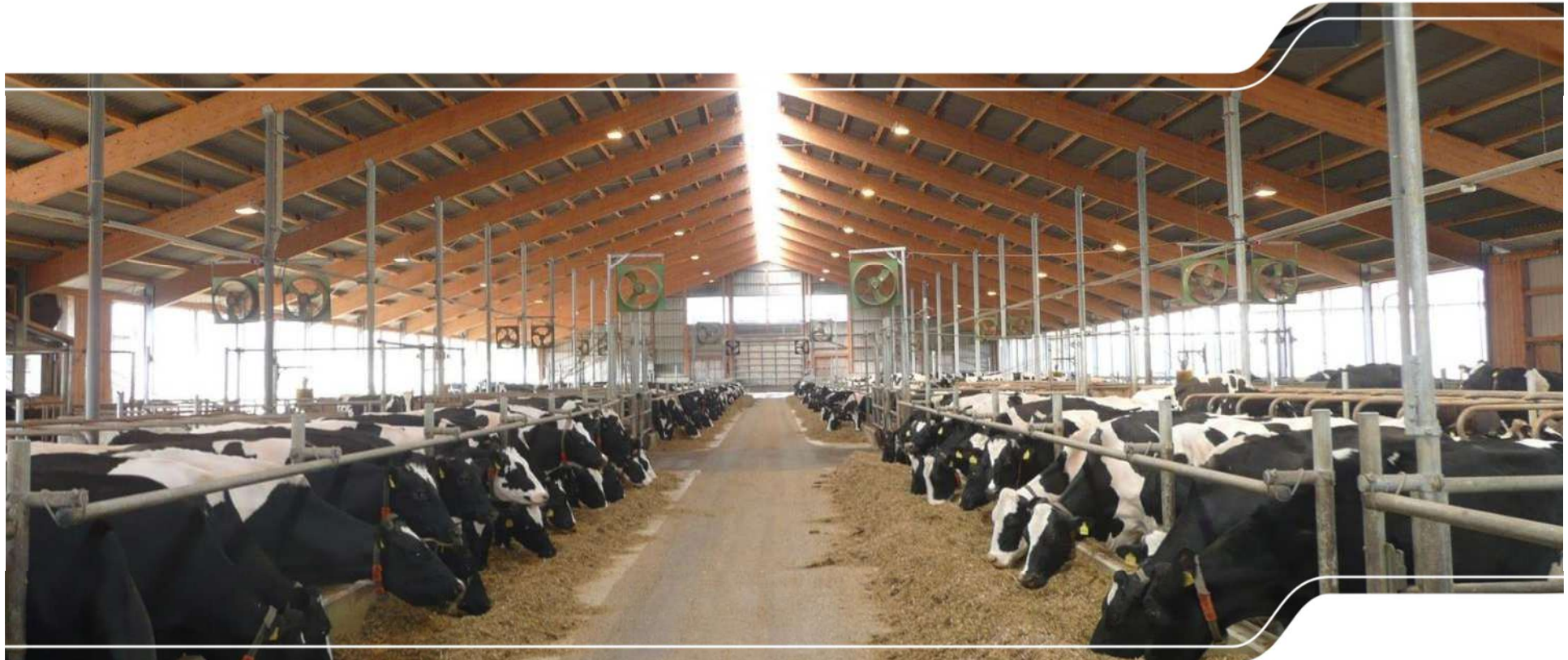


Ergebnisse aus zwei Projekten zur Emissionsdatenerfassung und – minderung – Bedeutung für die Praxis

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



14.05.2024 Thomas Heidenreich - Tagung Tier-Technik-Umwelt, Raumberg-Gumpenstein

Ziele der Projekte EmiDaT und EmiMin

Projekt EmiDaT



„Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkung der Nutztierhaltung“

- I Emissionsermittlung anhand von **einheitlichen Messprotokollen**
- I Ableitung und Überprüfung von aktuellen **Emissionsfaktoren**

Laufzeit 01/2015 – 03/2022

Projekt EmiMin



"**Emissionsminderungsmaßnahmen** in Milchvieh- und Mastschweineeställen"

- I Untersuchung von verfahrensintegrierten, baulich-technischen Maßnahmen zur Emissionsminderung
- I Ableitung von Emissionsminderungsgraden bzw. Emissionsfaktoren

Laufzeit 07/2018 - 12/2023



Projekt EmiDaT



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



„Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkung der Nutztierhaltung“

Laufzeit: 01/2015 – 03/2022

Ziele des Projekts:

Emissionsermittlung anhand **von einheitlichen Messprotokollen**

- Ableitung und Überprüfung von aktuellen **Emissionsfaktoren**
- Verbesserung der Datengrundlage für die **Emissionsberichterstattung**
- Bereitstellung von Daten zur Beurteilung der potenziellen **Umweltwirkung von Tierhaltungsanlagen** im Rahmen von Genehmigungsverfahren
- **Schwerpunkte**
 - Haltungsverfahren Milchviehställe
 - Haltungsverfahren Mastschweine mit **freier Lüftung** und **Auslauf**

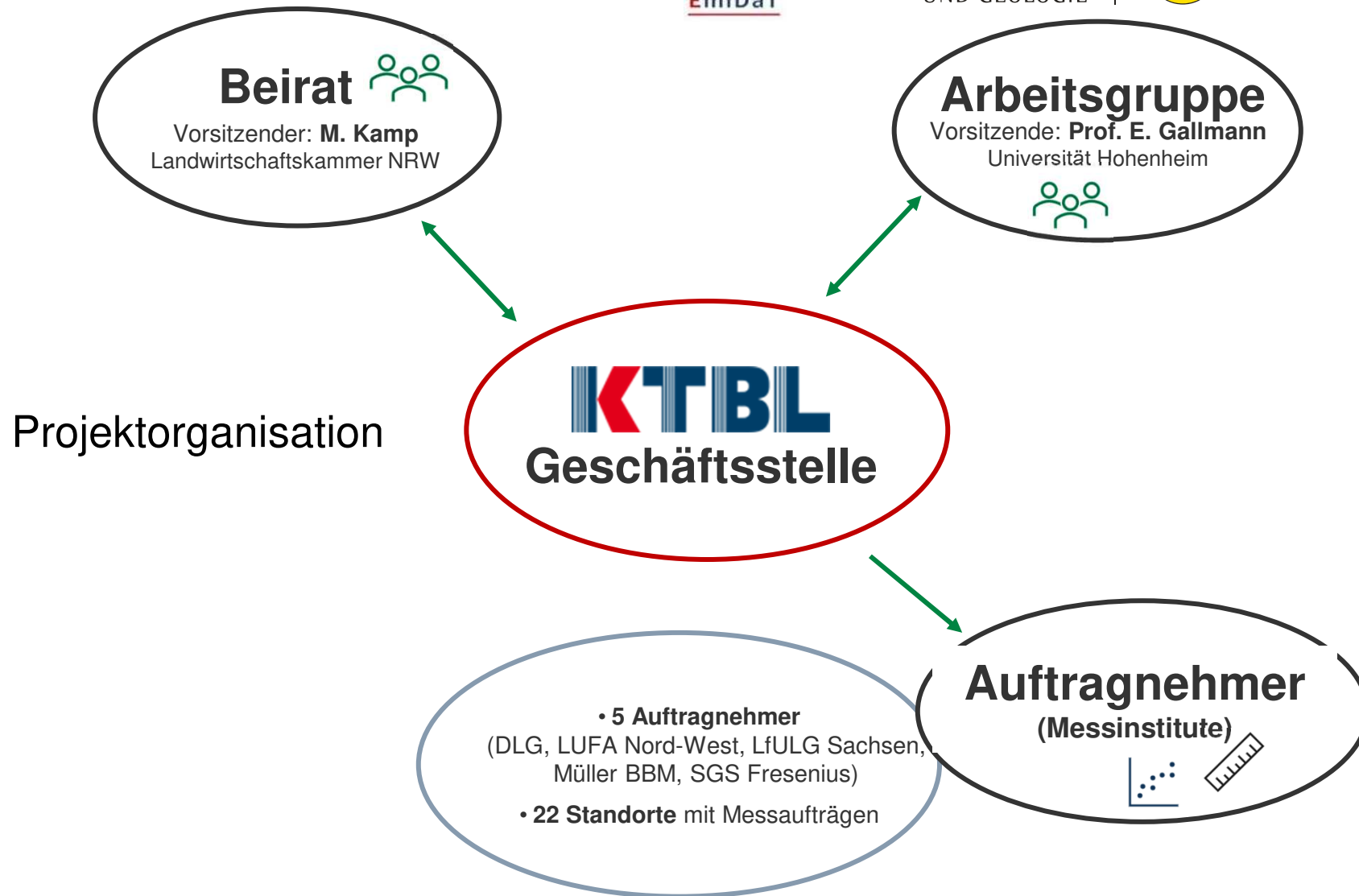
Projekt EmiDaT



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Projekt EmiDaT



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Ziele

- I Emissionsermittlung anhand von **einheitlichen Messprotokollen** für Rinder- und Schweineställe ✓
- I Validierung und Etablierung von **Messstandards** für zukünftige Vorhaben ✓
- I Aufbau einer **Datenbank für Emissionen** aus der Milchvieh- und Mastschweinehaltung ✓
- I Berechnen von **Emissionsfaktoren** ✓
- I Ableiten von **Managementempfehlungen** für die **landwirtschaftliche Praxis** ✓

Projekt EmiDaT

Messprogramm



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



I Messprotokoll **VERA**

„Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems“ (2018)

I Untersuchte Tierkategorien:

Milchvieh: 3 Varianten Laufbereich/Güllelager
Mastschweine: 2 Stallvarianten mit Auslauf

I Messumfang

je Variante Messungen an 4 Ställen =
12 x Milchkühe und 8 x Mastschweine

I Zeitlicher Umfang

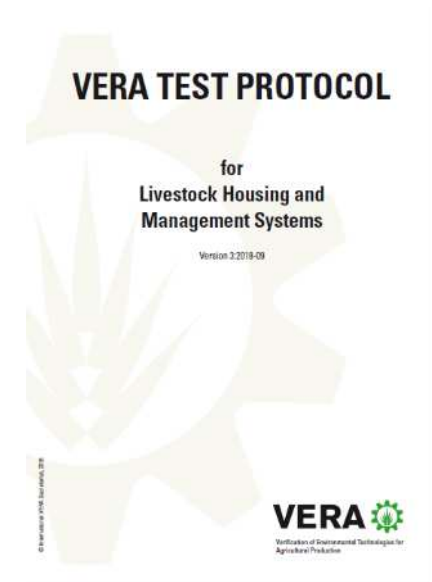
6 x 1 Woche unter Sommer-, Winter- und Übergangsbedingungen

I Messdaten u.a.

Gase: Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas

Wetterdaten: Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit (außen und innen)

Stalldaten: Tierbesatz, Aktionsflächen, Milchleistung, Harnstoffgehalte der Milch, Lebendmasse, Futterrationsrate, N-gehalt Gülleproben, Reinigungsrythmen



Projekt EmiDaT

Betriebsstandorte Milchvieh

Untersuchungsvarianten Liegeboxenlaufställe:

„Keller“:

- | Laufgang mit Spaltenboden,
Güllelagerung im Stall

„Plan“:

- | Laufgang planbefestigt, Güllelagerung
außerhalb des Stalls

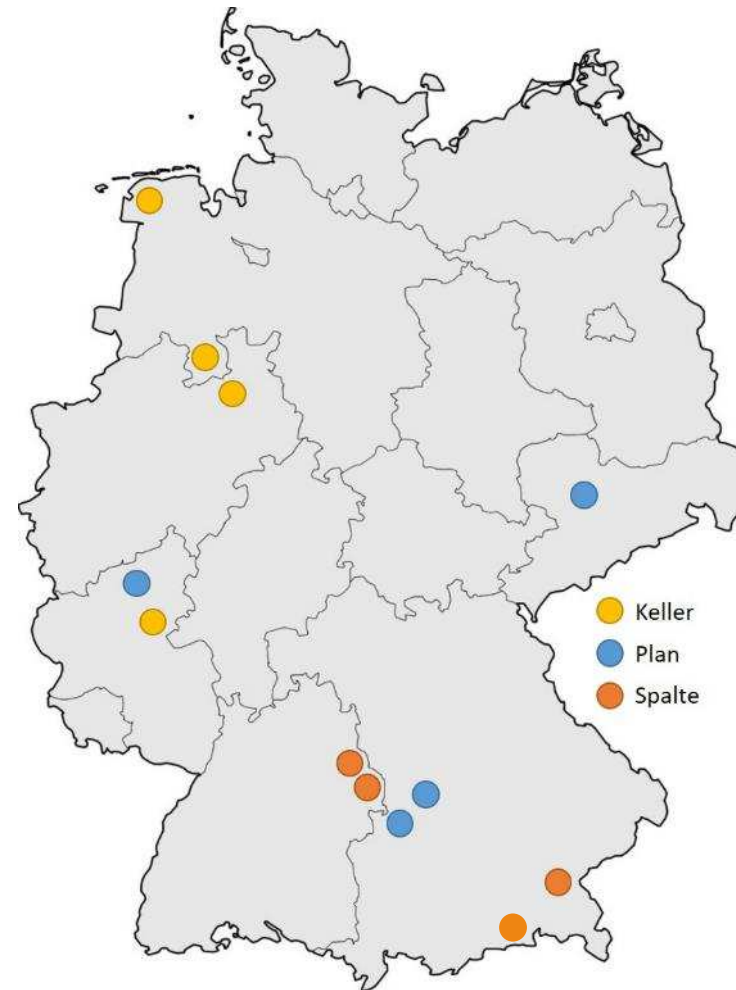
„Spalte“:

- | Laufgang mit Spaltenboden,
Güllelagerung außerhalb des Stalls

= 3 Gruppen mit jeweils 4 Betrieben



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Quelle: B. Eurich-Menden KTBL

Projekt EmiDaT



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Milchvieh



Fotos: B. Eurich-Menden, K. Wagner, KTBL

Projekt EmiDaT

Auswahl repräsentativer Betriebe



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Kriterien:

- Freie Anströmbarkeit des Stallgebäudes
- Keine weiteren Emissionsquellen in naher Umgebung (Hintergrundbelastung)
- Alter des Stallgebäudes (< 10 Jahre)
- Tierzahl (Dimensionen müssen messbar bleiben)
- Gute Fachliche Praxis beim Betriebsmanagement

Leitfragen:

- I Wie hoch sind die Emissionen der drei Systeme (Keller/ Spalte/ Plan)?
- I Gibt es Unterschiede bei den Emissionsraten zwischen den Verfahrenstypen?

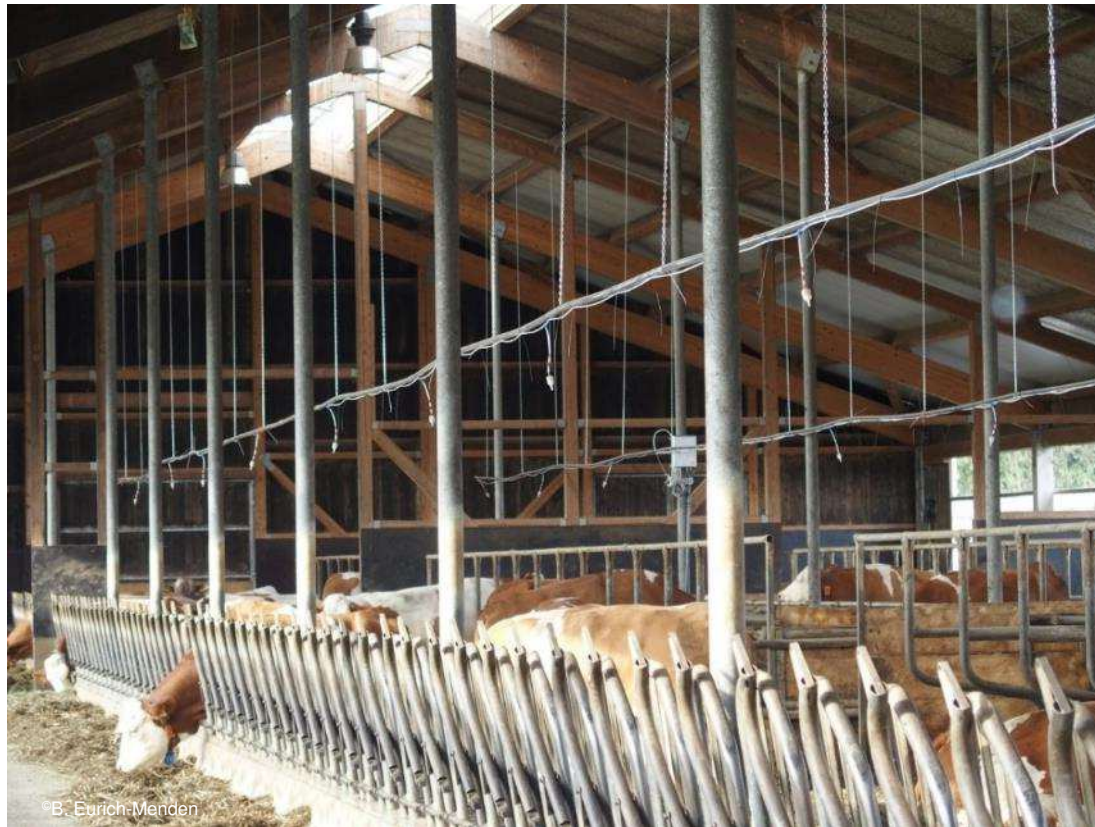


Projekt EmiDaT

Messaufbau im Stallgebäude



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



©B. Eurich-Menden



©B. Eurich-Menden



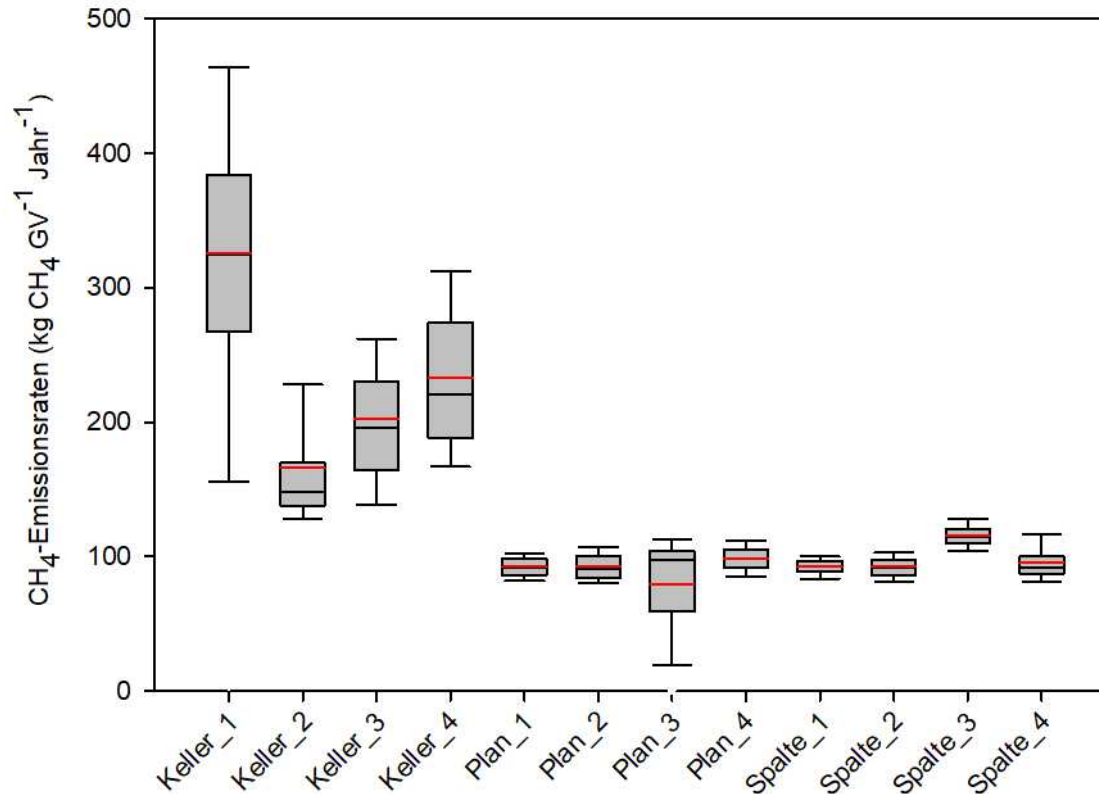
©KTBL EmiDaT

Projekt EmiDaT

Methan-Emissionsraten



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Variante	Emissionsrate Methan kg CH ₄ GV ⁻¹ Jahr ⁻¹
Spaltenboden / Gülle Keller	228
Planbefestigt / Schieberanlage	92
Spaltenboden / Fließkanal	101

→ **Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten**

„Gülle Keller“ (Lagerung der Gülle im Stall) → **308 kg CH₄/ (TP und Jahr)**

„Planbef. u. Fließkanal“ (Lagerung der Gülle außerhalb) → **131 kg CH₄/ (TP und Jahr)**

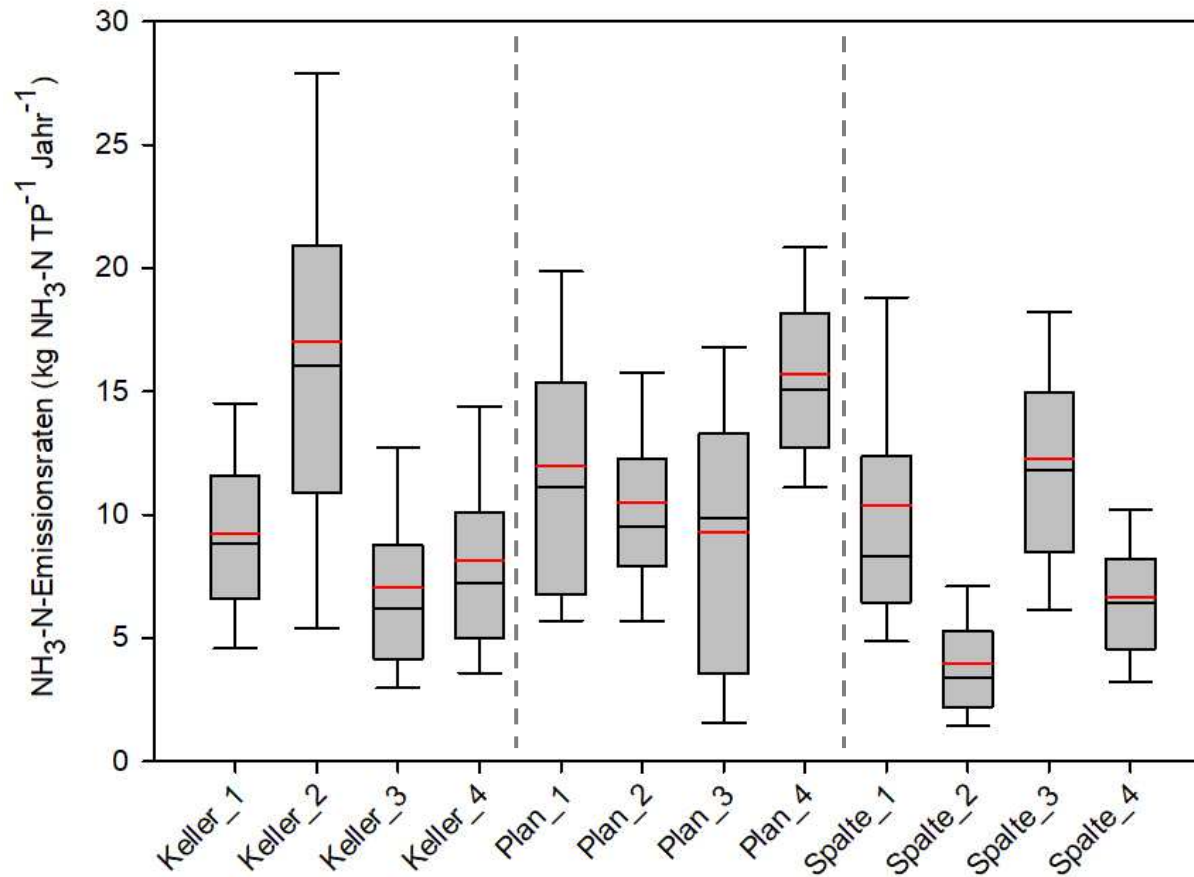
Quelle: B. Eurich-Menden KTBL

Projekt EmiDaT

Ammoniak-Emissionsraten



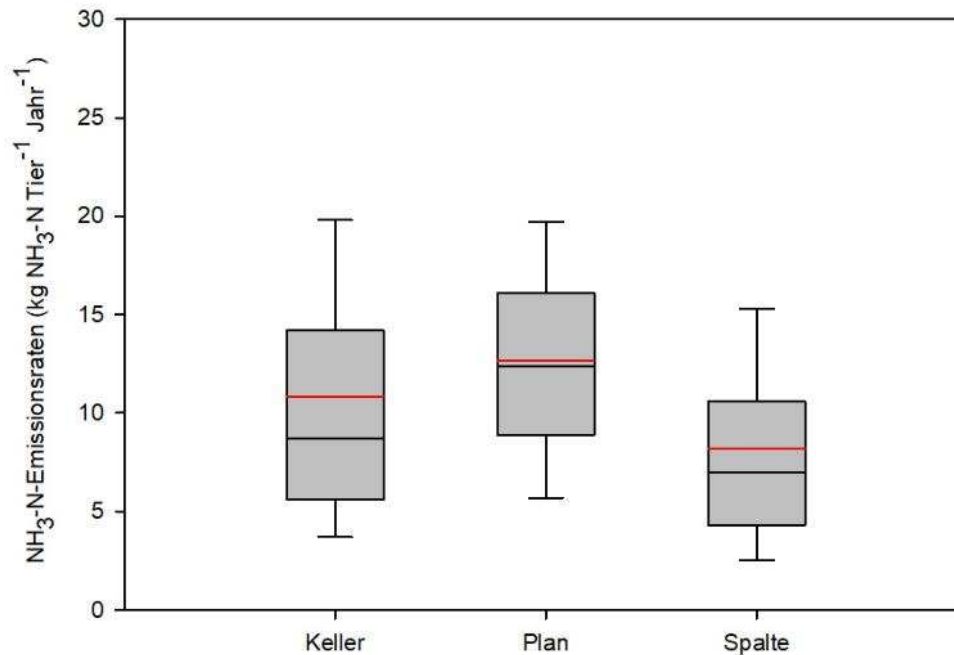
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Quelle: B. Eurich-Menden KTBL

Projekt EmiDaT

Ammoniak-Emissionsraten



Variante	Emissionsrate NH ₃ -N kg NH ₃ -N TP ⁻¹ Jahr ⁻¹	Emissionsrate Ammoniak kg NH ₃ -N TP ⁻¹ Jahr ⁻¹
Spaltenboden / Gülle Keller	10,4	12,6
Planbefestigt / Schieberanlage	11,2	13,6
Spaltenboden / Fließkanal	8,5	10,3

- Ammoniakemissionen ca. 20 % geringer, als bisheriger Wert (14,57 kg/TP*a)
- Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren! → ???
- Mittelwert: 10,0 kg NH₃-N/(TP und Jahr) = **12,2 kg NH₃/(TP und Jahr)**

Quelle: B. Eurich-Menden KTBL, ergänzt

Projekt EmiDaT



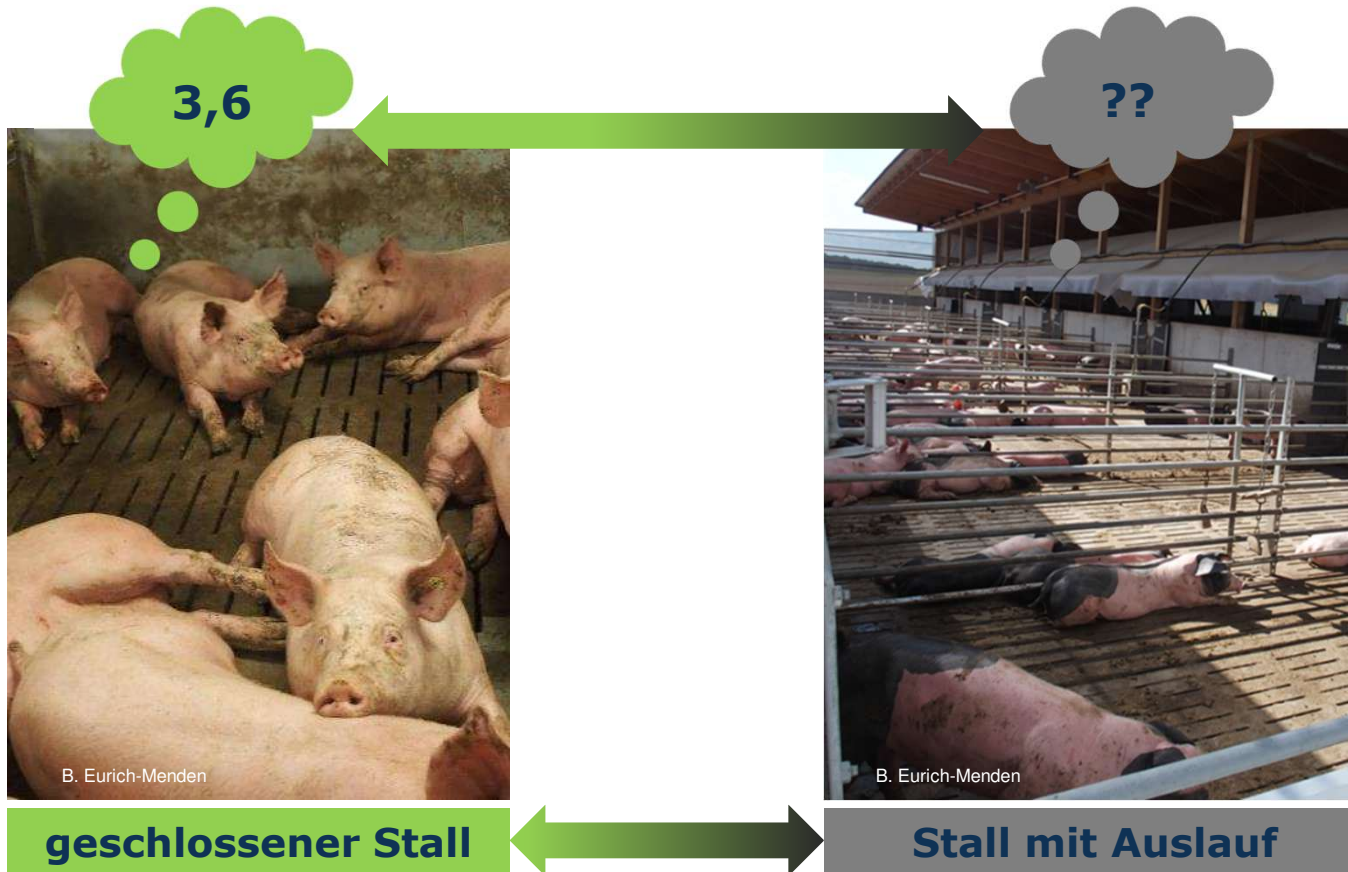
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Emissionen von Ausläufen der Schweinemast

Wie hoch ist der Ammoniak-Emissionsfaktor ($\text{kg NH}_3 \cdot \text{TP}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$) für Außenklimaställe mit Auslauf?



Gibt es Unterschiede in der Höhe der NH_3 -Emissionen bei unterschiedlicher Bodengestaltung der Ausläufe?



Auslauf planbefestigt



Auslauf mit Spalten



Messmethode/-umfang

Weiterentwicklung bzgl. Tracergasmessung, Anpassung auf Praxisbetriebe, Datenauswertung

Untersuchung von verschiedenen Stallvarianten je Variante Messungen an **4** Ställen ("multisite approach") und/oder **2** Ställen ("case-control approach")

Betriebsstandorte Mastschweine



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Untersuchungsvarianten Ställe mit Auslauf

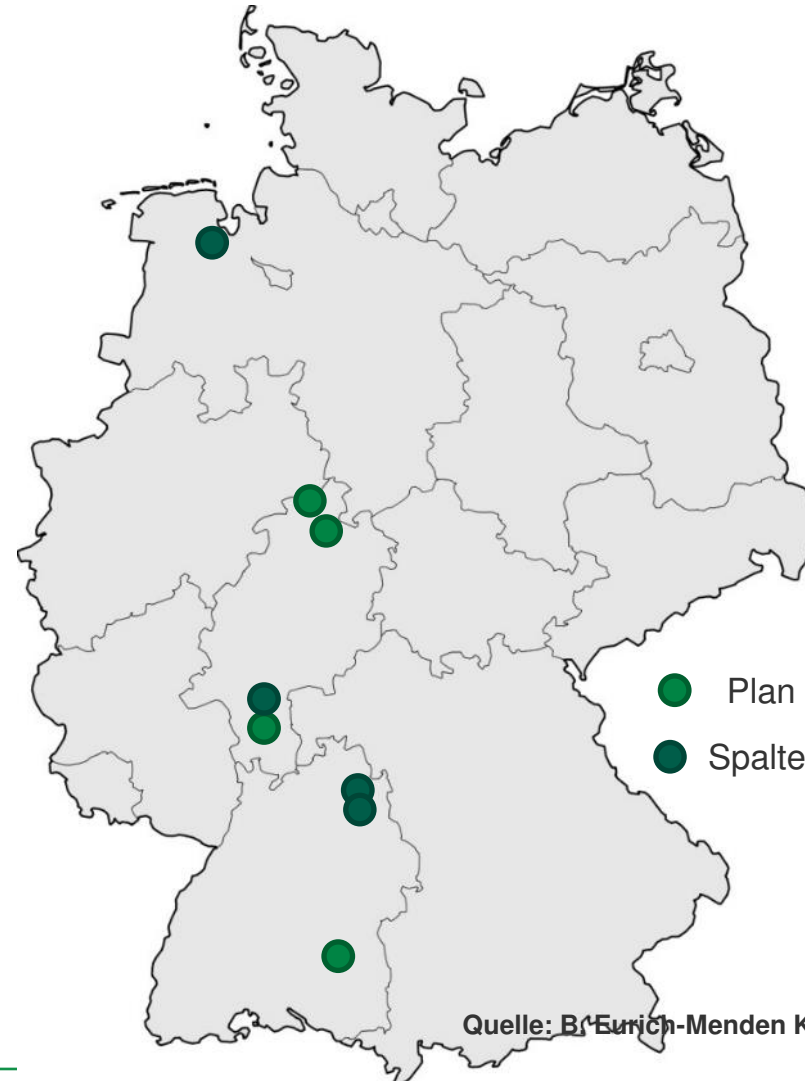
„Plan“:

- | Geschlossener Stall
- | Lüftung über Fenster und Türen
- | Planbefestigter und (teil)eingestreuter Auslauf

„Spalte“:

- | Freigelüfteter Stall
- | Innenlüftung über Curtains und Durchgänge in den Auslauf
- | Liegekiste mit Deckel
- | Spalten im Auslauf

= 2 Gruppen mit jeweils 4 Betrieben



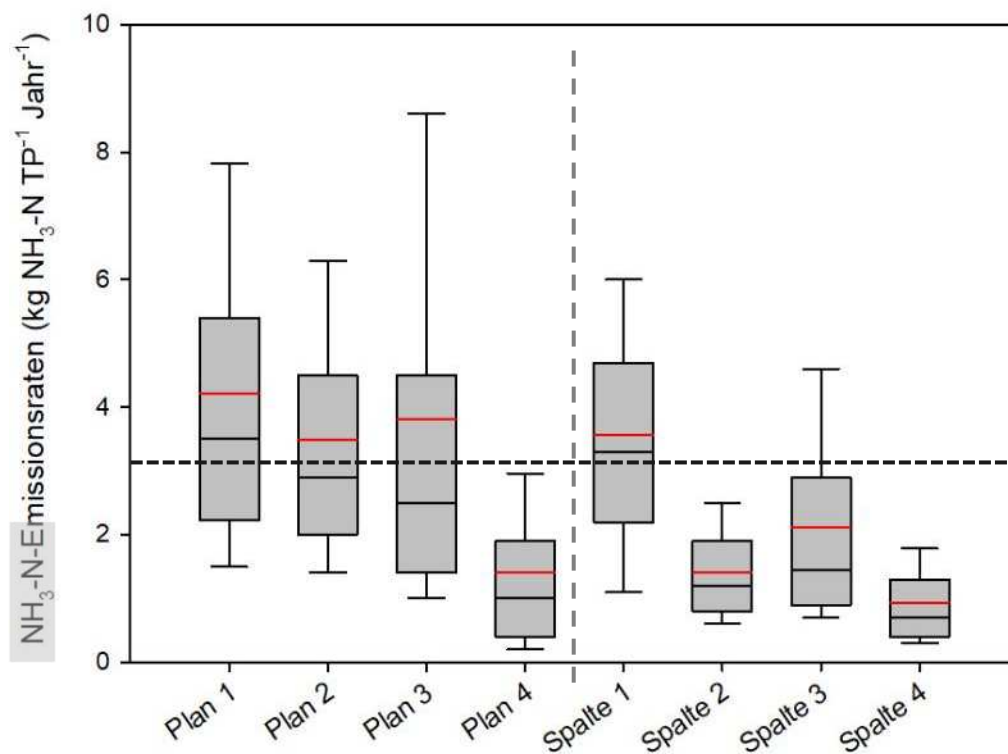
Ergebnisse EmiDaT Ammoniak-Emissionsraten



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Quelle: B. Eurich-Menden KTBL



B. Eurich-Menden



B. Eurich-Menden



D. Horlacher



B. Eurich-Menden

Auslaufgestaltung – Variante Plan



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Bauliche Anforderungen:

- Auslauf mit Gefälle und Harnrinne
- Überdachung des Auslaufs (möglichst vollständig)

Management-Anforderungen:

- Konsequentes Einstreu- und Reinigungsmanagement erforderlich!
→ regelmäßige Reinigung und Einstreuen notwendig (ca. 3x wöchentlich)
→ ausreichende Menge an Einstreu – Harnpfützen vermeiden!



Quelle: B. Eurich-Menden KTBL

Auslaufgestaltung – Variante Spalte

Bauliche Anforderungen:

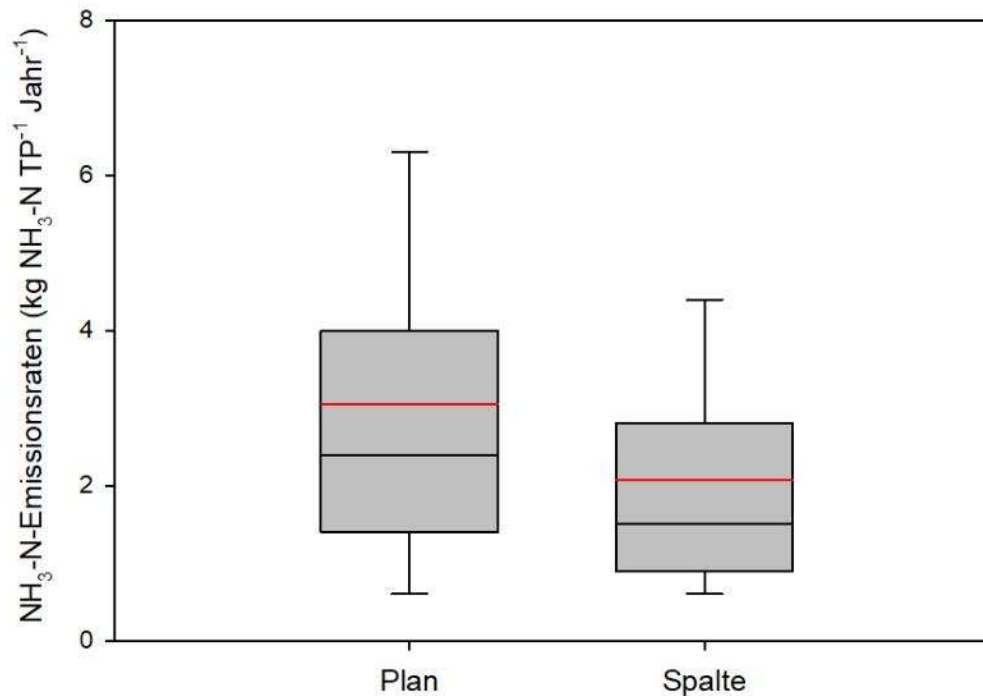
- Überdachung des Auslaufs (möglichst vollständig)
- Unterflurschieber mit Harnrinne können helfen, Emissionen weiter zu mindern (→ EmiMin)

Management-Anforderungen:

- Konsequentes Reinigungsmanagement erforderlich
- Verstopfen der Spalten (insbesondere im Sommer) vermeiden – evtl. manuelle Reinigung erforderlich



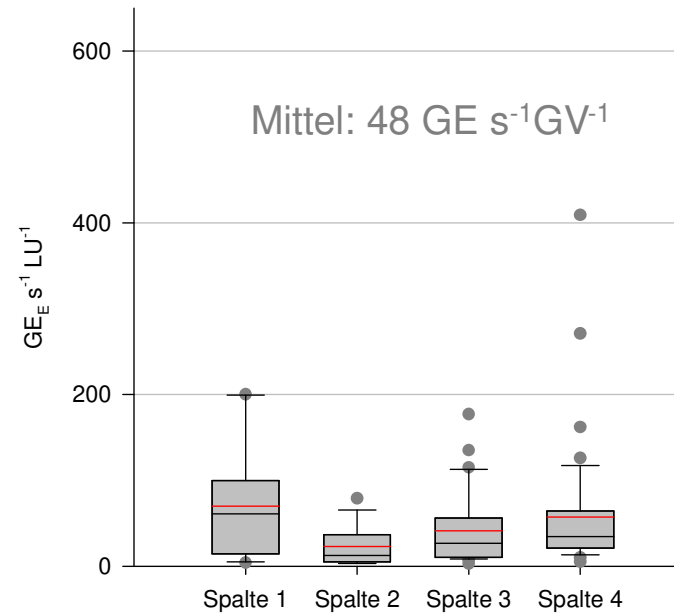
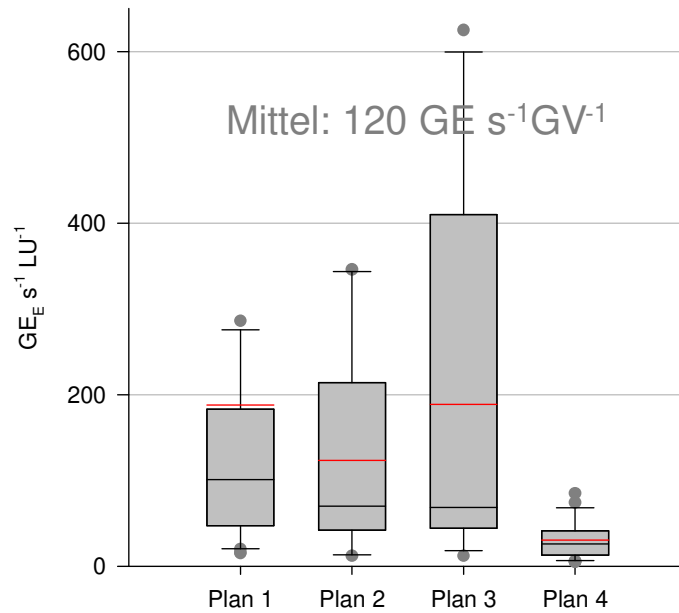
Ergebnisse Mastschweine
Ammoniak-Emissionsraten



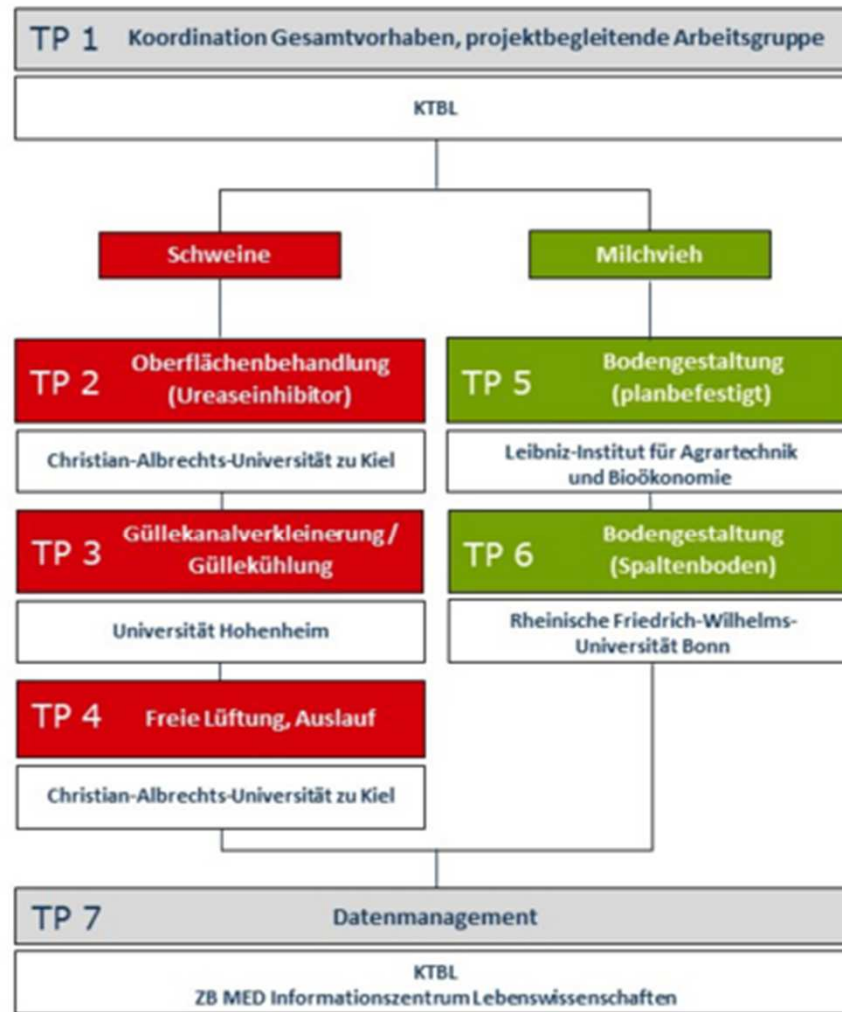
Variante	Emissionsrate NH ₃ -N kg NH ₃ -N TP ⁻¹ Jahr ⁻¹	Emissionsrate <i>Ammoniak</i> kg NH ₃ TP ⁻¹ Jahr ⁻¹
Plan	3,2	3,9
Spalte	2,0	2,4

→ Mittelwert: **2,6 kg NH₃-N/(TP und Jahr) = 3,2 kg Ammoniak / (TP und Jahr)**

Ergebnisse EmiDaT Geruch



Quelle: B. Eurich-Menden KTBL



TP = Teilprojekt

Quelle: KTBL

Projekt EmiMin



Rillenboden

- In drei Milchviehställen eingebaut
- Zwei verschiedene Hersteller
- Gleiches Wirkprinzip
- Einbau modular, segmentweise oder als Belag
- Messung case-control in time



Norddeutschland 2019



Janke, ATB

Westdeutschland 2020



Janke, ATB

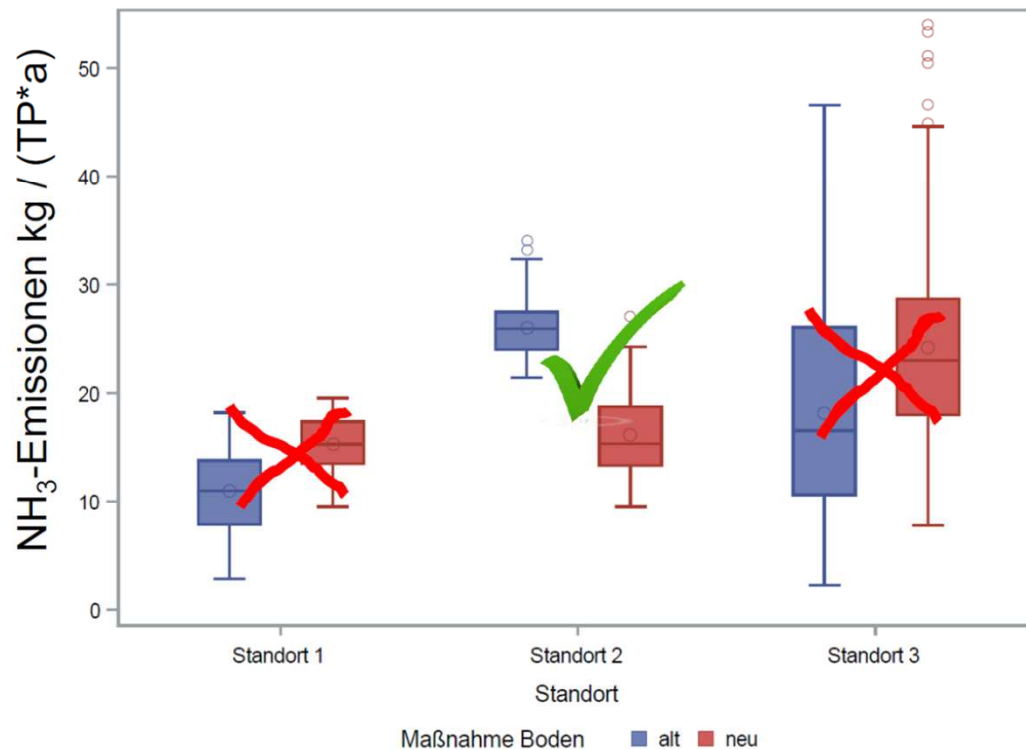
Süddeutschland 2020



Janke, ATB

Rillenboden

Vorher-Nachher Vergleich aller drei Standorte



Standort	NH ₃ Emissionen [kg / TP a]		Minderung
	Control	Case	
1	9,8	16,9	keine
2	26,5	16,3	39 %
3	20,8	21,6	keine

- Standortabhängig
- einzelbetriebliche Effekte
- Gesamtminderung nicht nachweisbar

Quelle: Janke et al., ATB Potsdam

Projekt EmiMin

Rillenboden



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

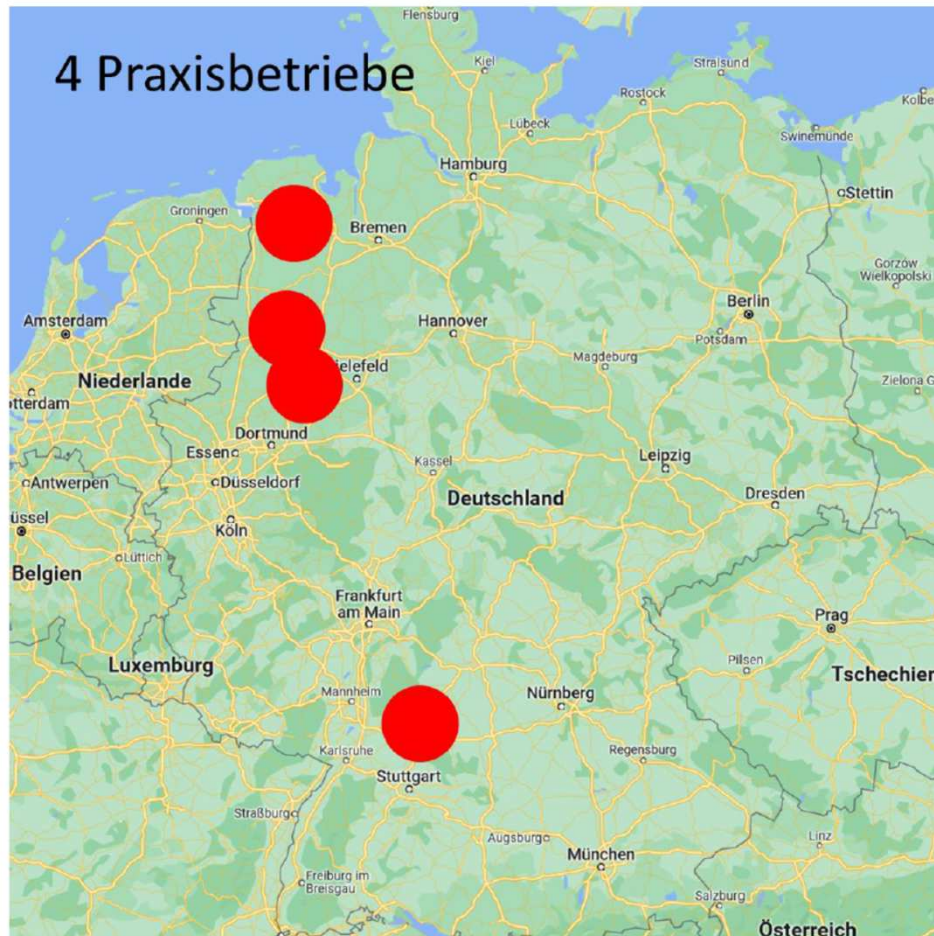


Alle Abbildungen Janke, ATB

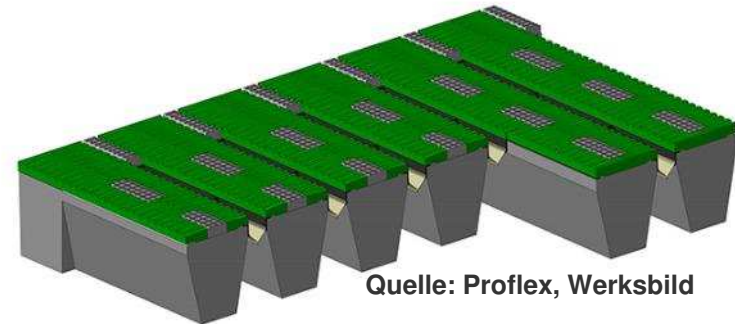
Projekt EmiMin



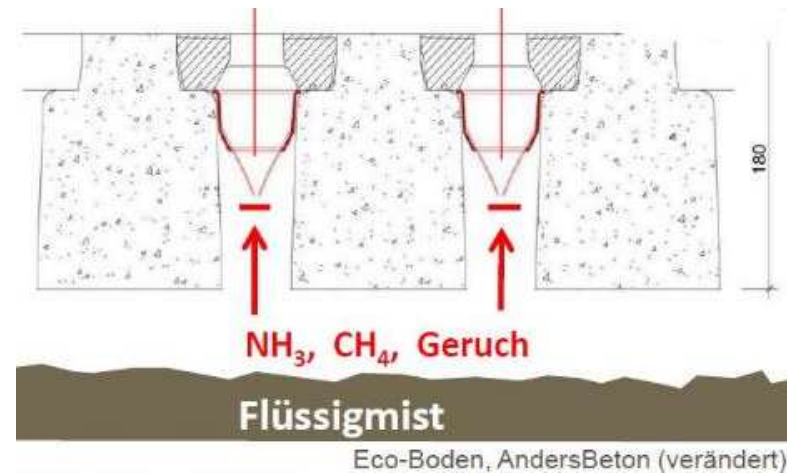
Spaltenboden mit Klappen



Quelle: Trimborn et al., Uni Bonn



Quelle: Proflex, Werksbild



Gummieinsätze mit Dichtungsklappen



Bodenreinigung mit
Spaltenreiniger und
Wasser-
Sprüheinrichtung



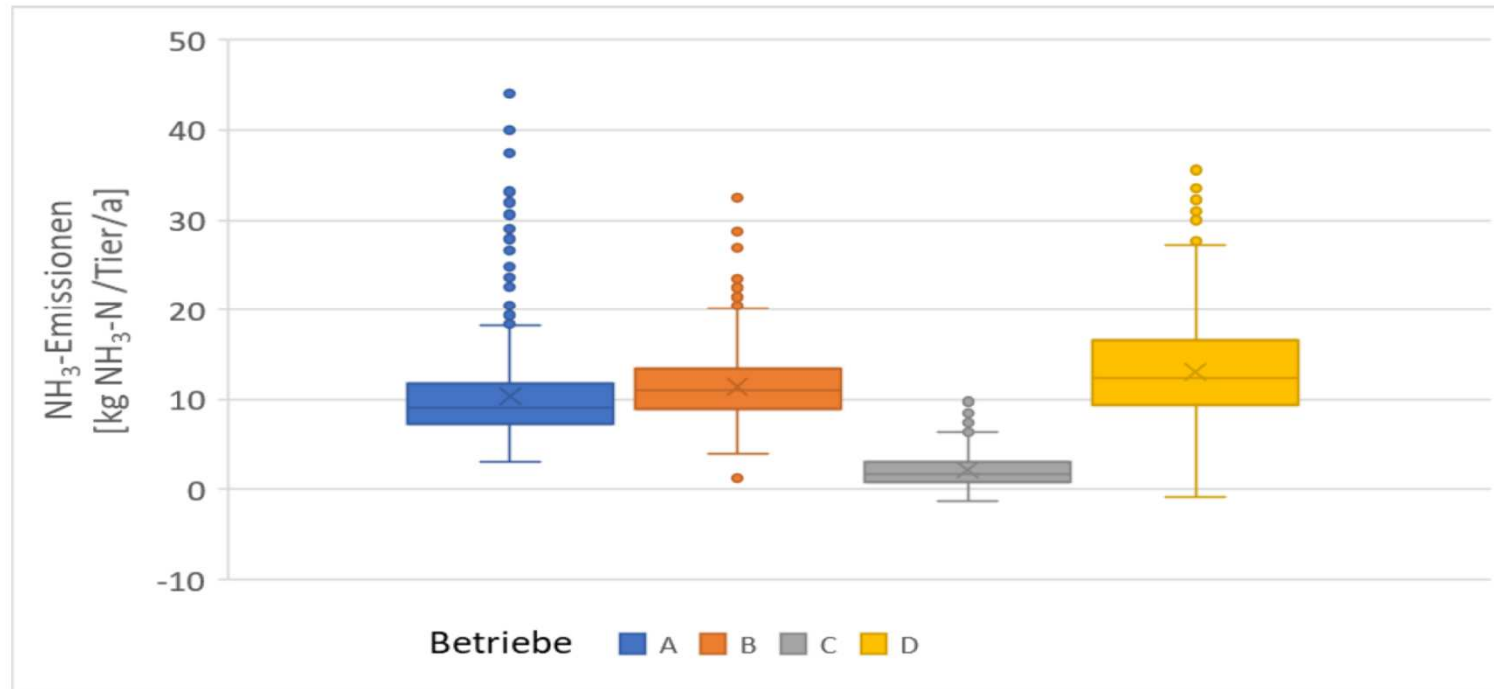
Quelle: Trimborn et al., Uni Bonn

Projekt EmiMin



Spaltenboden mit Klappen

Erste Ergebnisse NH₃-Emissionen (vorläufig)



Quelle: Trimborn et al., Uni Bonn

Emissionsminderung Ammoniak: 15 – 20 %,

aber:

Alterung des Materials, Funktionsfähigkeit, Verschmutzung und Wartung der Klappen, Management !

Zwangslüftung:

Mastschwein

- Ureaseinhibitor
- Güllekanalverkleinerung
- Gülle Kühlung Kühlrippen



freie Lüftung + Auslauf:

Mastschwein

- Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung
- Ureaseinhibitor
- Kombination von:
Ureaseinhibitor + Unterflurschieber



Projekt EmiMin

Ureaseinhibitor

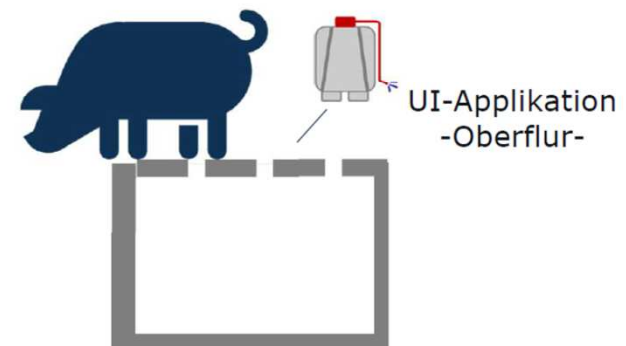


LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Oberflur, Zwangslüftung, perforierter Boden

Mast Zwangslüftung 3 Ställe



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

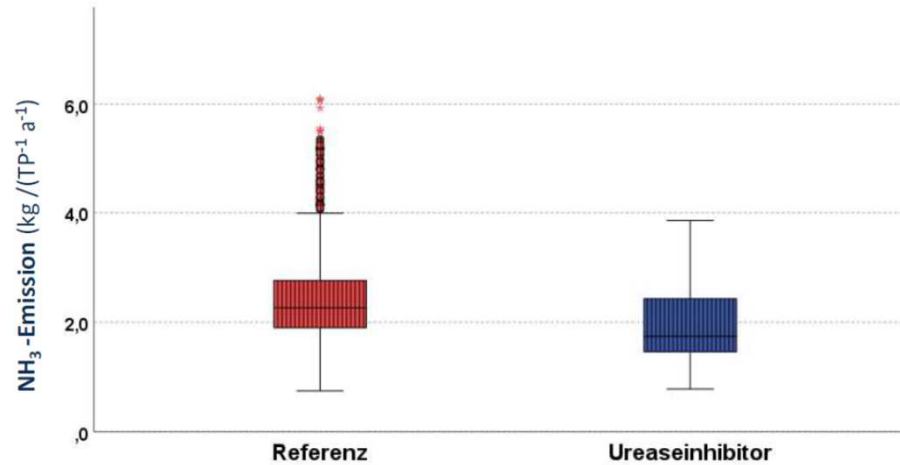
Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

Projekt EmiMin



Ureaseinhibitor

	Referenz <i>MW^h</i> (<i>MW^h</i> je Betrieb)	Ureaseinhibitor <i>Oberflur, Zwangslüftung, perforierter Boden</i> <i>MW^h</i> (<i>MW^h</i> je Betrieb)
NH₃-Emission kg/(TP a)	2,5 (1,8-3,7)	2,0 (1,6-2,3)



	Ureaseinhibitor <i>Oberflur, Zwangslüftung, perforierter Boden</i>
NH₃-Minderung (%)	20 (11-36)

Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

Projekt EmiMin

Ureaseinhibitor



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Oberflur, planbefestigter Auslauf

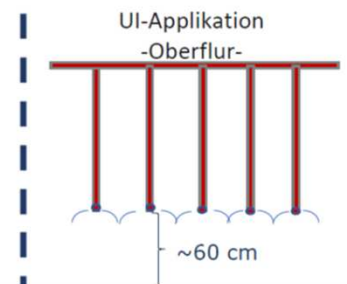


M. Felixberger

Mast freie Lüftung mit Auslauf 2 Ställe



Planbefestigter
Innenbereich



Planbefestigter
Kotbereich im
Auslauf

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

Emissionsminderung Ammoniak (vorläufig): 30 -33 %

Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

Projekt EmiMin



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung

Mast
freie Lüftung mit Auslauf
4 Ställe



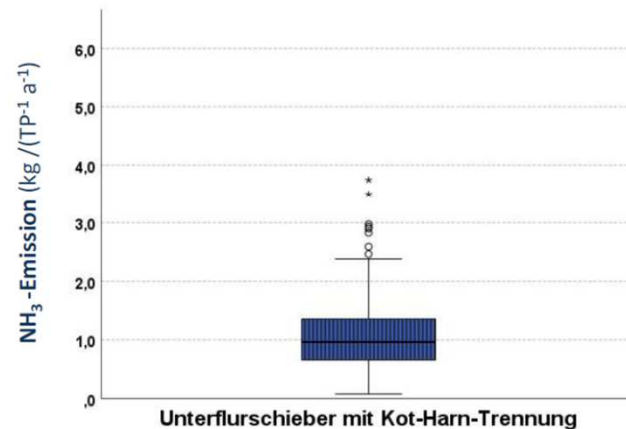
Perforierter
Kotbereich



Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung

	Referenz	Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung <i>MW^h</i> (<i>MW^h</i> je Betrieb)
NH₃-Emission <i>kg/(TP a)</i>	2,4 (EmiDaT; Wolf et al. 2023)	1,2 (1,0-1,5)



1,2 kg/(TP a)

	Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung
NH₃-Minderung (%)	49 (38 - 58)

Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung + Ureaseinhibitor

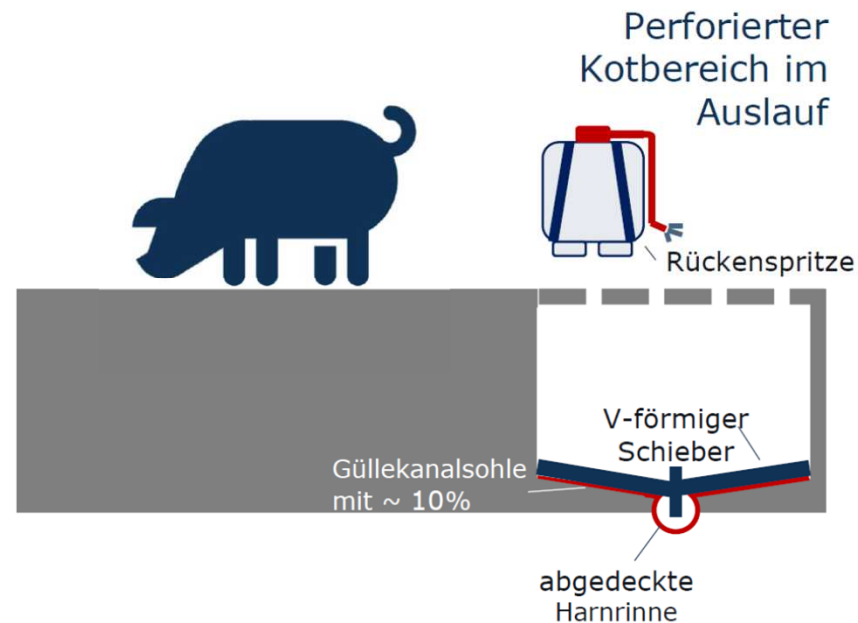
Mast freie Lüftung mit Auslauf 2 Ställe

Unterflurschieber:

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

Ureaseinhibitor:

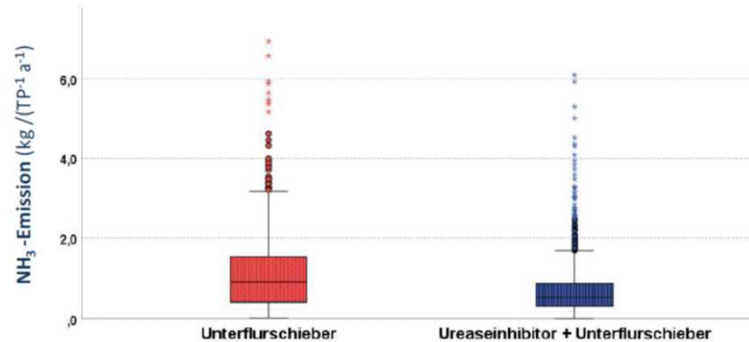
- Applikation 1x tgl.
- 50 mg/m² UI
- 50 ml/m² Aufwandmenge



Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung + Ureaseinhibitor

	Referenz <i>MWh</i> (<i>MWh</i> je Betrieb)	UI + Unterflurschieber <i>MWh</i> (<i>MWh</i> je Betrieb)
NH₃-Emission kg/(TP a)	1,3 (1,0-1,5)	0,9 (0,8-0,9)



	Ureaseinhibitor <i>Oberflur, perforierter Auslauf, Unterflurschieber</i>	UI + Unterflurschieber
Referenz kg/(TP a)	1,3	2,4 (EmiDaT; Wolf et al. 2023)
NH₃-Minderung (%)	28 (10-46)	64 (62-66)

Quelle: Hagenkamp-Kort, Uni Kiel

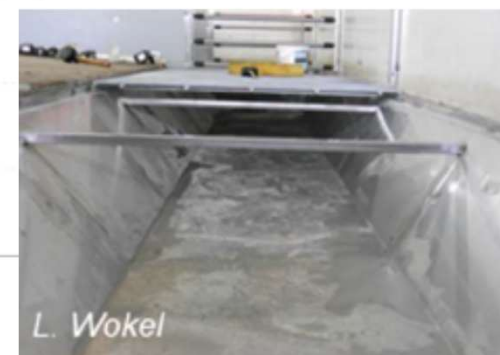
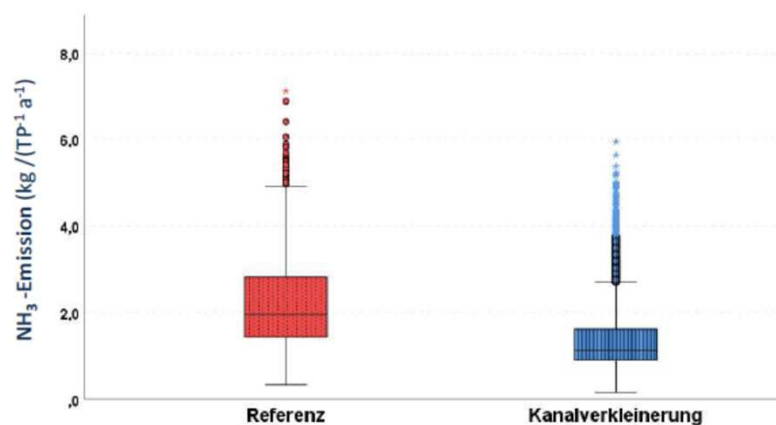
Projekt EmiMin



LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



	Referenz mit getrenntem Gülle- + Wasserkanal MWh (MWh je Betrieb)	Güllekanalverkleinerung mit getrenntem Gülle- + Wasserkanal MWh (MWh je Betrieb)
NH₃-Emission kg/(TP a)	2,2 (1,8-3,4)	1,5 (1,1-2,5)



	Güllekanalverkleinerung
NH₃-Minderung (%)	32 (26-38)

Quelle: Lili Wokel, Uni Hohenheim

Güllekühlung Zieltemperatur der Gülle $<15^{\circ}\text{C}$

Kühlung mit Kühlrippen:
2 Mastschweineeställe



Quelle: Ing.-Büro Honsa



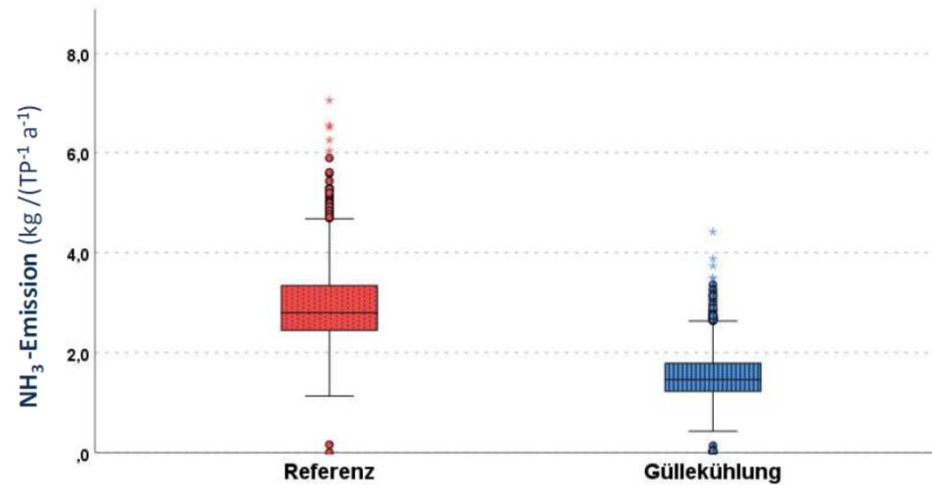
Quelle: Lili Wokel, Uni Hohenheim

Kühlung in der Güllewannensole:
1 Sauenzuchtanlage

- Besamungs-/Wartebereich
- Abferkelbereich
- Ferkelaufzuchtbereich

Gülleklärung, Kühlung mit Kühlrippen

	Referenz <i>MWh</i> (<i>MWh</i> je Betrieb)	Kühlrippen <i>MWh</i> (<i>MWh</i> je Betrieb)
NH₃-Emission <i>kg/(TP a)</i>	3,0 (2,7-3,4)	1,6 (1,5-1,7)



	Gülleklärung (Kühlrippen)
NH₃-Minderung (%)	47 (44-50)

Quelle: Lili Wokel, Uni Hohenheim

Gülleklärung, Kühlleitungen im Güllewannenboden

NH ₃ -Emissionen kg/TP* Jahr	Referenz (ungekühlt)	Gülleklärung*) (Versuch)	Minderung	TA Luft (Referenzfaktor nach Fütterung)
Besamungs- /Wartebereich	5,64	3,96	30 %	3,84
Abferkelbereich	5,92	5,33	10 %	6,64
Ferkelaufzuchtbereich	0,30	0,17	43 %	0,4
Gesamtanlage	6,31	4,50	29 %	(5,8)

* Max. Temperaturabsenkung der Gülle in den Versuchsabteilungen = 3 K



Gülleabfuhr

Probleme, Einsatzgrenzen:

- Nur in Sauenzuchtanlagen mit Ferkelaufzucht oder separaten Ferkelaufzuchtställen
- Reinigung (Verstopfung der Kühlrippen)
- Zieltemperatur (15° C) nicht erreicht
- Gülletemperatur $\leq 10^\circ \text{ C}$? (TA Luft)
- Minderung Wirkungsgrad bei Kühlung im Wannboden
- **Energievernichtung im Sommer!**



Teilprojekte Schwein: Übersicht der Minderungsmaßnahmen

Minderungsmaßnahme NH ₃	EmiMin Minderungspotential	Literatur Minderungspotential	Quelle
Güllekanalverkleinerung	32%	50%^a <i>Geneigte Seitenwände</i>	^a TA Luft (2021)
Güllekühlung <i>Kühlrippen (<15°C)</i>	47%	40%^a 50%^b <10°C 56%^c <15°C	^a Öttl et al. (2023) ^b TA Luft (2021) ^c Aarnink et al. (2019)
Ureaseinhibitor <i>Oberflur, Zwangsgelüftet, perforierter Boden</i>	20%	21%^a <i>Oberflur, Spalten, Zwangslüftung</i> 29%^b <i>Unterflur, Spalten, freie Lüftung</i>	^a Schulte et al. (2022) ^b Calvet et al. (2022)
Ureaseinhibitor <i>Oberflur, planbefestigter Auslauf</i>	32% _{vorläufig}		
Ureaseinhibitor <i>Oberflur, perforierter Auslauf, Unterflurschieber</i>	28%		
Unterflurschieber <i>mit Kot-Harn-Trennung, perforierter Auslauf</i>	49%	40%^{b,c} 54%^a <i>Zwangslüftung</i> 75%^d <i>freie Lüftung, Auslauf</i>	^a Landrain et al. (2009) ^b Loussouarn et al. (2014) ^c Lagadec et al. (2019) ^d Öttl et al. (2023)
Ureaseinhibitor + Unterflurschieber <i>Kombination</i>	64%	--	

Quelle: KTBL