

Karl-Heinz Krause und Stefan Linke, Braunschweig

Ausbreitung luftgetragener Substanzen aus der Tierhaltung - vereinheitlichte Darstellung

Nutzung der dimensionslosen Ergebnisdarlegung bei Umweltverträglichkeitsprüfungen

In früheren Zeiten reichten die Abstandsdiagramme nach den einschlägigen Tierhaltungsrichtlinien des VDI zur Geruchsbelastung aus, um abzuschätzen, ob eine Tierhaltung zur nächstgelegenen Wohnbebauung den erforderlichen Mindestabstand einhält oder nicht. Heute werden vielfach in der Umweltverträglichkeitsprüfung über den Geruch hinaus auch Aussagen zum Verbleib von Ammoniak, Staub und Keimen gefordert. Stützt man sich auf Ausbreitungssimulationen, dann lässt sich über die dimensionslose Darstellung der Verdünnungsverhältnisse eine einheitliche Darstellung für alle relevanten Substanzen vornehmen mit dem Vorteil, auf einen Blick Zuordnungen abwägen zu können. Man erkennt, ob Überzeichnungen oder Verharmlosungen der Immissions-situation vorliegen.

Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause ist wissenschaftlicher, Stefan Linke technischer Mitarbeiter im Institut für Technologie und Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Munack und Prof. Dr. K.-D. Vorlop) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in 38116 Braunschweig, Bundesallee 50; e-mail: karlheinz.krause@fal.de

Schlüsselwörter

Immissionen, Tierhaltung, Geruch, Ammoniak, Staub, Keime, Ausbreitungssimulation

Keywords

Immission, animal husbandry, odour, ammonia, dust, germs, simulation of dispersion

Die Immissionskonzentration C_i soll als Funktion des Emissionsmassenstromes, Produkt aus der Quellenkonzentration C_0 und dem Volumenstrom V_0 , bestimmt werden. Der Index 0 bezieht sich auf die Quelle. Bei Zwangslüftungen in der Tierhaltung ist dieser Volumenstrom tierphysiologisch vorgegeben, siehe hierzu DIN 18910 [1], bei freien Lüftungen hängt er von den äußeren Windverhältnissen ab. Das bedeutet, dass der Ermittlung des Volumenstromes komplexe Durchströmungsberechnungen von Hohlräumen vorausgehen haben. Der emittierte Massenstrom lässt sich immer in eine Produktform von Quellenkonzentration und Volumenstrom überführen. Für die Immissionskonzentration $C_i(x,y,z)$ erhält man

$$C_i(x,y,z) = C_0 D \quad (0 \leq D \leq 1) \quad (1)$$

Immissionsmittelwert

D kennzeichnet die Dilution. Diese gibt an, wie der emittierte im atmosphärischen Volumenstrom aufgelöst wird. Die Dilution D entzieht sich mit der Komplexität der Windverhältnisse beim Über- und Umströmen von Strömungshindernissen zunehmend der analytischen Beschreibung. Werden die meteorologischen Parameter Windrichtung α , Windgeschwindigkeit U und atmosphärische Turbulenz als Ausbreitungsklasse AK klassiert, dann gibt es mit 36 Klassen der Windrichtung à 10° , neun Geschwindigkeitsklassen und sechs Ausbreitungsklassen insgesamt 1944 Kombinationen mit unterschiedlicher Häufigkeit in Bezug auf das Jahr. Für den dimensionslosen Mittelwert an einem Immissionsort folgt

$$\frac{C_i}{C_0} = D = \sum_{\alpha, U, AK}^{36,9,6} D_{\alpha, U, AK} H_{\alpha, U, AK} \quad (2)$$

D kann sich aufgrund der Dilutionsanteile $D_{\alpha, U, AK}$ und der Häufigkeitsanteile $H_{\alpha, U, AK}$, die in ihrer Summe 1 ergeben, ändern. Der rechte Teil in Gl.(2) besagt, dass der dimensionslose Konzentrationsmittelwert von speziellen Stoffeigenschaften unabhängig ist.

Dilutionsgrenzwerte

Mit der zulässigen mittleren Grenzkonzentration eines Stoffes kommt man über die Quellenkonzentration zur Grenzdilution. Beim Ammoniak wird als Grenzwert für ein Waldsystem beispielsweise ein Wert von $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ genannt. Bei einer Quellenkonzentration von zum Beispiel $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ folgt daraus eine Grenzdilution von $D_{\text{Grenz, NH}_3} = 0,875 \cdot 10^{-3}$. Entsprechend wird mit den anderen Substanzen in *Tabelle 1* verfahren.

Beim Geruch gestaltet sich die Angabe eines Dilutionsgrenzwertes etwas umständlicher. Man riecht keine Mittelwerte, obschon in so manchen Ausbreitungsmodellen mit entsprechenden Faktoren gearbeitet wird. Man nimmt Gerüche während einer Zeitspanne t wahr, die einer bestimmten meteorologischen Parameterkombination zugeordnet wird. Über das Jahr kumulieren die Zeiten der Geruchswahrnehmung. In der Prognostik bedient man sich der Dichteverteilung der Momentanwerte der Konzentration und gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit $w_{\alpha, U, AK}$ der Geruchswahrnehmungsschwelle von $c_S = 1 \text{ GE}/\text{m}^3$ an [2].

$$w_{\alpha, U, AK} = \frac{1}{2} \left(1 - \operatorname{erf} \frac{-\ln \frac{C_i}{C_S} + \frac{b^2}{2}}{b\sqrt{2}} \right) \quad (3)$$

Tab. 1: Bestimmung der Dilutionsgrenzwerte $D_{\text{Grenz, Substanz}}$ mittels der kritischen Immissionsgrenzwerte $C_{\text{Grenz, Substanz}}$. Die Grenzwerte für Gerüche beziehen sich auf ein Dorf-Gebiet (MD-Gebiet) mit einer zulässigen Jahreshäufigkeit ihres Auftretens von 10 % der Jahressstunden.

Table 1: Determination of dilution threshold $D_{\text{threshold, substance}}$ by means of $C_{\text{threshold, substance}}$. The odour threshold refers to a village area (MD-area) with an allowed yearly frequency of 10 % of the hours of the year.

Daten Rinderhaltung	Ammoniak	PM ₁₀ - Staub	Endotoxine	Geruch
C_0	8 mg/m ³	1,95 mg/m ³	20 ng	80 GE/m ³
$C_{\text{Grenz, Substanz}}$	7(Wald) µg/m ³	40 µg/m ³	0,01 ng	0,597 GE/m ³
$D_{\text{Grenz, Substanz}} [-]$	0,875•10 ⁻³	20,5•10 ⁻³	0,5•10 ⁻³	7,464•10 ⁻³

In Gl.(3) steht b für die Standardabweichung bei der logarithmischen Normalverteilung und erf für die Fehlerfunktion. Zusammen mit der Häufigkeit der meteorologischen Parameterkombinationen in Bezug auf das Jahr $H_{\alpha,U,AK} = t_{\alpha,U,AK}/t_{\text{Jahr}}$ folgt dann für die Geruchswahrnehmungshäufigkeit

$$H_{Geruch,xx} = \sum_{\alpha,U,AK} w_{\alpha,U,AK} H_{\alpha,U,AK} \quad (4)$$

Als Entscheidungskriterium für die Tolerierbarkeit von Geruchseinträgen gilt die gebietsabhängige Grenzwahrnehmungshäufigkeit

$$H_{Grenz,Geruch,xx} = \begin{cases} 0,03 \text{ bei } xx = \text{WA-Gebiet} \\ 0,10 \text{ bei } xx = \text{MD-Gebiet} \\ 0,1 \text{ bei } xx = \text{WA-Gebiet} \\ 0,15 \text{ bei } xx = \text{MD-Gebiet} \end{cases} \quad (5)$$

Die Angaben in den ersten beiden Zeilen beziehen sich auf Echtzeiten, die darunter auf Immissionszeitbewertungen, die eine mathematische Zuordnung der Wahrnehmungen zu den Konzentrationsmittelwerten nicht zulassen. Einen an der Gesundheit orientierten Grenzwert gibt es nicht.

Da der Immissionsmittelwert, der bei dem Echtzeitverfahren zur Grenzhäufigkeit führt, stets größer als die Summe der durch die Kumulation bedingten Anteile ist, gilt für die Grenzdilution bei Geruch:

$$D_{Grenz,Geruch,xx} = \frac{C_{Grenz,Geruch,xx}}{C_o} = \frac{C_S}{C_o} \beta \quad (6)$$

$$\beta = \exp \left[\frac{b^2}{2} - b \sqrt{2} erf^{-1} \left(1 - 2H_{Grenz,Geruch,xx} \right) \right] \quad (7)$$

erf^{-1} kennzeichnet die Inverse der Fehlerfunktion. Mit der Grenzdilution gemäß Gl.(6) und Gl.(7) besteht ein adäquater Ausdruck zu Gl.(2). Die Dilution von Gerüchen hängt vom Verhältnis der Konzentration an der Geruchsschwelle und an der Quelle sowie vom Parameter β ab.

Anwendungsbeispiel

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung ist zu prüfen, ob der Standort des Betriebes E_1 mit Rinderhaltung einen weiteren Stall (Nr. 6) in Form eines Boxenlaufstalles verkraftet (Bild 1), zumal sich in der Nachbarschaft noch ein weiterer Betrieb E_2 mit Rinderhaltung befindet.

Das Ergebnis der Simulationsrechnung zeigt in Bild 1 die Isolinien der in Tabelle 1 angegebenen Dilutionen. Von diesen verlaufen die Kurven für Geruch und Staub nahezu auf den hofeigenen Arealen von E_1 und E_2 . Die Dilutionsverläufe von Ammoniak und Keimen weisen sehr viel größere Abstände zu den Hofstellen aus. Das Geruchsbouquet enthält auch Ammoniak. Offensichtlich ist

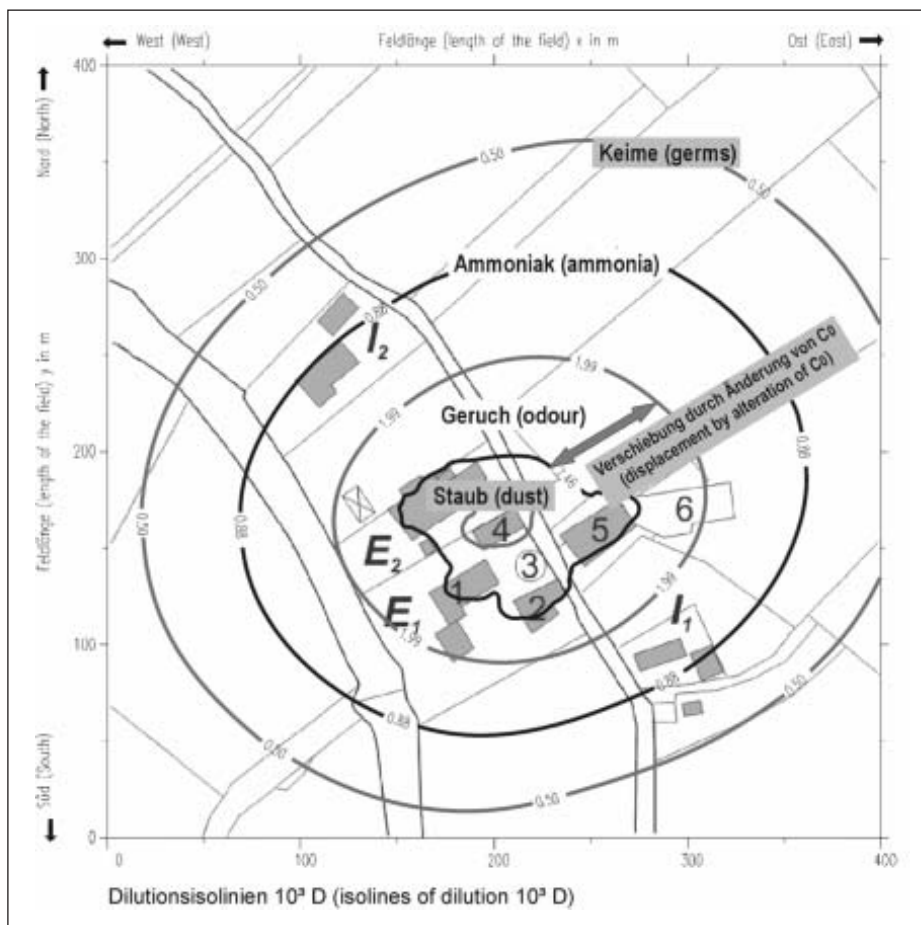


Bild 1: Beispiel zweier benachbarter Betriebe mit Rindviehhaltung, die für die Umwelt als Emittenten von Geruch, Ammoniak, Staub und Keimen wirken: E_1 und E_2 . Die Isolinien der Dilution kennzeichnen die sog. Vorbelastung durch beide Betriebe. Zwei Wohngebäude in den Immissionsbereichen I_1 und I_2 , die nicht der Landwirtschaft zuzuordnen sind, gilt es zu beachten, wenn der Betrieb E_1 um den Stall 6 erweitert werden soll.

Fig 1: Example of neighbour farms with cattle production emitting odour, ammonia, dust and germs into the environment: E_1 and E_2 . The isolines characterize the pre-load by the two plants. Two dwelling houses in the immission areas I_1 and I_2 , not belonging directly to agriculture, must be taken into consideration, if in farm E_1 the facilities will be enlarged by the stable 6.

die phytotoxische Wirkung höher einzustufen als die inhalatorische Wirkung bei Mensch und Tier. Beim Geruch ist mit 80 GE/m^3 in Tabelle 1 der Wert aus der KTBL-Schrift 126 (1989) [3] gewählt worden, der auch im Forschungsbericht, veröffentlicht als KTBL-Schrift 388 (2001) [4], bestätigt wurde. Geht man auf Werte über, die streng nach der Norm EN 13725 [5] erhoben wurden und als Verbesserungen bezüglich der Genauigkeit angesehen werden, dann ergibt sich zum Beispiel mit $C_o = 300 \text{ GE/m}^3$ ein Dilutionsgrenzwert von $1,99 \cdot 10^{-3}$. Es findet eine Verschiebung der Isolinien auf Grund der messtechnischen Konzentrationsserhöhung an der Quelle statt (Bild 1).

Fazit

Es ist festzuhalten, dass die Ausbreitung von Substanzen, die trägheitslos der Luftbewegung folgen, wie etwa Ammoniak, Staub, Keime und Geruchsstoffe, stets dieselbe ist. Bezieht man sich auf die Verdünnungen,

dann hat man eine Kontrolle darüber, welche Abstufungen zwischen den unterschiedlichen Substanzen in der Einschätzung ihrer Umweltwirkung bestehen. Ob zu Recht, wird sich zeigen.

Literatur

- Bücher sind mit • gezeichnet
- [1] DIN 18910-1 : Wärmeschutz geschlossener Ställe - Wärmedämmung und Lüftung - Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsgelüftete Ställe. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, 2004
- [2] • Zanetti, P.: Air pollution modelling. Reinhold Van Nostrand, New York, 1990
- [3] Schirz, S.: Handhabung der VDI-Richtlinien 3471 Schweine und 3472 Hühner. KTBL-Arbeitspapier 126, 1989
- [4] • Müller, H.-J., K.-H. Krause und E. Grimm : Gruchsemmissionen und -immissionen aus der Rinderhaltung. KTBL-Schrift 388, Darmstadt, 2001
- [5] EN 13725 Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. CEN,