

Stefan Gurk, Cottbus, Reiner Brunsch, Potsdam, und Otto Kaufmann, Berlin

## Systematische Spurengasanalysen in Milchviehställen

**Der Stand der Technik erfordert es, die Umweltrelevanz von Tierhaltungen auf der Grundlage von Multigas-Monitoring zu bewerten. Nachfolgend werden Ergebnisse systematischer Verfahrensanalysen in der Milchproduktion vorgestellt.**

Bei der Auswahl von Haltungsverfahren der Milchproduktion in landwirtschaftlichen Betrieben werden investiven und arbeitswirtschaftlichen Aspekten besondere Bedeutung beigemessen.

Im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz von Tierhaltungsanlagen ist es jedoch notwendig, tier- und umweltschützerische Gesichtspunkte im stärkeren Maße zu berücksichtigen. Bezieht man diese Überlegungen in die Auswahl mit ein, wird offensichtlich, daß die Milchviehhaltungsverfahren unter dieser Fragestellung zum aktuellen Zeitpunkt nicht schlüssig bewertet werden können.

Die Verfügbarkeit hochpräziser Gasanalysetechnik setzt neue Ansprüche bei der Beurteilung von Emissions- und Immissionsituationen [2].

Im folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse vorgestellt, die aus Untersuchungen am Institut für Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin resultieren.

### Versuchsbedingungen

Für die vergleichende Analyse von verschiedenen Milchviehhaltungsverfahren hinsichtlich ihres umweltbelastenden Potentials wurden die bestimmenden Faktoren innerhalb der Produktionsumwelt aufgezeichnet und in Verbindung mit den Stallklimameßdaten ausgewertet [1].

Der resultierende Untersuchungsrahmen staffelt sich in drei Meßreihen (MR). In der dritten Staffel wurde mit erweiterter meßtechnischer Ausstattung die Anzahl der Meßpunkte (MP) im Stall auf sechs

erhöht. Im Anlagenumfeld wurden Kontrollmessungen vorgenommen, um das Außenklima und die Hintergrundkonzentration der Spurengase zu bestimmen. Jede Stallung wurde zur Relativierung der Konzentrationsangaben vermessen.

In jeder Meßreihe wurden neben der Multigasanalyse, der Lufttemperatur- und der Luftfeuchtemessung auch bestimmende Merkmale des Haltungssystems sowie die Tieraktivitäten aufgezeichnet.

Für die Spurengasanalyse wurde ein Multigasmonitor „Typ 1302“ (Fa. Brüel & Kjær) genutzt. Durch die Werkskalibrierung war als untere Nachweisgrenze für Ammoniak (UA 0976) 0,1 mg/m<sup>3</sup>, Methan (UA 0987) 0,2 mg/m<sup>3</sup>, Kohlendioxid (UA 0983) 2,52 mg/m<sup>3</sup>, Lachgas (UA 0985) 0,05 mg/m<sup>3</sup> und Schwefelwasserstoff (UA 0969) 22,7 mg/m<sup>3</sup> zu realisieren.

In der dritten Meßreihe wurden die sechs Meßpunkte durch den Mehrpunktprobennehmer „Typ 1309“ angesteuert. Die Aufzeichnung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit erfolgte mit gleichgeschaltetem Meßintervall (150 s).

Für die Einflüsse unterschiedlicher Faktoren auf Spurengaskonzentrationen konnten die in der Tabelle 1 dargestellten relativen Größenordnungen ermittelt werden. Als Bezugsbasis für die Abweichungen wurde der aus den Vorversuchen resultierende Referenzmeßpunkt verwendet.

Während der ersten und zweiten Versuchsreihe war der Meßpunkt (MP) in 1 m Höhe über der Oberkante des Fußbodens (OKF) positioniert. Bild 1 stellt die prinzipielle Meßpunktanordnung der dritten

Tab. 2: Raummaß und emissionswirksamer Stallflächenanteil (relativ zur Gesamtstallgrundfläche) der untersuchten Haltungsverfahren

Table 2: Space dimension and emission effective stable floor area, relative to total stable floor area of keeping methods investigated

Haltungsverfahren	Raummaß in m <sup>3</sup> /Tier	Emissionsflächenanteil in %
Anbinde-Einstreu (AE)	23,82	60,3
Anbinde-Gülle unterflur (AGu)	23,99	57,8
Laufstall-Einstreu (LE)	29,43	65,3
Laufstall-Gülle unterflur (LGu)	25,22	87,8

ten Versuchsreihe dar. Die Höhe über OKF betrug für MP 1 – 0,3 m, MP 2 – 1,0 m, MP 3 – 2,0 m sowie für MP 4, 5 und 6 jeweils 3,4 m.

Um Haltungsverfahren für Milchvieh in einem Feldversuch vergleichen zu können und um den Einfluß unterschiedlicher Stallbauten (Stallbreite, -höhe, Dachneigung) auszuschließen, wurde eine Bauhülle ausgewählt, die als Stalltypenprojekt in Ostdeutschland weite Verbreitung fand und in die unterschiedlichste Aufstellungsvarianten von Milchvieh integriert wurden.

Das Stalltypenprojekt L203 wurde in der ehemaligen DDR durch die Landbauprojektierung Potsdam entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Stütze-Riegelkonstruktion. Die errichteten Ställe sind einheitlich in ihren Abmessungen, lediglich durch die unterschiedliche Anzahl der aneinandergesetzten Elemente kann es zu Differenzen in der Stalllänge kommen [3].

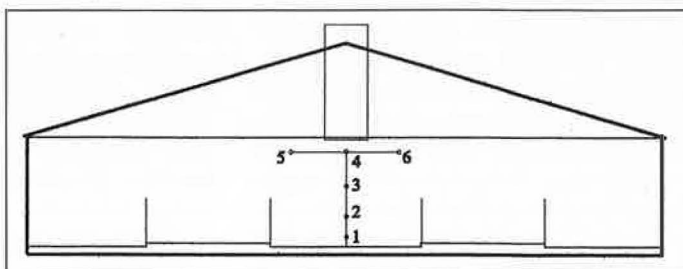
Tab. 1: Einfluß unterschiedlicher Faktoren auf die gemessene Gaskonzentration

Table 1: Influence of different factors on measured gas concentration

Faktoren	Beschreibung	relativ
Jahreszeit	- klimatische Schwankungen	bis 80 %
Tagesabschnitt	- zirkadiane Außenklimaverschiebung	bis 30 %
Aktivität	- Umtrieb, Fütterung, Entmistung	bis 45 %
Meßpunkt	- verstärkter Substrateinfluß	bis 60 %
	- Inversion bei Schwerkraftlüftung	bis 35 %

Bild 1: Prinzipskizze zur Meßpunktanordnung (MP 1 bis MP 6) der dritten Versuchsreihe

Fig. 1: Principal sketch of measuring point arrangement (MP 1 to MP 6) of third series of investigation



Dipl.-Ing. agr. Stefan Gurk ist als öbv landwirtschaftlicher Sachverständiger (Emissionen und Immissionen) tätig (Anschrift: Hermann-Löns-Str. 9, 03050 Cottbus).

Dr. Reiner Brunsch ist Leiter der Abteilung „Technik in der Tierhaltung“ im Institut für Agrartechnik Potsdam (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim.

Prof. Dr. Otto Kaufmann ist Leiter des Fachgebietes „Technik in der Tierhaltung“ und Direktor des Instituts für Nutztierwissenschaften der Landwirtschaft-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.

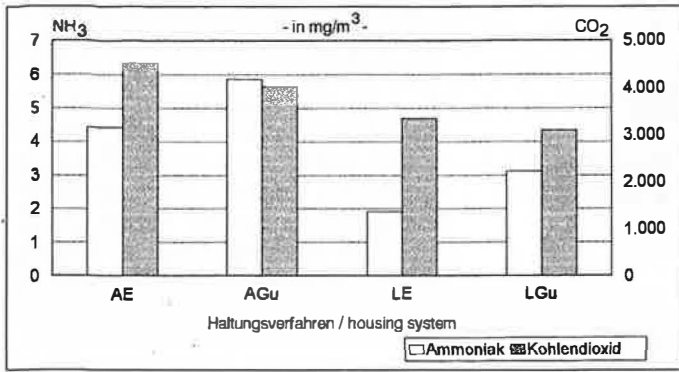


Bild 2: Stallluftkonzentration von  $\text{NH}_3$  und  $\text{CO}_2$  über den gesamten Untersuchungszeitraum

Fig. 2: Concentration of ammonia and carbon dioxide during the total period investigated

Für die Untersuchungen wurden 14 Produktionsstätten im Bundesland Brandenburg ausgewählt:

- Drei Stallungen (208, 208, 250 Kuhplätze), Anbindehaltung, Stroheinstreu
- Drei Stallungen (328, 178, 194 Kuhplätze), Anbindehaltung, Gülle (unterflur)
- Drei Stallungen (285, 185, 205 Kuhplätze), Laufstallhaltung, Stroheinstreu
- Drei Stallungen (191, 213, 275 Kuhplätze), Laufstallhaltung, Gülle (unterflur)
- Ein Stall (201 Kuhplätze), Laufstallhaltung, Gülle (oberflur)
- Ein Stall (221 Kuhplätze), Laufstallhaltung, Tretmist

An allen Standorten befinden sich die Abprodukte (Gülle, Festmist, Jauche) in Außenlagern. Die unterschiedlichen Aufstallungsvarianten werden einheitlich mit der Schwerkraftlüftung (freie Lüftung) bewirtschaftet. Zu diesem Zweck sind quadratische Abluftkamme stallmässig im Deckenbereich angeordnet.

Spurengaskonzentrationen der Stallluft sind raumbezogen und werden durch vielfältige Emissionsfaktoren bestimmt. In Tabelle 2 sind Konzentrationsbestimmende Größen für die untersuchten Milchviehbetriebe zusammengefasst. Die emissionswirksame Fläche berechnet sich aus der Gesamtstallgrundfläche abzüglich der durch die Tiere nicht begehbaren Bereiche (Futtertisch, Beobachtungsgang).

Die traditionelle Anbindehaltung ist geprägt durch ein geringeres Flächenangebot je Tier sowie kompakte Aufstallungsformen. Daraus ist ein Kot- und Harnanfall in enger räumlicher Begrenzung abzuleiten. Im Laufstall werden durch Tier- und Produktionsaktivitäten größere Flächenanteile verschmutzt.

Die Zahlen in Tabelle 2 verdeutlichen, daß sich bei sinkender Bestandsdichte in der Laufstallhaltung der Anteil an emissionsrelevanter Stallfläche erhöht.

Bild 2 zeigt die gemittelten Stallluftkonzentrationen für  $\text{NH}_3$  und  $\text{CO}_2$  über den gesamten Untersuchungszeitraum. Die Abstufungen im Konzentrationsniveau der verschiedenen Haltungsverfahren lassen sich auch bei Einzelbetrachtung

der Meßreihen sowie für die Spurengase Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) nachvollziehen.

Erwartungsgemäß fallen die Kohlendioxidwerte im Laufstall günstiger aus. Dieser Sachverhalt ist zum einen in der geringeren Besatzdichte (vgl. Tabelle 2 – Raummaß) und zum anderen Lüftungstechnisch erklärbar. In Stallungen, die über Schwerkraft be- und entlüftet werden, ist der komplette Luftaustausch auf die Ausprägung einer natürlichen Raumluftwalze angewiesen. Durch die stabile Reihenstruktur in Anbindehaltungen (AE, AGu) werden dagegen die Prozesse der freien Lüftung behindert.

Unter Einbeziehung der in Tabelle 2 benannten Faktoren ist die Ammoniakkonzentration zu bewerten. Setzt man das Verfahren Anbindehaltung mit unterflurigem Güllesystem als Bezugsmaß an und korrigiert die Ammoniakstallluftkonzentrationen auf der Basis der ermittelten relativen Kohlendioxidwerte (Maß des verbesserten Luftwechsels) für jedes Verfahren, so ergibt sich ein mittlerer Ammoniakwert von  $4,86 \text{ mg/m}^3$  für LE und  $4,5 \text{ mg/m}^3$  für LGu.

Die gemessenen Konzentrationen für  $\text{NH}_3$  liegen mit  $1,9 \text{ mg/m}^3$  für LE und  $3,11 \text{ mg/m}^3$  für LGu erheblich darunter und sind somit nicht allein über eine verbesserte Lüftungsintensität erklärbar. Ein Erklärungsansatz ist die teilweise räumliche Trennung von Kot- und Harnanfall in Laufställen und die dadurch verminderte Ureaseaktivität beim Aufschluß des leicht zersetzbaren Harnstoffs [4].

Die  $\text{NH}_3$ -Freisetzung in Nutztierstallungen basiert außerdem zu großen Teilen auf der Partialdruckdifferenz an Austauschflächen [5]. Vergleicht man jedoch den Anteil dieser emissionsrelevanten Flächen, wird deutlich, daß die Haltungsverfahren mit höheren Ammoniakbelastungen (Bild 2) einen geringeren Austauschflächenanteil besitzen. Die negative Wirkung eines höheren Emissionsflächenanteils in der Laufstallhaltung kommt nicht zum Tragen.

Mit der Erweiterung auf die Multigas-Mehrpunktprobennahme im Stallquerschnitt ist die Bewertung des Referenz-

meßpunktes der Meßreihen 1 und 2 möglich. Außerdem sollte das gewonnene Datenmaterial durch die Wiederholungen abgesichert werden.

Aus den geringen Variationen der gemittelten Gaskonzentrationen (MP1 bis MP6) lassen sich lediglich für Kohlendioxid und Methan gerichtete Niveauunterschiede ableiten. Die Konzentrationen erhöhen sich von MP2 zu MP4 um etwa 10 % und verringern sich in gleicher Größenordnung bei Absenkung des Meßpunktes von OKF 1 m auf OKF 0,3 m.

Die statistischen Auswertungen zum Mittelwertvergleich (MP1 bis MP6) von Ammoniak und Lachgas weisen dagegen auf zufallsbedingte Differenzen hin. Die Streuung an den Meßpunkten überlagert mit ihrer Schwankungsbreite die Größenordnung der Mittelwertunterschiede.

### Schlußfolgerungen

Die vergleichende Spurengasanalyse im Feldversuch ist zur Bewertung von Haltungsverfahren hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz geeignet. Besondere Aufmerksamkeit bei der Versuchsplanung muß der Gleichschaltung von emissionsbestimmenden Faktoren eingeräumt werden. Einflußgrößen, die nicht gesteuert werden können (Raummaß, Emissionsflächenanteil), sind bei der Komplexanalyse gesondert zu berücksichtigen.

Die Wahl von Referenzmeßpunkten ist praktikabel, ihre Platzierung ist durch umfangreiche Vorstudien abzusichern.

Durch die vorgestellten Untersuchungen wird belegt, daß die Luftqualität in Laufställen deutlich bessere Eigenschaften besitzt. Das Kohlendioxid kann dabei als Indikator für die geringere Besatzdichte gelten. Die Steigerung im Raumangebot (rund 25 %) ist äquivalent bei den abgesenkten Kohlendioxidkonzentrationen zu finden. Das Niveau der  $\text{NH}_3$ -Konzentrationsabsenkung wird mit dem erhöhten Raummaß nur unzureichend erklärt, zumal durch den steigenden Emissionsflächenanteil bei der Laufstallhaltung eine gegenläufige Wirkung abzuleiten ist. Der verfahrensbedingte Einfluß einer teilweisen räumlichen Trennung von Kot und Harn im Laufstall kann dabei als Erklärung für verminderte Ammoniakfreisetzungen dienen.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 97415 erhältlich.

### Schlüsselwörter

Stallluft, Spurengasmessung, Haltungsverfahren, Milchkuhe

### Keywords

Stable air, gas monitoring, housing system, dairy cow