

# Nutztiere

## Geruch von Schweineställen mit Auslauf und freier Lüftung

Margret Keck, Ladislav Koutny, Alfons Schmidlin und Richard Hilty, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

Auskünfte: Margret Keck, E-Mail: margret.keck@fat.admin.ch, Tel. +41 (0)52 368 31 31, Fax +41 (0)52 365 11 90

### Zusammenfassung

**W**ährend früher geschlossene Ställe mit Zwangslüftung vorherrschten, werden heute vor allem eingestreute Mehrflächensysteme mit Ausläufen gebaut. Bei der Errichtung von Anlagen sind Mindestabstände zu bewohnten Zonen einzuhalten. Doch für neue Stallsysteme mit freier Lüftung und auch für Ausläufe vor allem in der Schweinehaltung reichen diese nicht aus. Ziel dieser Untersuchung war der Vergleich der Geruchsimmissionen von offenen und geschlossenen Stallsystemen sowie von Stallsystemen mit und ohne Auslauf für Schweine. Geruchsfahnenbegehungen wurden bei zehn Ställen mit Vollspaltenboden und Zwangslüftung ohne Auslauf, zehn Mehrflächensystemen mit Zwangslüftung und Auslauf sowie 13 Mehrflächensystemen mit freier Lüftung und Auslauf durchgeführt. Weiter wurde die Geruchskonzentration von Auslaufflächen für Rindvieh und Schweine bei unterschiedlichem Verschmutzungsgrad verglichen.

Mehrflächensysteme in Kombination mit planbefestigten oder perforierten Flächen ergaben höhere Geruchsintensitäten als Vollspaltensysteme. Die Geruchsimmission von Ställen mit freier Lüftung und von Auslaufflächen war höher als von geschlossenen Ställen mit Zwangslüftung. Ausläufe von Schweinen wiesen höhere Geruchskonzentrationen als Ausläufe für Rindvieh auf. Zudem ist an Standorten mit Kaltluftabfluss bei bodennahen Geruchsquellen besondere Vorsicht geboten.

Abb. 1. Heute werden in der Schweinemast vor allem eingestreute Mehrflächensysteme mit Auslauf gebaut.



### Situation

Nach der Luftreinhalte-Verordnung (1985) müssen bei der Errichtung von Anlagen die nach den anerkannten Regeln der Tierhaltung erforderlichen Mindestabstände zu bewohnten Zonen eingehalten werden. Diese Mindestabstände werden nach den Empfehlungen von Richner und Schmidlin (1995) berechnet. Doch für neue Stallsysteme mit freier Lüftung und auch für Ausläufe vor allem in der Schweinehaltung reichen diese nicht aus. \*Angesichts zunehmender Anfragen von Landwirten, betroffenen Anwohnern und Bewilligungsbehörden war eine Revision notwendig, die nun im Entwurf vorliegt.

In den letzten zehn Jahren haben in der Schweinehaltung der Schweiz vermehrt verschiedene neue Stallsysteme Verbreitung gefunden. Die Teilnahme bei den Tierhaltungsprogrammen «Besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme» (BTS-Verordnung 1998) und «Regelmässiger Auslauf im Freien» (RAUS-Verordnung 1998) sowie verschiedene Labelprogramme erfordern grössere Flächen als traditionelle Stallsysteme. Während früher geschlossene Ställe mit Zwangslüftung vorherrschten, werden heute vor allem eingestreute Mehrflächensysteme mit Ausläufen gebaut (Abb. 1).

Ergebnisse zur Geruchsimmission von Stallsystemen in der Schweinehaltung mit freier Lüftung und Ausläufen fehlen in der Literatur weitgehend. Die

wenigen qualitativen Angaben sind nicht mit Untersuchungen belegt. Doch die Art der Lüftung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Geruchsausbreitung. Zwangsentlüftete Ställe stellen in erster Näherung Punktquellen dar. Eine Abluftführung mit Ausstoss über das Dach ist meist durch eine hohe Austrittsgeschwindigkeit und hohen Abluftaustritt gekennzeichnet. Frei gelüftete Stallgebäude werden um- und durchströmt. Der Luftaustausch ist windinduziert, hängt also vor allem von Windrichtung und Windgeschwindigkeit ab. Diffuse Quellen von Ausläufen und seitliche Öffnungen sind für eine bodennahe Geruchsfreisetzung charakteristisch.

Eine Charakterisierung des Emissionsverhaltens von frei belüfteten Ställen ist bisher immissionsseitig vorzunehmen (Brehme 2000). Strömungstechnisch haben insbesondere die Art und Lage der Abluftöffnungen einen erheblichen Einfluss auf mögliche Geruchsimmissionen in der Nachbarschaft. Gerüche, die in Bodennähe, in der Stall-

wand oder im Dach (im Staudruckbereich des Gebäudes) austreten, verweilen länger in diesen Bereichen und bewirken dort eine Anreicherung der Luft mit Geruchskomponenten (Pichler-Semmelrock 2003). Dies führt zu einer verminderten Geruchsverdünnung und zur bodennahen Ausbreitung. Daraus folgt: Will man im Nahbereich Geruchseinträge vermeiden, sind hohe Quellen vorzuziehen. Will man in grosser Entfernung Geruchseinträge vermeiden, ist die bodennahe Emission günstiger einzustufen (Krause und Linke 2002).

Weiter werden nach VDI 3471 (1986) Festmistverfahren mit Tiefstreu besser als Flüssigmistverfahren bewertet. Doch in der Schweinemast sind Tiefstreu-Einraumsysteme selten, häufig handelt es sich um Kombinationen von eingestreuten und planbefestigten oder perforierten Flächen.

### Stalltypen

Von Juni bis August 2002 erfolgten auf Betrieben mit Schweinehaltung immissionsseitig Geruchs-

#### Ziel

Ziel dieser Untersuchung war der Vergleich der Geruchsimmission der offenen und geschlossenen Stallsysteme sowie der Stallsysteme mit und ohne Auslauf.

#### Methode

■ Geruchsfahnenbegehungen mit drei Testpersonen in drei verschiedenen Abständen zum Stall.

■ Geruchsstoffkonzentration von Auslauflächen mit verschiedener Bodenart und verschiedenem Verschmutzungsgrad, ermittelt mit Olfaktometrie.

fahnenbegehungen (Abb. 2): Als Referenz dienten zehn Ställe mit Vollspaltenboden, Zwangslüftung und Abluftführung über Dach ohne Auslauf (Do). Zehn Betriebe waren Mehrflächensysteme mit Zwangslüftung, Abluftführung über Dach und Auslauf (Dm). 13 Betriebe hatten Mehrflächensystem mit freier Lüftung und Auslauf (Nm). Die meisten Betriebe hatten Schweinemast, aber auch Zucht- und kombinierte Betriebe kamen vor. Bei den drei

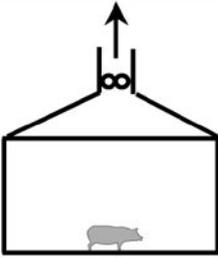
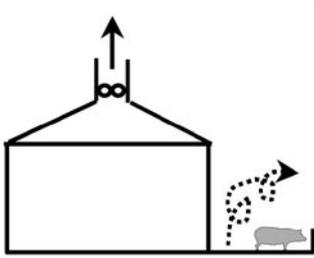
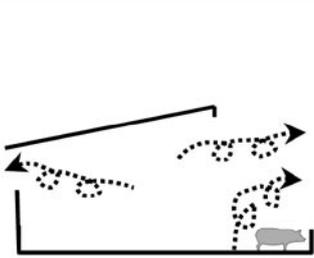
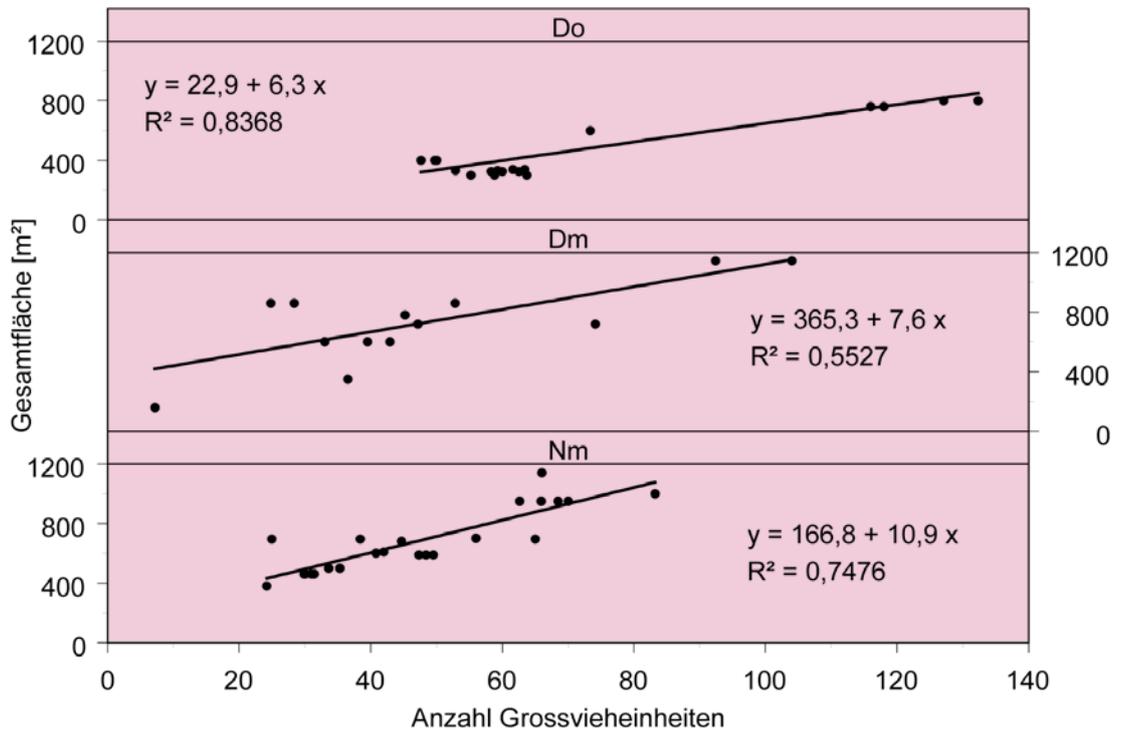
		
<p>Do Vollspaltenboden, Warmstall ohne Auslauf, Zwangslüftung über <u>D</u>ach mit Kamin,</p> <p>10 Betriebe, davon 6 Mast, 4 kombiniert 77 GVE (48-132)</p>	<p>Dm Mehrflächensystem, Warmstall <u>mit</u> Auslauf, Zwangslüftung über <u>D</u>ach mit Kamin u. diffus vom Auslauf, 10 Betriebe, davon 5 Mast, 2 Zucht, 3 kombiniert 49 GVE (7-104)</p>	<p>Nm Mehrflächensystem, Aussenklimastall <u>mit</u> Auslauf, Offen(front)stall, freie Lüftung, Trauf-First-, Querlüftung u. diffus vom Auslauf, 13 Betriebe, davon 12 Mast, 1 kombiniert 47 GVE (24-83)</p>

Abb. 2. Schematische Darstellung der untersuchten Stalltypen mit Angaben zum Stallsystem, zur Lüftung, Anzahl der Betriebe, Tierkategorie und Grossvieheinheiten als Mittelwert (Min-Max).

Abb. 3. Regression zwischen der Anzahl Grossvieheinheiten und dem Flächenangebot in den drei Stalltypen.



untersuchten Stalltypen variierte die Fläche pro Grossvieheinheit (1 GVE entspricht 500 kg Lebendmasse). In Abbildung 3 sind Regressionen zwischen der Anzahl Grossvieheinheiten und der Gesamtfläche aufgezeigt. Bei den Mehrflächensystemen mit Auslauf Dm und Nm war das Flächenangebot etwa doppelt so gross als bei den Ställen mit Vollspaltenboden ohne Auslauf Do.

### Geruchsfahnenbegehungen

Drei Testpersonen registrierten jeweils alle zehn Sekunden über einen Zeitraum von zehn Minuten ihre Geruchswahrnehmung als Intensität auf einem Handheld-PC (Psion Serie 3a) mit der Software Olfacto. Sie waren in drei unterschiedlichen Abständen zum Stall in der vorherrschenden Geruchsfahnen positioniert. Auf jedem Betrieb wurden mindestens zwei Erhebungen mit je drei Einzelbe-

gehungen durchgeführt. In die Auswertung wurden Geruchswahrnehmungen ab der Intensitätsstufe zwei  $I_2$  mit schwachem Geruch einbezogen. Davon wurde ein gewichteter Index der Geruchsintensität (Formel 1) errechnet. Dieser war mit der Wahrnehmungshäufigkeit hoch korreliert ( $r^2 = 0,97$ ) und wurde für die weiteren Auswertungen unter dem Begriff Geruchsintensität verwendet.

Während der Geruchsfahnenbegehungen wurden mit einer mobilen Wetterstation auch meteorologische Parameter erhoben: Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit (Ahlborn, Holzkirchen) sowie Windgeschwindigkeit und -richtung mit einem 2-Achsen-Ultraschallanemometer (Gill, Hampshire).

Um die Geruchsintensität zu erklären, wurde für die statis-

tische Auswertung der strukturierten Daten ein lineares Modell mit gemischten Effekten eingesetzt (Mixed-Effects Model). Dieses Modell ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen den einzelnen Stalltypen. Bei der Berechnung konnten somit alle relevanten Faktoren und auch die zufälligen Effekte wie Betrieb, Datum und Begehung während der Datenerhebungen berücksichtigt werden.

### Olfaktometrie

Um einen allfälligen Einfluss der Bodenart (planbefestigt oder perforiert) und des Verschmutzungsgrades der Auslauffläche auf die Geruchsemission aufzuzeigen, wurden Luftproben von Auslaufflächen der Stalltypen Dm und Nm gezogen. Direkt auf die Auslauffläche wurde eine Haube aufgesetzt. Ein Unterdruck-Probennahmegerät saugte die Probenluft in zirka 10 Liter fas-

$$\text{Index der Geruchsintensität} = \frac{(I_2 \cdot 2 + I_3 \cdot 3 + I_4 \cdot 4 + I_5 \cdot 5 + I_6 \cdot 6)}{60} \quad (\text{Formel 1})$$

$Geruchsintensität = f(Stalltyp + Entfernung + GVE + Windgeschwindigkeit + Testperson)$  (Formel 2)

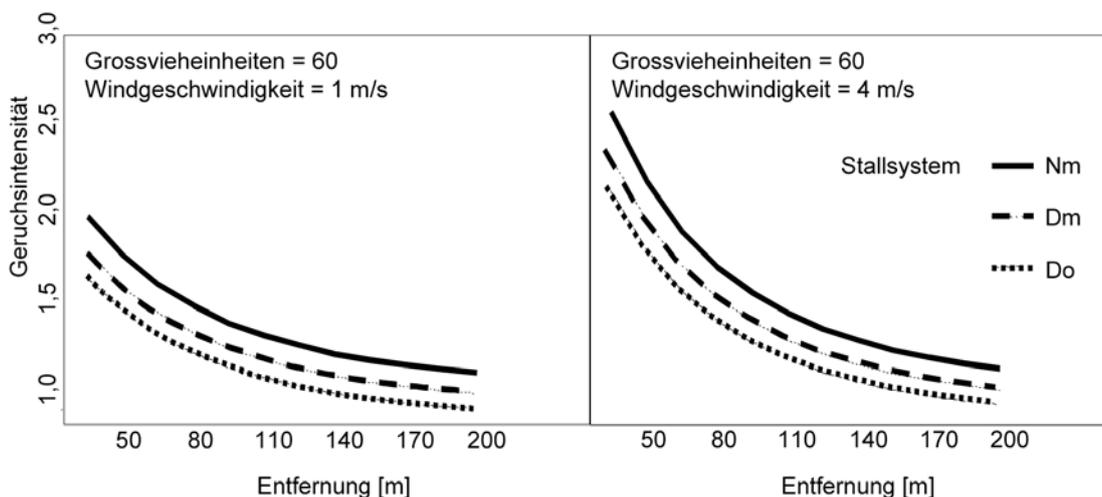


Abb. 4. Darstellung der Geruchsintensität der drei Stalltypen Do, Dm und Nm aufgrund des linearen Modells mit gemischten Effekten bei einer Windgeschwindigkeit von 1 und 4 m/s und 60 Grossvieheinheiten.

Tab. 1. F-Wert und Signifikanzniveau (p-Wert) der Parameter des linearen Modells mit gemischten Effekten (Imefit) zur Erklärung der Geruchsintensität

Parameter	F-Wert	p-Wert
Stalltyp	10,99	0,0005
Entfernung	94,33	<0,0001
Grossvieheinheiten GVE	19,10	<0,0001
Windgeschwindigkeit	16,80	0,0001
Entfernung : Windgeschwindigkeit	16,93	0,0001
Testperson	10,92	<0,0001

sende Nalophan-Beutel. Jeweils vier Testpersonen ermittelten die Geruchskonzentration am Olfaktometer TO6 (ECOMA). Zum Vergleich dienten auch frühere Erhebungen bei planbefestigten Ausläufen für Rindvieh (Keck 1996).

### Geruchsintensität verschiedener Stalltypen

Die Parameter Stalltyp, Entfernung, Anzahl Grossvieheinheiten, Windgeschwindigkeit und Testperson erklären die abhängige Variable Geruchsintensität (Formel 2, Tab. 1).

In Abbildung 4 ist entsprechend diesem Modell der Verlauf der Geruchsintensität über die Entfernung aufgetragen.

Eingesetzt wurden hierbei 60 Grossvieheinheiten bei einer Windgeschwindigkeit von 1 und 4 m/s. Das Mehrflächensystem mit freier Lüftung und Auslauf Nm ergab die höchste Geruchsintensität. Beim Mehrflächensystem mit Abluftführung über Dach mit Auslauf Dm war die Geruchsintensität höher als beim Vollspaltenboden Do.

### Geruchsstoffkonzentration von Ausläufflächen

Weiter war von Interesse, welche Faktoren die Geruchsstoffkonzentration von Ausläufflächen beeinflussen. Die Geruchsstoffkonzentration der Schweineausläufe variierte im Median zwischen 58 und 520 GE/m<sup>3</sup> (GE Geruchseinheiten, Tab. 2).

Der Verschmutzungsgrad des Auslaufs zeigte bei Schweinen die grösste Variation in der Geruchsstoffkonzentration. Bei gleichem Verschmutzungsgrad ergab die planbefestigte Fläche leicht grössere Geruchsstoffkonzentrationen als die perforierte Fläche. Die Geruchsstoffkonzentration der Ausläufe für Rindvieh lag im Median bei 26 GE/m<sup>3</sup> und war damit wesentlich tiefer als diejenige der Schweineausläufe. Bei Ausläufen in der Rindviehhaltung ist von einer geringeren Geruchsemission als bei Schweinen auszugehen. Der Verschmutzungsgrad und damit die Reinigungshäufigkeit und -qualität von Ausläufen sind für die Geruchsfreisetzung relevant.

### Folgerungen

Für jeden Betrieb des Referenztyps Do wurde der Mindestabstand nach Richner und Schmidlin (1995) berechnet. Die Geruchsintensität im Mindestabstand beim Typ Do wurde der Geruchsintensität bei den neuen Stalltypen Dm und Nm unter Berücksichtigung der Betriebsangaben gleichgesetzt. Davon konnte der erforderliche Mindestabstand abgeleitet werden. Korrekturfaktoren grösser als

**Tab. 2. Ergebnisse der Geruchsstoffkonzentration bei planbefestigter und perforierter Auslauffläche sowie verschiedenem Verschmutzungsgrad von Auslaufflächen für Rinder und Schweine.**

Tierart	Bodenart	Verschmutzungsgrad	Anzahl Proben	Geruchsstoffkonzentration GE/m <sup>3</sup>			
				Mittelwert	Median	Quartil unteres	Quartil oberes
Rind	Planbefestigt	Keine Angabe	42	55	26	14	64
Schwein	Planbefestigt	stark	4	508	520	325	690
		mittel	5	308	300	220	410
		wenig	12	98	88	85	125
	Perforiert	stark	3	463	460	320	610
		mittel	5	262	260	200	290
		wenig	2	58	58	25	91

eins vergrössern den Mindestabstand, kleiner als eins vermindern den Abstand. Änderungen der Korrekturfaktoren ergaben sich im Bereich des Stallsystems und der Lüftung. Mehrflächensysteme, Ausläufe und freie Lüftung erfordern höhere Korrekturfaktoren. Dies führt dazu, dass sich die Mindestabstände bei Stallsystemen mit Ausläufen in der Schweinehaltung gegenüber Ställen ohne Ausläufe um bis zu 50 % erhöhen.

Von den Untersuchungen lässt sich Folgendes ableiten:

■ Mehrflächensysteme in Kombination mit planbefestigten oder perforierten Flächen haben höhere Geruchsimmissionen als Vollspaltensysteme.

■ Die Geruchsimmission von Ställen mit freier Lüftung und Auslaufflächen ist höher als von geschlossenen Ställen mit Zwangslüftung.

■ Ausläufe von Schweinen weisen höhere Geruchskonzentrationen auf als Ausläufe für Rindvieh. Der Verschmutzungsgrad lässt sich durch eine verbesserte Reinigungsqualität und häufigeres Reinigen verringern.

Bei Mehrflächensystemen erfolgt die Reinigung des planbe-

festigten Auslaufs bisher meist in Handarbeit. Stallsysteme sind zum Beispiel durch eine geschickte Anordnung perforierter Kanäle entsprechend zu optimieren, um auch arbeitswirtschaftliche Verbesserungen zu erzielen.

### Standortaspekte

Bei bodennahen Geruchsquellen wie Ausläufen, Offenställen oder seitlicher Abluftführung ist mit Blick auf die Standortwahl besondere Vorsicht geboten. Kaltluftabfluss kann an Standorten mit einer Neigung ab 3,5 % auftreten (Rühling und Lohmeyer 1998). In Bodennähe überwiegen dabei tiefe Windgeschwindigkeiten.

Der Kaltluftabfluss fliesst mit der Hangneigung oder talabwärts sowie vom Wald in Richtung zu nicht bewachsenem Boden oder zu Flächen mit geringer Vegetationsdecke (Wiesen, Weiden, Äcker). Je homogener die Landnutzung (z.B. nur Wiesen und Weiden), umso weniger ist der Kaltluftabfluss ausgeprägt; je vielfältiger die Landnutzung (Gebäude, Wald, Gebüsch, Acker, Wiesen), umso stärker ist er ausgeprägt. Kaltluftproduktion kommt bei wolkenarmen, windschwachen und austauscharmen Wetterlagen vor. Kaltluftabfluss tritt bei Sonnenuntergang, vor Ein-

setzen der Dämmerung ein. Zur Abschätzung des Auftretens von Kaltluftabfluss und zur Eingrenzung der Kaltluftabflussbahn eignen sich Rauchproben (Koutny 2002). In Richtung des Kaltluftabflusses ist bei der Planung allenfalls ein Bereich mit vergrössertem Mindestabstand zu berücksichtigen.

### Literatur

■ Brehme G., 2000. Quantifizierung des Luftvolumenstroms in freigelüfteten Rinderställen mit Hilfe der Kompartimentalisierungsmethode zur Bestimmung umweltrelevanter Emissionsmassenströme. Georg-August-Universität Göttingen Dissertation, 136 S.

■ Keck M., 1996. Ermittlung von Geruchsschwellen von Rindviehställen mit Laufföhen. Untersuchungen der FAT Tänikon, unveröffentlicht.

■ Koutny L., 2002. Geruchsausbreitung aus der Tierhaltung: Standorteinfluss. *Agrarforschung* 9 (8), 346-351.

■ Krause K.-H. und Linke S., 2002. Wohin mit der Stallluft? *Landtechnik* 57, 64.

■ Luftreinhalte-Verordnung LRV. SR 814.318.142.1 vom 16.12.1985, EDMZ Bern.

■ Pichler-Semmelrock F., 2003. Umwelthygienische Aspekte bei der Beurteilung von Stallbauten.

In: Stallbau - Stallklima - Tierhaltung – Genehmigungsverfahren. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irnding.

■ Richner B. und Schmidlin A., 1995. Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen – Empfehlungen für neue und bestehende Betriebe. FAT-Bericht Nr. 476.

■ Rühling A. und Lohmeyer A., 1998. FuE-Vorhaben «Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von luftfremden Schadstoffen/ Gerüchen bei niedrigen Quellen im Nahbereich». Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 01445 Radebeul.

■ VDI 3471: Emissionsminderung Tierhaltung – Schweine. VDI-Richtlinien, Juni 1986.

■ Verordnung des EVD über besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme (BTS-Verordnung). SR 910.132.4 vom 7.12.1998, Eidg. Volkswirtschaftsdepartement, Bern.

■ Verordnung des EVD über den regelmässigen Auslauf von Nutztieren im Freien (RAUS-Verordnung). SR 910.132.5 vom 7.12.1998, Eidg. Volkswirtschaftsdepartement, Bern.

## RÉSUMÉ

### Odeurs issues de porcheries avec courettes et ventilation naturelle

Tandis qu'auparavant les porcheries fermées à ventilation forcée dominaient, on construit aujourd'hui notamment des systèmes multi-surfaces avec litière et courettes. Les constructions doivent respecter des distances minimales entre les bâtiments d'étable et les zones d'habitation. Toutefois, ces distances ne sont pas suffisantes pour les nouveaux systèmes avec ventilation naturelle et pour les courettes, notamment dans le cas de la production porcine. L'objectif de la présente étude consistait à comparer les émissions d'odeurs dans les systèmes de porcherie ouverts et fermés ainsi que dans les porcheries avec et sans courettes. Les émissions d'odeurs ont été évaluées au moyen d'analyses sensorielles réalisées dans dix porcheries avec caillebotis intégral, ventilation forcée et sans courette; dix porcheries multi-surfaces avec ventilation forcée et courettes, ainsi que dans treize systèmes multi-surfaces avec ventilation naturelle et courettes. En outre, on a comparé les concentrations d'odeurs dégagées par les aires d'exercice extérieures pour bétail bovin et porcs avec des degrés de souillure différents.

Les odeurs produites par les systèmes multi-surfaces avec sols en dur ou surfaces perforées étaient plus intenses que celles issues des systèmes à caillebotis intégral. Les impacts olfactifs des porcheries avec ventilation naturelle et des courettes étaient plus importants que ceux des systèmes fermés avec ventilation forcée. Les courettes pour porcs produisaient des concentrations d'odeurs plus élevées que les aires d'exercice extérieures pour bétail bovin. En outre, il faut particulièrement faire attention lorsque les systèmes de stabulation se trouvent dans des endroits soumis à des flux d'air froid et que la source d'odeur se trouve proche du sol.

## SUMMARY

### Odour in ambient air of pig housing systems with exercise yards and natural ventilation

Whereas closed housing with forced ventilation predominated in the past, nowadays, most new pig housing facilities are designed as multi-surface systems with bedding and exercise yards. New pig housing systems have to observe minimum separation distances from inhabited areas. However, these distances are not sufficient for new housing systems with natural ventilation or for exercise yards, particularly in pig farming. The aim of this research project was to compare the ambient odour from open and closed housing systems and from housing systems with and without an exercise yard for pigs. Odour plume inspections were carried out in ten housing systems with fully slatted floor and forced ventilation without an exercise yard; ten multi-surface systems with forced ventilation and an exercise yard and 13 multi-surface systems with natural ventilation and an exercise yard. A comparison was also made of odour concentrations in exercise yards for cattle and pigs at different degrees of dirtiness.

Multi-surface systems in combination with solid flooring or perforated surfaces produced a greater odour impact than fully slatted systems. The ambient odour from housing with natural ventilation and exercise yards was greater than that from closed housing with forced ventilation. Pig exercise yards had a higher odour concentration than cattle exercise yards. Besides this, particular care is required in the case of ground-level odour sources at production sites subject to cold airflow.

**Key words:** exercise yard, forced ventilation, natural ventilation, odour impact, odour plume inspection, odour intensity, pig housing, separation distance