

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf



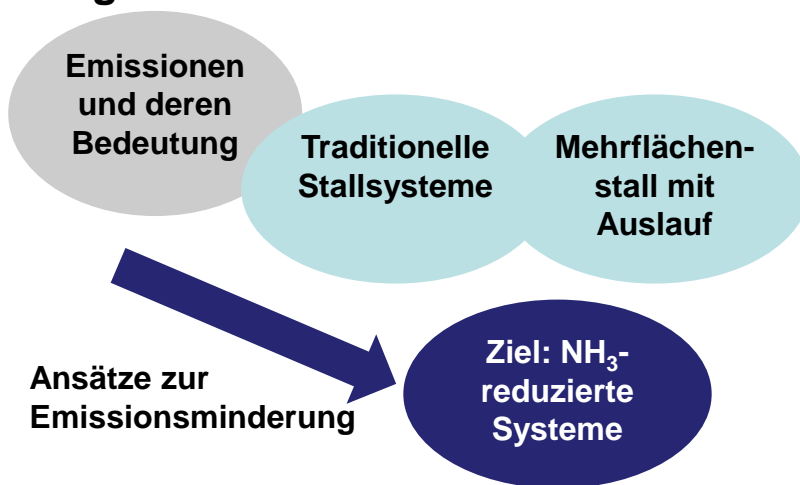
mit
N.R. Berry, L. Koutny
Erhebungen 2002-2005
Unterstützung BAFU

Margret Keck, Kerstin Zeyer

25./26.1.2018 KTBL-Messworkshop, Tänikon

www.agroscope.ch | gutes Essen, gesunde Umwelt

Schweinehaltung zukunftsgerichtet: tiergerecht und emissionsarm



Inhalt

- Datenbasis in der Literatur
- Haltungssysteme in der Schweinehaltung
- Geruch: Konzentration und Immission
 - Systeme – Ergebnisse
- NH₃- und (PM10-)Emission:
 - Systeme – Ergebnisse – Einflussgrößen
- Lösungsansätze zur Emissionsminderung
- Messkonzept, Analytik, Herausforderungen

Geruch

Nachbarschaft

PM10

Gesundheit

NH₃

Versauerung, Eutrophierung
Sekundärpartikel



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

3

Datenbasis Literatur: Geruch

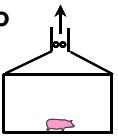
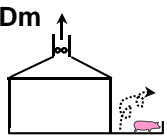
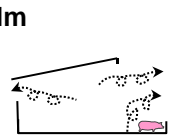
- D, GIRL (2008):
«Daten für frei gelüftete Ställe fehlen weitgehend, Schwierigkeiten bei der Luftwechselbestimmung»
- D, VDI 3894 (2012):
«Konventionswerte als Emissionsfaktoren»,
«Untersuchungen zur Validierung erforderlich»,
«Haltungsverfahren mit Auslauf» fehlen
z.B. Rindvieh, Geflügel, Schweine,
«keine Angaben» z.B. Ausläufe, Silage,
Hofdüngerlager
- NL, Ogink (2010):
Emissionsfaktoren auf Basis Tierkategorie,
bei Geruch kaum Differenzierung nach
Haltungssystem, Minderung bisher nur im
Bereich Abluftreinigung



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

4

Switzerland Schweinehaltung: Untersuchung

Stalltyp	Do 	Dm 	Nm 
Lüftung	Zwangs-, über <u>D</u> ach	Zwangs-, über <u>D</u> ach	Freie, <u>N</u> icht über Dach
Auslauf	<u>o</u> hne	<u>m</u> it	<u>m</u> it
Stallsystem	Vollspalten, Warmstall	Mehrflächen, Warmstall	Mehrflächen, Aussenklima, Offenfront
Anzahl Betriebe	10	10	13
Anzahl Tiere	48-132 GVE	7-104 GVE	24-83 GVE

= Referenz

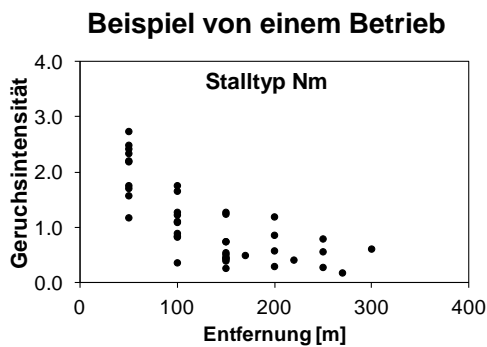
Beteiligung RAUS-Programm
>60 % der GVE, BLW Agrarbericht

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

5

Agroscope

Switzerland Abklingkurven von Fahnenbegehungen



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

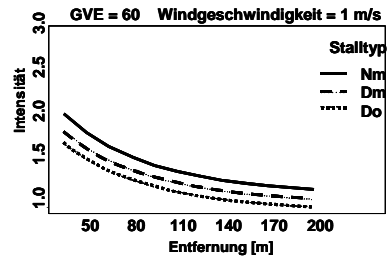
Agroscope

Geruchsimmission: Modell

**Lineares
Gemischte-Effekte-Modell**
mit zufälligen Effekten:
Betrieb – Datum – Begehung

Sign. Einflussgrößen
auf die Geruchsintensität:

- Stalltyp
- Entfernung
- Grossvieheinheiten
- Windgeschwindigkeit
- Testperson



Nm > Dm > Do Stalltyp: "mit Auslauf" > "ohne Auslauf"
Abluftführung: "nicht über Dach" > "über Dach"

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

7

Geruchsstoffkonzentration

Flächenquelle Auslauf

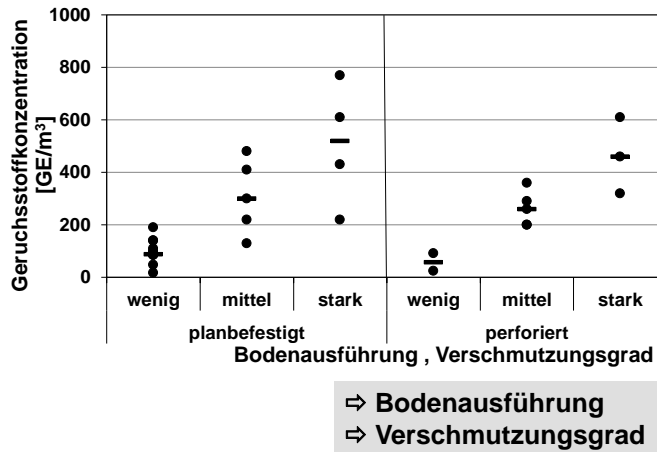
- Probenahme
u. Olfaktometrie
- Bodenausführung:
planbefestigt, perforiert
- Verschmutzungsgrad:
schwach, mittel, stark



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

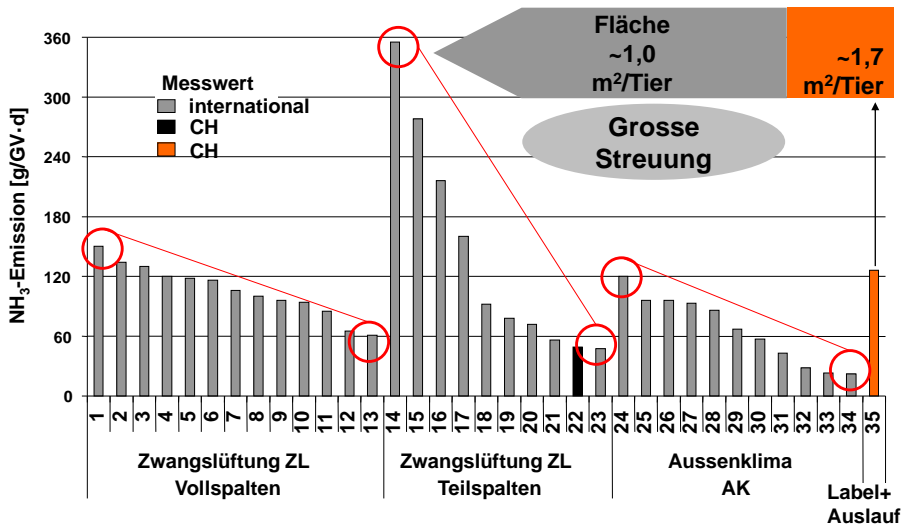
8

Geruchsstoffkonzentration: Auslauf Relativer Vergleich



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

Datenbasis Literatur: NH₃ Mast



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

Haltungssysteme in der Schweinemast



**Zwangslüftung
Voll- /Teilspalten
0,7 bzw. 1 m²/Tier**

**Mehrflächensystem
mit Auslauf
1,7 m²/Tier**



Berry et al.
2005

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

11

Emissionsmessung Schweinemast: Systeme, Tiere, Temperatur

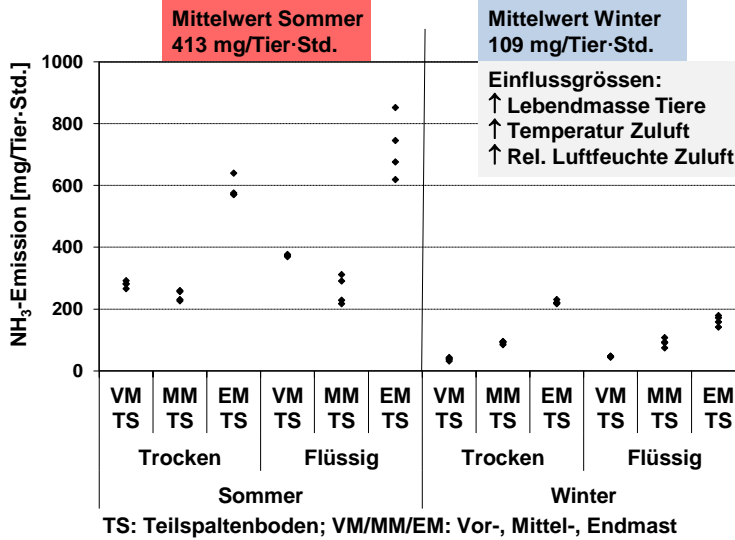
Stallsystem Fläche pro Tier [m ²]	Teilperforiert 1,0		Mehrflächensystem mit Auslauf 1,7-1,8	
Tiere Anzahl	14	18	80/74	
∅ Lebendmasse [kg]				
Sommer	35/61/98	34/59/92	78/84	
Winter	25/48/84	26/50/86	92/101	
Fütterung	Flüssig	Trocken	Flüssig	
Temperatur [°C]			Liegebereich	Auslauf
Sommer (min-max)	19,8–25,6 (16–30)	20,1–25,4 (15–31)	26,5 (22–31)	27,5 (19–40)
Winter (min-max)	14,5–18,5 (13–21)	16,8–19,9 (15–23)	14,4 (11–17)	-4,5 (-11–14)
Messumfang	Je 4 aufeinanderfolgende Tage		7/13 Tage Sommer/Winter	

Berry et al. 2005

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

12

Traditionelles Stallsystem NH₃

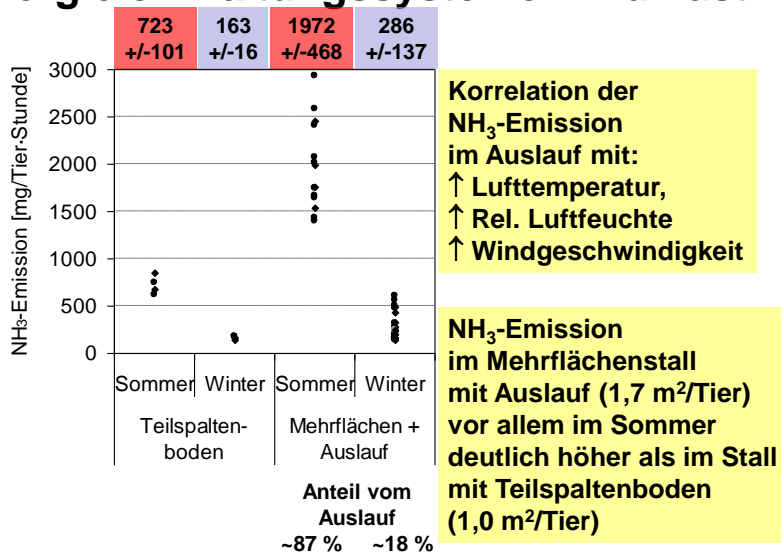


Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

13

Agroscope

Vergleich Haltungssysteme: Endmast

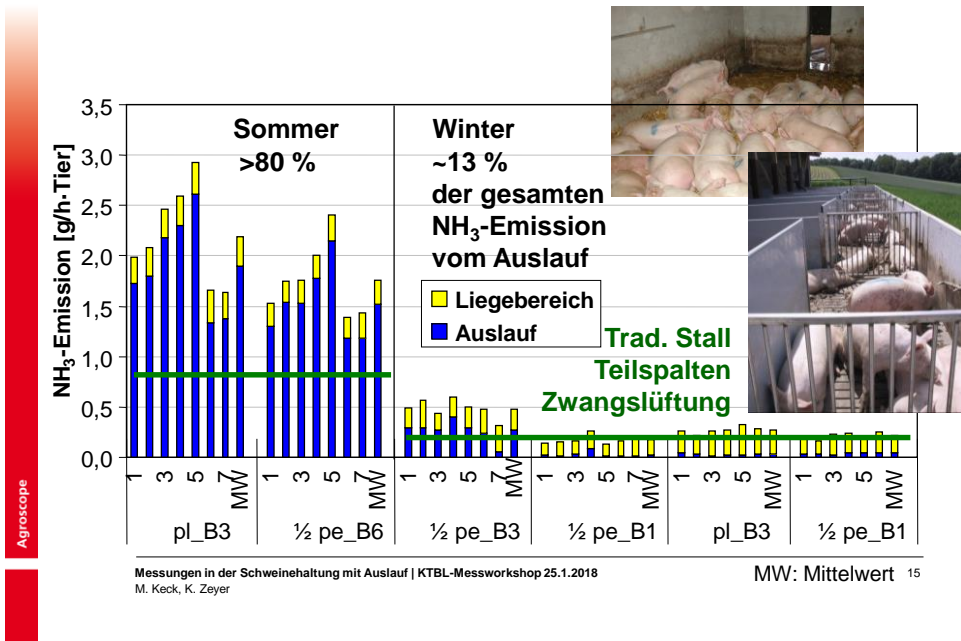


Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

14

Agroscope

Schweinemast: Label + Auslauf



Schweinemast: Label + Auslauf

NH₃-Emission

Winter ~13 % vom Auslauf

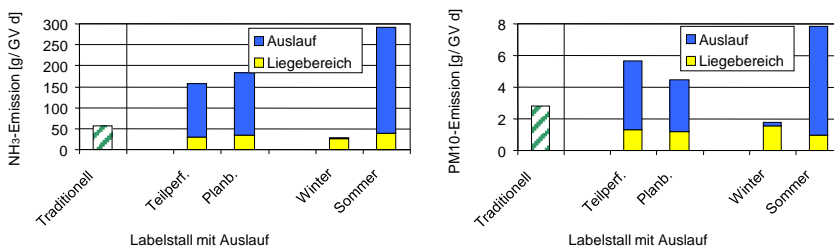
Berry et al. 2005

Sommer ~87 % vom Auslauf

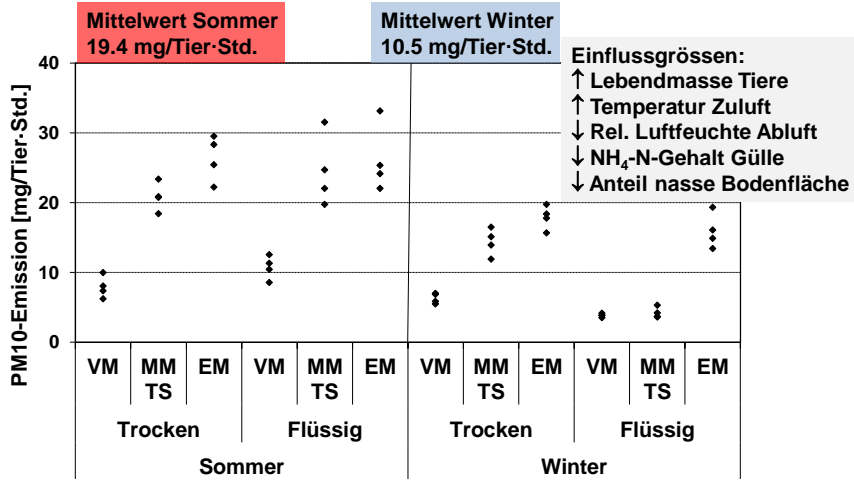
Sommer > Winter

Winter: Labelstall + Auslauf = traditioneller Stall

Sommer: Labelstall + Auslauf > traditioneller Stall



Traditionelles Stallsystem PM10

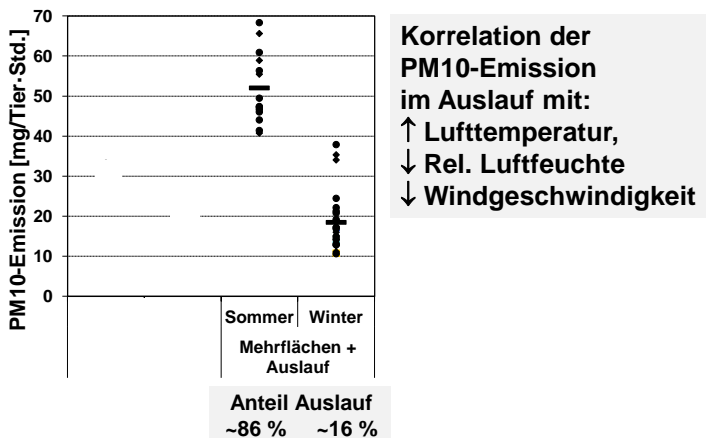


TS: Teilspaltenboden; VM/MM/EM: Vor-, Mittel-, Endmast

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
 M. Keck, K. Zeyer

17

Mehrflächenstall mit Auslauf: Endmast



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
 M. Keck, K. Zeyer

18

Zusammenfassung

Parameter	NH ₃ -Emission	PM10-Emission	Geruch
Teilspaltenboden Zwangslüftung Einflussgrössen:			Geruchsstoffkonzentration im Auslauf Einflussgrössen: Bodenausführung, Verschmutzungsgrad
Lebendmasse	↑	↑	
Zulufttemperatur	↑	↑	
rel. Luftfeuchte	↑	↓	
NH ₄ -N Gülle		↓	
Anteil nasse Fläche		↓	
Mehrflächenstall u. Auslauf	So > Wi dominiert	So > Wi dominiert	Geruchsimmission Abluft nicht über Dach mit Auslauf Abluft ^{>} über Dach mit Auslauf Abluft ^{>} über Dach ohne Auslauf
Korrelation zur Emission vom Auslauf:			
Lufttemperatur	↑	↑	
Rel. Luftfeuchte	↑	↓	
Windgeschwindigkeit	↑	↓	
Vergleich Endmast			Einflussgrössen: GVE, Fläche, bodenah/Austrittshöhe, Fütterung
Mehrflächen u. Auslauf	>	>	
Teilspalten Zwangslüft.			

Agroscope

Emissionsminderung

- Trend zu grösseren verschmutzten Flächen hinterfragen
- Entmistung in Labelställen meist Handarbeit bzw. mobil
- Daher: raschen Harnabfluss und tiefe Temperaturen als Chance nutzen

→ Tier- und umweltgerechte Haltungssysteme gezielt entwickeln



Agroscope

Ansätze zur NH₃-Minderung

Quantifizierung?

Stallkonzept	<ul style="list-style-type: none"> Grösse der Flächen dem Bedarf je nach Altersabschnitt anpassen Getrennte Klima- und Funktionsbereiche: Aussenklima kombiniert mit Mikroklimabereich
Rascher Harnabfluss (planbefestigt)	Harn (Gefälle ~rund 3 %) auf möglichst kurzem Weg von der Oberfläche abführen und sammeln
Saubere, trockene Aktivitätsflächen	Entmistung häufig und mit hoher Reinigungsqualität
Umgang mit Gülle	<ul style="list-style-type: none"> Gülle aus Kanälen häufig ins gedeckte Lager ablassen, Lagerung vor allem im kühlen Bereich, anstatt im Warmstall Vermeiden intensiver Güllebewegung Aufrühren nur gezielt zum Ausbringen

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

21

Ziele

Massnahmen zur Minderung von Ammoniak (NH₃) sind

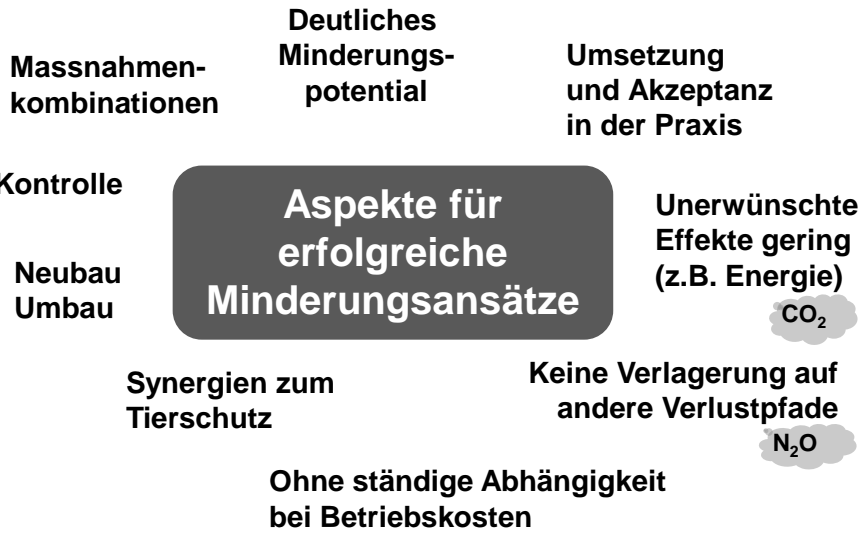
- bis zur Praxisreife (weiter-)entwickelt ,
- bewertet und
- das Minderungspotenzial quantifiziert.



Erreichen der Umweltziele Landwirtschaft [BLW u. BAFU 2008]
zur Einhaltung der Critical Loads für NH₃-N
Reduktion auf ~25'000 t Stickstoff pro Jahr

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

22



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

23



Minimierung der verschmutzten Fläche

- Getrennte Klima- & Funktionsbereiche
- Weniger emittierende Oberflächen, Boden- & Tier-Verschmutzung

- ⇒ Geschickte Anordnung
- ⇒ Struktur
- ⇒ Kombination
- ⇒ Wahl Stallsystem



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

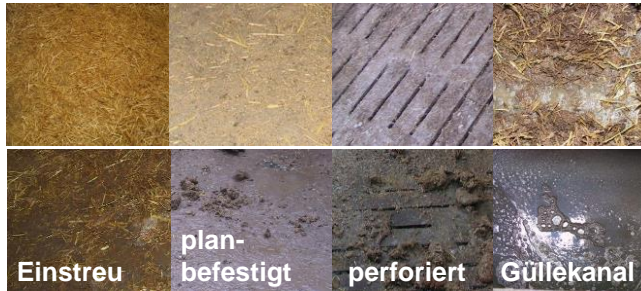
24

Welche Flächen emittieren?

Planbefestigt: Oberfläche
Perforiert:

- Spaltenelemente oben, seitlich, unten
- Gülleoberfläche in darunter liegenden Kanälen oder Grube

mit
Verschmutzung
vor allem Harn,
Kot



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

25

Verschmutzte Flächen

Verschmutzung

Grösse der Fläche
Masse pro Fläche
Art (vor allem Harn, feucht...)
Stickstoff-Gehalt
pH-Wert

Freisetzungsbedingungen

Temperatur
Sonneneinstrahlung
Luftgeschwindigkeit



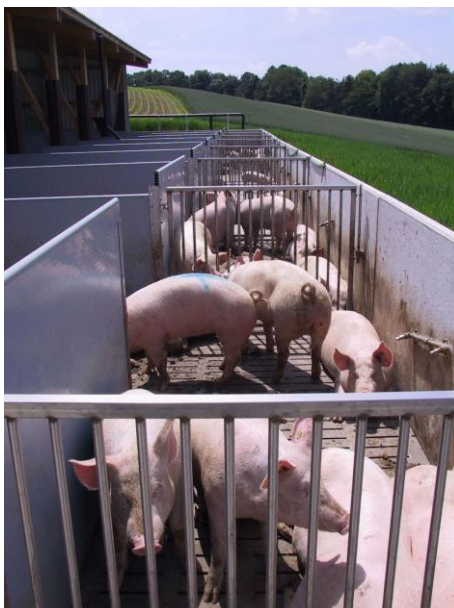
Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

26

Rasches Abführen von Harn und saubere, trockene Aktivitätsfläche



Methoden - Messkonzept



☝ Mehrflächensystem mit Auslauf



Liegebereich
Weizenstroh
 (74 g/Tier-d im Sommer,
 200 g/Tier-d im Winter)
Zwangslüftung

**Auslauf
 überdacht**



**nicht
 überdacht**



**Flüssig-
 fütterung**
3 x täglich

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
 M. Keck, K. Zeyer

29

☝ 2 Auslaufvarianten – innerhalb Betrieb

100 % planbefestigt > pl



50 % perforiert > 1/2 pe

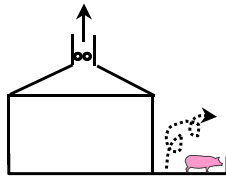


Messumfang	Temperatur [°C]	
	Liegebereich	Auslauf
• 1 Woche Sommer – sehr heiss	21.8-31.4	19.4-40.1
• 2 Wochen Winter – sehr kalt	10.6-17.0	-10.9-13.7
in Endmast (78-103 kg/Tier)		

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
 M. Keck, K. Zeyer

30

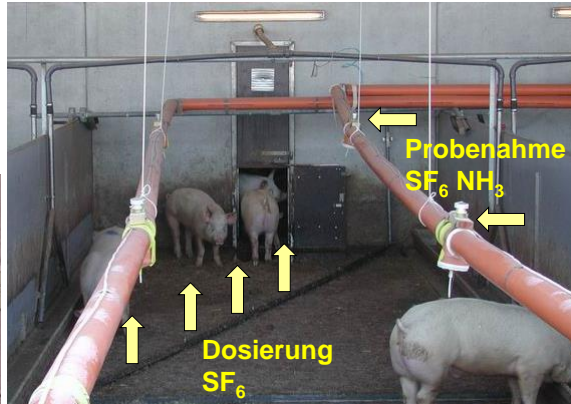
Swiss Flag Zwangslüftung und Freie Lüftung



Messventilator

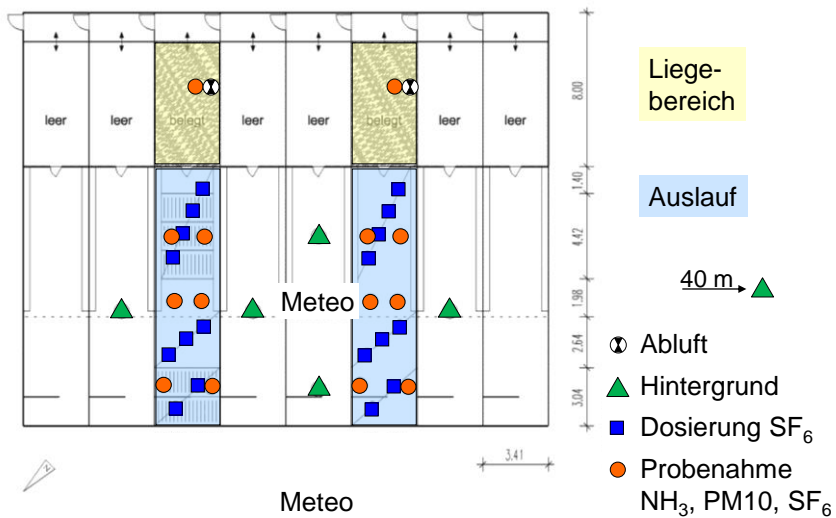


Tracer-Ratio-Methode



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

Swiss Flag Zudosierung - Probenahme



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer



Agroscope



Methoden

33

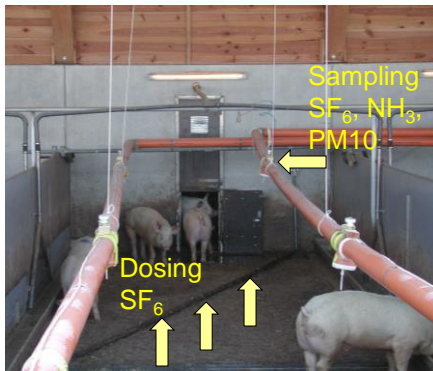


Agroscope



Methoden

Tracer ratio method



Dosing of SF₆
at evenly distributed
points at floor level

Sampling
1.3 m above floor level
Collecting SF₆ in Tedlar bags
Analysing 24 h samples
for SF₆ by GC-ECD



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

35

Luftwechsel - Methoden

Bisher (2002-2005):

- Zwangslüftung mit Abluftventilator, Messventilator über gesamten Abluftquerschnitt
- Freie Lüftung
Tracerratiomethode mit SF₆
Zudosierung konstant über Massenflussregler, Schläuche u. kritische Düsen mit Überdruck
Probenahme in Tedlarbags
Analytik im Labor mit GC-ECD

Später (2007-2008):

- Tracerratiomethode mit SF₆ und SF₅CF₃
- Zudosierung mit Stahlrohren, Swagelok-T-Stücken, kritische Düsen
- Analytik online mit GC-ECD



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

36

Messkonzept

Messtellenumschalter + Online-Analytik:

Zeitfenster bei Beprobung mit
Messtellenumschalter zu klein,
(bei 6 Messpunkten nur 5 % Probenahmedauer der
Gesamtzeit je Probenahmeort)

⇒ Optimierung: Test von Luftsammelproben:
Kritische Glaskapillaren, Teflonschläuche,
Unterdruck, damit keine Kondensation entsteht,
gasdichte, beheizte Pumpen,
Sammelbehälter aus dem Analyseproben gezogen
werden

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

37

Agroscope

NH₃- Methoden

Anreichernd:

- Impinger, nasschemisch
mit Schwefelsäure,
Ionenchromatographie im ESAS
- Passivsammler für Hintergrund

Online:

- FTIR punktuell
- Photoakustische Spektroskopie,
TGA-PAS (TGA 310),
Firma Omnisens SA



Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

Agroscope

PM10 - Methoden

Probenahme direkt vor Ort, kein Lufttransport

- Impaktoren
 - anreichernd auf Filter
 - 4 l/min mit regelten GilAir-Pumpen
 - Konditionierung 24 h, 22 °C, 50 % RH
 - Waage 0.01 mg
 - + grössere Anzahl Probenahmeorte
- TEOM (Tapered-Element Oscillating Microbalance)
 - schwingende Mikrowaage
 - kontinuierlich
 - nur 1 Probenahmeort
- Weitere?
- Qualitativ Partikelherkunft mit Blick auf wichtigste Quellen, Minderungsansätze



Herausforderungen und Ansätze (1)

- Strahlung – Wärme – Thermik tagsüber
- Meteodaten
- Windanströmung
 - schwach/stark: Reichweite Verfrachtung u. Beeinflussung quer zum Stall
 - längs des Stalles variabel

Meteodaten,
Rauchproben,
Abstand,
Korrektur?



Herausforderungen und Ansätze (2)

- Weitere Quellen
- Hintergrund

- Montage im Tierbereich

Focus auf Gesamtsystem, statt Teilbereiche



Praxisbetriebe – Vielfalt:

- Futtermittel, -gehalte definiert u. kontrolliert
- wachsende Tiere
- heterogene Buchtenbelegung
- Entmistungshäufigkeit
- Pegel in Güllekanälen

Ermittlung von

Emissionsfaktoren kombinieren mit Emissionsminderung innerhalb des Betriebes zugunsten von Aufwand und Aussagekraft

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

41



Weiterführende Literatur Ammoniak

Literatur

- Berry N.R. et al., 2005. Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH₃) aus traditionellen und neuen Stallssystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung. Agroscope FAT Tänikon u. Empa, Dübendorf, Schlussbericht, 108 S.
- Keck M. et al., 2010. Emissionen von Ammoniak und PM10 aus der Schweinemast im Vergleich zwischen Haltungssystemen. In: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, 24. IGN-Tagung 2010, Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung, 3.-5. Juni 2010, Tänikon, 23-27.
- Bundesamt für Umwelt & Bundesamt für Landwirtschaft, 2011. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft - Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft, Bern.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01581/index.html?lang=de>
- Keck M. u. Schrade S., 2011. Lösungsansätze zu weniger Ammoniak-Emissionen. *Suisseporcs Information* 11, 9-11.
- Keck M. u. Schrade S., 2011. Anforderungen an Massnahmen zur Minderung von Ammoniak-emissionen in der Rindviehhaltung. In: KTBL: Emissionen der Tierhaltung - Treibhausgase, Umweltbewertung, Stand der Technik, 6.-8.12.2011, KTBL-Schrift 491, 360-364.
- Schrade S. et al., 2011. Haltungssysteme und Messkonzept für Ammoniakemissionen bei freier Lüftung. *Agrarforschung Schweiz*, 2, 170-175.
- Schrade S. et al., 2011. Ammoniak-Emissionen von Milchviehlaufställen mit Laufhof: Im Winter weniger Verluste. ART-Bericht 745.
http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/1314009541_Schrade_S_ART_Bericht_745_D.pdf
- Schrade S. et al., 2012. Ammonia emissions and emission factors of naturally ventilated dairy housing with solid floors and an outdoor exercise area in Switzerland. *Atmospheric Environment* 47, 183-194.
- Schrade S. et al., 2013. Ammoniakemissionen aus Milchviehställen und Massnahmen zur Minderung. Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2013, 33-40.
- Poteko J. et al., 2014. Development and validation of a measuring method for quantifying the residual soiling mass after the removal of dung from solid floor surfaces, and results of comparative measurements at pilot-plant scale. Intern. Conf. of Agricultural Engineering, AgEng2014, C0489, Zurich, 8p.
- Schrade S. et al., 2014. PM-10 emission measurements in six Swiss dairy cubicle-housing systems with natural ventilation and an outdoor exercise area. Intern. Conf. of Agricultural Engineering, AgEng2014, C0315, Zurich, 8p.

Messungen in der Schweinehaltung mit Auslauf | KTBL-Messworkshop 25.1.2018
M. Keck, K. Zeyer

42



Weiterführende Literatur Geruch

- Keck M. et al., 1999. Mehr Geruch von Milchviehställen mit Laufhöfen? *Agrarforschung* 6 (1), 5-7.
- Keck M. u. Schmidlin A., 2000. Ansätze zur Minderung der Geruchsbelastung bei einem Offenstall für Mastschweine. In: KTBL. Bewertung von Geruchsbelastungen aus der Landwirtschaft nach einem einheitlichen Massstab - aber wie? Braunschweig, Sonderveröffentlichung 031, 7-13.
- Koutny L., 2002: Geruchsausbreitung aus der Tierhaltung: Standorteinfluss. *Agrarforschung* 9 (8), 346-351.
- Keck M. et al., 2004: Minimum distances in Switzerland for pig housing systems with exercise yards and natural ventilation. VDI-Berichte Nr. 1850, 229-238.
- Keck M. et al., 2005. Geruch von Schweineställen mit Auslauf und freier Lüftung. *Agrarforschung* 12 (2), 84–89.
- Keck M. et al., 2010. Odour Concentration and Emission from Naturally Ventilated Dairy Loose Housings with an Outdoor Exercise Area. *Chemical Engineering Transactions* 23, 195-200.
- Keck M. et al., 2011. Geruchskonzentration und -emission von Milchviehställen mit Laufhof. *Agrarforschung Schweiz*, 2 (3), 114–119.
- Keck M. et al., 2014. Odour Concentration of Agricultural Biogas Facilities: Substrates and Biogas. Intern. Conf. of Agricultural Engineering, AgEng2014, C0519, Zurich, 6p.
- Keck M. et al., 2014. Odour Impact by Field Inspections: Method and Results from an Agricultural Biogas Facility. *Chemical Engineering Transactions* 40, 61-66.