

# Geruchskonzentration und -emission von Milchviehställen mit Laufhof

Margret Keck<sup>1</sup>, Alfons Schmidlin<sup>1</sup>, Kerstin Zeyer<sup>2</sup>, Lukas Emmenegger<sup>2</sup> und Sabine Schrade<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

<sup>2</sup>Empa Dübendorf, 8600 Dübendorf

Auskünfte: Margret Keck, E-Mail: margret.keck@art.admin.ch, Tel. +41 52 368 31 31



Abb. 1 | Laufställe für Milchvieh – Flächenquellen für Geruch. (Foto: ART)

## Einleitung

In ländlichen Gebieten kommt die heranrückende Wohnbebauung bestehenden landwirtschaftlichen Betrieben mit der Zeit näher oder gar zu nahe. Zugleich verändern sich die Dorfstrukturen. Der Kontakt der Wohnbevölkerung zur Landwirtschaft nimmt ab und damit sinkt in hohem Mass das Verständnis und die Toleranz für Tierhaltung und landwirtschaftliche Gerüche. Kommunen, Behörden und Gerichte müssen sich vermehrt mit Beschwerden und Klagen über Geruchsbelästigung von Tierhaltungsanlagen befassen. Bei der Standortwahl von Tierhaltungsanlagen sind raumplanerische

Anforderungen zur Vermeidung der Zersiedelung und die Voraussetzungen für eine längerfristige Betriebsentwicklung hin zu grösseren Tierbeständen oft widersprüchlich. Erst wenn es gelingt, die daraus entstehende Diskussion auf eine fachliche Basis zu bringen, werden jene Lösungsansätze reifen, welche der Konfliktvermeidung und Betriebsentwicklung im Interesse der Tierhaltenden und der Anwohnenden am besten dienen. Erforderlich sind daher aktualisierte, fundierte Planungsdaten zur Ermittlung von Mindestabständen zwischen Tierhaltungsanlagen und Wohnzonen (Richner und Schmidlin 1995) mit Blick auf eine gezielte Standortwahl bei Neu- und Erweiterungsbauten. Die Geruchsemission pro Tier

oder Grossvieheinheit (1 GV = 500 kg Lebendmasse) und Zeiteinheit ist für die vergleichende Bewertung von Tierhaltungssystemen ein geeignetes Mass sowie eine unentbehrliche Eingangsgrösse für aussagekräftige Ausbreitungsmodellierungen.

Während Oldenburg (1989) bereits in den 80er-Jahren Geruchsemissionen bei 17 Boxenlaufställen mit Milchvieh ohne Berücksichtigung der tageszeitlichen Variation gemessen hat, legt Brose (2000) zeitlich höher aufgelöste Daten vor, jedoch nur von einem Einzelbetrieb. Gemäss der Geruchsimmissionsrichtlinie GIRL (2008) aus

### Zusammenfassung

Gemeinden, Behörden und Gerichte sind vermehrt mit Beschwerden und Klagen über Geruchsbelästigung von Tierhaltungsanlagen konfrontiert. Die Geruchskonzentration und -emission von fünf frei gelüfteten Milchviehställen wurde in zwei Jahres- und zwei Tageszeiten verglichen. Für diese Ställe mit Liegeboxen, planbefestigten Laufflächen und angrenzendem Laufhof kam eine neu entwickelte Tracer-Ratio-Methode zum Einsatz. Die Geruchskonzentration von den Flächenquellen am Boden (Liegebox, Laufgang und Laufhof) und in 3 m Höhe wurde am Olfaktometer mit Testpersonen bestimmt. Während am Boden die höchsten Geruchskonzentrationen vor allem im Laufgang auftraten, war die Geruchskonzentration in 3 m Höhe über den drei Flächenquellen vergleichbar. Dies deutet auf eine starke Durchmischung zwischen diesen Bereichen bereits in 3 m Höhe hin. Die Geruchsemission am Nachmittag war an sechs der sieben Messtage um das zwei- bis vierfache höher als am Morgen. Auch zwischen den Betrieben variierte die Geruchsemission stark. Deshalb bedingt eine vergleichende Bewertung von Tierhaltungssystemen breit abgestützte Daten auf mehreren Betrieben, den Einbezug aller Jahreszeiten und eine hohe tageszeitliche Auflösung. Erforderlich sind aktuelle, fundierte Planungsdaten zur Bestimmung von Mindestabständen und als Basis für Ausbreitungsmodellierung sowie die wichtigsten Einflussgrössen auf die Geruchsfreisetzung, um Lösungen zur Geruchsminde- rung aufzeigen zu können.

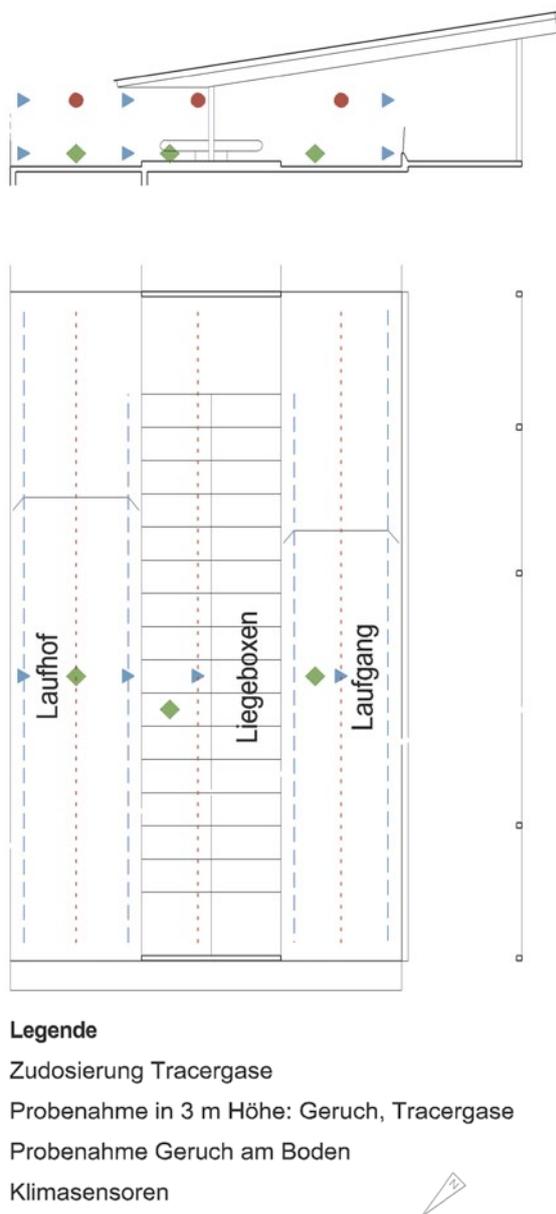


Abb. 2 | Schematische Darstellung mit Grundriss und Schnitt eines zweireihigen Liegeboxenlaufstalls mit Zudosierung, Probenahme sowie Klimasensoren.



Abb. 3 | Verschiedene Flächenquellen im Milchviehstall.

Deutschland sind Offenställe bei Ausbreitungsrechnungen bisher ein Problemfall, da die Emissionen von den Wetterbedingungen, zum Beispiel Anströmgeschwindigkeit und -richtung, abhängen. Daher sind Emissionsfaktoren von frei gelüfteten Systemen besonders sorgfältig zu ermitteln. Erforderlich ist eine breiter abgestützte, aktuelle Datengrundlage von relevanten Verfahren und von einer ausreichenden Zahl von Betrieben. Daten zu Liegeboxenlaufställen mit Laufhof (Abb.1) als bodennahe, diffuse Emissionsquelle fehlen bisher komplett. Gerade dieses Haltungssystem gewinnt jedoch derzeit in der Schweiz stark an Verbreitung. Dass Daten für frei gelüftete Ställe fehlen, ist vor allem auf Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Luftwechselrate zurückzuführen.

Ziel dieser Untersuchung war ein Vergleich der Geruchskonzentration zwischen verschiedenen Flächenquellen sowie die Quantifizierung von Geruchsemissionen aus Liegeboxenlaufställen für Milchvieh mit Laufhof. Die Variation zwischen zwei Tages- und Jahreszeiten sowie zwischen Betrieben war aufzuzeigen.

## Methoden

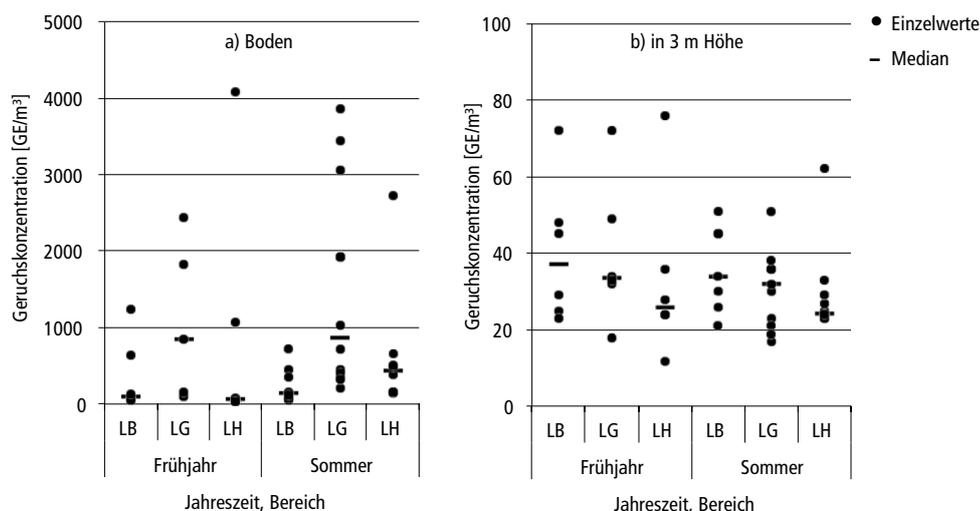
Die Messungen erfolgten in fünf Laufställen mit Milchvieh (Betriebe 2–6), Liegeboxen, planbefestigten Lauf-

flächen und angrenzendem Laufhof. Die vorliegenden Geruchserhebungen waren integriert in die Untersuchungen von Schrade (2009) «Ammoniak- und PM10-Emissionen im Laufstall für Milchvieh mit freier Lüftung und Laufhof anhand einer Tracer-Ratio-Methode» auf sechs Betrieben. Die Betriebe, Haltungsverfahren und Tierparameter sind bei Schrade (2009) detailliert beschrieben. Weiter wurden zur Charakterisierung der jeweiligen Messsituation, als Bezugsgrößen und zur Ableitung von wichtigen Einflussgrößen auf die Emissionen auch Klimadaten, der Tieraufenthalt im Laufhof und die Verschmutzung der Laufflächen erfasst. In Abbildung 2 ist der Grundriss eines Betriebes beispielhaft aufgezeigt. Die verschiedenen Stallbereiche Laufgang, Liegeboxen und Laufhof wurden differenziert. Der Vergleich erfolgte in den beiden Jahreszeiten Frühjahr und Sommer (Tab. 1), jeweils am frühen Morgen (zwischen 4:00 und 5:30 Uhr) und am späten Nachmittag (zwischen 15:00 und 16:30 Uhr). Betrieb 6 war in beiden Jahreszeiten vertreten, bei Betrieb 2 erfolgten im Sommer Messungen an zwei Tagen.

Auf den verschiedenen Flächenquellen am Boden wurde jeweils aufeinanderfolgend eine Probenahmehaube (845 mm Durchmesser, Eigenbau) aufgesetzt und während 20 Sekunden Probenluft mit einem ECOMA-

Tab. 1 | Angaben zu den Betrieben mit Stallflächen, Tierbestand sowie Erhebungsterminen und Temperaturdaten

Betrieb	2	3	4	5	6
Fläche gesamt [m <sup>2</sup> ],	575	858	412	529	568
davon Lauffläche	440	624	295	377	388
Tiere, Anzahl GV [n]	58	94	40	77	90/83
Erhebungstermin [Monat]	2 Termine: August	März	April	Juli	Mai, Juni
Lufttemperatur [°C]	12,6/22,8	5,5/20,5	9,3/7,4	13,1/19,6	9,6/20,6
Morgen/Nachmittag	14,0/24,1				13,1/25,5



**Abb. 4 | Geruchskonzentration a) am Boden und b) in 3 m Höhe, angegeben als Geruchseinheiten pro Kubikmeter Luft [GE/m<sup>3</sup>], nach Jahreszeit und Stallbereich (LB Liegebox, LG Laufgang, LH Laufhof), als Median und Einzelwerte.**

Probenehmer in Beutel aus Nalophan (9 Liter Volumen) gesaugt. Die einzelnen Probenahmeorte im Laufgang, in der Liegebox und im Laufhof waren bereits im Erhebungsraster vorgegeben, um eine subjektive, selektive Auswahl der jeweiligen Probenahmestelle zu vermeiden (Abb. 2).

Die Geruchskonzentration auf Bodenniveau wurde mit der Geruchskonzentration in etwa 3 m Höhe (Abb. 2) verglichen. Für die Proben in 3 m Höhe kam ein Luftsammlsystem aus Teflonschlauch und kritischen Glaskapillaren zum Einsatz. Dieses ermöglichte repräsentative Probenahmen der Tracergase und der Geruchsproben in den weiträumigen Ställen. Als Luftsammelprobe wurde jeweils die Geruchsprobe über ein Zeitintervall von acht Minuten in den jeweiligen Probenbeutel mit einer Schlauchquetschpumpe gesaugt. Die 81 Probenbeutel wurden innerhalb von 24 Stunden am Olfaktometer TO8 (ECOMA) von jeweils vier Testpersonen, in Anlehnung an DIN EN 13725 (2003), bewertet. Die Testpersonen wurden mit n-Butanol (100 ppm) kontrolliert.

Für die Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung und von Flächenquellen entwickelten ART und Empa eine Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen (SF<sub>6</sub>, SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>). Die verdünnten Tracergase wurden über ein Rohrsystem mit kritischen Kapillaren direkt an den emittierenden Laufflächen kontinuierlich zudosiert und bildeten so die Quelle der Geruchsemission ab. Die Analyse der beiden Tracergase erfolgte simultan mittels Gaschromatographie (GC-ECD). Die Geruchsemission lässt sich aus dem Konzentrationsverhältnis des zudosierten Tracergases am Boden und in 3 m Höhe, multipliziert mit der Geruchskonzentration ermitteln.

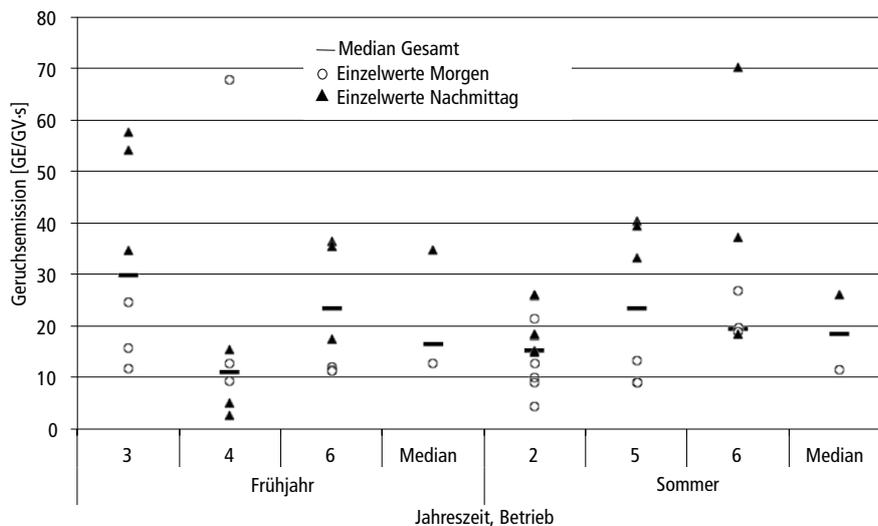
## Resultate

### Verschiedene Flächenquellen am Boden

Beim Vergleich der Geruchskonzentration der drei Stallbereiche waren die Werte von den Laufgängen mit einem Median von 870 GE/m<sup>3</sup> deutlich höher als von den Liegeboxen mit weniger als 150 GE/m<sup>3</sup> oder von den Laufhöfen bei 70 beziehungsweise 435 GE/m<sup>3</sup> (Abb. 3 und Abb. 4a). Dies spiegelt den höheren Tieraufenthalt und entsprechend den Anfall an Kot und Harn im Laufgang im Vergleich zum Laufhof wider (Schrade 2009). Allerdings streuten die Einzelwerte in einem weiten Bereich. Dies wird zum Beispiel dadurch illustriert, dass die Geruchskonzentration am Boden Werte bis 4000 GE/m<sup>3</sup> erreichte, während 50 % aller Werte unter 400 GE/m<sup>3</sup> lagen. Mit Ausnahme von Betrieb 4 waren die Geruchskonzentrationen meist am Nachmittag höher als am Morgen. Das abweichende Verhalten des Betriebs 4 ist wahrscheinlich auf Niederschlag am Erhebungstag (morgens 3 mm, nachmittags 12 mm) zurückzuführen.

### Luftsammelproben in drei Meter Höhe

Die Luftsammelproben in 3 m Höhe sind räumlich und zeitlich viel stärker gemittelt als die Proben mittels einer Haube am Boden. Während am Boden die höchsten Geruchskonzentrationen vor allem im Laufgang auftraten, war die Geruchskonzentration in 3 m Höhe zwischen den beiden Jahreszeiten und den drei Bereichen ähnlich (Abb. 4b). Der Median über alle Bereiche lag zwischen 25 und 37 GE/m<sup>3</sup>. Dies lässt auf eine starke Durchmischung zwischen diesen Bereichen bereits in 3 m Höhe schliessen. ▶



**Abb. 5** | Geruchsemission, angegeben als Geruchseinheit pro Grossvieheinheit (entspricht 500 kg Lebendmasse) und Sekunde [GE/GV·s] als Einzelwerte am Morgen und Nachmittag, dargestellt pro Jahreszeit und Betrieb sowie als Median der Betriebe und pro Jahreszeit.

### Geruchsemission

In Abbildung 5 ist die Geruchsemission nach den beiden Zeitpunkten Morgen und Nachmittag aufgeteilt: Die Geruchsemission am Nachmittag war in sechs der sieben Messtage um das zwei- bis vierfache höher als am Morgen. Nur bei Betrieb 4 mit Niederschlag während der Erhebung war dieser Effekt nicht vorhanden.

Auch zwischen den Betrieben war die Variation im Median mit 11–30 GE/GV·s sehr hoch. Betrieb 4 zeigte am Tag mit Niederschlag die tiefste Geruchsemission. Die höchsten Werte resultierten auf Betrieb 3 im Frühjahr. Die Betriebe 2 und 6 im Sommer mit den höchsten Lufttemperaturen führten bei der Geruchsemission nicht zu den höchsten Werten.

### Diskussion

Die Luftsammelproben zur Geruchskonzentration in 3 m Höhe ermöglichen eine Aussage über den jeweiligen Stallbereich, während eine Probenahme mit der Haube am Boden nur einen sehr punktuellen Ausschnitt wiedergibt. Um räumlich heterogen verschmutzte Flächen, insbesondere den Laufhof, adäquat zu charakterisieren, wie dies bei Schrade (2009) der Fall war, wäre mit Probenahmehauben eine deutlich grössere Probenanzahl erforderlich.

Der grosse tageszeitliche Unterschied bei der Geruchsemission kann einerseits durch Unterschiede in der Tieraktivität, in der Überströmung der verschmutzten Fläche, aber auch durch Unterschiede in der Temperatur bedingt sein.

Bei der Geruchsemission war ein ausgeprägt saisonaler Effekt im Vergleich mit den Daten zu den Ammoniakemissionen bei Schrade (2009) auf denselben Betrieben nicht ersichtlich (Abb. 5). In der vorliegenden Untersuchung mit Offenställen, mit grösseren Flächen und Laufhof war die Geruchsemission höher als in der Literatur mit eher geschlossenen Ställen und Trauf-First-Lüftung (Oldenburg 1989, Brose 2000).

### Schlussfolgerungen

Die neue Tracer-Ratio-Methode kombiniert mit Geruchspuren ermöglicht es, Geruchsemissionen in frei belüfteten Ställen zu quantifizieren. Eine verbesserte Datengrundlage von Geruchsemissionen aus den fünf frei belüfteten Ställen mit Laufhof dient zum einen für Planungshilfsmittel zur Ermittlung von Mindestabständen zwischen Tierhaltungsanlagen und Wohnzonen und zum anderen als Basis für die Ausbreitungsmodellierung. Erst mit breiter abgestützten Daten auf einer ausreichenden Zahl von Betrieben, dem Einbezug aller Jahreszeiten und zeitlich höher aufgelösten Erhebungen wird eine vergleichende Bewertung von Tierhaltungssystemen möglich. Denn die dynamischen Prozesse mit Tieraktivität, Windanströmung und Austrocknung sind für die Geruchsemission bei frei gelüfteten Ställen relevant. Eine bessere Kenntnis der wichtigsten Einflussgrössen auf die Geruchsfreisetzung hilft auf dem Weg zur Geruchsminderung. ■

**Riassunto****Concentrazioni ed emissioni di odori nelle stalle di bestiame lattifero con area d'uscita**

Sempre più spesso comuni, autorità e tribunali sono confrontati con ricorsi e cause provocate dai cattivi odori provenienti dalle strutture di stabulazione. Durante due stagioni e per due volte al giorno si sono confrontati la concentrazione e le emissioni di odori in cinque stalle per bestiame lattifero ad aerazione naturale. Per queste strutture dotate di box di riposo, superfici di movimento con rivestimento e area d'uscita limitrofa, è stato impiegato il metodo "Tracer-Ratio". La concentrazione degli odori provenienti da fonti al suolo (box di riposo, superficie di movimento e area d'uscita) è stata misurata all'altezza di 3 metri attraverso delle persone munite di olfattometro. Mentre al suolo le concentrazioni più elevate sono state rilevate soprattutto sulla superficie di movimento, all'altezza di 3 metri esse erano simili per tutte i tre settori. Ciò indica che a quell'altezza gli odori di diversa provenienza tendono fortemente a mescolarsi. 6 giorni su 7 l'emissione di odori nel corso del pomeriggio risultava da 2 a 4 volte superiore che al mattino. Tra le aziende coinvolte si sono registrate forti variazioni di emissioni. Per questo motivo una valutazione comparativa dei sistemi di stabulazione richiede un'estesa base di dati su più aziende, prendendo in considerazione tutte le stagioni e una maggiore frequenza di misurazione. Per proporre delle soluzioni alla diminuzione dei cattivi odori sono necessari dati di pianificazione consolidati e aggiornati per determinare le distanze minime; questi dati serviranno come base per la simulazione della diffusione e indicheranno i principali parametri, relativi alla volatilizzazione degli odori.

**Literatur**

- Brose G., 2000. Emissionen von klimarelevanten Gasen, Ammoniak und Geruch aus einem Milchviehstall mit Schwerkraftlüftung. VDI-MEG-Schrift 362, Universität Hohenheim. 136 S.
- DIN EN 13725, 2003. Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. 71 S.
- Geruchsimmissionsrichtlinie GIRL, 2008. Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen. Fassung vom 29.2.2008 und Ergänzung vom 10.9.2008. 57 S.

**Summary****Odour concentration and emission from dairy cattle housing with an exercise yard**

Local authorities, government agencies and courts are increasingly faced with complaints and lawsuits relating to odour annoyance from livestock housing systems. Odour concentration and emission from five naturally ventilated dairy cattle sheds were compared in two seasons and at two times of day. A newly developed tracer ratio method was used for these cowsheds with cubicles, solid floor surfaces and an adjacent exercise yard. Test subjects were used to determine on the olfactometer the odour concentration from area sources on the ground (cubicle, traffic alley and exercise yard) and at a height of 3 m. Whereas at ground level the highest odour concentrations occurred mainly in the traffic alley, the odour concentration at a height of 3 m was comparable over the three area sources. This would indicate that at a height of 3 m there had already been considerable intermixture between these areas. On six of the seven measurement days, odour emission in the afternoon was two to four times higher than in the morning. The variation in odour emission between farms was also high. A comparative assessment of animal housing systems therefore requires broadly supported data on several farms, the inclusion of all seasons and high time-of-day resolution. In order to provide solutions for odour reduction, there is a need for well-founded, up-to-date planning data to determine minimum distances; these data will be used as a basis for dispersion modelling and the most important variables influencing odour release.

**Key words:** odour concentration, odour emission, dairy cattle, loose housing, natural ventilation.

- Oldenburg J., 1989. Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333, Darmstadt. 158 S.
- Richner B. & Schmidlin A., 1995. Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen – Empfehlungen für neue und bestehende Betriebe. FAT-Berichte Nr. 476, Tänikon. 16S.
- Schrade S., 2009. Ammoniak- und PM10-Emissionen im Laufstall für Milchvieh mit freier Lüftung und Laufhof anhand einer Tracer-Ratio-Methode. VDI-MEG Schrift 483, Universität Kiel. 131 S.