

Karl-Heinz Krause und Axel Munack

Mit der richtigen Anfangskonzentration steht und fällt jede Immissionsberechnung

Es gibt modellbedingte Schwierigkeiten, den Zustand einer Emission zum Zeitpunkt ihrer Freisetzung aus einer Tierhaltung wirklichkeitsnah zu beschreiben. So lässt sich beispielsweise eine sogenannte Vorverdünnung der Anfangskonzentration überhaupt nicht in der Ausbreitungsrechnung des Programmes AUSTAL2000G unterbringen, sondern es wird dort nur der Emissionsmassenstrom berücksichtigt, bei dem aber immer nur die „halbe Wahrheit“ zum Tragen kommt. Die Verwaltung hat sich mehr oder weniger auf AUSTAL2000G festgelegt; der Nachweis der Richtigkeit von Ausbreitungssimulationen besteht oft nur noch im Nachweis der Anwendung des besagten Programmes. Häufig wird mehr Arbeit darauf verwendet, die Ausgangssituation auf diese Modellanwendung zuzuschneiden als sich mit den Gegebenheiten physikalischer Gesetze zu befassen.

Schlüsselwörter

Emissionsmassenstrom, Quellenkonzentration, Vorverdünnung, Hedonik, tierartabhängige Gewichtungsfaktoren, Geruchsbelastung

tion simulation is often only the proof of the use of the said program. In many cases, more attention is paid to adapting the start situation to this model application than to considering the given laws of physics.

Keywords

Emission mass stream, source concentration, predilution, hedonic, animal specific weight factors, odour load

Abstract

Krause, Karl-Heinz and Munack, Axel

All immission calculations depend on the correct initial concentration

Landtechnik 65 (2010), no 2 pp. 124-128, 8 figures, 5 references

There are difficulties of describing the near-to-reality emission situation at the time of release from animal husbandry. Thus, for example, a so-called predilution of the initial concentration cannot be drawn into the distribution calculation of the program AUSTAL2000G, but rather, only a "half truth" is given with the consideration of the emission mass flow. The administration has more or less committed itself to AUSTAL2000G; the proof of the correctness of the distribu-

Der Artikel „Tierartspezifische Korrekturen in der GIRL falsch platziert – Vorschläge für eine Neufassung“ [1; 2] wird im folgenden Beitrag fortgesetzt. An einem Beispiel unter Anwendung des Rechenprogrammes AUSTAL2000G [3] wird gezeigt, dass die tierartspezifischen Korrekturfaktoren, die auf der Immissionsseite postuliert werden, sich rechnerisch auf der Emissionsseite als sogenannten Hedonik-Faktoren niederschlagen. Das gibt Anlass, sich methodisch wieder mit dem Anfang von Ausbreitungsrechnungen zu befassen.

Mit der Novellierung der TA Luft [4] ist 2002 das seinerzeit verwendete Gauß-Modell bei Ausbreitungsrechnungen für luftfremde Stoffe durch das Lagrange-Partikel-Modell ersetzt worden. Damit war der Übergang von der analytischen Immissionsberechnung auf die numerische vollzogen. Nicht vollzogen ist eine Verbesserung des modelltechnischen Ansatzes. Die Schwächen liegen im Punkt-Massen-Ansatz beider Modelle, beim Gauß-Modell in toto, beim Partikel-Modell in der Zusammensetzung der Gesamtmasse durch eine Vielzahl von Partikeln mit punkthafter Masse. Nach der Freisetzung der Partikel verteilen sie sich im umgebenden Raum, wobei der Ort jedes Partikels durch seine Trajektorie bestimmt wird. Die Trajektorie ist die Verbindungslinie aller Orte, die ein Partikel in der atmosphärischen Strömung erreicht. In der Lagrangeschen

Form wird ein Kontrollvolumen ΔV mit der Strömung mitbewegt. Bezogen auf den Emissionsmassenstrom \dot{M}_0 ergibt sich die mittlere Immissionskonzentration C aus der Anzahl n der berechneten Trajektorien und der Aufenthaltsdauer der einzelnen Partikel Δt_n , wobei $n \Delta V / \Delta t_n$ einem Volumenstrom entspricht:

$$C = \frac{\Delta t_n \dot{M}_0}{n \Delta V} \text{ bzw. } C = \frac{\dot{M}_0}{\dot{V}_0} \quad (\text{Gl. 1})$$

Saugt man aus der mit Partikeln befrachteten Luftströmung an einem Hindernisrand einen Luftstrom über eine Fläche A ab oder fügt belastete Luft dem Systemgebiet zu, dann kommt man ebenfalls zu einer Konzentrationsaussage am Rand:

$$C = \frac{\dot{M}_0}{A v_{ab/zu}} \quad (\text{Gl. 2})$$

An der Quelle bestimmen die Anfangskonzentrationen über der Schnittstelle zwischen Stall und Umwelt mit ihrer Austrittsgeschwindigkeit den Ausbreitungsbeginn. Im Luftbereich außerhalb der Quellen sind es die raumbezogenen Partikelverteilungen, die z. B. bei Gerüchen das Über- oder Unterschreiten der Geruchswahrnehmungsschwelle von $1 \text{ GE}/\text{m}^3$ angeben. GE steht für Geruchseinheit.

Einzelbeispiele aus der Landwirtschaft

AUSTAL2000G ist ein Programm zur Ausbreitungsberechnung, das Daten von der Emissionsseite unter den meteorologischen und topografischen Randbedingungen auf der Immissionsseite abbildet. Es ist kein Programm zur Gestaltung des Emissionsverhaltens landwirtschaftlicher Quellen. So sind Systeme mit unterschiedlichen Anfangskonzentrationen beim Programm AUSTAL2000G schwer unterscheidbar, insbesondere bei gleichem Emissionsmassenstrom. Ferner bleiben bestimmte Lüf-

tungsformen unberücksichtigt, obschon sie in der Stallklimatisierung und auch im Immissionschutz Anwendung finden, z. B. die Seitenwandlüfter. **Abbildung 1** zeigt Seitenwandlüfter, die auf der Giebelseite vornehmlich gegen die Hauptwindrichtung Geruchsstoffe ausblasen. Der Konzentrationsabbau mit dem Wind und damit auch die Abnahme der Wahrnehmbarkeit erfolgen auf kürzerem Wege als bei der Überfirstausbringung. Selbst wenn eine solche Lösung auf spezielle Gegebenheiten beschränkt ist, sollte die praktische Umsetzung nicht daran scheitern, dass das Programm AUSTAL2000G keine Lösung für Seitenwandlüfter parat hält. Anders verhält es sich bei windinduzierten Quellen, also Stallungen, die vom Wind durchströmt werden und windabhängige Emissionen aufweisen. Diese Ställe sind in der Rinder- und Geflügelhaltung Bauwirklichkeit. Deshalb kann man sich nicht den Luxus leisten, sie immissionstechnisch zu ignorieren. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die Ausbreitungsrechnungen mit dem Programm AUSTAL2000G unter Anwendung von sogenannten Emissionsfaktoren durchgeführt werden, bei denen die angegebenen Ställe zu solchen mit Zwangslüftung umfunktioniert worden sind. Das ist zwar wirklichkeitsfremd, wird aber als pragmatische Vorgehensweise gerechtfertigt.

In **Abbildung 2** sind Simulationen von geruchsbeladenen Abluftstrahlen dargestellt, bei denen jeweils der gleiche Massenstrom freigesetzt wird, aber die Anfangskonzentrationen und -geschwindigkeiten unterschiedlich sind. Im oberen Teil der Abbildung wird die Ammoniakkonzentration mit 40 ppm bei 1 m/s ausgeblasen, im unteren Teil mit 20 ppm bei 2 m/s . Es wird deutlich, dass die allgemeine Ausbreitungsbedingung gilt, dass mit zunehmender Lauflänge in Hauptwindrichtung die Konzentration abnimmt. Mehr noch: die Konzentration wird bei doppelter Ausblasgeschwindigkeit wesentlich schneller abgebaut als bei halber Austrittsgeschwindigkeit und verdoppelter Austrittskonzentration. Das bedeutet aber, dass in Quellennähe Unterschiede bei den Immissionskonzentrationen auftreten,

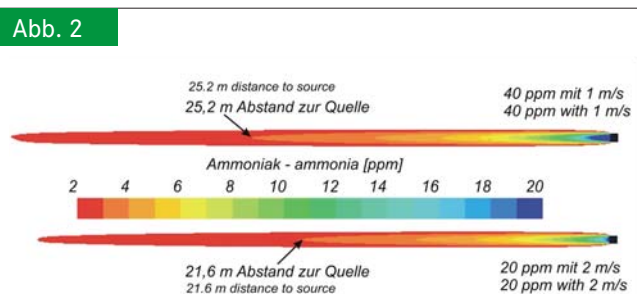
Abb. 1



Die Überfirstlüftung wurde entfernt. Das Verblasen der Stallluft auf der Giebelseite führt 200 m hinter dem Stallende zu geringeren Geruchsbelastungen als bei entsprechender Überfirstlüftung

Fig. 1: The ventilation stacks on the roof were removed. The blowing out of stable air on the gable side, 200 m behind the barn, leads to lower odour loads in comparison to the roof emissions with stacks

Abb. 2



Wirkung einer Seitenwandlüftung als Freistrahler. Im Fall 1 (oben) ist die Anfangskonzentration gegenüber dem Fall 2 doppelt so hoch, die Austrittsgeschwindigkeit aber nur halb so hoch. Im Quellennahbereich sind für die beiden Ausbreitungssituationen Unterschiede erkennbar. Etwa 40 m von der Quelle entfernt sind die Konzentrationen in Strahlmitte kaum noch von einander zu unterscheiden
Fig. 2: The effect of side wall ventilation as a free stream. In Case 1, the initial concentration is twice that of Case 2. The initial velocity is half as high. Near the sources there are differences between the two expansion situations. From 40 m onwards, the concentrations in the stream centers are hardly distinguishable

die es zu beachten gilt. Will man diese näherungsweise berücksichtigen, so kann man dieses nur über eine Quelle tun, die der Anfangskonzentration mit dem entsprechenden Abklingverhalten Rechnung trägt. Die Größenordnung der Fehlprognose wird

besonders deutlich, wenn man z.B. die Geruchsbelastungen im Umfeld von Quellen berechnet, die vertikal emittieren und von AUSTAL2000G für das Jahresgeschehen erfasst werden. Es seien hier drei Fälle herausgegriffen, die sich auf den gleichen Massenstrom beziehen: a) Emissionsmassenstrom ohne Berücksichtigung einer besonderen Quellenkonfiguration, b) Anfangskonzentration von 350 GE/m³ bei 6 m/s Austrittsgeschwindigkeit und c) Anfangskonzentration von 259 GE/m³ bei 7,5 m Austrittsgeschwindigkeit. Die Isochromatendarstellung nach **Abbildung 3** lässt von den Immissionsbelastungen her den Fall c) am günstigsten erscheinen, während der Fall a) zu den höchsten Belastungen führt. Ein vorgegebener Emissionsmassenstrom einer Punktquelle führt beim Übergang auf eine Quelle mit endlichem Durchmesser und einer Austrittsgeschwindigkeit v_0 zu der Anfangskonzentration:

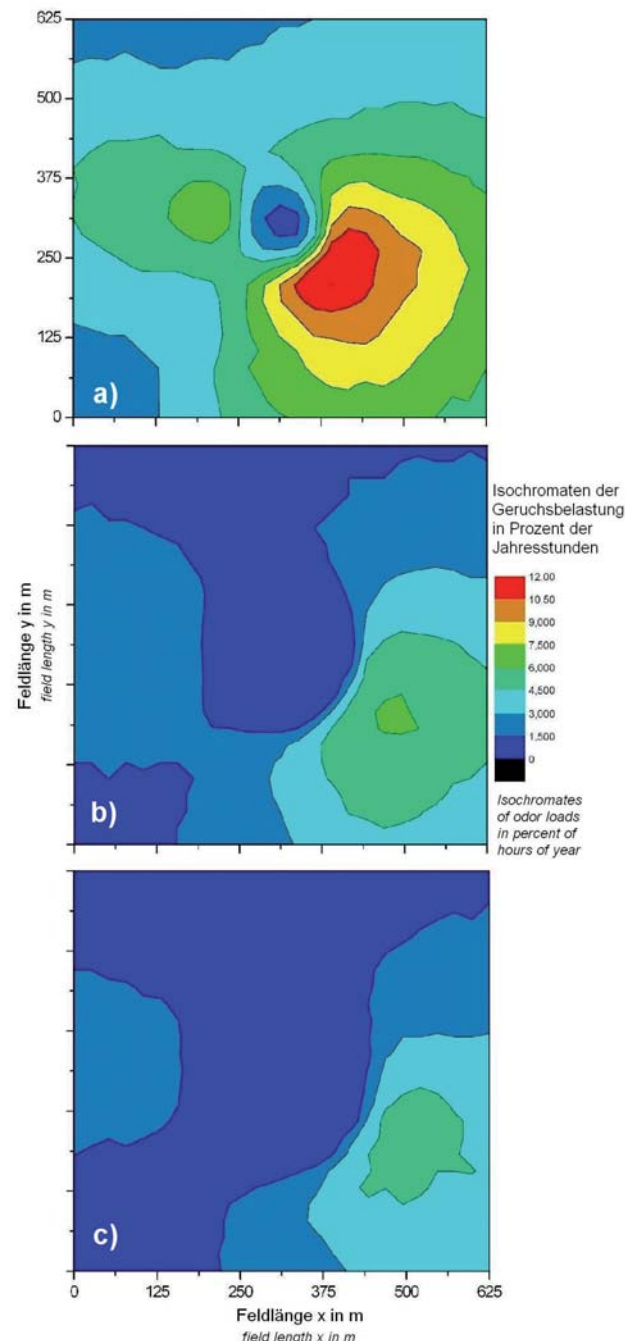
$$C = \frac{4 \dot{M}_0}{\pi d^2 v_0} \quad (\text{Gl. 3})$$

Die Austrittsgeschwindigkeit v_0 bestimmt also bei vorgegebenem Emissionsmassenstrom und Abluftrohrdurchmesser die wirksame Anfangskonzentration. Da Emissionsquellen mit ihren Abluftschächten nicht in der Luft hängen, sondern an Gebäudestrukturen festgemacht sind, wirkt sich in Quellennähe dieser Gebäudeeinfluss aus und führt zu Downwash-Effekten. Man kann nicht von einer ungestörten Abluftführung ausgehen. Im Merkblatt 56 zur Erstellung von Immissionsprognosen [5] wird empfohlen, mittels vertikaler Linienquellen ohne Ansatz einer Abluffahnenüberhöhung diesen Gebäudeeinfluss zu berücksichtigen. Man muss aber sehr sauber trennen, was hier erfasst werden und was unberücksichtigt bleiben soll. Aufgrund des Punktmassenmodells kommt es immissionsseitig zu einer erheblichen Belastung des Quellenumfeldes, siehe Teil a) in **Abbildung 3**. Zunächst ist das Modellverhalten bezüglich des realen Konzentrationsinputs an der Quelle zu korrigieren, siehe Teil b) und c) in **Abbildung 3**. Die Unterschiede betragen in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Klimabedingungen im Jahresablauf 100 m und mehr. Wie man mit Gebäudeeinflüssen umgeht, sollte mit dem Strömungsansatz im Programm AUSTAL2000G geklärt werden. Wichtig bei den gezeigten Beispielen ist die Erkenntnis, dass man immer wieder zu Veränderungen der Quellenkonzentration kommt.

Vorverdünnungen

Die Reduzierung der Quellenkonzentration hat den größten Einfluss auf eine Minderung der Immissionskonzentration und damit auf die Wahrnehmbarkeit von Gerüchen im Stallumfeld. Der Effekt der Vorverdünnung wirkt sich umso stärker aus, je größer das Verhältnis der Fortluftmasse zur Abluftmasse ist (**Abbildung 4**). Die emittierte Masse an Geruchsstoffen bleibt zwar gleich, aber die Quellenkonzentration in der Fortluftebene wird gesenkt. Mit dem Volumenstromverhältnis ergibt die Anwendung der Kontinuitätsgleichung, dass die Fortluftkonzentration auf das 0,625-fache der Quellenkonzentration verdünnt

Abb. 3



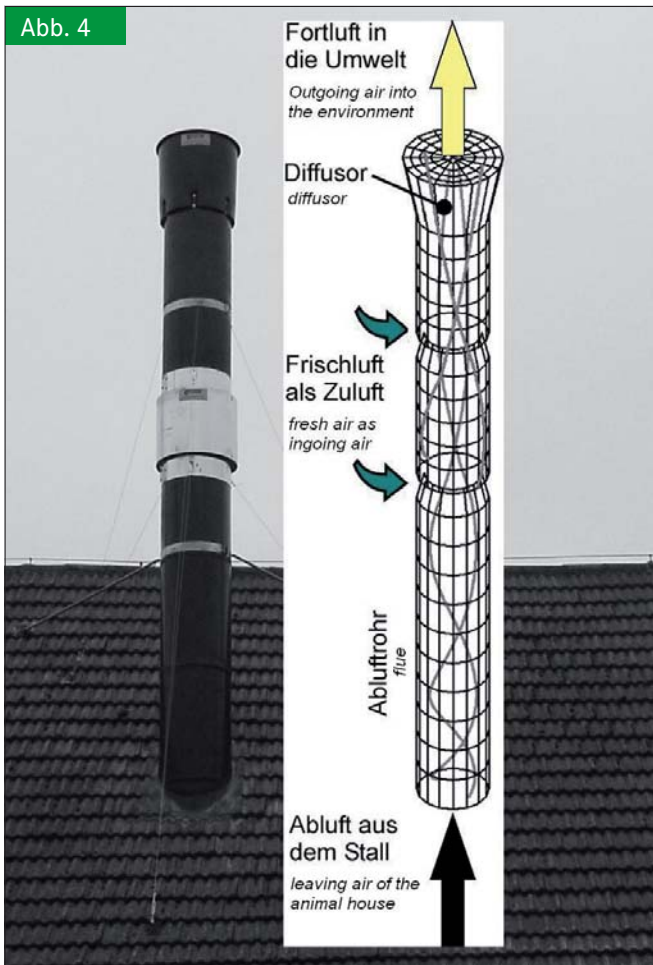
Gesamtimmissionsbelastung in Prozent der Jahresstunden nach GIRL-2008 bei unterschiedlichen Quellenkonstellationen:

a) bei 333 GE/s, b) 333 GE/s mit 350 GE/m³ und 6 m/s und c) 333 GE/s mit 259 GE/m³ bei 7,81 m/s. Im Fall a) verlaufen die Belastungsbereiche enger um die Tierhaltung als im Fall c)

Fig. 3: Total immission load in percent of hours of a year according to different source constellations:

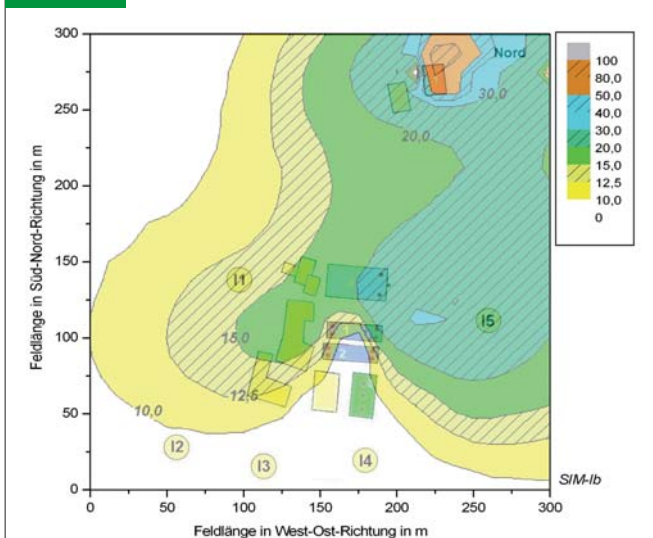
a) with 333 GE/s, b) 333 GE/s with 350 GE/m³ and 6 m/s and c) 333 G/s with 259 GE/m³ and 7.81 m/s. In case a) the load areas are much closer around the animal plant than in case c)

Abb. 4



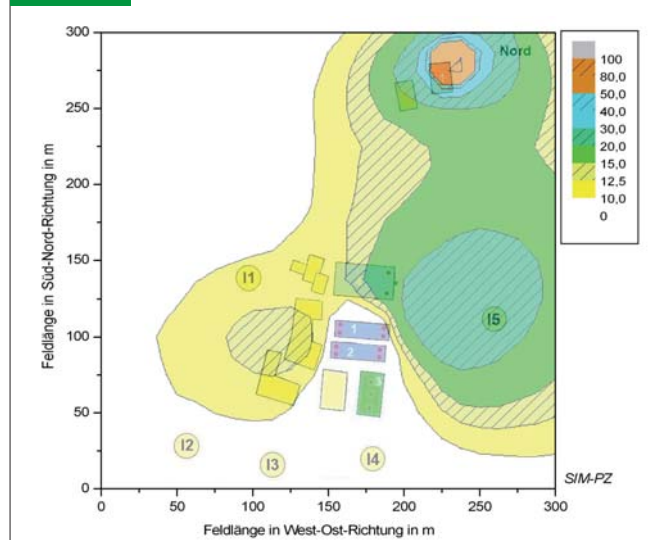
Realisation eines Abluftsystems (links) nach dem Wasserstrahlpumpenprinzip (rechts) mit Windschutz über dem radialen Ringschlitz
 Fig. 4: Realization of an exhaust system (left) according to the pump-principle of water jet (right) with wind protection over the radial suction slot

Abb. 5



Gesamtimmissionsbelastung in Prozent der Jahresstunden nach der GIRL ohne tierartspezifische Faktoren
 Fig. 5: Total immission load in percent of hours of a year according to GIRL without animal specific factors

Abb. 6



Gesamtimmissionsbelastung in Prozent der Jahresstunden nach der GIRL mit tierartspezifische Faktoren. Sämtliche Belastungsbereiche verlaufen enger um die Tierhaltungen im Vergleich mit der Belastungssituation ohne tierartspezifische Faktoren

Fig 6: Total immission load in percent of hours of a year according to GIRL with animal specific factors. All areas of loads are located closer to the animal plants in comparison with load situation without animal specific factors

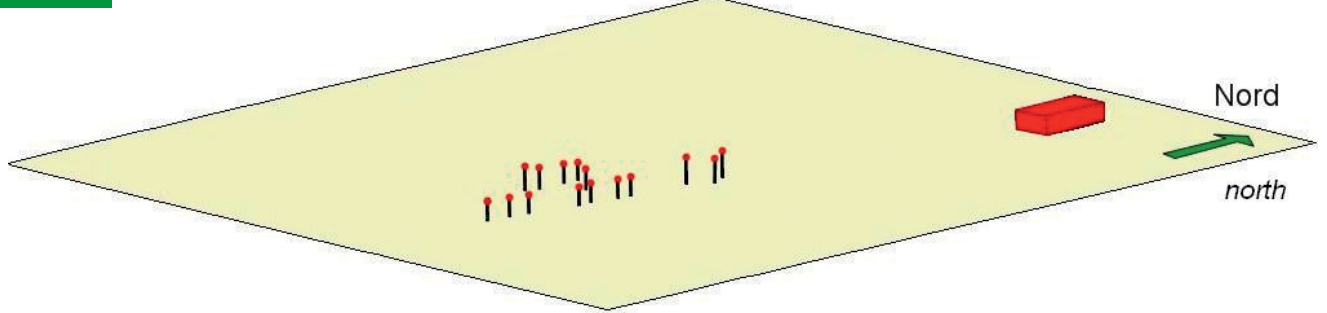
wird. Die Abluftkonzentration erfährt eine Reduzierung um 37,5 %. Bei Einsatz des Programmes AUSTAL2000G zur Überprüfung dieses Zusammenhanges fließt nur der Emissionsmassenstrom in die Berechnung mit ein, wobei im Ergebnis die Immissionsminderung, die durch die Vorverdünnung entsteht, unberücksichtigt bleibt.

Der Emissionsmassenstrom führt beim Programm AUSTAL2000G in der Prognostizierung nicht auf die durch die Vorverdünnung eintretenden Immissionsminderungen. Man kommt nur weiter, wenn man die Quellenkonzentration einbezieht und darüber auf die Abluftaustrittsgeschwindigkeit schließt.

Quellenumfeld im Fokus

Es wirken verschiedene landwirtschaftliche Tierhaltungsbetriebe mit ihren Geruchsemissionen auf das Umfeld ein. Es ist zu prüfen, ob an den Immissionsorten I1 bis I5 noch gesunde Wohnverhältnisse vorliegen, wenn beim bildmittigen Betrieb ein zusätzlicher Stall mit 1 300 Mastschweinen unter Verwendung einer partiellen Filterung errichtet wird. **Abbildung 5** und **6** liefern Ergebnisse ohne und mit tierartspezifischen Faktoren. In **Abbildung 7** ist das Ausgangsszenario dargestellt, das von der Realität mit Baumbeständen (**Abbildung 8**) stark abweicht. Wenn Gegebenheiten vernachlässigt werden bzw. erst gar nicht in einem Rechenprogramm darstellbar sind, sprechen dessen Verfechter von einer „konservativen Lösung“. Die Immissionsbelastungen liegen beim Immissionsort I1 zwischen 12,5 und 15 % der Jahresstunden. Die Erweiterungsmaßnahme ist durchaus zulässig. Unter Verwendung der tierartspezi-

Abb. 7



Es sind nur noch Punktquellen und eine Volumenquelle vorhanden. Die Punktquellen befinden sich am Kopfende der senkrechten Schächte, die nur zur Lagemarkierung dienen

Fig. 7: Only point sources and a volume source exist. The point sources are located at the head ends of vertical shafts, serving as position markers

Abb. 8



Umgebungsformen (Grüne Wand) im Nahbereich der Quellen, die unbeachtet bleiben

Fig. 8: Neighbourhood formations in the vicinity of sources (here, a "green wall") that remain unnoticed

fischen Faktoren sinkt der Belastungswert auf einen Bereich zwischen 10 und 12,5 %. Man erreicht diese Darstellung auch durch eine Reduzierung der Anfangskonzentrationen der beteiligten Tierhaltungen.

Schlussfolgerungen

Auf der Emissionsseite liegen unter anderem die per Olfaktometrie erhobenen Geruchsstoffkonzentrationen als Messwerte vor. Das u. a. vom Umweltbundesamt (UBA) geförderte Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 macht davon allerdings nicht Gebrauch und hebt nur auf den Emissionsmassenstrom ab. Da dieses Modell von der Emissionsseite direkt zur Immissionsseite führt, werden Fehler, wie sie zweifelsfrei in Gebäudenähe auftreten, nicht dem Ausbreitungsprogramm angelastet, sondern im Rahmen eines weitgehenden Pragmatismus mittels vermeintlicher Ersatzsysteme kaschiert und damit auf die Emissionsseite abgewälzt. Wenn man mit tierartspezifischen Korrekturen Einfluss auf die Immissionsseite nimmt, trennt man die Kausalitätskette von der Emission über die Transmission zur Immission und überlässt damit die Bewertung der Immissionsbelastungen willkürlichen Eingriffen. Die Rahmensetzung für die Zulässigkeit von Belastungen ist nicht Aufgabe der Simulationstechnik, wohl aber müssen von außen eingebrachte Wertungen hinsichtlich ihrer kausalanalytischen Einbindung auf ihre Sinnfälligkeit geprüft werden. Die tierartspezifischen Korrekturfaktoren schmälern die einzubringende Quellenkonzentration auf der Emissionsseite im Sinne einer Hedonikwichtung. Wenn also Unzulänglichkeiten

abgefedert werden sollen, dann müssen diese auf der Emissionsseite über nachvollziehbare Korrekturen eingebracht werden:

$$\dot{M}_{0,eff} = \dot{M}_0 (f_{Tierartspez.} + f_{Strukturen} + f_{Quellenkonz.}) \quad (Gl. 4)$$

Der effektive Emissionsmassenstrom bei landwirtschaftlichen Quellen ist gegenüber demjenigen, der im einfachsten Fall über den spezifischen Massenstrom und die Tiermasse errechnet wird, um die Faktoren

- Tierartspezifik,
- unzulängliche Strukturerefassung (insbesondere Hindernisse und Bewuchs) und generell
- Konzentrationsberücksichtigung

zu korrigieren, damit das Programm in der Landwirtschaft überhaupt sinnvoll einsetzbar ist.

Literatur

- [1] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft (LAI): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie, GIRL). www.hlug.de/service/download/luft/LAI-GIRL_2008_mit_Ergaenzung-10082008.pdf, Zugriff am 29.09.2008
- [2] Krause, K.-H. und A. Munack: Tierartspezifische Korrekturen in der GIRL falsch platziert - Vorschläge für eine Neufassung. Landtechnik 64 (2009), H. 4, S. 276-280
- [3] Janicke, L. und U. Janicke: Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, 2003. Ibj/Ij: austal2000/doc/report/public-2003-02-11, Zugriff am 15.03.2010
- [4] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24.07.2002. www.bmu.de/luftreinhaltung/ta_luft/doc/2594.php, Zugriff am 15.03.2010
- [5] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Leitfaden zur Erstellung von Immissionsprognosen mit AUSTAL2000 in Genehmigungsverfahren nach TA Luft und der Geruchsimmissions-Richtlinie. Merkblatt 56, 2006

Autoren

Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik im Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: karlheinz.krause@vti.bund.de

Prof. Dr.-Ing. Axel Munack ist Institutsleiter des Instituts für Agrartechnologie und Biosystemtechnik im vTI, E-Mail: axel.munack@vti.bund.de