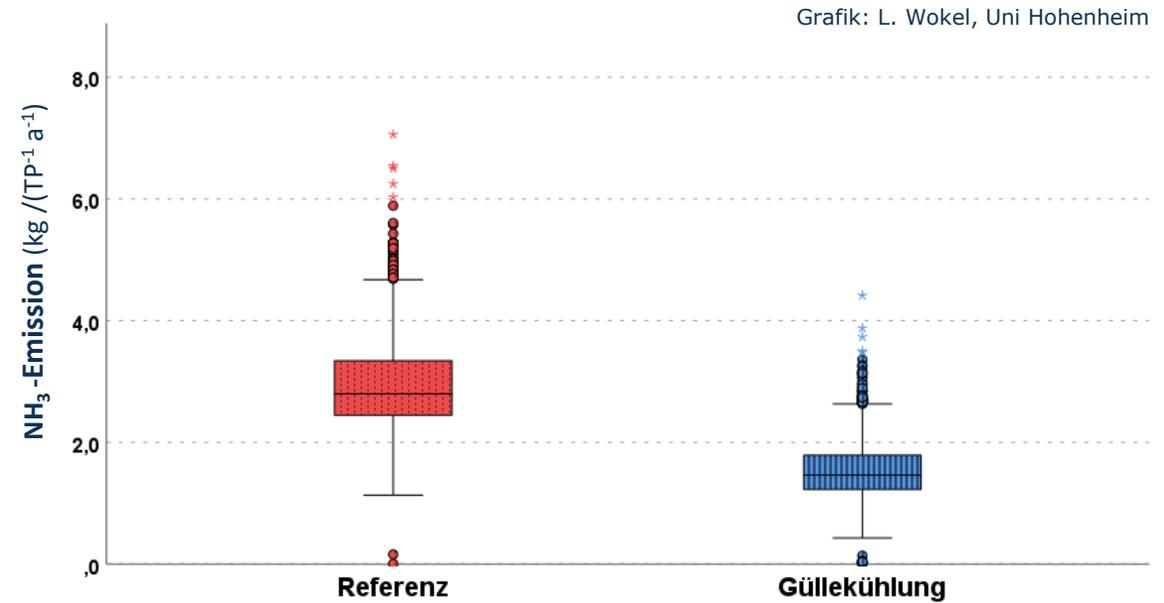
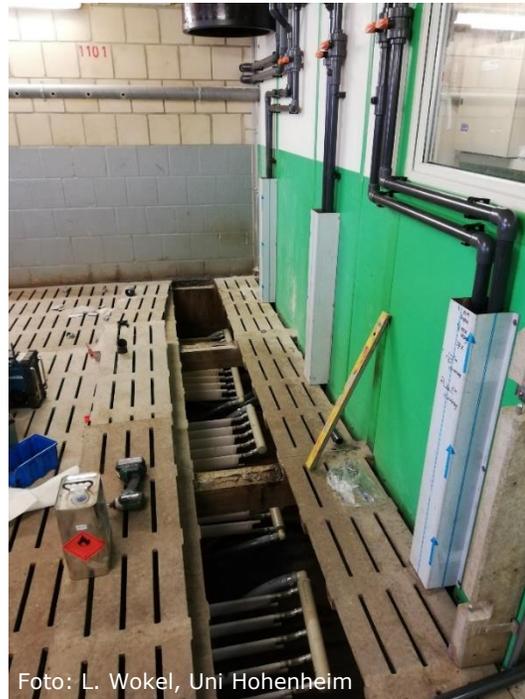
Kühlrippen



Quelle: eigene Darstellung KTBL

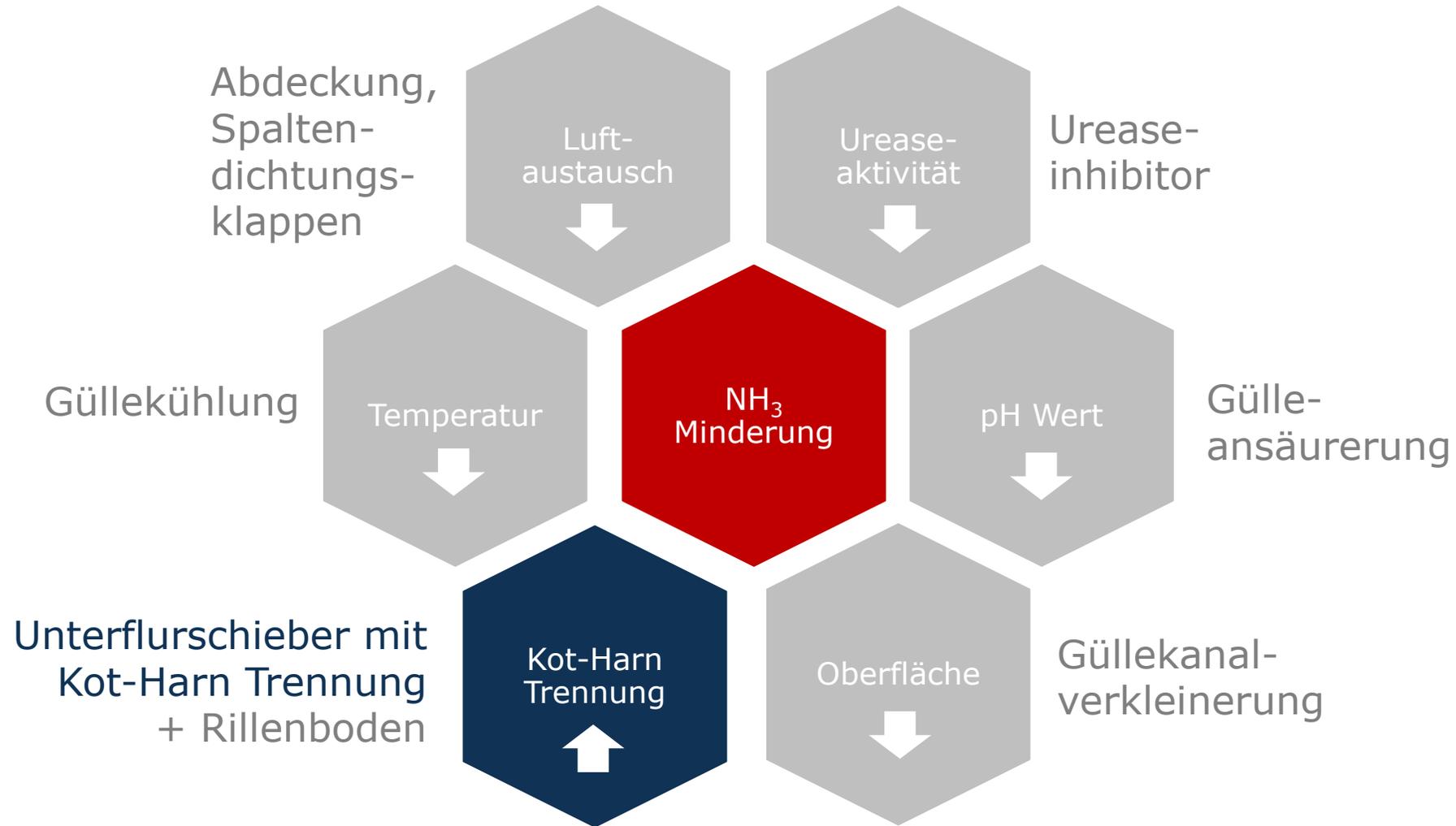
# Gülle Kühlung

- mit Zieltemperatur der Gülle < 15°C
- 2 Mastschweinegeställe mit Zwangslüftung



→ Ergebnis NH<sub>3</sub>-Minderung: 47%

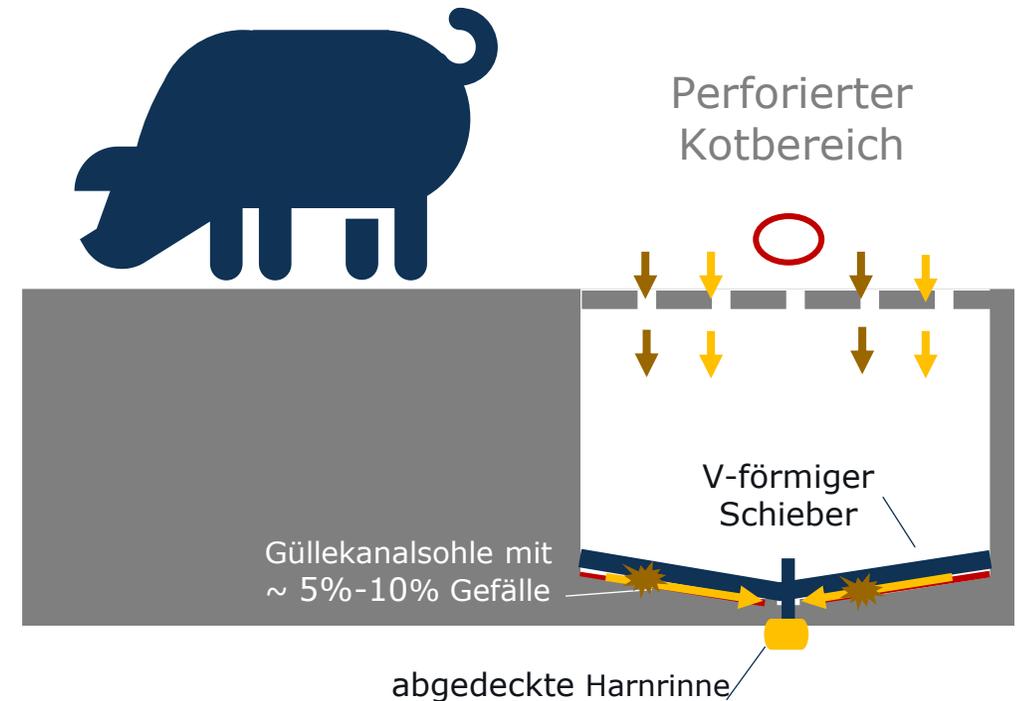
# Möglichkeiten zur Minderung



# Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung

## Prinzip: Kot-Harn-Trennung

- Einsatz in geschlossenen **und** freigelüfteten Schweineställen mit perforiertem Auslauf möglich
- V-förmiger Güllekanal mit 5-10° Quergefälle, 1 % Längsgefälle und abgedeckter Harnrinne
- angepasster Unterflurschieber inkl. Räumung der Harnrinne
- schnelle Trennung von Kot und Harn; Entmistung bis zu 12x/Tag
- erwartete NH<sub>3</sub>-Emissionsminderung: **40-75%** (Landrain et al. 2009, Loussouarn et al. 2014, Lagadec et al. 2019, Öttl et al. 2023)
- Nachrüstung möglich



# Unterflurschieber



- mit Kot-Harn-Trennung
- Mastschweinebetriebe mit freier Lüftung und Auslauf
- 4 Ställe

## Ergebnis:

→ NH<sub>3</sub>-Minderung: **49%**



## Chancen:

- NH<sub>3</sub>-Minderung und dauerhafte Trennung von Kot und Harn
- bekannte Technik aus der Rinderhaltung
- Nachrüstung möglich
- Einsatz von Beschäftigungsmaterial möglich
- automatische Steuerung und Dokumentation möglich
- mit anderen Maßnahmen kombinierbar, z.B. UI oder Harnstabilisierung

## Herausforderung:

- Aufbauhöhe Schieber bei Nachrüstung

- Wirkungsvolle  $\text{NH}_3$ -Minderung (z.B. 40% bei Schweinen) kann auch durch die **Kombination aus Fütterung** und **baulich-technischer** Minderungsmaßnahme erreicht werden
- Zu Beachten bei Kombinationen:  
  
→ Maßnahmen der Minderungen dürfen **nicht addiert**, sondern im Zuge einer Multiplikation zusammengefasst werden!

# Maßnahmenkombinationen

## Ureaseinhibitor + Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung

- Mastschweinebetriebe mit freier Lüftung und perforiertem Auslauf
- 2 Ställe

### Unterflurschieber:

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

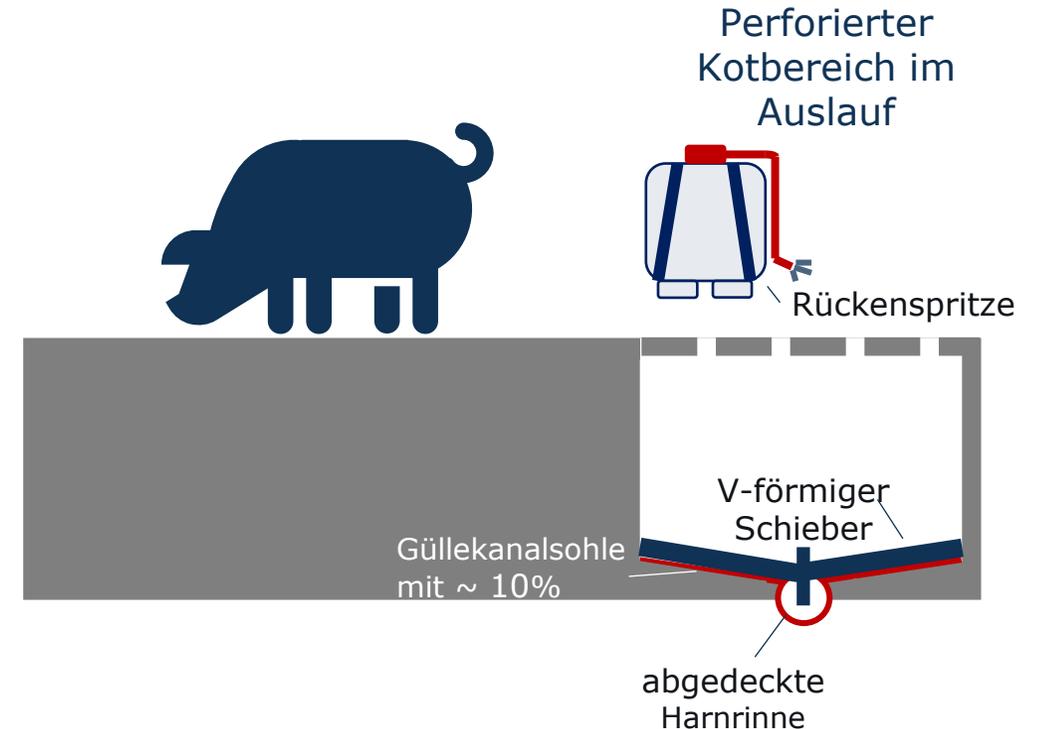
### Ureaseinhibitor:

- Applikation 1x tgl.

### Ergebnis NH<sub>3</sub>-Minderung:

→ nur Unterflur Schieber: **49%** (s. Folie 36)

→ UI + Unterflurschieber: **64%**



# Erfahrungen zu Minderungsmaßnahmen

KTBL-Tagung „Emissionen der Tierhaltung“ am 10./11.Oktober 2023 in Bonn, Workshop 3:  
„**Handhabung von Minderungsmaßnahmen – welche Maßnahmen sind verfügbar und unter welchen Bedingungen sind sie einsetzbar?**“

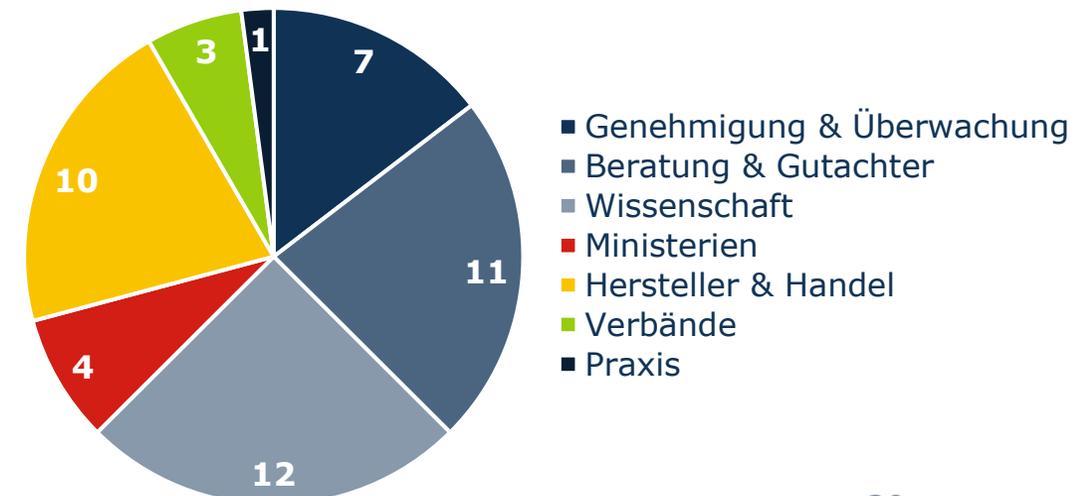
## Ziel:

- Was sind die größten Hemmnisse für den Einsatz der Minderungsmaßnahmen?
- Optionen zur Überwindung der Hemmnisse / Lösungsstrategien?

Diskussion ausgewählter Minderungsmaßnahmen:

- Milchvieh: emissionsarme Böden, Ansäuerung;
- Mastschweine: Güllekanalverkleinerung, Güllekühlung, Unterflurschieber

TeilnehmerInnen des Workshops



## Ergebnis

### Größte Hemmnisse:

- Nachrüstbarkeit tlw. unklar, Kosten (→ Förderangebote fehlen)
- Wirksamkeit der Maßnahmen unklar, Einfluss Management
- Monitoring der Maßnahmen (elektronische Dokumentation)

### Lösungsstrategien:

- Untersuchungen in praxisnahen Versuchsställen, Einsatz verschiedener Minderungsmaßnahmen in **Pilotbetrieben, Wissenstransfer** → Beratung, Praxis, Hersteller/Stallbauer muss verbessert werden
- **Beratungsangebot** von staatlicher Seite **verbessern**, gesamtbetriebliche Betrachtung notwendig
- **Bundeseinheitliche Anerkennung** und **Datengrundlage** erforderlich, digitaler Zugang wünschenswert
- Rechtl. Rahmen anpassen (AwSV → Ansäuerung)
- Forschung und Entwicklung: Minderungsoptionen für **planbefestigte Ausläufe** fehlen, Datengrundlage sollte insgesamt durch gezielte Untersuchungsprogramme verbessert werden

- Neben einer nährstoffangepassten Fütterung können auch verfahrensintegrierte, **baulich-technische Maßnahmen** Ammoniakemissionen in Rinder- und Schweineställen **wirkungsvoll reduzieren**
- Von erheblicher Bedeutung für eine gute Minderungswirkung ist nicht nur die baulich-technische Maßnahme an sich, sondern die Kombination mit einem **angepassten Management** (z.B. Reinigungsfrequenz)
- Viele der gezeigten Maßnahmen können **nachgerüstet** werden, es ist nicht immer ein Neubau erforderlich
- Bessere Informationsbereitstellung (z.B. durch Pilotbetriebe) ist erforderlich, **Wissenstransfer** muss verbessert werden
- **Gesamtbetriebliche Betrachtung** wünschenswert; dafür sind auch umfassende Kostenbetrachtungen der Minderungsmaßnahmen erforderlich
- Forschungs- und Entwicklungsbedarf bleibt bestehen, um eine Auswahl an geeigneten Techniken bereit zu stellen



Foto: KTBL



# Vielen Dank!

## Kontakt:

Ulrike Wolf

[u.wolf@ktbl.de](mailto:u.wolf@ktbl.de)

Tel: 06151 7001236



Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank



Gefördert durch



Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages