

# **Vergleich von Richtlinien zur Berechnung von Schutzabständen im Hinblick auf Geruchsemissionen aus der Nutztierhaltung mit dem Gauß'schen Ausbreitungsmodell**

## **Comparison of guide lines calculating the separation distance due to odour emission of livestock husbandry with model calculations using a Gauss model**

SCHAUBERGER, GÜNTHER<sup>1</sup> UND PIRINGER, MARTIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Medizinische Physik und Biostatistik, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

<sup>2</sup>Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38. A-1190 Wien

### **1 Einleitung**

Die Landwirtschaft wird in zunehmendem Maße mit Fragen des Umweltschutzes konfrontiert. Bei der Haltung von landwirtschaftlichen Nutztieren treten verschiedenartige, luftgetragene Emissionen auf. Eine dieser Emissionen ist der Geruch, der die Akzeptanz der Tierhaltung in der unmittelbaren Umgebung von Wohngebieten sinken läßt. In einigen Ländern (Österreich, Deutschland, Schweiz, Niederlande) wurden bereits Richtlinien erarbeitet, die sich mit dieser Problematik beschäftigen. Diese Richtlinien werden auch dazu verwendet, den notwendigen Schutzabstand zwischen dem Tierhaltungsbetrieb als Geruchsquelle und den Nachbarn so zu bestimmen, daß der Geruch nicht als Belästigung wahrgenommen wird. Die Abstandsregelung basiert in der Regel auf einer einfachen Parameterisierung der Geruchsquelle, der Ausbreitung der Emissionen und der Festlegung des von der Widmung abhängigen Immissionsschutzes.

In allen bekannten Richtlinien wird der Schutzabstand als Funktion der Emission berechnet. Dabei handelt es sich um Potenzfunktionen mit Exponenten zwischen 0,3 und 0,5. Der Exponent und somit der Kurvenverlauf beschreibt die Abhängigkeit des Schutzabstands von der Geruchsemission. Mit Hilfe einer für das nördliche Alpenvorland in Österreich repräsentativen Wind- und Ausbreitungsstatistik werden die sich aus Gauß'schen Modellberechnungen ergebenden Exponenten mit jenen der Richtlinien verglichen. Eine vollständige Darlegung der Methode ist in PIRINGER und SCHAUBERGER (1998) zu finden.

### **2 Vergleich der Bestimmung von Schutzabständen in verschiedenen Richtlinien**

Die nationalen Richtlinien von Österreich (SCHAUBERGER, G. und PIRINGER M., 1997a und 1997b; SCHAUBERGER, G. et al., 1997), Deutschland (VDI 3472, 1986; VDI 3473, 1994;

VDI 3471, 1986; PADUCH, M., 1988), Schweiz (RICHNER, B. und SCHMIDLIN A., 1995) und den Niederlanden (MINISTRIE VAN LANDBOUW, 1991) haben ähnliche Struktur. Anhand der Bestandsgröße wird der Emittent abgeschätzt. Daraus wird ein Schutzabstand mittels einer Potenzfunktion berechnet. Der Exponent dieser Funktion ist in den einzelnen Richtlinien unterschiedlich. Die deutschen und die Schweizer Richtlinien wählen einen Exponenten von etwa 0,32, in den Niederlanden und in Österreich wird ein Exponent von 0,5 verwendet (PIRINGER und SCHAUBERGER, 1998).

### 3 Modellrechnungen und Statistik

Mit dem in Österreich verwendeten Gauß'schen Ausbreitungsmodell (ÖNORM M 9440, 1992/1996; KOLB, H., 1981) wird die Häufigkeitsverteilung von Verdünnungsfaktoren  $D$  berechnet, wobei eine Ausbreitungsklassenstatistik herangezogen wird, die für das nördliche Alpenvorland repräsentativ ist. Bei dem Modell handelt es sich um ein Gauß'sches Fahnenmodell für Schornsteinemissionen und Entfernungen bis 15 km. Ein traditionelles Ausbreitungsklassenschema mit Streuungsparametern von REUTER (1970) wird verwendet. Dabei werden die Ausbreitungsklassen als Funktion der halbstündigen mittleren Windgeschwindigkeit und einer Kombination aus Sonnenhöhe und Bedeckungsgrad bestimmt.

Die folgende Untersuchung bezieht sich auf den Zeitraum tagsüber, also zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang.

Das Gauß-Modell berechnet Halbstundenmittelwerte von Immissionskonzentrationen. Die Geruchswahrnehmung hängt aber von Momentanwerten der Konzentration ab. Nach SMITH (1973) besteht folgende Beziehung zwischen Mittelwert und Momentanwert:

$$\frac{C_p}{C_m} = \left( \frac{t_m}{t_p} \right)^c \quad (1)$$

mit der mittleren Konzentration  $C_m$  berechnet für eine Integrationszeit  $t_m$  und der momentanen Konzentration  $C_p$  für die Integrationszeit  $t_p$ . Der Exponent  $c$  hängt von der Stabilität der Atmosphäre ab und nimmt Werte von 0,35 (Klasse 4), 0,52 (Klasse 3) und 0,65 (Klasse 2) an. Aus dem Windspektrum nach (15) läßt sich der untere Zeitbereich für Konzentrationsschwankungen mit 100 s angeben. Für  $t_m = 1800$  s und  $t_p = 100$  s ergeben sich die folgenden Verhältniszahlen für Momentanwert zu Mittelwert: 6,5 für Klasse 2, 4,5 für Klasse 3 und 2,8 für Klasse 4.

Die Modellberechnungen wurden für neun Emissionsszenarien mit einer Variationsbreite von zwei Zehnerpotenzen durchgeführt (relative Emissionen 0,04 bis 4). Die Geruchskonzentration des Volumenstroms wurde mit  $c = 500$  GE/m<sup>3</sup> konstant gehalten (OLDENBURG, 1989; KRAUSE, 1992). Das Ergebnis der Modellrechnung ist die Häufigkeitsverteilung von Momentankonzentrationen für 12 Entfernungsklassen, beginnend mit 50 m vom Emittenten und endend in 500 m Entfernung, mit 50 m Intervallen. Diese Daten wurden an eine erweiterte Weibullverteilung WBV des Verdünnungsfaktors  $D$  für eine Distanz  $x_i$  angepaßt:

$$WBV(x_i) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{D - D_0}{c} \right)^d \right] \quad (2)$$

mit den drei Parametern  $D_0$ ,  $c$  und  $d$ . Diese Parameter wurden iterativ auf der Basis der kleinsten quadratischen Abweichungen bestimmt. Drei statistische Parameter wurden verwendet, um die Güte der Anpassung zu berechnen: (1) das Bestimmtheitsmaß  $r^2$ , angeglichen an die Freiheitsgrade; (2) die mittlere quadratische Abweichung der angepaßten Funktion RMSE und (3) der Wert  $F$ , der die Eignung der ausgewählten Verteilung beschreibt. Große Werte von  $F$  bedeuten, daß die Varianz der angepaßten Daten wegen der guten Auswahl der Funktion und ihrer Parameter klein ist.

Die angepaßten Verteilungsfunktionen wurden verwendet, um jene Distanz zu berechnen, für die die Bedingung erfüllt ist, daß für eine Überschreitungshäufigkeit über das Sommerhalbjahr von  $p = 30 \text{ ‰}$  der Grenz-Verdünnungsfaktor  $D_L = 500$  ist, was einer Geruchskonzentration am Rezeptorpunkt von  $1 \text{ GE/m}^3$  entspricht. In Abbildung 1 (vergrößerter Ausschnitt) wird die lineare Interpolation zur Bestimmung des Schutzabstandes an einem Beispiel mit der relativen Emission 1 gezeigt.

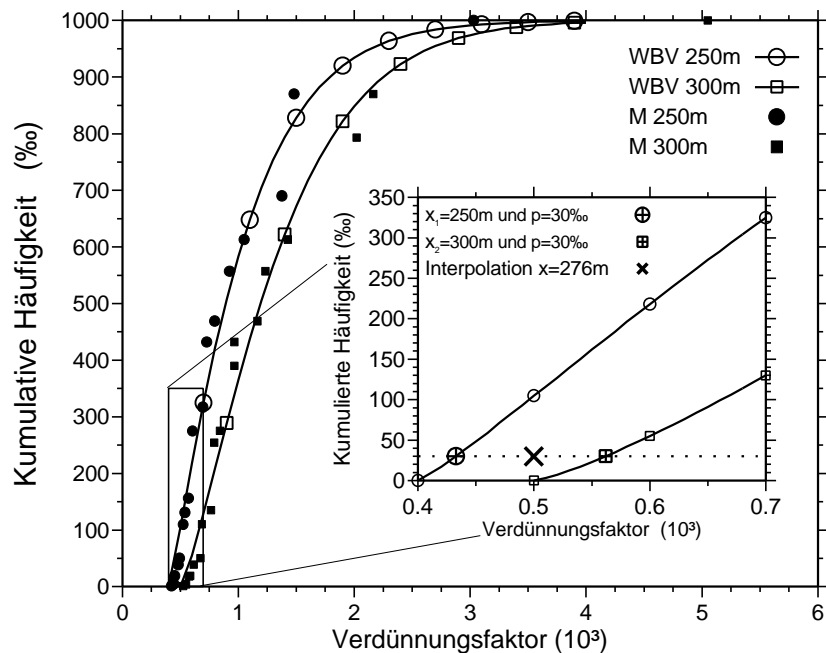


Abb. 1: Lineare Interpolation des Schutzabstandes anhand der angepaßten Weibull-Verteilungen WBV (leere Symbole) für einen Verdünnungsfaktor von  $D_L = 500$  und eine Überschreitungshäufigkeit von  $p = 30 \text{ ‰}$ . (Modelrechnung: volle Symbole)  
 Linear interpolation of the separation distance calculated by fitted Weibull distributions WBV (empty symbols) for a dilution factor  $D_L = 500$  and an exceeding probability of  $p = 30 \text{ ‰}$ . (model calculation: filled symbols)

Für alle neun Emissionsfälle wurde die Distanz  $x$  analog zur Abbildung 1 bestimmt. Der erste Emissionsfall (relative Emission = 0,04) ergab eine Distanz kleiner als 50 m und wurde daher im weiteren nicht berücksichtigt. Die berechnete Distanz  $x$  kann als Schutzabstand  $S$  aufgefaßt werden, gültig für eine gewählte Überschreitungshäufigkeit (hier  $p = 30 \text{ ‰}$ ) und einen Verdünnungsfaktor (hier  $D_L = 500$ ). Den acht Distanzen  $x$  wurde eine Potenzfunktion angepaßt:

$$S(p, D) = a E^b \quad (3)$$

mit dem relativen Schutzabstand  $S(p, D)$  in Abhängigkeit von der Emission  $E$  und den Funktionsparametern  $a$  und  $b$ .

## 4 Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der Abhängigkeit des Schutzabstands von der Emission bei den verschiedenen Richtlinien war das Ziel dieser Untersuchung. Im Vordergrund stand dabei ein Vergleich des Exponenten  $b$  der Potenzfunktion und damit der Form der Kurven. Ein direkter Vergleich anhand eines Tierhaltungsbetriebs war nicht beabsichtigt. In Tabelle 1 ist der Exponent des Potenzansatzes (Gleichung 3) und die statistischen Parameter  $r^2$ ,  $F$  und RMSE der Datenanpassung angegeben. Die Berechnung wurde für vier verschiedene Überschreitungshäufigkeiten durchgeführt.

Die Modellrechnungen zeigen, daß die Form der Abstandskurven, festgelegt durch den Exponenten  $b$ , unabhängig von der gewählten Überschreitungshäufigkeit ist. Das bedeutet, daß die verschiedenen Grenzen der Überschreitungshäufigkeit der Geruchskonzentration aufgrund unterschiedlicher Landnutzungskategorien berücksichtigt werden können, indem der Faktor  $a$  der Potenzfunktion (Gleichung 3) geändert wird (SCHAUBERGER, G. und PIRINGER M., 1997a und 1997b).

Tab. 1: Exponent  $b$  der Potenzfunktion (Gleichung 3) und Standardabweichung (SA) für einen Verdünnungsfaktor  $D_L = 500$  in Abhängigkeit von der Überschreitungshäufigkeit  $p$ . (Bestimmtheitsmaß  $r^2$ ; F Statistik, mittlere quadratische Abweichung der Funktion RMSE) Exponent  $b$  of the power function (Eq. 3) and standard deviation (SA) for a dilution factor  $D_L = 500$  as a function of the exceeding probability  $p$  (coefficient of determination  $r^2$ ; F value, root mean square error RMSE).

$p$ (%)	10	30	50	80
$b$ ( $\pm$ SA)	0.714 0.043	0.719 0.036	0.722 0.026	0.726 0.009
$r^2$	0.987	0.991	0.996	0.999
F	651.90	923.79	1868.81	15763.74
RMSE	28.25	2.97	15.68	5.14

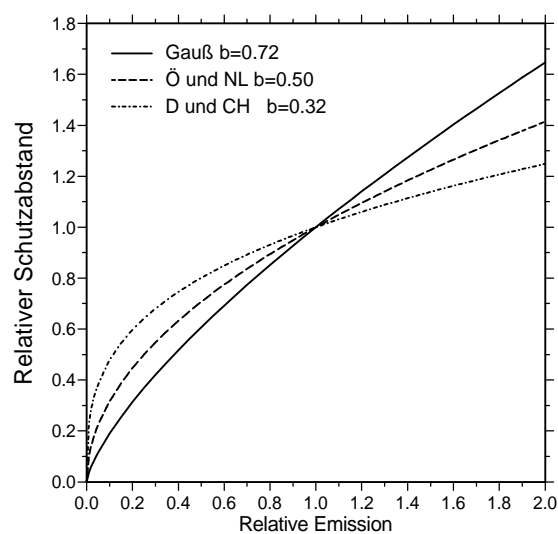


Abb. 2: Relativer Schutzabstand ( $a = 1$ ) als Funktion der relativen Emission, berechnet mit den angeführten Richtlinien und dem Gauß-Modell  
Relative separation distance ( $a = 1$ ) as a function of the relative emission, calculated by the guide lines and by the model calculation

Um den Verlauf der verschiedenen Potenzfunktionen zur Berechnung des Schutzabstandes vergleichen zu können, wurden Quellstärke und Schutzabstand normiert ( $a=1$  aus Gleichung 3). In Abbildung 2 werden Kurven für drei verschiedene Werte des Exponenten  $b$  dargestellt.  $b = 0,32$  wird von den deutschen und der Schweizer Richtlinie verwendet,  $b = 0,5$  von der österreichischen und der niederländischen, und das Ergebnis der Modellberechnungen ist  $b = 0,72$ .

Alle Richtlinien zeigen im Vergleich zum Gauß'schen Modell einen flacheren Kurvenverlauf. Die größte Abweichung ergibt sich für den Exponenten der deutschen und der Schweizer Funktion, gefolgt von der österreichischen und der niederländischen. Dieses Ergebnis besagt qualitativ, daß die Richtlinien im Vergleich zum Modell die Abhängigkeit des Schutzabstandes von der Geruchsemission unterschätzen.

## 5 Literatur

- COURTNEY, M. UND TROEN I. (1990): Wind Speed Spectrum from one Year of Continuous 8Hz Measurements. 9th Symposium on Turbulence and Diffusion, Roskilde, Denmark, pp. 301 - 304.
- KOLB, H. (1981): Ein normatives Modell zur Simulierung der Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Österreich. Abteilung für Theoretische Meteorologie der Univ. Wien. Publ. 29
- KRAUSE, K.H. (1992): Gegenüberstellung unterschiedlicher Immissionsprognoseverfahren. In: Geruchs- und Schadgasemissionen aus der Tierhaltung, Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Arbeitspapier 174.
- MINISTRIE VAN LANDBOUW (1991): Richtlijn Ammoniak en Veehouderij. Leidschendam: Ministrie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag en Ministrie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- OLDENBURG, J. (1989): Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung, Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), KTBL-Schrift 333.
- ÖNORM M 9440 (1992/1996): Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre; Berechnung von Immissionskonzentrationen und Ermittlung von Schornsteinhöhen. Österr. Normungsinstitut, Fachnormenausschuß 139 - Luftreinhaltung.
- PADUCH, M. (1988): Present state of VDI-guide lines on odour assessment. In: NIELSEN, V.C.; VOORBURG, J.H. UND P. L'HERMITE (Eds.). Volatile emissions from livestock farming and sewage operation, London New York: Elsevier applied science.
- PIRINGER, M., UND SCHAUBERGER G. (1998): Comparison of a Gaussian Diffusion Model with Guidelines Calculating the Separation Distance between Livestock Farming and Residential Areas to Avoid Odour Annoyance. Atmos. Environment, in press.

- REUTER, H. (1970): Die Ausbreitungsbedingungen von Luftverunreinigungen in Abhängigkeit von meteorologischen Parametern. Arch. Met. Geoph. Biokl. A,19,173-186
- RICHNER, B. UND SCHMIDLIN A. (1995): Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen. Empfehlungen für neue und bestehende Betriebe, Tänikon: Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, FAT-Bericht 476.
- SCHAUBERGER, G. UND PIRINGER M. (1997a): Assessment of the protection distance to avoid annoyance by odour sensation caused by livestock husbandry by the Austrian guide line. In: VOERMANS J.A.M., G.J. MONTENY (Eds): Ammonia and Odour Emission from Animal Production Facilities, NVTL, Rosmalen (1997)
- SCHAUBERGER, G. UND PIRINGER M. (1997b): Guideline to assess the protection distance to avoid annoyance by odour sensation caused by livestock husbandry. In: BOTTCHE R.W., HOFF S.J. (Eds): Livestock Environment V, ASAE, St. Joseph, Michigan, 1997
- SCHAUBERGER, G., PIRINGER M., EDER J., FIEBIGER H., KÖCK M., LAZAR R., PICHLER-SEMELROCK F., QUENDLER T., SWOBODA M., THIEMANN G. UND TEUFELHART J. (1997): Österreichische Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 57, 10, 399-408.
- SMITH, M.E. (1973): Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. ASME, N.Y.
- VDI 3471 (1986): Emissionsminderung Tierhaltung - Hühner, Berlin: Beuth.
- VDI 3472 (1986) Emissionsminderung Tierhaltung - Schwein, Berlin: Beuth.
- VDI 3473 (1994): Emissionsminderung Tierhaltung - Rinder, Berlin: Beuth.

## 6 Summary

Complaints by the neighbourhood due to odour pollution from livestock farming are increasing. Therefore, some countries have already developed guidelines to address odour from livestock. These guidelines are in use to assess the necessary separation distance between livestock buildings and residential areas such that odour is not felt as an annoyance. In all these guidelines, the separation distance is calculated as a function of the rate of pollution. These are mainly power functions with an exponent between 0.3 and 0.5. The Austrian regulatory dispersion model, a Gauss model, is used to calculate the frequency distribution of the dilution factor for 12 classes of distances between 50 and 500 m downwind from the source. These data were fitted to an extended Weibull distribution of the dilution factor to determine the exponent of the power function describing the separation distance as a function of the emission. The exponent has a value of about 0.72. This result, achieved with a wind and stability statistics representative for the Austrian flatlands north of the Alps, indicates a stronger dependence of the separation distance from the odour emission than suggested by the guidelines.