

# Geruchsemissionen und -immissionen von Rinderställen

*Nachdem die Rinderrichtlinie VDI 3474 ausgesetzt worden war, bediente man sich zahlreicher Hilfskonstruktionen zur Beurteilung von Rinderanlagen. Die zulässige Nähe von Wohnbebauung zur Tierhaltung nahm immer mehr ab, je weiter man sich in der Bundesrepublik Deutschland nach Süden bewegte. Es liegt mittlerweile der Endbericht eines vom BML geförderten Forschungsvorhabens [1] zur Situation der Rinderställe vor. Danach lässt sich der einzuhaltende Mindestabstand zwischen Rinderanlage und Wohnbebauung über einen variablen Geruchsäquivalenzfaktor bestimmen.*

Nach dem Vorlegen des Entwurfes für die Richtlinie VDI 3473 „Emissionsminderung Tierhaltung Rinder“ [2] wurde Kritik an den dort genannten Geruchsäquivalenzfaktoren geäußert. Vielen erschienen die Faktoren zu groß. Die Geruchsäquivalenzfaktoren erlauben die Abstandsberechnung, wie sie aus der Schweinehaltungsrichtlinie VDI 3471 [3] bekannt ist, auf andere Tierhaltungen zu übertragen. Aus Baden-Württemberg und Bayern regte sich der größte Widerstand. Postwendend wurden mit Unterstützung durch die jeweiligen Bundesländer Vorhaben finanziert, die zeigen sollten, wie es um die Abstände zwischen Rinderhaltung und Wohnbebauung bestellt ist [4, 5]. Zudem erschien eine Veröffentlichung aus Schleswig-Holstein [6], die in Ergänzung zu den Arbeiten aus Baden-Württemberg große Tierhaltungsbetriebe umfasste. In allen vorstehenden Veröffentlichungen wird zwar betont, dass die Abstände nach dem Entwurf der Richtlinie VDI 3473 zu groß bemessen seien, Geruchsäquivalenzfaktoren werden nicht genannt.

Der Geruchsäquivalenzfaktor  $f_{eq}$  ist an die Tiermasse  $M_T$  gekoppelt und führt zur geruchsrelevanten Tiermasse  $M_{T,eq}$ :

$$M_{T,eq} = f_{eq} M_T \quad (1)$$

Diese bestimmt zusammen mit der Bepunktung  $P$  des Stallsystems, wobei maximal  $P = 100$  gesetzt werden darf, die zentrale Abstandsbeziehung

$$r_{Grenz} = a(P) M_{T,eq}^{b(P)} \quad (2)$$

$a(P)$  und  $b(P)$  sind Polynome in  $P$  und führen für  $P = 100$  auf  $a(P=100) = 48,697$  und  $b(P=100) = 0,338$ . Die zentrale Abstandsbeziehung bleibt weiterhin in der neuen Richtlinie VDI 3474 bestehen, wenn statt der Bepunktung eine Benotung durch einen sogenannten Technologiefaktor eingeführt wird. Wie auch immer, man kommt in Fortschreibung der Tierhaltungsrichtlinie an der Bestimmung eines Geruchsäquivalenzfaktors  $f_{eq}$  nicht vorbei.

Formal lässt sich ein solcher Faktor bestimmen, indem man für die zu untersuchende Tierart einen Abstand ermittelt,  $r_{Grenz Rind}$ . Dieser weist die Einheit Meter auf, wenn  $M_T$  in Großvieheinheiten (1 GV = 500 kg) angegeben wird. Ist die Abstandsbeziehung  $r_{Grenz Rind}$  bekannt, etwa in der Form

$$r_{Grenz Rind} = A M_T^B \quad (3)$$

dann erfolgt durch Koeffizientenvergleich mit der Beziehung (2) unter Berücksichtigung von (1) für den gesuchten  $f_{eq}$ -Faktor:

$$f_{eq} = 1/M_T [r_{Grenz Rind}/a(P)]^{1/b(P)} \quad (4)$$

Zieht man die eingangs zitierten Veröffentlichungen heran, dann kommt man über entsprechende Umrechnungen bei [4] auf

$$f_{eq} = 0,0005983 \quad (5)$$

bei [5] auf

$$f_{eq} = 0,064 \quad (6)$$

bei [6] auf

$$f_{eq} = 0,27 \quad (7)$$

Erkennbar ist die nicht ganz unerhebliche Streubreite der Geruchsäquivalenzfaktoren. Von einer Gleichbehandlung in der Bundesrepublik Deutschland ist man weit entfernt. Die in der ausgesetzten Richtlinie VDI 3473 herangezogenen Faktoren liegen in der Größenordnung des Wertes nach Gl.(7).

## Methodisches Vorgehen

Der Gedanke bei der Erarbeitung der Richtlinie VDI 3471 bestand darin, die Geruchsschwellenentfernung  $r_s$  um einen Stall zu bestimmen. Die Geruchsschwellenentfernung kennzeichnet den Ort, bei dem beim Zugehen auf die Tierhaltung gegen den Wind erstmals tierspezifischer Geruch wahrgenommen wird. Die Untersuchungen erfolgten seinerzeit in den 70er Jahren über viele Begehungen an über 600 Anlagen der Schweinehaltung. Die Geruchsschwellenentfernung stellt sich bei den Begehungen jeweils als das Ergebnis einer bestimmten meteorologischen Konstellation bei bestimmten Emissionsbedingungen ein und ist unabhängig von der Häufigkeit des Auftretens dieser Situation. Um den ungünstigsten Fall angeben zu können, muss das Anlagenumfeld bei allen auftretenden Kombinationen von Windgeschwindigkeit  $U$ , Windrichtung  $\alpha$  und Turbulenzklasse  $AK$  begangen worden sein. Klassiert man die verschiedenen meteorologischen Größen, dann ist bei  $n_U = 7$  Geschwindigkeitsklassen,  $n_\alpha = 12$  Windrichtungsklassen und  $n_{AK} = 6$  Turbulenzklassen von wenigstens  $7 \cdot 12 \cdot 6 = 504$  Kombinationen auszugehen. Hierbei ist ein Windeinfallsektor von  $30^\circ$  angesetzt.

Dass die Begehungen seinerzeit diesen Aspekt in allen Nuancen berücksichtigt haben, darf bezweifelt werden. Trotzdem wa-

Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Axel Munack) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in 38116 Braunschweig, Bundesallee 50; e-mail: karlheinz.krause@fal.de

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Müller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik Bornim e. V. ATB (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaska); e-mail: hmueller@atb.potsdam.de

## Schlüsselwörter

Geruchsemissionen, Geruchsäquivalenzfaktor

## Keywords

Emissions, immissions, cattle housing

ren und sind die getroffenen Abstandsdeklarationen geeignet, als antizipierte Gutachten vor Gericht und bei sonstigen Genehmigungsverfahren eine verlässliche Basis für Entscheidungen zu liefern. Das bedeutet aber nicht, dass man heutzutage im Umkehrschluss ebenso über Defizite in der Datenerhebung hinweggehen muss. Im Gegenteil, mit den verfeinerten Methoden in der Datenerhebung und Datenauswertung lassen sich die VDI-Richtlinien weiter ausbauen. Hierbei hilft die Simulationstechnik, die auf Begehungen abgestützt ist.

Der naturwissenschaftliche Weg ist durch Messen, Analysieren und Bewerten bestimmt. Auf der Emissionsseite werden Volumenströme bei frei gelüfteten Rinderställen mit Hilfe der Tracergasmethode gemessen. Nach der "Rührkesseltheorie" lässt sich die Luftwechselzahl mittels Tracer- oder Indikatorgasmethode bestimmen. Die Konzentrationsänderung einer bekannten, homogen verteilten Quellkonzentration eines Tracers wird erfasst, indem Konzentrationsmessungen an vorgegebenen Stellen im Stallraum erfolgen. Als Tracer kommen ungiftige Substanzen zum Einsatz, die eine möglichst geringe Hintergrundkonzentration im Stall aufweisen und gut detektierbar sind. Bei den hier angewendeten Messmethoden ist dies vorzugsweise Krypton-85. Das Tracergas wird einmalig und stoßartig in den Stallraum eingebracht. An verschiedenen definierten Probenahmepunkten wird das Abklingen der Anfangskonzentrationsverteilung zeitgleich erfasst. Aus dem Abklingverhalten lässt sich auf die Luftwechselzahl und somit auf den Volumenstrom schließen. Der Volumenstrom wird über eine mittlere Abklingkonstante aus den Messwerten errechnet. Somit erhält man für jeden Probenahmepunkt eine mittlere Abklingfunktion und Luftwechselzahl.

Per Olfaktometrie erfolgt die Ermittlung der Quellenkonzentration, so dass in Verbin-

dung mit dem Volumenstrom der emittierte Geruchsmassenstrom bekannt ist. Parallel dazu werden die meteorologischen Daten aufgezeichnet. Auf der Immissionsseite werden Gerüche im Umfeld der Tierhaltung über tragbare Computer festgehalten, indem Ja-Nein-Entscheidungen hinsichtlich der Geruchswahrnehmung eingegeben werden.

An den Feldaufpunkten werden unterschiedliche Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $w_B$  bei den Begehungen registriert. Die Richtlinie VDI 3940 [6] sagt etwas über Fahnenbegehungen aus, aber nicht konkret über die Methode, wie man zu einem Geruchsschwellenabstand kommt. Dabei finden sich allerdings sehr wohl Hinweise auf eine Ausbreitungssimulationstechnik.

*"5.2.3 Aus einer größeren Anzahl von Fahnenmessungen für verschiedene meteorologische Einzelsituationen und unterschiedliche Emittententypen lassen sich Werte für die o.g. Parameter ableiten und somit Ausbreitungsmodelle kalibrieren..."*

*5.2.4 Die mathematische Beschreibung der Ausbreitungsvorgänge von Geruchsstoffen in der Atmosphäre führt zu prognostizierten Geruchsstoffimmissionen, die mit der Realität übereinstimmen."*

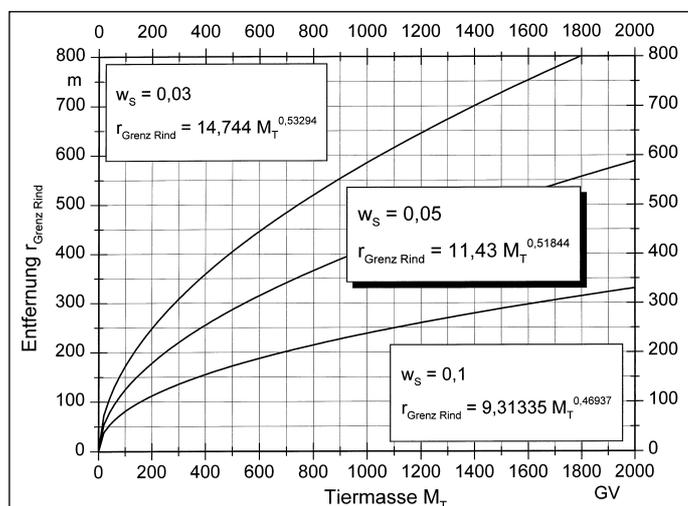
Es ist schwerlich möglich, allein auf statistischem Wege die Geruchsschwellenentfernung zu bestimmen. Dazu reichen die wenigen Begehungen nicht aus. Man würde in denselben Fehler verfallen, den man schon in der GIRL gemacht hat; dort versucht man mit 26 oder 52 Begehungen die Jahresumfeldsituation an Geruchseinträgen zu erfassen, wo wenigstens über 800 Stichproben zu ziehen wären. Hier „Abkürzungen“ zu wählen, heisst schlichtweg, die Realität auszuschließen.

Bei der Analyse der Daten geht es um die Kopplung zwischen der Emissions- und Immissionsseite bei gegebenen meteorologischen Randbedingungen mit Hilfe der Ausbreitungssimulation: Es gilt, die simulierte

Wahrnehmungshäufigkeit mit der gemessenen Wahrnehmungshäufigkeit  $w_B$  in Einklang zu bringen. Dieser Vorgang

*Bild 1: Grafische Darstellung des durch die Wertepaare  $(d_{max}, M_T)$  ermittelten Zusammenhanges für  $r_{Grenz Rind}$*

*Fig.1: Graphic presentation of the relationship ascertained by the pairs of points  $(d_{max}, M_T)$  for  $r_{Grenz Rind}$*



ist sehr zeitaufwendig. Im Vergleich mit den statistischen Verfahren aber noch in der Praxis umsetzbar – und darauf kommt es an.

## Neuer Geruchsäquivalenzfaktor

Nach der Begehungskalibrierung ist man in der Lage, in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit  $U$ , der Windrichtung  $\alpha$  und dem Turbulenzzustand der Atmosphäre, ausgedrückt durch die Ausbreitungsklasse  $AK$  nach Klug, an jedem Ort  $r$  im Umfeld der Anlage die zu erwartende Wahrnehmungshäufigkeit  $w$  zu bestimmen. Bei gegebener Tiermasse  $M_T$  kann mit Bezug auf einen vermeintlichen Emissionsschwerpunkt der Abstand  $d_{max}$  zu dem Ort angegeben werden, der am weitesten entfernt liegt und an dem gerade die Wahrnehmungsschwelle überschritten wird. Sie muss überschritten werden, da nur  $w > 0$  auch ermittelt werden kann. Nachfolgend wird

$$w = w_S = 0,05 \quad (8)$$

gesetzt. In Bild 1 sind die mit Hilfe der Fehlerquadrat-Methode in Anwendung auf die Punktepaare  $(d_{max}, M_T)$  die resultierenden Kurvenverläufe  $r_{Grenz Rind}$  eingezeichnet. Die analytischen Ausdrücke sind dem Bild 1 zu entnehmen. Eingegeben in Gl.(7) folgt mit  $w_S$  nach Gl.(8)

$$f_{eq} = 0,0137691 M_T^{0,533841} \quad (9)$$

Für  $M_T = 50$  GV erhält man  $f_{eq} = 0,11$ , für  $M_T = 500$  GV  $f_{eq} = 0,38$  und für  $M_T = 2000$  GV  $f_{eq} = 0,8$ . Diese Werte weichen bei großem Tierbesatz deutlich von denjenigen ab, wie sie in der Richtlinie VDI 3473 genannt werden. Bei den Simulationen sind die offenen Emissionsquellen außerhalb des Stalles (Silageflächen, Dunglegen, Güllebehälter) herausgerechnet worden. Sie müssen bei der Anlagenbewertung über sogenannte Ersatzquellen einbezogen werden.

## Literatur

- [1] Abschlussbericht des Forschungsauftrages des BML (96 HS 015) in dem Verbundvorhaben (96 BF 003) von ATB, FAL und KTBL, 2000
- [2] VDI 3473 Entwurf: Emissionsminderung Tierhaltung Rinder. Beuth Verlag, Berlin, 1994
- [3] VDI 3471: Emissionsminderung Tierhaltung – Schweine. Beuth Verlag, Berlin, 1986
- [4] Zeisig, H.-D. und G. Langenegger: Geruchsemissionen aus Rinderställen. Gelbes Heft 52 (1994). Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- [5] Jungbluth, T. und E. Hartung: Ermittlung von Geruchsschwellen bei Rinderställen und Neufestlegung von Geruchsäquivalenzfaktoren. Endbericht, 26.2.1996
- [6] Mens, V. und H. Mannebeck: Geruchsemissionen aus der Rindviehhaltung. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL), Rendsburg, 1998
- [7] VDI 3940: Bestimmung der Geruchsimmissionen durch Begehungen, Beuth Verlag, Berlin, 1993