

Gregor Brose, Eberhard Hartung und Thomas Jungbluth, Hohenheim

Dynamik der Geruchsfreisetzung aus einem Schweinestall - Teil 2

Ergebnisse der parallelen Messungen mit der Olfaktometrie und der "elektronischen Nase"

Im ersten Teil dieses Beitrags [1] wurden die Problematik und Zielsetzung der durchgeführten Untersuchungen, die Untersuchungseinrichtungen, die beiden verwendeten Methoden und Instrumente zur Geruchsmessung – die Olfaktometrie und die „elektronische Nase“ – sowie das Untersuchungsprogramm bereits ausführlich dargestellt und beschrieben. Dieser zweite abschließende Teil gibt einen Überblick über die in den Untersuchungen durchgeführten Messungen und präsentiert beispielhafte Ergebnisse für einzelne Teilaspekte.

Dr. Dipl.-Ing. Gregor Brose war wissenschaftlicher Mitarbeiter und PD Dr. habil. Eberhard Hartung ist wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen (Leiter: Prof. Dr. Th. Jungbluth), Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: vtp440ha@uni-hohenheim.de). Wir danken dem Land Baden-Württemberg für die Projektfinanzierung im Rahmen von BW-PLUS.

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

Schlüsselwörter

Geruch, Olfaktometrie, elektronische Nase, Chemosensor-Array, Schweinehaltung

Keywords

Odour, olfactometry, chemo-sensor array, pig keeping

Die stark wechselnden Betriebsbedingungen in der Schweinehaltung durch klimatische und biologische Veränderungen haben einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der tatsächlichen Geruchsemission. Das Untersuchungsprogramm des vorgestellten Projektes umfasste die Messung jahreszeitlicher (Mastverlauf), tageszeitlicher und kurzfristiger (Fütterung) dynamischer Effekte der Geruchsfreisetzung. Parallel zur „klassischen“ Olfaktometrie wird eine „elektronische Nase“ mit einem Chemosensor-Array von zehn Metalloxid-Sensoren eingesetzt. Die höchsten Geruchsemissionen werden an heißen Sommertagen, die niedrigsten an kalten Wintertagen ermittelt. Die Sensorsignale der „elektronischen Nase“ zeigen deutliche Unterschiede an Tagen mit großen Volumenstromveränderungen und machen Veränderungen in der Gas- und Geruchsstoffzusammensetzung während der Fütterungszeiten deutlich. Aus den Messergebnissen werden Empfehlungen für die Geruchsprobenahme, für die Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen der Geruchsemission in Geruchsausbreitungsrechnungen und für den Einsatz von „elektronischen Nasen“ zur Beurteilung von Geruchsemissionen abgeleitet.

Ergebnisse

Messungen mit dem Olfaktometer als auch mit der „elektronischen Nase“ wurden in drei nacheinanderfolgenden Mastdurchgängen in einem zwangbelüfteten Versuchsstall durchgeführt, der im ersten Teil dieses Beitrags beschrieben wurde [1]:

- Mastdurchgang 1: 8/2000 bis 12/2000 (Herbst/Winter)
- Mastdurchgang 2: 1/2001 bis 5/2001 (Winter/Frühjahr)
- Mastdurchgang 3: 6/2001 bis 10/2001 (Sommer)

In allen drei Mastdurchgängen wurden die Geruchskonzentrationen olfaktometrisch durch mindestens zwei wöchentliche Geruchsproben analysiert. Zudem wurde an sechs Vormittagen eine größere Anzahl an Geruchsproben (6 bis 8) zur olfaktometrischen Analyse der Geruchskonzentrationen genommen. Weiterhin wurden zu 16 Fütterungszeiten mehrere Geruchsproben olfaktometrisch analysiert.

In der Regel wurden die Geruchsproben für die Olfaktometrie parallel zu den Messungen mit der „elektronischen Nase“ genommen, die entweder zur Feststellung eines Tagesverlaufs über den Tag oder zur Feststellung des Fütterungseinflusses um eine Fütterungszeit verteilt waren. Im Folgenden

Bild 1: Verlauf von olfaktometrisch bestimmter Geruchskonzentration (gemittelt aus zwei Geruchsproben), Geruchsemission, Geruchsemissionsfaktor und Volumenstrom über die drei untersuchten Mastdurchgänge

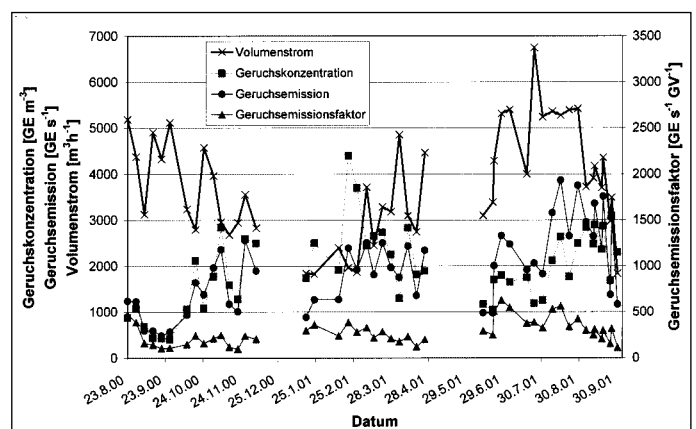


Fig. 1: Course of olfactometrically determined odour concentrations (mean of two odour samples), odour emission, odour emission factor and volume flow over three fattening batches investigated.

werden zu den verschiedenen Einflüssen auf die Geruchsfreisetzung ausgewählte Messergebnisse dargestellt, anhand derer die wesentlichen dynamischen Effekte der Geruchsfreisetzung und ihre Auswirkungen auf die Messergebnisse erklärt werden können.

Einfluss des Jahresverlaufs

In *Bild 1* ist der Verlauf der olfaktometrisch bestimmten Geruchsdaten über die drei Mastdurchgänge dargestellt. Die jeweils etwa 4-monatigen Mastdurchgänge liegen in verschiedenen Jahreszeiten, was sich auf die Höhe des temperaturgeregelten Abluftvolumenstromes auswirkt. Entsprechend der jahreszeitabhängigen Außentemperatur zeigt der erste Mastdurchgang im Herbst einen tendenziell fallenden Volumenstrom, der zweite Durchgang im Frühjahr einen steigenden und der dritte Durchgang im Sommer einen überwiegend hohen Volumenstrom. Für die wöchentlichen Messtage sind die Mittelwerte aus zwei verschiedenen Geruchsproben zu unterschiedlichen Tageszeiten dargestellt. Die Geruchskonzentrationen liegen überwiegend zwischen 1000 und 3000 GEm^{-3} , können aber auch Werte unter 500 GEm^{-3} im Sommer sowie über 4000 GEm^{-3} im Winter annehmen. Die Geruchsemission schwankt zwischen 500 und 4000 GE s^{-1} und ist tendenziell im Sommer bei hohen Volumenströmen größer. Der Geruchsemissionsfaktor zeigt in allen drei Mastdurchgängen aufgrund des zunehmenden Tiergewichts eine Abnahme etwa um den Faktor 2 und beträgt zwischen 100 und 550 $\text{GE s}^{-1} \text{GV}^{-1}$.

Einfluss des Tagesverlaufs

Zur Bestimmung des Tagesverlaufs der Geruchsfreisetzung und anderer Parameter wurden Messung mit der „elektronischen Nase“ an Tagen mit möglichst verschiedenen Umgebungs- und Randbedingungen durchgeführt. Die Sensoren 7 und 9 reagierten mit den höchsten Signalen auf die Gase und Geruchsstoffe in der Abluft des Mastschweinstalls. Die Sensoren 1 und 3 sprachen ebenfalls deutlich an und zeigten teilweise spontane Signalveränderungen auf kurzzeitige Schwankungen der Gas- und Geruchsstoffzusammensetzung in der Abluft. Die restlichen Sensoren reagierten deutlich weniger, deshalb werden im Folgenden die Sensoren 1 und 9 zur Beschreibung der Sensorsignale der „elektronischen Nase“ ausgewählt. Entsprechend der großen Variabilität der wetterbedingten und stallinternen Bedingungen zeigen sich sehr heterogene Ergebnisse. Anhand der nachfolgenden Beispiele werden die wesentlichen Einflüsse und Zusammenhänge, die sich durch tageszeitliche

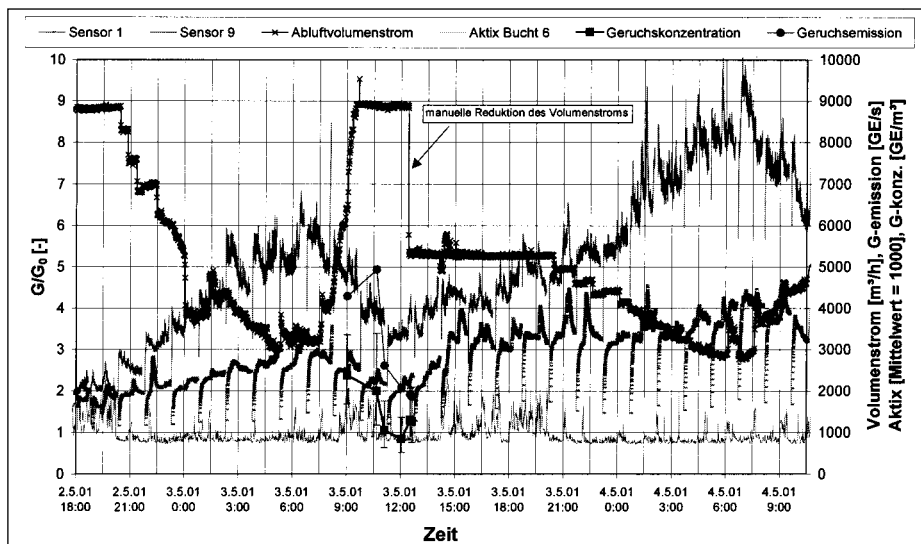


Bild 2: Tagesverlauf ausgewählter Parameter an zwei Tagen mit großer Volumenstromänderung zwischen Tag und Nacht

Fig. 2: Daily course of selected parameters at two days with big change of volume flow between day and nights

Einflüsse ergeben, dargestellt. Aufgrund der großen Anzahl von Messgrößen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit nur eine Auswahl der wichtigsten Parameter dargestellt.

In *Bild 2* ist der Verlauf an zwei Tagen mit einer großen Temperaturdifferenz zwischen Tag und Nacht und damit entsprechend großer Volumenstromänderung dargestellt. Es zeigt sich, dass die Sensorsignale an diesen Tagen ebenfalls starke Schwankungen aufweisen, wobei sie dem Volumenstrom entgegenlaufen. Dies kann im Wesentlichen auf die mit steigendem Volumenstrom erhöhte Verdünnung in der Abluft zurückgeführt werden, wodurch die Gas- und Geruchsstoffkonzentrationen in der Abluft prinzipiell sinken und die Sensorsignale ebenfalls abfallen. Kurzzeitige Veränderungen der Sensorsignale treten im Wesentlichen während der Fütterungszeiten auf, worauf weiter unten näher eingegangen wird. Jedoch sind an Tagen mit großen Tag/Nacht-Differenzen die kurzfristigen Signalveränderungen deutlich kleiner als die Unterschiede zwischen Tag und Nacht. Die olfaktometrische Geruchskonzentration zeigt einen abnehmenden Trend während des untersuchten Vormittags und nimmt nach der manuellen Volumenstromminderung wieder leicht zu, was prinzipiell auch dem Verlauf der Sensorsignale gleichkommt. Jedoch ist die Unsicherheit der olfaktometrisch bestimmten Geruchskonzentrationen so groß, dass keine sichere Aussage über die den Verlauf der Geruchskonzentration getroffen werden kann.

Einfluss der Fütterung

Die Fütterung konnte bereits bei dem dargestellten Tagesverlauf aufgrund der deutlichen Veränderungen der Sensorsignale der

„elektronischen Nase“ als besonders geruchsrelevantes Ereignis im Tagesverlauf identifiziert werden. Zur Fütterung dosiert die Fütterungsanlage das frisch angemischte Flüssigfutter in die Futtertröge jeder Bucht aus. Die zuvor meist ruhigen Tiere springen plötzlich auf und suchen sich einen Platz am Futtertrog, was mit Schubsen und Drängeln unter den Tieren verbunden ist. Häufig wird rund um die Zeit der Fütterung auch ein vermehrtes Harnen und Koten der Tiere beobachtet.

Einige Sensoren der „elektronischen Nase“ zeigen während der Fütterung eine Zunahme der Sensorsignale, was in *Bild 3* deutlich erkennbar ist. Durch die Aktivität der Tiere erhöht sich das Freisetzungspotenzial von Gasen und Geruchsstoffen aus den Exkrementen durch das Schaffen neuer Freisetzungsoberflächen oder es kommt sogar frischer Harn und Kot hinzu. Die veränderte Gas- und Geruchsstoffzusammensetzung in der Abluft schlägt sich in einer Veränderung und Erhöhung der Sensorsignale der „elektronischen Nase“ nieder. Die Zunahme der Sensorsignale erfolgt innerhalb weniger Minuten bis zu einem Maximalwert. Die Abnahme der Sensorsignale läuft dann verzögert ab, bis die Geruchsfreisetzung wieder auf das Ausgangsniveau zurückgekehrt ist.

Die olfaktometrisch bestimmte Geruchskonzentration zeigt vor Beginn der Fütterung etwas höheren Werte, sie kann aber infolge der großen Varianzbreite bei der Olfaktometrie (in *Bild 3* dargestellt aus 95%-Vertrauensbereich jeder einzelnen Geruchsprobe) nicht deutlich von den anderen Geruchsproben unterschieden werden. Die olfaktometrisch ermittelten Geruchskonzentrationen nehmen während der Fütterung teilweise zu, aber häufig auch ab, was ebenfalls bei anderen Messungen beobachtet

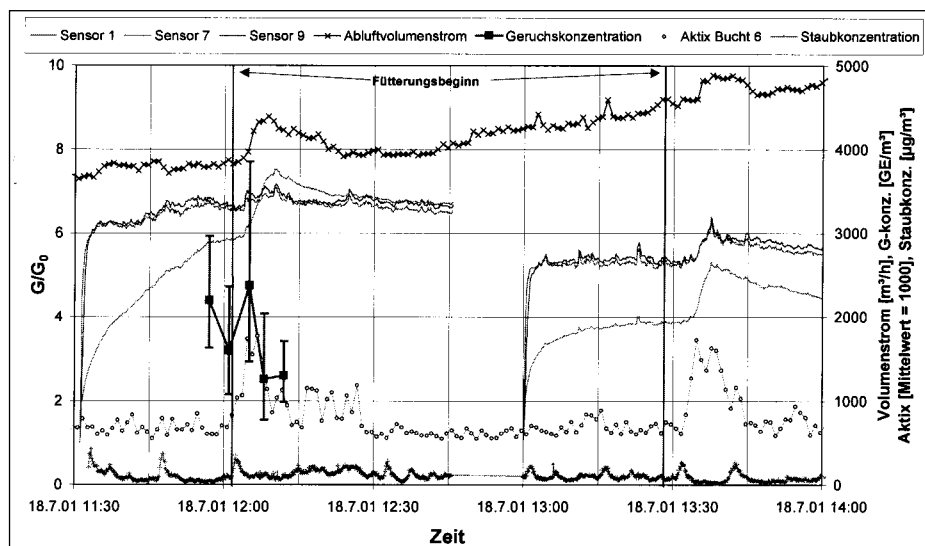


Bild 3: Verlauf ausgewählter Parameter während zwei Fütterungszeiten mit Volumenstromzunahme

Fig. 3: Course of selected parameters during two feeding times with increase in volume flow

werden kann. Die Abnahme der Geruchskonzentration während der Fütterung widerspricht jedoch den Erwartungen sowie den Sensorsignalen der „elektronischen Nase“.

Praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse

Aus den vorliegenden Messergebnissen können die folgenden Empfehlungen abgeleitet werden, die die Geruchsprobenahme, die Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen der Geruchsemission in Geruchsausbreitungsrechnungen und den Einsatz von „elektronischen Nasen“ zur Beurteilung von Geruchsemissionen betreffen.

Geruchsprobenahme an Stallanlagen

Ist eine Geruchsprobenahme aus der Abluft einer bestehenden Tierhaltungsanlage möglich, so sollte die Geruchskonzentration aus Geruchsproben ermittelt werden, die sowohl die verschiedenen Jahreszeiten, die Mastabschnitte als auch die Tageszeit berücksichtigen. Jahreszeitlich sollte mindestens an je einem typischen kalten Winter- und heißen Sommertag sowie an zwei Tagen aus der Übergangszeit gemessen werden. An den Messtagen sollen mindestens je zwei Geruchsproben früh morgens bei konstantem minimalen Volumenstrom, mittags bei konstantem maximalen Volumenstrom sowie vormittags oder nachmittags gleichverteilt während der Zunahme oder Abnahme des Abluftvolumenstroms genommen werden. Wenn möglich, sollte der Volumenstrom während der Probenahme konstant gehalten werden. Zu allen Zeiten ist darauf zu achten, dass die Geruchsprobenahme nicht während und nicht innerhalb der 30 Minuten nach der Fütterung erfolgt. Hier eignet sich der parallele Einsatz einer „elektronischen Nase“ an

den Probenahmetagen, um Probenahmen während ausgeprägter Emissionsspitzen infolge der Fütterung oder anderer Einflüsse zu erkennen und zu vermeiden. Sämtliche Geruchsproben sollten bis zur Analyse dunkel gelagert werden und noch am selben Tag möglichst innerhalb von acht Stunden olfaktometrisch analysiert werden. Insgesamt ergibt sich eine Anzahl von mindestens 24 Geruchsproben pro Tierhaltungsanlage.

Berücksichtigung der Geruchsemissionsschwankungen in Ausbreitungsmodellrechnungen

Bei Geruchsausbreitungsrechnungen wird im Planungsfall die einzugebende Geruchsemission aus literaturverfügbaren Geruchsemissionsfaktoren eines vergleichbaren Haltungssystemes abgeschätzt. Ist im Beschwerdefall oder in anderen Fällen die Tierhaltungsanlage bereits im Betrieb, so sollten Geruchsproben zur olfaktometrischen Analyse nach den oben genannten Empfehlungen genommen werden. Aus den analysierten Geruchskonzentrationen und den dazugehörigen – möglichst messtechnisch erfassten – Abluftvolumenströmen werden die Geruchsemissionen berechnet. Dabei sind zunächst für die einzelnen Probenahmetage tagesmittlere Geruchsemissionen zu berechnen, die dann wiederum zu einer jahresmittleren Geruchsemission der jeweiligen Stallanlage zusammengefasst werden. Unabhängig davon, ob die jahresmittlere Geruchsemission aus Geruchsemissionsfaktoren abgeschätzt oder aus analysierten Geruchsproben ermittelt wurde, wird zur Berechnung der Geruchsausbreitung an warmen Sommertagen empfohlen, fallweise mit dem doppelten Wert der angenommenen jahresmittleren Geruchsemission zu rechnen und das Ergebnis bei der Gesamtbeurteilung

der Belästigungssituation insbesondere im Sommer zu berücksichtigen. Wahlweise kann auch die mittlere Geruchsemission des Probenahmetages im Sommer eingesetzt werden. Ergänzend kann für die Wintersituation der halbe Wert der angenommenen jahresmittleren Geruchsemission oder die tagesmittlere Geruchsemission des Probenahmetages im Winter berücksichtigt werden.

Empfehlungshinweise für den Einsatz „elektronischer Nasen“

Zwar sind die Sensorarrays der verschiedenen kommerziell verfügbaren „elektronischen Nasen“ einerseits mit unterschiedlichen Typen und Zahl von Sensoren bestückt und andererseits werden die Sensorsignale der einzelnen Modelle bisher nicht einheitlich dargestellt, so dass eine Harmonisierung zur besseren Vergleichbarkeit der verschiedenen „elektronischen Nasen“ notwendig wäre. Hier wäre vorerst zumindest eine detaillierte Angabe zur eingesetzten „elektronischen Nase“ und den eingestellten Parametern notwendig. Dennoch lassen sich allgemeine Hinweise für den Einsatz „elektronischer Nasen“ zur Geruchsmessung aus Tierhaltungsanlagen geben. Da die Umgebungsluft von Tierhaltungsanlagen in der Regel durch den Stall selbst und durch naheliegende Mistlagerstätten sowohl mit Geruchsstoffen als auch mit anderen Gasen stark vorbelastet ist, wird empfohlen, als Referenzluft für die „elektronische Nase“ ein synthetisches und damit einheitliches Referenzgas zu nutzen. Beispielsweise kann dieses Referenzgas aus gereinigter Pressluft erzeugt werden, die auf ~ 50 % relative Feuchtigkeit eingestellt und auf eine konstante Temperatur ähnlich der Umgebungstemperatur temperiert wird. Dieses Referenzgas dient sowohl zur Gewährleistung eines relativ konstanten Nullwertes der Sensorsignale als auch zum regelmäßigen Spülen der Sensoren. Infolge einer Signaldrift der Sensoren wird eine maximale kontinuierliche Messzeit von zwei Stunden empfohlen. Bei der Festlegung der Mess- und Spülzeiten sind die Fütterungszeiten und Betriebsrhythmen im Stall zu berücksichtigen.

Literatur

- [1] Brose, G. und E. Hartung: Dynamik der Geruchsfreisetzung – Teil 1, Methodische Umsetzung mit Olfaktometrie und „elektronischer Nase“. LANDTECHNIK/LANDTECHNIK-NET, 56 (2001), H. 6, S. 408 - 409
- [2] Eckhof, W. und E. Grimm: Emissionen – der Anfang allen Übels. Spannweiten bei den Messungen. In: Bewertung von Geruchsbelastungen aus der Landwirtschaft. KTBL, Sonderveröffentlichung 031, 2000, S. 39-51