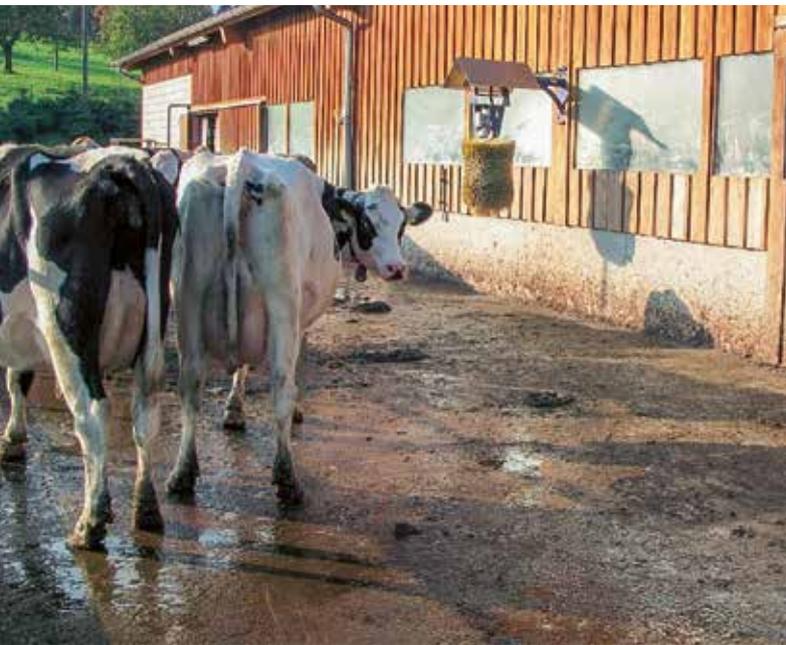


Vergleich der Geruchsimmission von Rindviehställen mit und ohne Laufhof

Margret Keck, Matthias Frei und Beat Steiner

Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Margret Keck, E-Mail: margret.keck@agroscope.admin.ch



Milchviehhaltung mit Laufstall und Laufhof bietet den Tieren zusätzlichen Bewegungsraum, mit der Grösse der verschmutzten Lauffläche sind aber auch höhere Geruchsimmissionen verbunden. (Foto: Sabine Schrade, Agroscope)

Einleitung

In der Rindviehhaltung ist eine grosse Vielfalt an Haltungssystemen vom Anbinde- über den Laufstall bis hin zu Kombinationen mit Laufhof anzutreffen. Meist handelt es sich dabei um natürlich gelüftete Systeme. In Abstandsempfehlungen von Tierhaltungsanlagen in der Schweiz (Richner und Schmidlin 1995) und Deutschland (VDI 2012) erfolgt bisher bei Rindvieh keine Differenzierung nach Haltungssystemen. Für alle Rindvieh-Haltungssysteme wird zum Beispiel in der VDI-Richtlinie 3894 (VDI 2012) ein einheitlicher Geruchsstoffemissionsfaktor von 12 GE/s-GV (Geruchseinheiten [GE] pro Sekunde und Grossvieheinheit [GV]; 1 GV entspricht 500 kg Lebendmasse) angeführt. Weiter sind für Ausläufe (d.h. Laufhöfe)

bislang keine Werte verfügbar. Aufgrund messtechnischer Probleme bei der Bestimmung der Luftwechselrate werden nur Konventionswerte angeführt, systematische vergleichende Erhebungen fehlen. Erste Erhebungen von Keck *et al.* (2010) mit einer Tracer-Ratio-Methode in heute gängigen Haltungsverfahren bei fünf Laufställen mit Laufhof weisen auf höhere Geruchsemissionen hin, als in der VDI-Richtlinie 3894 (VDI 2012) festgelegt wurden. Für aktualisierte, fundierte Planungsdaten ist möglichst auch eine immissionsseitige Betrachtung von Rindviehbetrieben einzubeziehen. In der Literatur sind einzelne Erhebungen, jedoch mit anderen Haltungsverfahren und wesentlich grösseren Tierbeständen (über 1000 Milchkühe) verfügbar (Sheffield *et al.* 2007). Zum anderen konnten einzelbetriebliche Erhebungen aus der Rindviehhaltung kaum zu allgemein gültigen Aussagen aggregiert und daraus keine relevanten Einflussgrössen abgeleitet werden (Jungbluth und Hartung 1996).

Ziel dieser Studie war es, einen vorhandenen Datensatz von Laufställen mit Laufhof mit neuen statistischen Methoden auszuwerten und einen allfälligen Effekt des planbefestigten Laufhofs auf die Geruchsimmission aufzuzeigen. Weiter wurde mit einem experimentellen Ansatz die Geruchsimmission einer frei angeströmten Laufhoffläche ermittelt.

Material und Methoden

Als Datengrundlage wurden die Erhebungen von Keck *et al.* (1999) herangezogen. Damals erfolgte ein Vergleich der Geruchsintensität mit und ohne Laufhofnutzung innerhalb des Einzelbetriebs. Die Vielfalt und das Zusammenwirken der verschiedenen Einflussgrössen auf die Geruchsintensität in verschiedenen Abständen zum Stall konnten damals nicht berücksichtigt werden.

Übersicht der Erhebungen

Die Erhebungen erfolgten auf zehn Rindviehbetrieben mit Laufstall und angrenzendem planbefestigtem Laufhof (d.h. mit nichtperforiertem Boden). Die Tier-



Abb. 1 | Als frei angeströmte Laufhoffläche diente eine planbefestigte Testfläche mit einer Grösse von 100 m². (Foto: Margret Keck, Agroscope)

bestände variierten zwischen 11 und 44 Kühen. Die geruchsrelevante Gesamtfläche betrug 100–600 m², davon dienten 50–180 m² als Laufhof. Nähere Angaben zu den Betrieben, Haltungs- und Lüftungsverfahren sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Weiter wurde auf einer Grösse von 100 m² eine planbefestigte Testfläche (Abb. 1) jeweils mit Rindviehexkrementen verschmutzt. Die aufgebrachte Masse an Exkrementen entsprach eigenen Tierbeobachtungen zum Ausscheidungsverhalten von Milchkühen und Untersuchungen zum Anfall an Exkrementen auf einer Laufhoffläche.

Fahnenbegehungen

Fahnenbegehungen zur Ermittlung der Geruchsimmission erfolgten im Sommerhalbjahr jeweils bei der Testfläche und bei den Betrieben mit Rindviehhaltung (Tab. 1). Unmittelbar nach den Begehungen bei ver-

Zusammenfassung

Laufhöfe bei Laufställen für Rindvieh stellen bodennahe Emissionsquellen dar. Bei der Mindestabstandsberechnung zu bewohnten Zonen wurden Laufhöfe bisher nicht berücksichtigt. Ziel dieser Untersuchungen war es, einen allfälligen Effekt planbefestigter Laufhöfe auf die Geruchsimmission aufzuzeigen. Dazu wurde mit einem experimentellen Ansatz die Geruchsimmission einer frei angeströmten Laufhoffläche von 100 m² ermittelt. Weiter wurde die Geruchsimmission bei zehn Milchviehlaufställen mit einem Tierbestand zwischen 12 und 44 Grossvieheinheiten erfasst. Die emittierenden Flächen umfassten 100 bis 600 m², davon zählten zwischen 50 und 180 m² zum Laufhof. Die Geruchsimmission wurde durch Geruchsfahnenbegehungen mit Testpersonen ermittelt. Nach den ersten Begehungsrunden mit verschmutztem Laufhof wurde die Laufhoffläche jeweils mit einer Folie abgedeckt. Dann folgten weitere Begehungen in der Situation ohne Laufhofnutzung. Die immissionsseitige Geruchsintensität konnte mit Hilfe eines linearen Gemischte-Effekte-Modells erklärt werden. Dabei waren bei der Testfläche die Variablen Abstand zur Quelle und Windgeschwindigkeit signifikant, bei den Betrieben kam die Fläche hinzu. Die Ergebnisse zeigen die Geruchsrelevanz von Laufhöfen auf. Eine Integration dieser geruchsrelevanten Fläche ist in Abstandsempfehlungen erforderlich, um Geruchsbeschwerden zu vermeiden.

Tab. 1 | Übersicht der Erhebungen

Beschreibung	Betriebe (B.)	Testfläche
Situation	<ul style="list-style-type: none"> 10 Rindviehbetriebe, 11–44 Kühe, teils mit Jungvieh, insgesamt 12–44 Grossvieheinheiten Laufstall mit Liegeboxen (9 B.) bzw. Tiefstreu (1 B.) Laufhof planbefestigt, permanent zugänglich Hofdüngerlager offen bzw. gedeckt 4 B. Zwangs-, 6 B. Trauf-First-Lüftung Einzelhoflage 	<ul style="list-style-type: none"> Testfläche planbefestigt an jedem Erhebungstag mit Exkrementen von Rindvieh verschmutzt freie Anströmung, ohne Hindernisse in der Umgebung
Flächen	<ul style="list-style-type: none"> 100–600 m² geruchsrelevante Gesamtfläche mit Tierbereich und Hofdüngerlager, davon 50–180 m² Laufhoffläche 	<ul style="list-style-type: none"> 100 m² Laufhof-Testfläche
Umfang der Erhebungen	<ul style="list-style-type: none"> 2 Erhebungstermine pro Betrieb 20 Erhebungstage im Sommerhalbjahr, jeweils 3 Begehungsrunden pro Betrieb mit Laufhof verschmutzt (d. h. «mit Laufhof») und 3 Begehungsrunden mit abgedecktem Laufhof (d. h. «ohne Laufhof») Testpersonen in 30–145 m Abstand zum Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> 13 Erhebungstage 3 Begehungsrunden pro Tag Testpersonen in 15–70 m Abstand zur Testfläche

schmutztem Laufhof wurde die Laufhoffläche mit einer Folie abgedeckt. Dann folgten drei weitere Begehungen. Dies entsprach der Situation ohne Laufhofnutzung.

Bei den Begehungen waren jeweils fünf von insgesamt 14 geschulten Testpersonen im Einsatz. Diese waren in drei aufeinanderfolgenden Begehungen in drei verschiedenen Abständen zur Stallanlage positioniert, in Schnitlinien rechtwinklig zur jeweils vorherrschenden Windrichtung. Über einen Zeitraum von zehn Minuten erfassten sie alle zehn Sekunden ihren Geruchseindruck als Geruchsintensität zwischen den Stufen 0 (nicht wahrnehmbar) und 6 (extrem stark).

Als beschreibende Parameter während den Begehungen wurden die Lufttemperatur, -feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und -richtung erfasst. Weiter wurde der Verschmutzungsgrad der Laufhoffläche bonitiert.

Statistik

Nach der Datenaufbereitung erfolgte eine grafische Darstellung der beschreibenden Parameter, unter anderem Fläche, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit. Die Geruchsintensität wurde jeweils als arithmetischer Mittelwert pro Begehungsrunde und Testperson aggregiert und für die statistische Auswertung wurzeltransformiert, weil die Rohdaten nicht normalverteilt waren (Abb. 3). Ausgehend von der Vielfalt an möglichen Einflussgrößen wurde ein lineares Gemischte-Effekte-Modell mit RStudio, Version 0.99.491 erstellt (Tab. 2). Dieses berücksichtigt die hierarchische Datenstruktur mit Betrieb und Erhebungstag auf dem Betrieb beziehungsweise mit dem Erhebungstag auf der Testfläche als zufällige geschachtelte Effekte. Die Kollinearität von Einflussgrößen wurde dabei berücksichtigt (z.B. Temperatur, Jahreszeit). Nach mehreren Schritten resultierte für die Betriebe ein Modell mit der Zielvariable Geruchsintensität, dem *Intercept* (Konstante) und den erklärenden Variablen Fläche, Abstand und Windgeschwindigkeit. Bei der Testfläche wurde die Geruchsintensität mit Abstand und Windgeschwindigkeit erklärt.

Resultate und Diskussion

Beschreibende Parameter

In Abbildung 2 sind die beschreibenden Parameter Fläche, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit während der einzelnen Begehungen auf den Betrieben dargestellt. Die geruchsrelevante Gesamtfläche variierte auf den Betrieben zwischen 100 und 600 m². Der Anteil des Laufhofs machte 23–55% der geruchsrelevanten Gesamtfläche aus. Die Lufttemperatur lag bei den Betrie-

Tab. 2 | Lineare Gemischte-Effekte-Modelle zur Erklärung der Quadratwurzel der Geruchsintensität anhand der Fahnenbegehungen bei den Betrieben und bei der Testfläche mit den erklärenden Parametern, Schätzwerten und Signifikanzniveaus (p-Wert).

Modell	Parameter	Betriebe		Testfläche	
		Schätzwert	p-Wert	Schätzwert	p-Wert
Fixe Effekte	Intercept	0,5576	<0,0001	1,1652	<0,0001
	Fläche	0,0008	0,0085	–	–
	Abstand	–0,0019	0,0215	–0,0074	0,0265
	Windgeschwindigkeit	0,0256	0,0459	0,0373	0,0311
Zufällige Effekte		Betrieb		Erhebungstag	
		Erhebungstag		Erhebungstag	

ben zwischen 8 und 29 °C, bei der Testfläche zwischen 10 und 27 °C. Die Windgeschwindigkeit betrug im Maximum 16 m/s, bei den Betrieben im Mittel 4,3 m/s und bei der Testfläche im Mittel 4,6 m/s.

Ergebnisse zur Geruchsimmission

Die Geruchsintensität immissionsseitig konnte bei den Betrieben mit einem linearen Gemischte-Effekte-Modell mit den Parametern Fläche, Abstand zur Quelle und Windgeschwindigkeit erklärt werden (Tab. 2). Analog dazu liess sich die Geruchsintensität der Testfläche mit einem Modell aus Abstand und Windgeschwindigkeit abbilden. Eine höhere Geruchsintensität ergab sich mit grösserer geruchsrelevanter Fläche und höherer Windgeschwindigkeit, während mit zunehmendem Abstand die Geruchsintensität abnahm.

Die Betriebe wiesen meist in der Situation «mit Laufhof», also bei grösserer Fläche, eine höhere Geruchsintensität auf als in der Situation «ohne Laufhof» bei kleinerer Fläche (Abb. 3A). Die Geruchsintensität nahm mit dem Abstand zum Betrieb (Abb. 3B) beziehungsweise zur Testfläche (Abb. 3D) ab. Bei höherer Windgeschwindigkeit registrierten die Testpersonen auch eine höhere Geruchsintensität (Abb. 3C und 3E).

Das Abklingen von Geruch mit der Distanz und höhere Geruchsintensitäten bei höheren Windgeschwindigkeiten wurden auch in der Schweinehaltung (Keck *et al.* 2005) und bei einem Betrieb mit Rindvieh und Biogasanlage festgestellt (Keck *et al.* 2014).

Bei der frei angeströmten Testfläche wie auch bei den zehn Betrieben resultierten dieselben Einflussgrößen zur Erklärung der immissionsseitigen Geruchsintensität. Die Geruchsintensität von der frei angeströmten Fläche ergab ein höheres Niveau, auch wenn die Fläche nur 100 m² betrug. Dies lässt sich allenfalls auch durch den

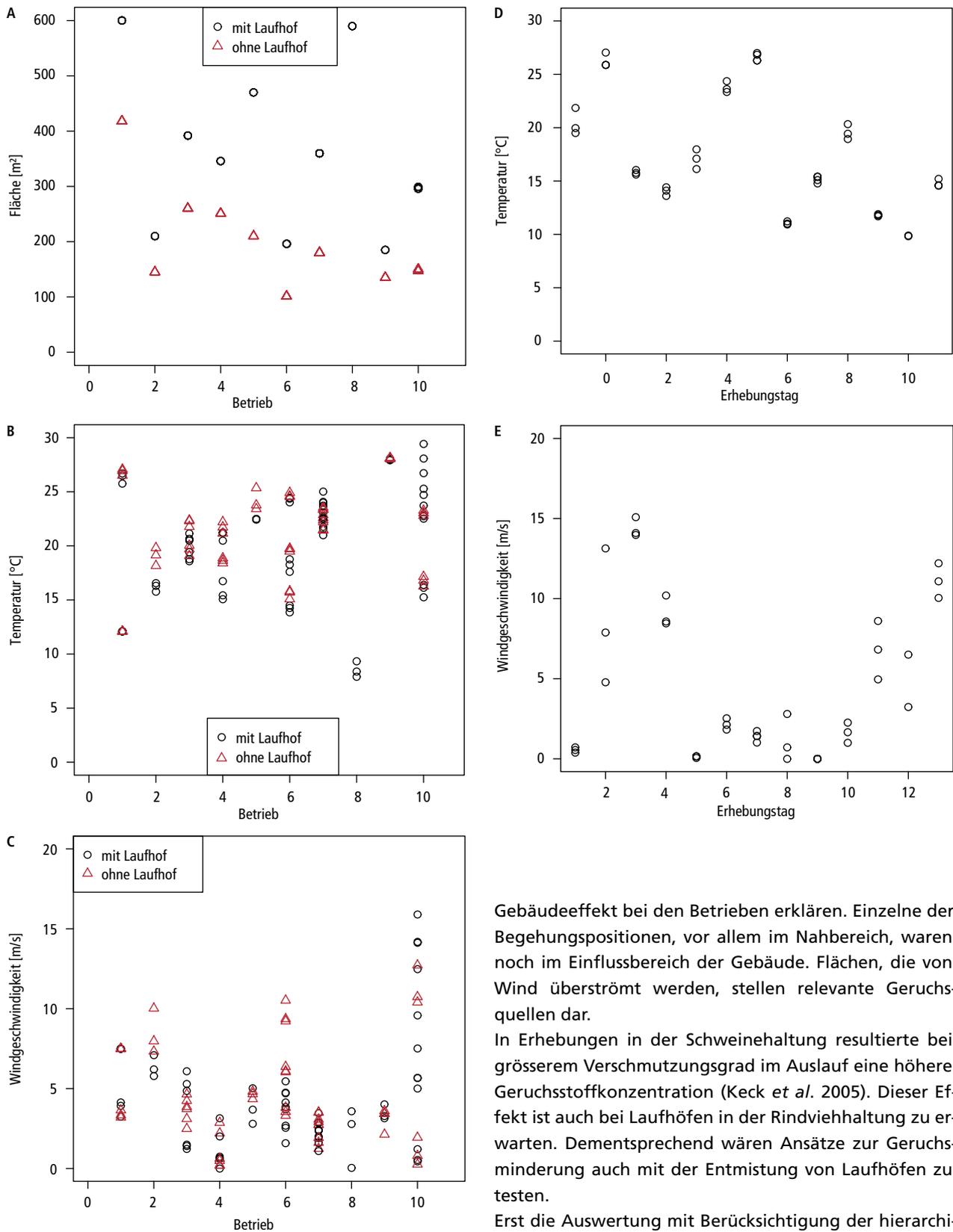


Abb. 2 | Beschreibende Parameter während der Geruchsfahnenbegehungen mit Angaben zu den Flächen der Betriebe mit bzw. ohne Laufhof (A), zur Lufttemperatur (B) und Windgeschwindigkeit (C) der Betriebe bzw. der Testfläche (D und E).

Gebäudeeffekt bei den Betrieben erklären. Einzelne der Begehungspositionen, vor allem im Nahbereich, waren noch im Einflussbereich der Gebäude. Flächen, die von Wind überströmt werden, stellen relevante Geruchsquellen dar.

In Erhebungen in der Schweinehaltung resultierte bei grösserem Verschmutzungsgrad im Auslauf eine höhere Geruchsstoffkonzentration (Keck *et al.* 2005). Dieser Effekt ist auch bei Laufhöfen in der Rindviehhaltung zu erwarten. Dementsprechend wären Ansätze zur Geruchsminderung auch mit der Entmistung von Laufhöfen zu testen.

Erst die Auswertung mit Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur bei wiederholten Messungen sowie festen und zufälligen Effekten machte den Nachweis von relevanten Einflussgrössen auf die Geruchsfreisetzung und -ausbreitung möglich. Denn die Vielfalt und

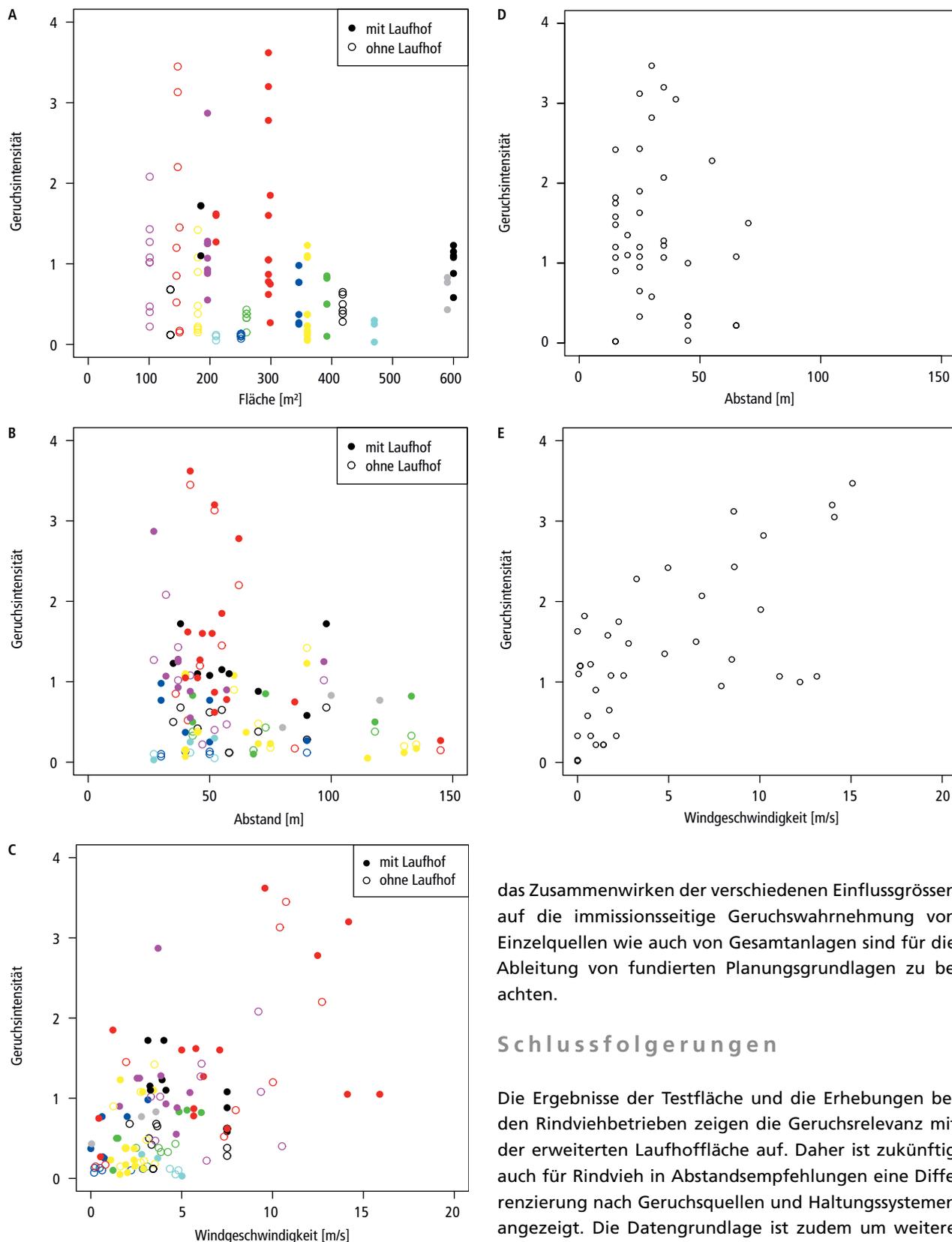


Abb. 3 | Geruchsintensität pro Begehungsrunde bei den Betrieben in Abhängigkeit von Fläche (A), Abstand (B) und Windgeschwindigkeit (C) sowie bei der Testfläche in Abhängigkeit von Abstand (D) und Windgeschwindigkeit (E). Die Punkte gleicher Farbe stellen die Daten desselben Betriebs dar.

das Zusammenwirken der verschiedenen Einflussgrößen auf die immissionsseitige Geruchswahrnehmung von Einzelquellen wie auch von Gesamtanlagen sind für die Ableitung von fundierten Planungsgrundlagen zu beachten.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Testfläche und die Erhebungen bei den Rindviehbetrieben zeigen die Geruchsrelevanz mit der erweiterten Laufhöffläche auf. Daher ist zukünftig auch für Rindvieh in Abstandsempfehlungen eine Differenzierung nach Geruchsquellen und Haltungssystemen angezeigt. Die Datengrundlage ist zudem um weitere geruchsrelevante Einzelquellen, wie zum Beispiel Gärfutter- und Hofdüngerlager zu erweitern. Parallel dazu sind in weiteren Untersuchungen gesamtbetriebliche Betrachtungen immissionsseitig erforderlich. ■

Riassunto

Immissione di odori: confronto tra stalle per bovini con e senza corte

Nelle stalle a stabulazione libera le corti rappresentano fonti di emissioni a ridosso del suolo. Ad oggi, le corti non sono mai state considerate nel calcolo della distanza minima dalle zone abitate. L'obiettivo di questi studi è stato accertare se le corti con rivestimento abbiano un'influenza sull'immissione di odori. Per rispondere a quest'interrogativo, utilizzando un metodo sperimentale è stata calcolata l'immissione di odori di una superficie di camminamento a ventilazione naturale di 100 m². Si è quindi misurata l'immissione di odori di dieci stalle a stabulazione libera per il bestiame da latte con un effettivo tra le 12 e le 44 unità di bestiame grosso. Le superfici di emissione misuravano tra i 100 e i 600 m², dei quali da 50 a 180 m² nella corte. L'immissione di odori è stata calcolata tramite rilevazioni del pennacchio di diffusione con esaminatori. Dopo i primi sopralluoghi a corte sporca, la superficie di camminamento è stata coperta con un rivestimento. Sono poi stati effettuati altri sopralluoghi in situazione di detenzione senza utilizzo della corte. Applicando un modello lineare a effetti misti è stato possibile determinare l'intensità degli odori nelle immissioni. Per la superficie campione erano significative le variabili «Distanza dalla fonte» e «Velocità del vento»; per le aziende, anche la variabile «Superficie». I risultati mostrano la rilevanza delle corti nell'immissione di odori. Al fine di evitare lamentele è necessario integrare queste superfici di emissione nelle raccomandazioni concernenti le distanze minime degli impianti per l'allevamento.

Summary

Comparison of the odour impact of cattle housing with and without an outdoor exercise area

Outdoor exercise areas in loose cattle housing systems represent close-to-the-ground emission sources. Previously, outdoor exercise areas were not taken into account when calculating the minimum distance to residential zones. The aim of these studies was to highlight any possible effect of outdoor exercise areas with solid flooring on odour impact. For this, the odour impact of a 100 m² outdoor exercise area exposed to a free flow of air was determined by means of an experimental approach. In addition, the odour impact of ten loose dairy-cattle housing systems with an animal population of between 12 and 44 livestock units was recorded. The emitting areas comprised 100 to 600 m², between 50 and 180 m² of which formed part of the outdoor exercise area. Odour impact was determined via odour-plume inspections with assessors. After the first inspection rounds with a soiled outdoor exercise area, the surface of the outdoor exercise area was covered with sheeting. Further inspections then followed according to the situation where no outdoor exercise area was used. The impact-side odour intensity was explained by means of a linear mixed-effects model. In this context, the variables 'distance to source' and 'wind speed' were significant for the test area, while 'surface area' was an additional variable for the farms. The results highlight the odour relevance of outdoor exercise areas. Incorporating this odour-relevant area into the distance recommendations is therefore essential in order to prevent odour complaints.

Key words: odour, intensity, attenuation behaviour, distance, cattle, outdoor exercise yard.

Literatur

- Jungbluth T. & Hartung E., 1996. Ermittlung von Geruchsschwellen bei Rinderställen und Neufestlegung von Geruchsäquivalenzfaktoren. Endbericht für das Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Förderkennzeichen 27–95.2, 32 S.
- Keck M., Keller M., Frei M. & Schrade S., 2014. Odour impact by field inspections: Method and results from an agricultural biogas facility. *Chemical Engineering Transactions* **40**, 61–66.
- Keck M., Koutny L., Schmidlin A. & Hilty R., 2005. Geruch von Schweineställen mit Auslauf und freier Lüftung. *Agrarforschung* **12** (2), 84–89.
- Keck M., Schmidlin A. & Sager A., 1999. Mehr Geruch von Milchviehställen mit Laufhofen? *Agrarforschung* **6** (1), 5–7.
- Keck M., Schmidlin A., Zeyer K., Emmenegger L. & Schrade S., 2011. Odour concentration and emission from naturally ventilated dairy loose housings with an outdoor exercise area. *Chemical Engineering Transactions* **23**, 195–200.
- Richner B. & Schmidlin A., 1995. Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen. Empfehlungen für neue und bestehende Betriebe. *FAT-Berichte* Nr. **476**, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Tänikon (FAT), Ettenhausen, 16 S.
- Sheffield R., Chahine M., Dye B. & Thompson M., 2007. Odor concentrations downwind of Idaho dairies and heifer facilities. *Transactions of the ASABE* **50** (1), 255–263.
- VDI, 2012. Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Methode zur Abstandsbestimmung Geruch. VDI-Richtlinie 3894, Verein Deutscher Ingenieure VDI, Düsseldorf, Blatt 2, 52 S.
- Zeissig H.-D. & Langenegger G., 1999. Geruchsfahnenbegehungen an Rinderställen. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, *Gelbes Heft* **63**, 83 S.