

Hans-Joachim Müller und Heiko Krehl, Potsdam-Bornim

## Windkanalversuche

### Ausbreitung luftgetragener Substanzen in der Umgebung von Stallanlagen

**Die Emission von Gerüchen aus Ställen kann in der Umgebung zu Belästigungen führen. Deshalb sind Mindestabstände zwischen Stall und Wohngebäude einzuhalten. Praxisuntersuchungen zur Bestimmung dieser Abstände können sinnvoll durch systematische Messungen an Modellen im Windkanal ergänzt werden.**

Tiergerechtes Stallklima, die Erhaltung der Bausubstanz sowie die Gewährleistung guter Arbeitsbedingungen erfordern die Lüftung von Stallgebäuden. Infolge der Lüftung kommt es zur Emission von Gerüchen, Gasen, Staub und Keimen. Da Gerüche in der Umgebung von Tierhaltungen zu Belästigungen führen können, sind Mindestabstände zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung einzuhalten. Zur Festlegung dieser Abstände, beispielsweise bei Genehmigungsverfahren, werden unter anderem die VDI-Richtlinien 3471 und 3472 [1, 2] herangezogen. Diese Richtlinien werden gegenwärtig überarbeitet und sollen auf andere Tierarten erweitert werden. Das macht im Zusammenhang mit wesentlich geänderten Bedingungen für die Tierhaltung und den damit verbundenen neuen technischen Lösungen grundlegende Untersuchungen zu den Geruchsemissionen und zum Ausbreitungsverhalten in der Atmosphäre notwendig. Dabei stellen Modellversuche im Windkanal eine wichtige Ergänzung zu den Praxismessungen dar. Während in der Praxis die Geruchsemissionen und -immissionen quantitativ unter vorgegebenen Bedingungen ermittelt werden können, bieten Modellversuche die Möglichkeit der systematischen Untersuchung von solchen Einflußgrößen wie Windgeschwindigkeit und Anströmrichtung des Stallgebäudes.

#### Modellversuche im Windkanal

Modellversuche haben den Vorteil, daß man mit relativ geringem Zeitaufwand und materiellem Aufwand interessieren-

de Einflußgrößen auf den Ausbreitungsmechanismus in der Atmosphäre untersuchen kann. So können beispielsweise im Vergleich zur Praxis die Windgeschwindigkeit und die Anströmrichtung des Gebäudes systematisch variiert und während des Meßvorgangs konstant gehalten werden. Die Form des Gebäudes sowie Anordnung und Gestalt der Fortluftöffnungen lassen sich schnell und einfach ändern. Sogar die Geländestruktur einschließlich Bebauung und Bepflanzung lassen sich in bestimmten Grenzen nachbilden und variieren.

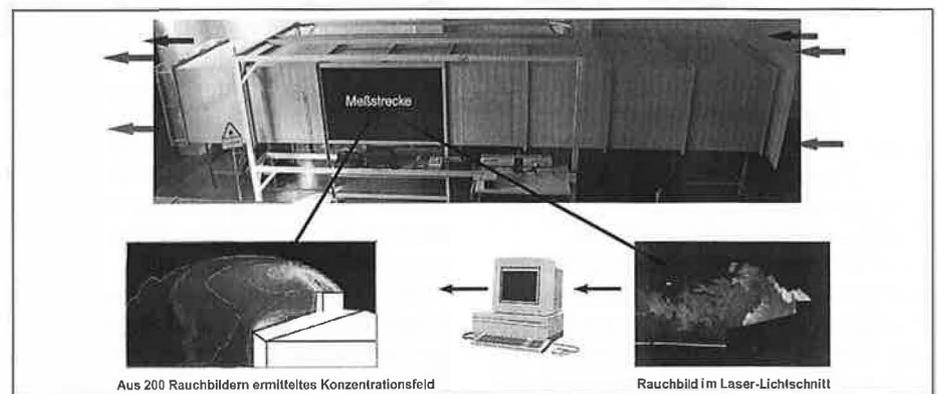


Bild 1: Grenzschichtwindkanal des ATB mit Laser-Lichtschnitt-Technik

Fig. 1: Boundary layer wind tunnel of the ATB with laser light sheet method

Das Problem der Modellversuche liegt in der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Großausführung. Die Übertragung liefert nur dann zuverlässige Ergebnisse, wenn bei der physikalischen Modellierung die natürlichen Verhältnisse hinreichend genau nachgebildet und die Ähnlichkeitsgesetze beachtet werden. Nach [3] ist bei der physikalischen Modellierung von Geruchsausbreitungsvorgängen besonders auf die Nachbildung des bodennahen Windfelds zu achten. Das gilt vor allem für die folgenden Parameter:

- Profil der zeitlich gemittelten Windgeschwindigkeit über der Höhe
  - Turbulenzintensität
  - integrales Längenmaß der Turbulenz
  - Spektraldichteverteilung der Turbulenz
- Weitere zu beachtende Ähnlichkeitskriterien sind:
- Reynoldszahl (Gebäudeumströmung)
  - geometrischer Maßstab
  - Zeitmaßstab
  - Impulsstromdichteverhältnis

(Emissionsstrom/Außenluftstrom)

- Froudezahl (nichtisotherme Bedingungen)

Der vom ATB verwendete Windkanal ist in Bild 1 dargestellt. Mit Hilfe von sechs drehzahlgesteuerten Ventilatoren wird die Luft durch den Kanal (2,00 m • 1,25 m) gesaugt. Windgeschwindigkeiten bis zu 5 m/s sind erreichbar. Die Modelle werden auf eine Drehscheibe gestellt, so daß sich die Windanströmrichtung variieren läßt. Zur Einstellung des Windprofils ist ein verstellbares Gitter installiert. Der Einbau weiterer Turbulenzgeneratoren (sogenannter Spires) und Bodenrauigkeiten ist vorgesehen. Hinter der Eintrittsdüse in den Kanal ist ein Strömungsgleichrichter eingebaut.

Die Ausmessung des Geschwindigkeitsfeldes erfolgt mit dem Hitzdrahtanemometer „StreamLine“ der Firma Dantec mit Ein- bis Dreidrahtsonden. Die Sonde wird mit einem Traversiersystem automatisch positioniert.

Die Sichtbarmachung der Strömung erfolgt im Laser-Lichtschnitt [4] durch Zugabe von Partikeln (Zerstäubung Glycerin-Wasser-Gemisch). So kann die Luftströmung in ihrem Bewegungsablauf beobachtet und mit Hilfe eines Fotoapparats, einer Video- oder CCD-Kamera festgehalten werden. Die CCD-Kamera ist an ein Bilderfassungs- und Verarbeitungssystem angeschlossen. Die „Graustufenbilder“ können damit weiter analysiert und verrechnet werden. Nach entsprechenden Korrekturen lassen sich Konzentrationsfelder darstellen.

#### Ausgewählte Ergebnisse

Die Einzelaufnahme im Bild 1 rechts unten läßt die turbulente Struktur der Strömung erkennen. Im Video, also im Bewegungsablauf, kann der Vermischungs- und Ausbreitungsvorgang veranschaulicht und somit verständlich gemacht werden. Durch Auswertung einzelner Bildpunkte können die Fluktuationen der

Dr.-Ing. Hans-Joachim Müller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl.-Ing. (FH) Heiko Krehl ist wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter im Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB; Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zanke), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim, e-mail: hmueller@atb.uni-potsdam.de

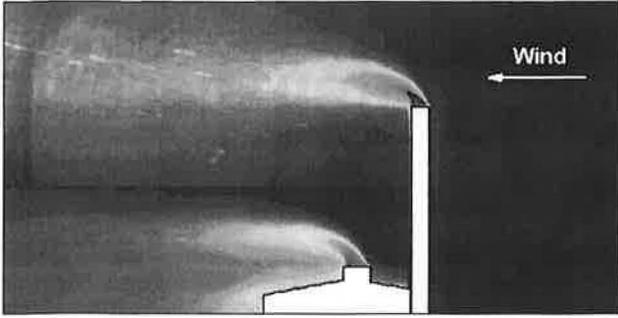


Fig. 2: Diffusion of emissions - comparison between building (height 6.5 m) and stack (height 30 m) - wind tunnel experiments with scaled models

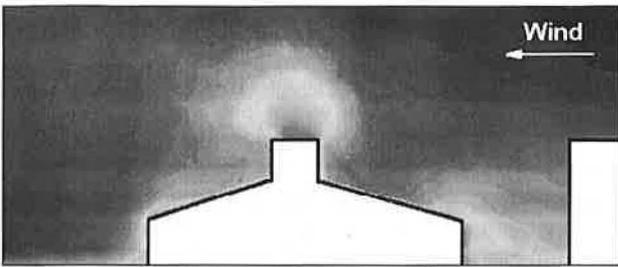


Fig. 3: Laser light sheet frame of gravity-ventilated livestock building and monostack - built on upwind side

Konzentration ermittelt werden.

Summiert man mehrere hundert Bilder, dann erhält man durch Mittelwertbildung eine mittlere Konzentrationsverteilung (Bild 1, links unten). Mit Hilfe dieser Darstellung läßt sich eine erste Bewertung von Ausbreitungsvorgängen vornehmen.

Der Vergleich im Bild 2 zwischen einem Industrieschornstein und einem frei gelüfteten Stallgebäude macht prinzipielle Unterschiede sichtbar. Während die Emissionen des Schornsteins sehr weit transportiert werden müssen, bevor sie den Boden erreichen, erfolgt beim Stallgebäude im Leegebiet eine intensive Vermischung zwischen Fortluft und Umgebungsluft sowie eine bodennahe Ausbreitung.

Strömungshindernisse auf der Luvseite (Bild 3) führen zu einer weiteren Vorverdünnung der Geruchsstoffe.

Im Bild 4 ist schließlich ein Vergleich verschiedener Fortluftführungen gegeben. Das Ausblasen der Fortluft auf den Boden (Bild 4 oben) bewirkt im Zusammenhang mit einem bepflanzten Wall eine intensive Geruchsverdünnung im Nahbereich eines Stalls. Fortluftschächte, wie im Bild 4 unten, führen zu einer schmalen Fahne. Die Emissionen gelangen also erst in größerer Entfernung wieder in den Bodenbereich.

### Schlußfolgerungen

Windkanaluntersuchungen zum Ausbreitungsverhalten von Gerüchen können dann eine wichtige Ergänzung zu Praxisversuchen sein, wenn die Windverhältnisse den natürlichen hinreichend gut nachgebildet werden und die Ähnlichkeitskri-

Bild 2: Ausbreitung von Emissionen – Vergleich zwischen Stallgebäude (Höhe 6,5 m) und Schornstein (Höhe 30 m) – Modellversuche im Windkanal

Bild 3: Laser-Lichtschnitt-Aufnahme bei einem freigelüfteten Stall mit Monoschacht – luvseitige Bebauung

terien eingehalten werden. Neben den mittleren Größen sind die Schwankungsgrößen mit zu erfassen. Dementsprechend muß die Meßtechnik und die Kanalgröße gewählt werden. Hinsichtlich der Geschwindigkeit liefert die Hitzdrahtmeßtechnik gute Ergebnisse.

Zur Sichtbarmachung der Strömung und zur Bestimmung von Konzentrationsfeldern kann die Laser-Lichtschnitt-Technik verwendet werden. Mit Hilfe gemittelter Bilder der Ausbreitungsfahnen lassen sich unterschiedliche Fortluftführungen und der Einfluß von Bebauungen und Bepflanzungen bewerten.

### Literatur

- [1] N. N.: VDI 3471, Emissionsminderung – Schweine. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, 06.86
- [2] N. N.: VDI 3472, Emissionsminderung – Hühner. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, 06.86
- [3] Leith, B. und M. Schatzmann: Physikalische Modellierung von Geruchsausbreitungsvorgängen in Grenzschichtwindkanälen. Tagung Gerüche in der Umwelt. Bad Kissingen, 4. bis 6. März 1998, VDI-Berichte 1373, S. 237-248
- [4] Müller, H.-J.: Laser-Lichtschnitt-Methode – Anwendung bei der Untersuchung von Emissionen und Immissionen in der Tierhaltung. Landtechnik 51 (1996), H. 1, S. 22-23

### Schlüsselwörter

Stallgebäude, Luftströmung, Geruch, Windkanal

### Keywords

Livestock building, air flow, odour, wind tunnel

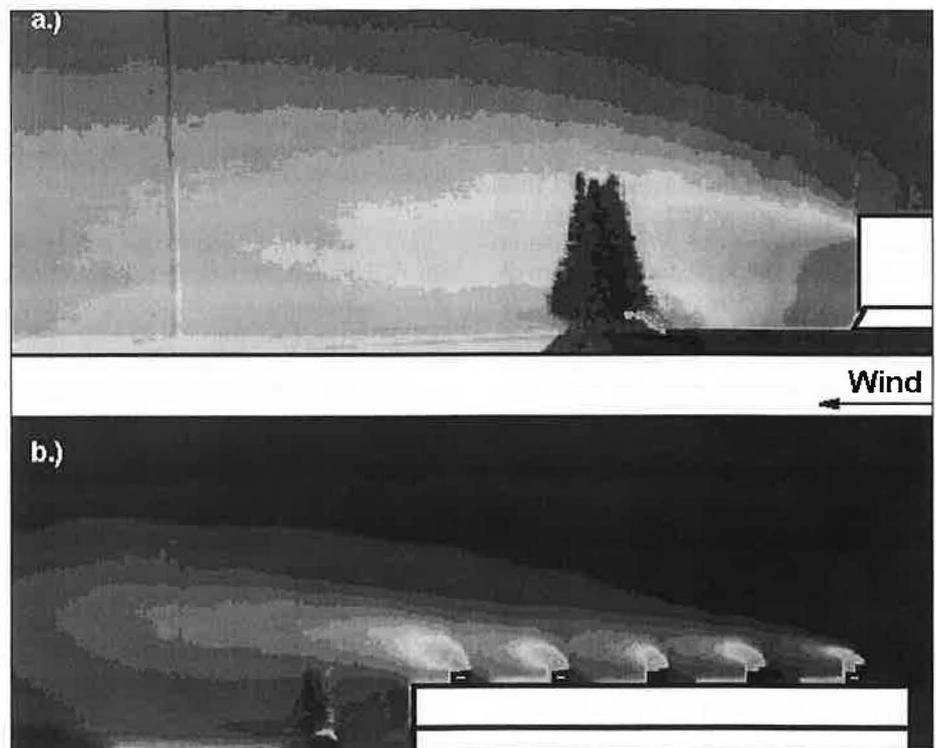


Bild 4: Laser-Lichtschnitt-Aufnahme bei zwangsbelüfteten Ställen – Längsanströmung, Wall um den Stall aufgeschüttet und bepflanzt; oben: giebelseitige Fortlufthaube – auf den Boden ausblasend; unten: Fortluftschächte 1,5 m über Dach

Fig. 4: Laser light sheet frame of a forced ventilated livestock building - airflow parallel to ridge - additional barriers upwind and downwind with vegetative windbreaks on top of them - above: exhaust air bonnet at the gable - waste air guided towards the ground - below: exhaust air stacks 1.5 m above ridge