

Literatur

- 1/ Beer, M. / A. Heißner / G. Vogel: Bestimmung des Luftaustausches im geschlossenen Gewächshaus aus Glas oder glasfaserverstärktem Polyester. Dt. Agrartechnik 15 (1965) H. 4, S. 166—170.
- 2/ Maltry, W.: Messungen an landwirtschaftlichen Belüftungsanlagen mittels radioaktiver Nuklide. Wiss. Zeitschr. d. TU Dresden 16 (1967) H. 4, S. 1119—1122.
- 3/ Beer, M. / W. Helbig / H. Rettig: Bewegungsuntersuchungen mit radioaktiv markierten Stoffen. Dt. Agrartechnik 18 (1968) H. 6, S. 304—305.
- 4/ Rettig, H. / G. Suckow: Bestimmung des Gasaustausches an Gärlutterbehältern. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 10, S. 477—479.
- 5/ Helbig, W. / E. Scherping: Messungen der Teilchengeschwindigkeit in Rohrleitungen von Fördergebläsen. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 10, S. 469—471.
- 6/ Rettig, H. / E. Kuhn / H.-G. Kirschbaum: Bestimmung von Luftwechsellzahlen in Boxpaletten. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 7, S. 323—325.
- 7/ Pippel, W.: Bestimmung der Rührstufenzahl aus mit radioaktiven Nukliden gemessenen Verweilzeitspektren. Isotopenpraxis 2 (1966) H. 3, S. 136—140.
- 8/ van Krewelen, W.: Fortschritte in den Kenntnissen der technischen Reaktionsführung. Chem.-Ing.-Techn. 30 (1958), Nr. 9, S. 553 bis 559.
- 9/ Rettig, H.: Luftwechsellzahlmessung in landwirtschaftlichen Produktionsanlagen. Untersuchungsbericht IfM 1970.
- 10/ Fuchs, H.: Luftwechsellzahlmessungen in der Kälberaufzuchtanlage der LPG „Karl Marx“ Neekes. Untersuchungsbericht IfM 1973.
- 11/ Rettig, H.: Untersuchung des physikalischen Gasaustausches an Konservierungsbehältern. Diss. AdL Berlin 1973. A 9484

Verweilzeitmessungen an Lüftungstechnischen Modellen

Dipl.-Ing. H.-J. Müller, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Die Beherrschung des Stallklimas, das einen hohen Einfluß auf die tierische Leistung ausübt, gewinnt bei der Anwendung industriemäßiger Produktionsmethoden immer mehr an Bedeutung.

Aufgabe der Klimagegestaltung ist, für jede Tierart die geforderten Klimaparameter

- Temperatur
 - relative Feuchtigkeit
 - Schadstoffkonzentration
 - Geschwindigkeit
- zu gewährleisten.

Aufgrund von an sich bekannten Bilanzrechnungen lassen sich Frischluftförderstrom, Heizleistung und Wasserbedarf (z. B. für Befeuchtung) berechnen /1/. Bei diesen Berechnungen wird vorausgesetzt, daß sich die zugeführte Luft (Zuluft) im Stall ideal mit der Stallluft vermischt.

Diese ideale Durchmischung wird in der Praxis nicht erreicht. Das bedeutet, daß in den Stallanlagen die bei der Berechnung angenommenen Klimaparameter im Tierbereich nicht eingehalten werden.

Wie gut sich die Zuluft mit der Stallluft vermischt, hängt von der Luftführung bzw. von der Raumströmung ab.

Die gemessenen klimatischen Verhältnisse in Praxisanlagen zeigen, daß diese Fragen der Luftführung noch nicht umfassend beherrscht werden. Es sind Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet notwendig, um entsprechende Berechnungsgrundlagen für die Projektierung zu erarbeiten.

Ausgangspunkt für die Berechnung der Temperatur-, Konzentrations- und Geschwindigkeitsfelder sind folgende Gleichungen:

Verwendete Formelzeichen

c	Vol-%	Konzentration
c ₀	Vol-%	Anfangskonzentration
l	m	Länge
i	$\frac{\text{kgm}}{\text{h}^2}$	Impulsstrom des Strahls
\dot{V}	m ³ /h	Frischluftstrom
V	m ³	Raumvolumen
w _{ab}	m/s	Abluftgeschwindigkeit
w _{zu}	m/s	Zuluftgeschwindigkeit
α	h ⁻¹	Luftwechsellkoeffizient
t	s	Zeit

- Kontinuitätsgleichung
- Bewegungsgleichung
- Gleichung des Wärmetransportes
- Gleichung des Stofftransportes

Die bei der Stalllüftung auftretenden Randbedingungen lassen eine rein analytische Lösung z. Z. nicht zu. Deshalb muß auf dem Gebiet der Raumströmung auf das Experiment zurückgegriffen werden.

Untersuchungen in Praxisanlagen erfordern einen hohen Aufwand an Zeit und Material. Sie können daher nur in beschränktem Umfang durchgeführt werden. Modellversuche haben den Vorteil, daß sie mit geringem Zeit- und Materialaufwand angestellt werden können. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse vom Modell auf die Großausführung muß gewährleistet sein.

Im IfM Potsdam-Bornim wurde ein Modellversuchsstand eingerichtet, der den Bedingungen des Stallbaus entspricht und verallgemeinerungsfähige Schlußfolgerungen zuläßt.

2. Meßmethode

Die Raumströmung bestimmt wesentlich die Güte des Stallklimas. Sie ist eine Überlagerung von natürlichen (thermische Strömungen) und erzwungenen (Zuluftstrahlen) Luftbewegungen. An dieser Luftbewegung nehmen Dämpfe, Gase, Wärme und feinste Staubteilchen teil. Es bilden sich Temperatur-, Konzentrations- und Geschwindigkeitsfelder aus.

Zur Untersuchung der genannten Transportvorgänge eignet sich die Indikatorermethode. Sie beruht darauf, daß die Luft durch ein Indikatorgas stoß- oder sprungförmig markiert und die Konzentration dieses Gases in Abhängigkeit von der Zeit an interessierenden Stellen gemessen wird.

Die Konzentration fällt exponentiell als Funktion der Zeit ab, setzt man ideale Durchmischung des Raums voraus, d. h. wendet man das Modell des idealen kontinuierlichen Mischers an.

$$c = c_0 \exp(-\alpha t)$$

Der Faktor im Exponenten wird als Luftwechsellkoeffizient bezeichnet. Er berechnet sich aus dem Frischluftstrom \dot{V} und dem Volumen V:

$$\alpha = \frac{\dot{V}}{V}$$

In Analogie zur Regelungstechnik stellt der ideale kontinuierliche Mischer ein Verzögerungsglied 1. Ordnung mit der Zeitkonstante $1/\alpha$ dar.

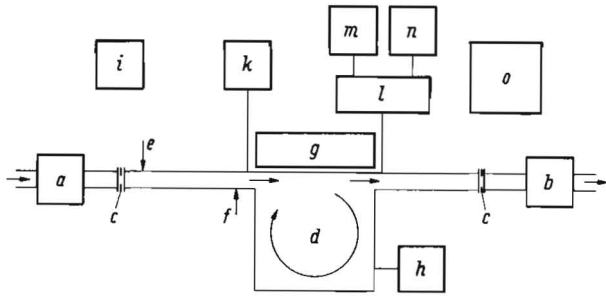


Bild 1. Schema des Modellversuchsstands

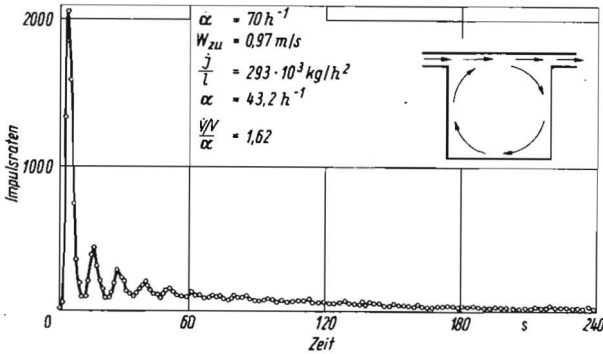


Bild 2. Gemessene Antwortfunktion auf eine Stoßmarkierung bei großem Strahlimpuls

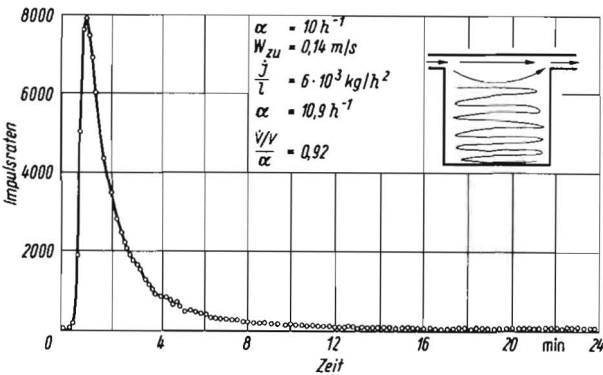


Bild 3. Gemessene Antwortfunktion auf eine Stoßmarkierung bei geringem Strahlimpuls

Als Indikatoren kommen Kohlendioxid, Wasserdampf, Wasserstoff, Lachgas, radioaktive Gase usw. in Frage.

Als radioaktiver Indikator ist Krypton 85 besonders geeignet [2].

3. Modellversuche

3.1. Aufbau des Versuchsstands

Durch Einhaltung der Modellgesetze wird die Übertragbarkeit vom Original auf das Modell und umgekehrt gewährleistet. Einhaltung der Modellgesetze bedeutet Einhaltung der Ähnlichkeitskennzahlen. Es können jedoch nicht alle Ähnlichkeitskennzahlen gleichzeitig eingehalten werden, da sich einige widersprechen. Die Modellähnlichkeit ist aber auch dann weitgehend gewährleistet, wenn nur die maßgeblichen Kennzahlen eingehalten werden [3/ 4/ 5].

Für die Raumströmung sind laut Literaturstudium die Reynoldszahl für den isothermen Fall und die Archimedeszahl

für den nichtisothermen Fall die maßgeblichen Kennzahlen Grundvoraussetzung ist in jedem Fall die geometrische Ähnlichkeit. Die Abmessungen des Modells sind deshalb so gewählt, daß sie denen von Stallbauten entsprechen (Bild 1). Der Modellraum ist als Kastenmodell ausgeführt. Die interessierenden Parameter (Luftgeschwindigkeit, Raumgeometrie, Lage der Zu- und Abluftöffnungen, thermische Bedingungen und technologische Einbauten) lassen sich variieren und messen. Mit Hilfe des Lüfters *a* wird die Luft in den Modellraum *d* eingeblasen. Der Lüfter *b* saugt die Luft aus dem Modellraum ab. An den Meßblenden *c* wird der Luftstrom gemessen. Zur Sichtbarmachung der Strömung wird an der Stelle *f* Rauch eingeblasen. Die Lampe *g* dient zur Beleuchtung. Das Licht fällt durch einen Spalt in den Modellraum ein und macht bei Rauchzugabe die Strömungsvorgänge besser sichtbar. An der Stelle *e* wird die Zuluft mit Krypton 85 markiert. Eine akustische Anzeige *k* signalisiert den Eintritt der markierten Zuluft in den Modellraum. An der Abluftseite werden mit 5 Glockenzählrohren und mit dem Zählgerät *l* die Impulsraten gezählt. An das Zählgerät sind der Drucker *m* und der Locher *n* angeschlossen. So wird das Ergebnis gedruckt und gleichzeitig in einen Lochstreifen eingestanzt. Die radioaktiven Messungen werden durch Messungen des CO₂-Gehaltes mit dem Gerät Infralyt 0 ergänzt. Die Luftproben werden an verschiedenen Stellen kontinuierlich abgesaugt. Mit der CO₂-Flasche *h* kann dem Modellraum kontinuierlich CO₂ zugeführt werden. Außerdem können mit Hilfe eines Kompensationsbandschreibers *i* Temperaturen über Thermoelemente gemessen werden. Diese Messung ist besonders für nichtisotherme Verhältnisse vorgesehen.

Zur Nachbildung der Wärmeabgabe von Tieren werden elektrische Heizelemente verwendet.

3.2. Auswertemethode

Zur Ermittlung des Wärme- und Stofftransportvorgangs ist eine große Anzahl von Meßreihen erforderlich. Es fallen eine Vielzahl von Einzelmeßwerten an, die nur mit Hilfe der EDV rationell ausgewertet werden können. Durch die vom Drucker *m* (Bild 1) ausgedruckten Zahlenwerte erhält man bereits während des Versuches einen Überblick über den Verlauf der Antwortfunktion. Parallel zu den gedruckten Werten erhält man durch den Locher *n* einen Lochstreifen, der direkt auf dem Rechner weiter verarbeitet werden kann, so daß keinerlei manuelle Auswertearbeit notwendig ist.

Auf dem institutseigenen Kleinrechner SER 2d wird aus den gemessenen Werten der Luftwechselfoeffizient bestimmt. Außerdem dient der Lochstreifen dazu, den Verlauf der Antwortfunktion mit Hilfe eines x-y-Schreibers automatisch aufzuzeichnen (MMM-Entwicklung des IfM). Dadurch wird eine wesentliche Arbeitserleichterung errichtet.

Aus der so gewonnenen grafischen Darstellung lassen sich anschaulich Rückschlüsse auf die Stofftransportvorgänge ziehen.

Die fotografisch aufgenommenen Strömungsbilder werden zur Bewertung und Beurteilung mit herangezogen.

3.3. Ergebnisse

Es hat sich als sinnvoll herausgestellt, die Zuluft impulsförmig zu markieren und am Austritt die Impulsantwort zu messen.

Bei den bisher durchgeführten Messungen betrug das Verhältnis von Höhe zu Breite des Modells 1 : 1 bzw. 1 : 4 und die Anordnung von Zu- und Abluftöffnungen entsprach der im Bild 1.

In den Bildern 2 und 3 sind Beispiele für gemessene Antwortfunktionen gezeigt. Der Konzentrationsverlauf im Bild 2 enthält eine gedämpfte Schwingung. Das läßt sich wie folgt erklären:

Ein Teil der Frischluft schießt vom Eintritt zum Austritt durch und ein Teil wird in den Raumwirbel eingemischt. Die Impulsmarkierung vermischt sich mit der Raumluft und

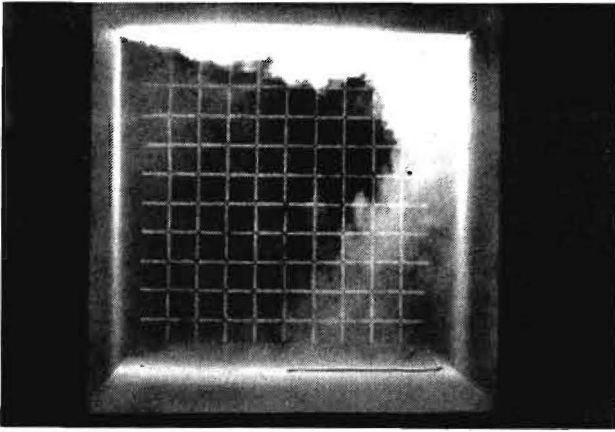


Bild 4. Fotografisch aufgenommene Strömung zu Bild 2

demzufolge wird die Amplitude der Schwingung kleiner. Die Schwingungsdauer entspricht der mittleren Umlaufzeit des Wirbels. Bei niedrigen Eintrittsgeschwindigkeiten kommt es nicht zur Ausbildung eines Raumwirbels, und es tritt demzufolge keine Schwingung im Konzentrationsverlauf auf (Bild 3). Die zugeführte Luft bewegt sich langsam zur Abluftöffnung. Es wird nur ein geringer Teil in den Raum eingemischt. Die Bilder 4 und 5 zeigen die fotografisch aufgenommenen Strömungsbilder zu den entsprechenden Versuchen von Bild 2 und 3.

Die aus den gemessenen Konzentrationsverläufen ermittelten Luftwechsellkoeffizienten α wurden mit dem berechneten Verhältnis $\frac{\dot{V}}{V}$ (aus der Blendenmessung) verglichen. Der Wert kann sowohl größer als auch kleiner sein als das Verhältnis $\frac{\dot{V}}{V}$. Dividiert man das Verhältnis $\frac{\dot{V}}{V}$ durch α , dann erhält man eine Kennzahl, die im Zusammenhang mit dem Strömungsbild eine Beurteilung des Lüftungssystems zuläßt.

Es wurden auch Versuche mit Versperrungselementen im Tierbereich durchgeführt. Durch die Versperrungen verschlechterte sich die Durchströmung des Raums. Zur Überprüfung der Modellähnlichkeit sind noch weitere spezielle Versuche vorgesehen. Es muß überprüft werden, ob es neben der Re-Zahl und der Ar-Zahl noch andere Kriterien gibt, die bei der Übertragung der Stofftransportvorgänge von Bedeutung sind.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Durch den Übergang zur industriemäßigen Tierproduktion werden an die Klimagegestaltung hohe Anforderungen gestellt. Die Raumströmung spielt bei der Klimagegestaltung eine große Rolle. Auf der Basis von modelltechnischen Untersuchungen sollen Voraussetzungen für Berechnungsgrundlagen geschaffen werden.

Als eine vorteilhafte Meßmethode hat sich die Indikatormeßmethode mit Krypton 85 als Indikator erwiesen.

Aus den ersten Meßergebnissen können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- die Messung der Impulsantwort am Austritt des lüftungstechnischen Modells erlaubt im Zusammenhang mit dem Strömungsbild quantitative und qualitative Aussagen über die Durchströmung des Raums
- die Eigenschaften des idealen Mischers werden nicht erreicht
- die aus der Bilanzrechnung ermittelten Luftmengen müssen erhöht werden, um im Tierbereich die geforderten Klimaparameter einzuhalten

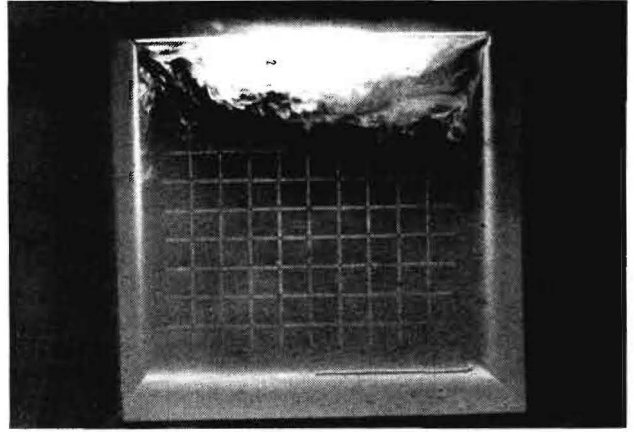


Bild 5. Fotografisch aufgenommene Strömung zu Bild 3

— bei der Strahl Lüftung ist ein Mindeststrahlimpuls zu gewährleisten

— Versperrungen quer zur Strömungsrichtung müssen nach Möglichkeit vermieden werden

Es sind weitere Versuche notwendig, um verallgemeinerungsfähige, für die Praxis anwendungsreife Aussagen machen zu können.

Literatur

- 1/ Autorenkollektiv: Stalllüftung — Berechnungsgrundlagen. IML Potsdam-Bornim 1971.
- 2/ Beer, M. / A. Heissner / G. Vogel: Bestimmung des Luftaustausches im geschlossenen Gewächshaus aus Glas oder glasfaserverstärktem Polyester. Dt. Agrartechnik 15 (1965) H. 4, S. 166—170.
- 3/ Müllejjans, H.: Über die Ähnlichkeit der nichtisothermen Strömung und den Wärmeübergang in Räumen mit Strahl Lüftung. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag 1966.
- 4/ Petzold, K. / H. Schwenke: Luftführung in Stallbauten — Das Verhalten ebener horizontaler Zuluftstrahlen im begrenzten Raum. Unveröffentlichter Fachbericht Nr. FB 112/72. TU Dresden, Sektion Architektur, Gebiet Bauklimatik.
- 5/ Weinhold, K.: Modelluntersuchungen, ein Mittel zur Lösung komplizierter Raumströmungsprobleme bei der Projektierung lufttechnischer Anlagen. Luft- und Kältetechnik (1967) H. 3, S. 104—108.

A 9473

5. Wissenschaftlich-Technische Tagung „Landtechnisches Instandhaltungswesen“

Die wissenschaftliche Sektion „Erhaltung landtechnischer Arbeitsmittel“ des FV Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der KDT führt vom 4. bis 5. Dezember 1974 in Neubrandenburg die 5. Wissenschaftlich-Technische Tagung „Landtechnisches Instandhaltungswesen“ mit internationaler Beteiligung durch. Außer den Fachleuten des Inlands werden Spezialisten aus der UdSSR, der CSSR, der VR Bulgariens, der VR Polen und aus der Ungarischen VR über derzeitige und perspektivische Probleme der Technik, Technologie und Ökonomie des landtechnischen Instandhaltungswesens informieren.

Vorgesehen sind eine Plenarveranstaltung und Vortragsreihen folgender Fachgruppen

- Pflege, Wartung, Technische Diagnostik
- Spezialisierte Instandsetzung von Großmaschinen und Baugruppen
- Instandsetzung von Einzelteilen
- Instandsetzung von Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion
- Instandhaltungsgerechte Konstruktion.

Weitere Informationen erteilt das Sekretariat des FV Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der KDT, 108 Berlin, Clara-Zetkin-Str. 115/117.

AK 9510