

# Erkennung und Bewertung von Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft

## Einsatz von chemischen Sensorarrays

*Im Umfeld landwirtschaftlicher Betriebe tritt zunehmend das Problem einer Geruchsbelästigung der Anwohner auf. Eine Bewertung dieser Belästigung ist bisher nur mit Hilfe der menschlichen Nase möglich. Da diese olfaktometrische Methode viele Defizite wie mangelnde Reproduzierbarkeit, Subjektivität, hohe Personalkosten oder auch die Abhängigkeit von der Tagesform der Probanden aufweist, wird ein System entwickelt, mit dem Geruch mit einem Gerät gemessen werden kann.*

*Vorgestellt werden die Methoden und erste quantitative Ergebnisse dokumentiert, die die Eignung der verwendeten Systeme belegen.*

Dipl.-Ing. Barbara Maier arbeitet an dem Projekt zusammen mit Dr. rer. nat. Gisbert Rieß als wissenschaftliche Mitarbeiter. Leiter der Abteilung Umwelt und Energie an der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik ist Dr. agr. Andreas Gronauer (Direktor Prof. Dr. agr. Dr. h.c. H. Schön), Am Staudengarten 3, 85354 Freising, e-mail: maierb@tec.agrar.tu-muenchen.de

Die Arbeiten werden finanziert vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen.

**Referierter Beitrag der Landtechnik, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.**

### Schlüsselwörter

Emission, Geruch, Multisensor-Array

### Keywords

Emission, odour, multisensor-array

Literaturhinweise sind unter LT 00113 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

**W**egen ansteigender Besiedlungsdichte einerseits und wachsenden Ansprüchen an die Luftqualität andererseits ist die Erfassung unerwünschter Gerüche zu einem nicht mehr vernachlässigbaren Problem geworden. So besteht die Notwendigkeit zur Entwicklung eines Systems zur objektiven Geruchsmessung.

### Olfaktometrie

Bisher werden verschiedene Methoden für Geruchsmessungen verwendet (Tab. 1). Die Olfaktometrie ist derzeit Stand der Technik, um Luftverunreinigungen in geruchs- und damit wirkungsbezogenen Einheiten zu messen.

Folgende Anwendungsbereiche werden damit abgedeckt [1 bis 4]:

- Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration sowohl im Emissions- als auch Immissionsbereich
- Ermittlung der Geruchsschwellen von Einzelstoffen und Stoffgemischen

Methodisch geht man dabei so vor, dass man Geruchsproben verdünnt. Diese verdünnten Geruchsproben werden einem Probandenkollektiv vorgelegt. Hierbei wird von dem Probandenkollektiv bestimmt, ab welcher Verdünnung ein Geruch in der zugeführten Luft wahrnehmbar ist. Diese Schwelle wird als eine Geruchseinheit (GE) für den entsprechenden Geruch definiert:

Geruchsschwelle: 1 GE

Erkennungsschwelle: 3 bis 5 GE

In Richtlinien [1 bis 4] hat man sich darauf geeinigt, das Riechvermögen der gesamten Gruppe zu überprüfen. Eine CEN-Norm [6], die allerdings erst im Entwurf vorliegt und die bestehenden nationalen Richtlinien ersetzen soll, verwendet nochmals andere Werte. Hier wird nur n-Butanol für die Überprüfung der Gruppen eingesetzt.

### Multisensorarray

#### Aufbau

Der wesentliche Teil des verwendeten Geräts besteht aus drei Sensorkammern mit je sechs Metalloxidsensoren, je einem Temperaturfühler und je einem Feuchtigkeitsensor. Um

Methoden	Verwendung	Defizite
Menschliche Nase und Olfaktometrie	hedonische Bewertung	Geruchswahrnehmung subjektiv
GC-MS	Geruchsidentifikation und Definition von Vergleichssubstanzen	keine Erfassung des Geruchsgesamteindrucks
Multisensorarrays	Erfassung des Geruchsgesamteindrucks	Folgen der Sensoralterung

Tab. 1: Für Geruchsmessungen verwendete Methoden

Table 1: Common methods for odour measurement

den Volumenstrom durch diese Sensorkammern genau zu regeln, sind ein Massenflussregler und eine Pumpe den Kammern nachgeschaltet. Dies gewährleistet die genaue Dosierung der Probe und die Reproduzierbarkeit der Messungen. Ein vorgeschaltetes Ventil regelt, ob eine Probe aufgegeben wird oder ob die Sensoren mit Reinluft gespült werden.

Wird eine Probe, die reduzierende Substanzen enthält, über die Sensoren geleitet, reagieren diese mit dem chemisorbierten Sauerstoff unter Rückgabe von Elektronen an das Leitungsband des Halbleiters. Dadurch ändert sich dessen Widerstand. Diese resultierende Widerstandsänderung wird als Messsignal registriert.

Die geringe Selektivität hat für die Anwendung Vorteile, da erst dadurch gewisse Auswertelgorithmen angewandt werden können.

#### Auswertelgorithmen

Für die Auswertung kann nur ein Wert pro Sensor und Messung verwendet werden. Für jeden der 18 Sensoren ergibt sich somit ein Messwert.

Anschließend werden die Einzelmessungen mittels verschiedener Auswertelgorithmen verarbeitet, um Einzelmessungen zu Gruppen zusammenzufassen. Durch die 18 Sensorwerte wird ein 18-dimensionaler Raum aufgespannt. Dadurch ist es möglich, das Sensorsignal des einen Sensors mittels mathematischer Umwandlung in das Sensorsignal des anderen Sensoren zu überführen. Und nichts anderes versucht das

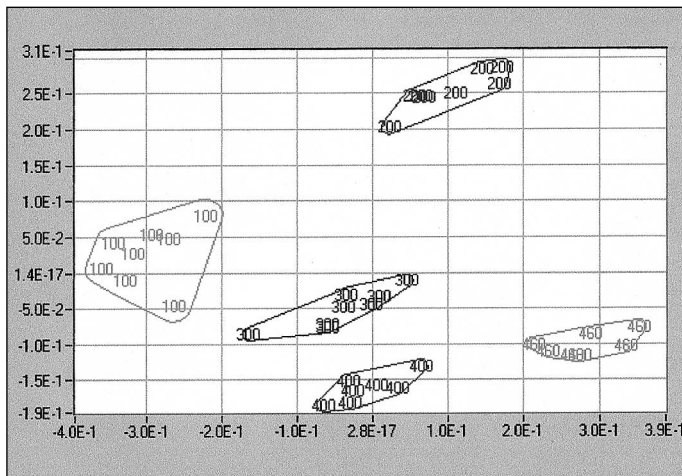


Bild 1: Merkmalsraum gebildet aus Proben mit verschiedenen n-Butanolkonzentrationen (100 ppb, 200 ppb, 300 ppb, 400 ppb, 460 ppb)

Fig. 1: PCA-plot for different concentrations of n-butanol

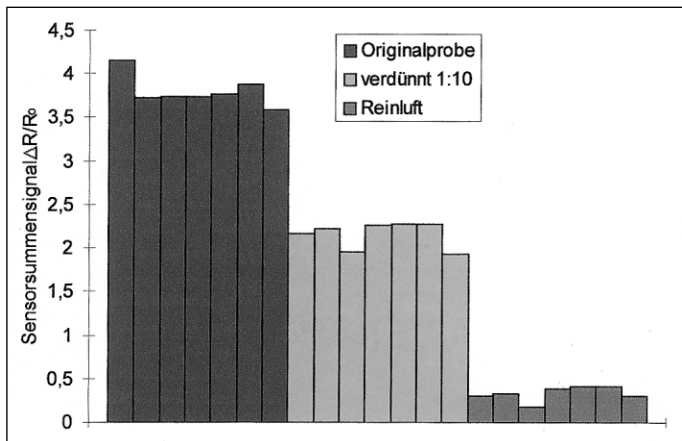


Bild 2: Ergebnis der Multisensor-Array Messungen unterschiedlicher Konzentrationen Stallluft aus der Mastschweinehaltung

Fig. 2: Results of the MSA measurements from different concentrations of piggery air

PCA-Modell, es legt in den 18-dimensionalen Raum eine zweidimensionale Ebene (Bildung des Merkmalsraum), so dass diese Abbildung noch möglichst viel Ursprungsinformation enthält.

### Vergleich der Sensitivität von Olfaktometrie und Multisensor-Array bei der Messung von n-Butanol

In dem Abschnitt über die Olfaktometrie sind gewisse Grenzen für das Riechvermögen von Probanden für n-Butanol festgelegt, die für eine Olfaktometriegruppe gelten. Ähnliche Konzentrationen wurden mittels einer Gasmischstation hergestellt und in Probebeutel abgefüllt. Diese Probebeutel wurden dem Multisensorarray vorgelegt. Der entsprechende Merkmalsraum ist in Bild 1 dargestellt.

Die Zahlen entsprechen den Konzentrationen von n-Butanol in ppb. Es findet eine Auftrennung der verschiedenen Konzentrationen mittels PCA-Analyse statt. Diese Auftrennung folgt aber nicht der Reihenfolge der Konzentration. Dies ist, wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, erklärbar, da diese Abbildung nur durch eine Transformation eines höherdimensionalen Raumes auf einen zweidimensionalen Raum erzeugt wird. Wird eine andere Transformation verwendet, ändert sich die Abbildung.

Vergleicht man dieses Ergebnis mit dem Ergebnis der Olfaktometriegruppe, so bedeutet dies, dass das Multisensorarray in Be-

zug auf n-Butanol den Richtlinien für eine Olfaktometriegruppe gehorcht. Die Sensitivität, sichtbar durch die Konzentrationsabstufungen, ist deutlich höher als Ergebnisse, die mit Probanden erreicht werden können.

### Vergleich der Sensitivität von Olfaktometrie und Multisensor-Array bei landwirtschaftlichen Gerüchen

Für den Einsatz des Multisensor-Arrays zur Erfassung der Geruchsemissionen muss es auch bei realen Proben ähnlich sensitiv wie die menschliche Nase sein. Für diesen Vergleich wurden reale Geruchsproben aus einem Schweinstall verwendet.

Eine Originalprobe, die aus dem Bereich der Mastschweinehaltung aus einem Außenklimastall stammte, wurde im Verhältnis 1/10 an einer Gasmischstation verdünnt. Die Originalprobe und die Verdünnung wurden zunächst der Olfaktometriegruppe in dreimaliger Wiederholung vorgelegt. Bei der unverdünnten Probe konnte von den Probanden A, B, C und D relativ einheitlich eine Geruchsstoffkonzentration von 167 GE/m<sup>3</sup> ermittelt werden. Proband E bestimmt hier eine Konzentration von nur 54 GE/m<sup>3</sup>. Der Mittelwert der gesamten Gruppe liegt bei den Originalproben somit bei 144 GE/m<sup>3</sup>. Im Folgenden wurde die verdünnte Probe vorgelegt. Proband A ermittelt eine Geruchsstoffkonzentration von 31 GE/m<sup>3</sup> und lag hiermit (31 GE/m<sup>3</sup> : 170 GE/m<sup>3</sup> = 0,18) am nächsten an der Ver-

dünnung von 0,1. Bei den Probanden B, C und D ist zwar der Trend einer im Mittelwert geringeren Konzentration bei den verdünnten Proben noch erkennbar, jedoch die Werte waren mit 0,3, 0,6 und 0,8 immer weiter von der tatsächlichen Verdünnung entfernt. Proband E ermittelte bei der verdünnten Probe sogar eine höhere Geruchsstoffkonzentration mit 74 GE/m<sup>3</sup> als die bei dem Original von ihm festgestellten 54 GE/m<sup>3</sup>.

Nach VDI-Richtlinie 3881 Blatt 1 bis 4 [1 bis 4] wird nur das Ergebnis der gesamten Olfaktometriegruppe für die tatsächliche Auswertung herangezogen. Hier wurde folglich ein Verdünnungsverhältnis von (80 GE/m<sup>3</sup> : 144 GE/m<sup>3</sup> = 0,55) ermittelt. Bei der Betrachtung der gesamten Gruppe kann der Trend einer geringeren Konzentration in der verdünnten Probe erkannt werden, die genaue Bestimmung der Konzentrationsdifferenz war jedoch nicht möglich.

Die selben Proben und deren Verdünnung, wie bei den obigen Olfaktometermessungen, wurden dem Multisensor-Array vorgelegt. Es wurden jeweils sieben Wiederholungsmessungen durchgeführt. Die relativen Konzentrationen wurden mit Hilfe des Sensorsummsignals gemessen. Hierfür werden die Maximalausschläge der Sensoren addiert. Zusätzlich wurde das Summsignal mit Reinluft aufgetragen.

Die Originalprobe ergab Messwerte zwischen 4,1 ΔR/R<sub>0</sub> und 3,5 ΔR/R<sub>0</sub>, im Mittelwert ein Sensorsummsignal von 3,8 ΔR/R<sub>0</sub>. Bei der 1/10 verdünnten Probe wurden eindeutig geringere Ausschläge gemessen. Es kam hier nicht, wie bei der Olfaktometrie, zu Überschneidungen in den Messergebnissen zwischen der Originalprobe und der Verdünnung. Im Mittel wurde ein Wert von 2,1 ΔR/R<sub>0</sub> bestimmt.

Der Vorteil der Messungen mit dem Multisensor-Array gegenüber der Olfaktometrie besteht hauptsächlich in der hohen Reproduzierbarkeit und der daraus resultierenden Zuverlässigkeit des einzelnen Messergebnisses.

### Kalibrierfunktion des Multisensor-Arrays bei Emissionen aus Schweineställen und Rinderställen

Um das Ziel der Geruchsmaßzahl zu erreichen, werden die Daten der Olfaktometrie und der Sensor-Messungen zusammengeführt. Es wird eine Korrelation zwischen den olfaktometrisch bestimmten Geruchseinheiten und den Sensorsignalen über das Sensorsummsignal hergestellt [6, 7]. Es lassen sich zwei vorläufige Kalibrierfunktionen festlegen, die sich in der Steigung unterscheiden. Dieser Unterschied erklärt sich mit einer unterschiedlichen Zusammensetzung der entsprechenden Proben.

## Literatur

- [1] VDI 3881 Bl. 4: Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung, Anwendungsvorschriften und Verfahrenskenngrößen. Beuth-Verlag, Berlin, 1989
- [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] *Haareveld A. P. v. und P. Heeres*: The validation of the draft European CEN standard for dynamic olfactometry by an interlaboratory comparison on n-Butanol. *Reinhaltung der Luft* (1997), S. 393 – 398
- [6] *Maier B., G. Riess, H.-D. Zeisig, A. Gronauer und H. Schön*: Development of a system to record the total emissive impression of farms. In: *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, 4. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der Tierhaltung“*, (1999), S. 117 – 122
- [7] *Riess G., B. Maier, H.-D. Zeisig, A. Gronauer und H. Schön*: Valuation of odour emissions with a multisensorarray of different housing systems for fattening pigs – above ground ventilation versus under ground ventilation. In: *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung Tagungsband, 4. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der Tierhaltung“*, (1999), S. 123 – 128