Überwachung von Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft - Einsatz von chemischen Sensorarrays

Barbara Maier, Gisbert Riess, Hans-Dieter Zeisig und **Andreas Gronauer**
Bayerische Landesanstalt Freising

Im Umfeld landwirtschaftlicher Betriebe tritt, aus den unterschiedlichsten Gründen, in zunehmendem Maße das Problem einer Geruchsbelästigung der Anwohner auf. Die Erfassung unerwünschter Gerüche ist jedoch durch eine wachsende Sensibilisierung der Bevölkerung zu einem nicht mehr vernachlässigbaren Problem geworden.
In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus einem Vergleich unterschiedlicher Entlüftungssysteme mittels Multisensor-Array dokumentiert. Der große Vorteil der Multisensorarray-Messungen gegenüber der Olfaktometrie besteht in der kontinuierlichen Messwerterfassung gegenüber wenigen Stichproben bei olfaktometrischen Messungen.

Schlüsselwörter
Emission, Geruch, Multisensor-Array, Überwachung

Einleitung

Bisher wurde die Emissivität von verschiedenen Tierhaltungssystemen meist an den klimarelevanten Spurengasen bemessen. Gerüche wurden wegen mangelnder Messtechnik meist nicht mit in eine Bewertung einbezogen. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse eines Monitorings von Geruchsemissionen aus unterschiedlichen Stallsystemen mittels Multisensor-Array publiziert.

Material und Methoden

Die Olfaktometrie ist derzeitig Stand der Technik, um Luftverunreinigungen in geruchs- und damit wirkungsbezogenen Einheiten zu messen. Die näheren Einzelheiten hierzu werden in der VDI-Richtlinie 3881 geregelt [1-4].
Der Aufbau und die Funktionsweise des Multisensor-Arrays wurden im vorangegangen Teil 1 dieser Veröffentlichungsreihe detailliert erläutert [5,6]. Dieses beschriebene Multisensor-Array, das für Labormessungen konzipiert ist, wurde für Messungen in Stallnähe erweitert. Versuche haben gezeigt, dass die Wärmeabgabe des Gerätes bei einer wärmeisolierten und frei bewitterungsfähigen Kapselung ausreicht, um die Betriebstemperatur nicht zu unterschreiten. Um eine Funktionsüberprüfung zu erleichtern, wurde für die Bedieneinheiten eine Öffnung an der Kapselung angebracht. Dies ermöglicht ohne die Kapselung öffnen zu müssen sowohl eine Überprüfung wie auch den, bei einer längeren Messperiode notwendigen, Neustart der Messungen.
Als problematisch stellte sich jedoch eine Überhitzung bei sommerlichen Temperaturen und vor allem bei Sonneneinstrahlung heraus. Aus diesem Grund musste die Kapselung mit einer geregelten Kältequelle versehen werden. Die Temperatur im Inneren der Kapselung wird auf 25°C +/- 2°C geregelt. Dadurch können die Sensoren auf der notwendigen Betriebstemperatur gehalten werden. Zur Sicherung der Datenqualität wurde eine Befeuchtungseinheit mit in den gekapselten und thermostatisierten Raum integriert.
Die Versuche wurden bei einem Betrieb in zwei Abteilen desselben Mastschweinestalls durchgeführt. Die Proben wurden aus den Abluftkanälen der beiden Warmstallabteile gezogen. Der Unterschied bestand in den Entlüftungssystemen; in einem der beiden Abteile wurde das Prinzip der Oberflur- und im anderen das der Unterflur-Absaugung angewandt. Während des laufenden Versuchs, der sich über 8 Tage (08.09.99 bis 15.09.99) erstreckte, wurde am 13.09.99 das bis dahin oberflur-entlüftete Stallabteil ebenso wie das andere auf Unterflur-Entlüftung umgestellt.
Eine Bild des Stalls wurde bereits in der vorangegangenen Ausgabe Teil 2 [7] dieser Veröffentlichungsreihe gezeigt. Bei dieser Geruchsstoffkonzentrationsbestimmung muss berücksichtigt werden, dass das Durchschnittsgewicht der Schweine in den einzelnen Abteilen (Abteil 1 U-Flur ca. 50 kg/Schwein entsprechend 19 Großvieheinheiten (GV); Abteil 2 O-Flur ca. 100 kg/Schwein entsprechend 41 GV) unterschiedlich war.

Überwachung in der Mastschweinehaltung

Es wurden parallel zu den kontinuierlichen Messungen mittels Multisensor-Array auch olfaktometrische Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in **Bild 1** dargestellt. Hier ist ein Unterschied in den Geruchstoffkonzentrationen der beiden Stallabteile über

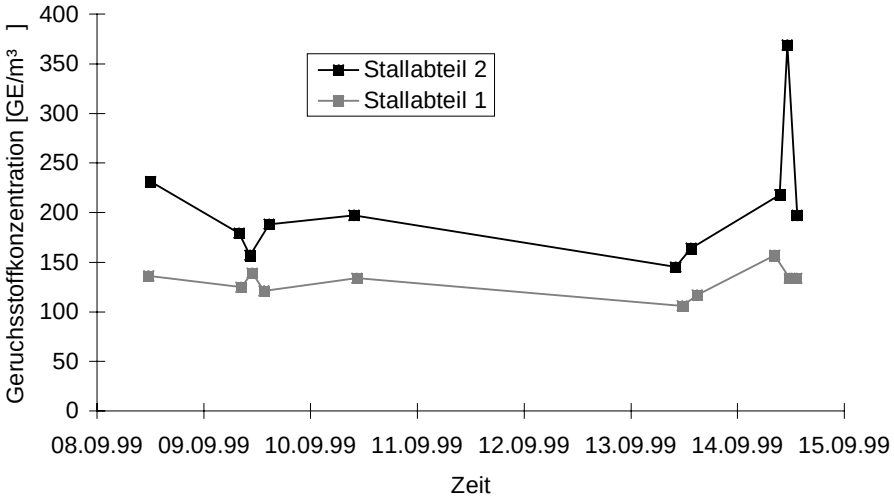


Bild 1: Geruchsmessungen in zwei Stallabteilen eines Schweinemastbetriebs mittels Olfaktometrie

den gesamten Zeitraum erkennbar. Über den Versuchszeitraum wurden aus den Stallabteilen jeweils 10 Proben gemessen. Im Durchschnitt wurden zwei Proben pro Tag analysiert. Deutlich sichtbar ist ein Mangel an Proben in der Zeit vom 11.09.99 bis 13.09.99. Hier wird ein wesentliches Problem der Olfaktometrie sehr deutlich, beim Einsatz eines repräsentativen Probandenkollektivs am Wochenende werden sehr hohe Personalkosten verursacht. Des weiteren besteht das Problem der Abhängigkeit des Messwerts von der Tagesform des Probanden (Kollektivs), worin die Erklärung für den Ausreißer am Ende der Messungen liegt. Die so ermittelte mittlere Geruchsstoffkonzentration im Stallabteil 2 betrug 204,5 GE/m³. Etwas niedriger war die Konzentration im Abluftkanal des Stallteils 1 bei den kleineren Schweinen mit 130,3 GE/m^3.

Die Messungen mittels Multisensor-Array konnten alle 20 Minuten einen Datensatz liefern. Somit wurde alle 40 Minuten aus einem Stallabteil ein Messpunkt geliefert. Um nun den zeitlichen Verlauf darstellen zu können wird die Information des Multisensor-Arrays, die 18-dimensional ist, auf einen Wert pro Messung reduziert werden. Ein erster Ansatz, der schon in der Literatur [8] verwendet wurde, ist die Ausschläge der Sensoren zu addieren. Durch dieses Vorgehen gelangt man zu einem Sensorsummensignal, das jedoch keine Gewichtung einzelner Sensoren enthält. Diese Gewichtung wird in Zukunft sicherlich notwendig werden, hier wird ein erster Ansatz demonstriert. Bei Anwendung dieser Methode konnte nun ein Monitoring durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind in der folgenden **Bild 2** dargestellt. Ähnlich wie in den olfaktometrischen Konzentrationsbestimmungen liegen die Werte des Stallabteils 2 höher als die des Stallabteils 1 bei den kleineren Schweinen. Die Umstellung des Entlüftungsverfahrens am 13.09.99 ergab wenig Veränderung in den Sensorausschlägen.

Die Daten der Olfaktometrie und der Sensor-Messungen wurden zusammengeführt. Die olfaktometrischen Messpunkte, zu denen es zeitgleiche Multisensor-Array Messungen gibt, dienen dann als Grundlage für eine Kalibration des Multisensor-Arrays.

Nach Literatur [8] wird die Korrelation zwischen den olfaktometrischen Geruchseinheiten und den Sensorsignalen über das Sensorsummensignal (Summe der Maximalauschläge der 18 Sensoren) hergestellt. Bei den in diesem Projekt ermittelten Daten ergibt sich die in **Bild 3** dargestellte Kalibrationsgerade für die Geruchsstoffkonzentration als Funktion des Sensorsummensignals.

Mittels dieser Kalibration können nun die kontinuierlich aufgenommenen Sensordaten in Geruchsstoffkonzentrationen umgerechnet werden. Während dieser Messungen wurden über einen Zeitraum von 8 Tagen alle 20 min eine Messung von Stallluft aus einem der beiden Abteile vorgenommen. In Zeitintervallen von 40 min wurden also Daten aus einem Stallabteil erhoben. Somit konnte ein quantitativ-kontinuierliches Monitoring der beiden Stallabteile durchgeführt werden. Das in **Bild 4** gezeigte Geruchsmonitoring zeigt über den gesamten Zeitraum analog zu den olfaktometrischen Daten eine höhere Konzentration im Stallabteil 2 bei den größeren Schweinen. Durch die kontinuierliche Datenaufnahme mittels Multisensor-Array wird nun jedoch ein Tagesgang besonders bei den kleineren Tieren deutlich. Dies zeigt sich in einem Anstieg der Geruchsstoffkonzentration in den Morgenstunden und einem Absinken in den Nachtstunden.

Durch diese geringeren Werte nachts, die durch die olfaktometrischen Messungen nicht erfasst wurden, ist der Mittelwert der Sensormessungen im Vergleich mit der Olfaktometrie etwas geringer. Eine Zusammenfassung dieser Werte ist in **Tabelle 1** dargestellt.

Um nun die unterschiedlichen Tiermassen zu berücksichtigen ist ein Vergleich der Emissionsraten der beiden Stallabteile

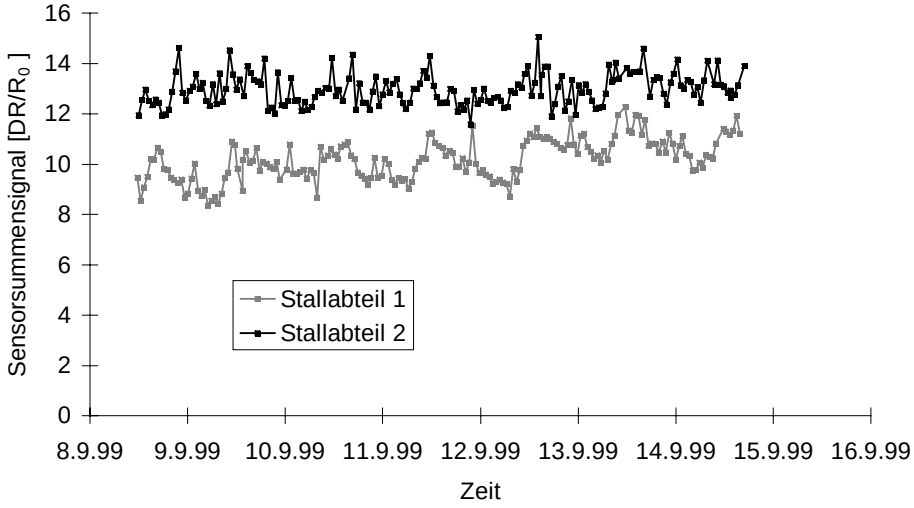


Bild 2: Messungen in zwei Stallabteilen eines Schweinemastbetriebs mittels Multisensor-Array

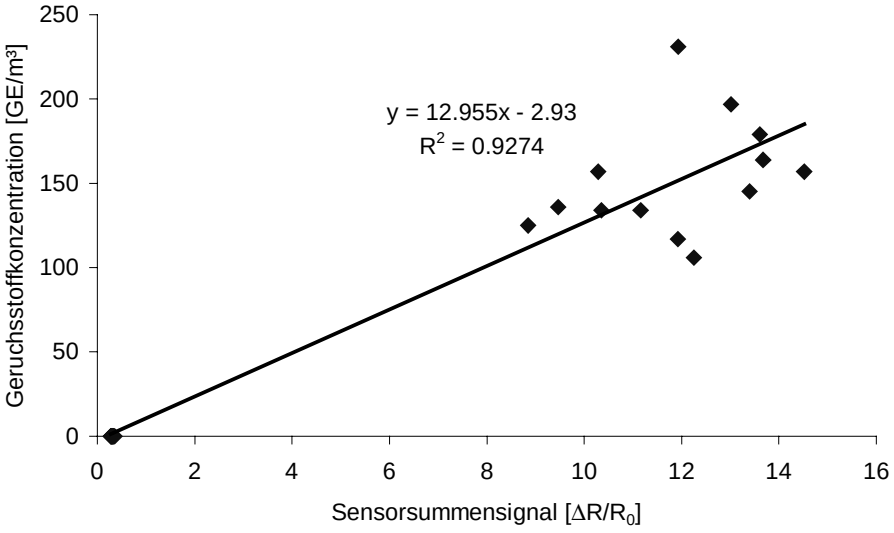


Bild 3: Kalibrationsgerade Geruchsstoffkonzentration als Funktion des Sensorsummensignals

Tabelle 1: Vergleich der mittleren Geruchsstoffkonzentration in zwei Abteilen eines Stalls für Mastschweine einerseits mit Olfaktometrie, andererseits mit Multisensor-Array

Stallabteil	Tiermasse [GV]	Geruchsstoffkonzentration [GE/m³] olfaktometrisch	Geruchsstoffkonzentration [GE/m³] Multisensor-Array
1	19	130,3	128,89
2	41	204,5	165,23

notwendig. Auf die Problematik einer möglicherweise unterschiedlichen Stoffwechselaktivität bei den Schweinen in unterschiedlichen Gewichts- und Altersstufen wird an dieser Stelle nicht eingegangen. Des weiteren sind verbindliche Aussagen über die beiden Entlüftungssysteme auch aufgrund des kurzen Beobachtungszeitraums nicht zu treffen.

Wie aus der folgenden **Tabelle 2** ersichtlich, werden die Daten hier nochmals zusammengefasst. In der dritten Zeile wurden die Werte der beiden Stallabteile zueinander ins Verhältnis gesetzt. Hier wurde versucht, die Veränderung von den Konzentrationsmessungen, bei denen das Stallabteil 2 höher war, zu den Emissionsraten, bei denen das Abteil 1 höher liegt, zu ergründen. Die Emissionsrate errechnet sich aus : Geruchsstoffkonzentration multipliziert mit dem Volumenstrom dividiert durch die Tiermasse. Wie aus der dritten Zeile dieser Tabelle ersichtlich haben die unterschiedlichen Tiergewichte den größten Einfluss. Dieser überlagert sowohl denjenigen der unterschiedlichen Entlüftung wie auch den unterschiedlicher Geruchsstoffkonzentrationen.

Wie aus den beiden Grafiken **Bild** 4 und **5** ersichtlich, konnte bei den hier durchgeführten Messungen keine Veränderung der Geruchsstoffkonzentration bzw. der Emissionsraten, die durch die Umstellung am 13.09.99 des Entlüftungssystems verursacht ist, gemessen werden. Für eine abschließende Bewertung der Entlüftungssysteme werden derzeit Langzeitmessungen durchgeführt. Diese genaueren Untersuchungen über alle Jahreszeiten berücksichtigen weitere Einflussgrößen wie unterschiedliche Lüftungsraten und Zunahme der Tiermasse. Erst dann können die unterschiedlichen Luftführungen hinsichtlich der Geruchsemissionen bewertet werden.

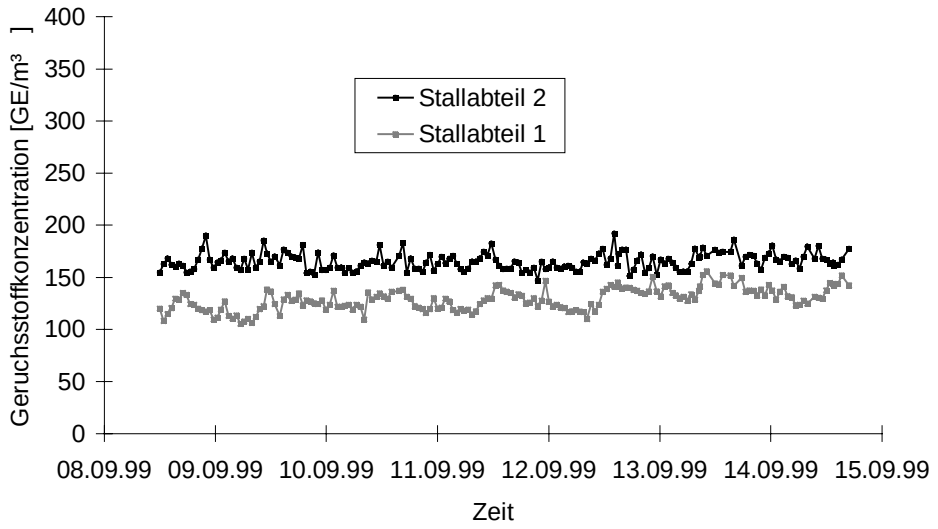


Bild 4: Geruchsmonitoring in zwei Stallabteilen eines Schweinemastbetriebs mittels Multisensor-Array Vergleich der Geruchsstoffkonzentrationen

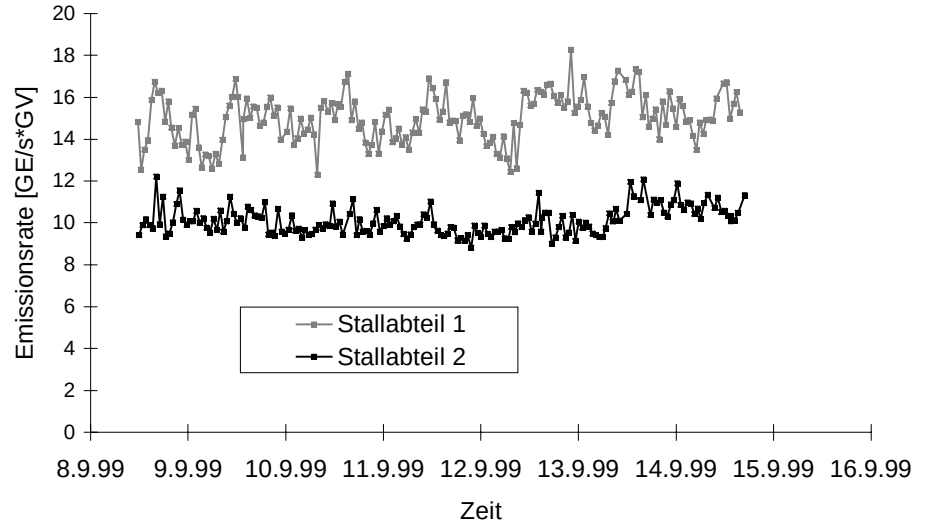


Bild 5: Geruchsmonitoring in zwei Stallabteilen eines Schweinemastbetriebs mittels Multisensor-Array Vergleich der Emissionsraten

Tabelle 2: Vergleich der beiden Stallabteile

Stallabteil	Geruchstoffkonzentration olfaktometrisch [GE/m³]	Geruchstoffkonzentration MSA [GE/m³]	Lüftungsrate [m³/h]	Tiergewicht [GV]
1	130,3	128,89	7690	19
2	204,5	165,23	8897	41
2/1	1,56	1,28	1,16	2,16

Schlussfolgerungen

Die hier dokumentierten Ergebnisse zeigen, dass mit Hilfe des Multisensor-Arrays Gerüche aus dem landwirtschaftlichen Bereich bewertet werden konnten. In einem Monitoring konnte zeitgleich an mehreren Messstellen Daten erhoben werden. Die Daten der 18 dimensionalen Sensormessungen wurden mittels einer Aufsummierung über alle Sensorwerte reduziert. Dieses Sensorsummensignal wurde nun mit den zeitgleich durchgeführten olfaktometrischen Messungen linear korreliert. Dies führte zu der Möglichkeit, in engen Zeitabständen geruchliche Tagesgänge beobachten zu können, bietet aber auch gleichzeitig die Chance der kontinuierlichen Geruchsüberwachung über den Zeitraum mehrerer Wochen. Der große Vorteil gegenüber der Olfaktometrie liegt in der Objektivität d.h. Unabhängigkeit von der Tagesform der Probanden. Dies wird hauptsächlich dadurch erreicht, das für die wenigen olfaktometrischen Messungen, die zur Kalibration des Multisensor-Arrays notwendig sind, und sicherlich beim Fortgang der Untersuchungen immer weniger werden, ein gut trainiertes Probandenkollektiv verwendet wird. Ein Haltungssystem-Vergleich ist auf diese Weise genauso möglich wie eine Geruchsüberwachung. Eine derartige Überwachung kann dann auch Belästigungen erfassen, die außerhalb der üblichen Arbeitszeiten liegen.

Literatur

[1] *VDI 3881 Bl. 1*: Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung Grundlagen. Beuth-Verlag, Berlin 1986.

[2] *VDI 3881 Bl. 2:* Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung-Probenahme. Beuth-Verlag, Berlin 1987.

[3] *VDI 3881 Bl. 3*: Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung Olfaktometer mit Verdünnung nach dem Gasstrahlprinzip. Beuth-Verlag, Berlin 1989.
[4] *VDI 3881 Bl. 4:* Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung, Anwendungsvorschriften und Verfahrenskenngrößen Beuth-Verlag, Berlin 1989.
[5] *Maier B., Riess G., Gronauer A.:* Erkennung und Bewertung von Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft, Landtechnik 55-1, S. 44-45 2000
[6] *Maier B., Riess G., Gronauer A.:* Einsatz von chemischen Sensorarrays zur Erkennung und Bewertung von Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft, Agrartechnische Forschung 6-1, S. 20-25 (2000)
[7] *Maier, B., Riess, G., Gronauer, A.:* Agrartechnische Forschung 6 (2000) Heft 2, S. 32-35
[8] *Födisch, H., Schengber, P.:* Applikationsbeispiele kontinuierlicher Geruchsemissionsmessungen in „Gerüche in der Umwelt“ VDI Berichte 1373 S. 99- 112 (1998)

Autoren

Dipl.-Ing. Barbara Maier
TU München
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Abteilung Umwelt- und Energietechnik
Am Staudengarten 3
85354 Freising
Tel.: +49/(0)8161/715341
Fax: +49/(0)8161/714546
E-mail: maierb@tec.agrar.tu-muenchen.de

Dr. rer. nat. Gisbert Rieß
TU München
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Abteilung Umwelt- und Energietechnik
Am Staudengarten 3
85354 Freising
Tel.: +49/(0)8161/715341
Fax: +49/(0)8161/714546
E-mail: riess@tec.agrar.tu-muenchen.de

Dr. agr. Andreas Gronauer
TU München
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Abteilung Umwelt- und Energietechnik
Am Staudengarten 3
85354 Freising
Tel.: +49/(0)8161/713453
Fax: +49/(0)8161/714546
E-mail: gronauer@tec.agrar.tu-muenchen.de

Dr.-Ing. Hans-Dieter Zeisig
TU München
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Abteilung Umwelt- und Energietechnik
Am Staudengarten 3
85354 Freising
Tel.: +49/(0)8161/713456
Fax: +49/(0)8161/714546