

(100% - 99,99%) auftritt, aus Bild 3 ablesen oder mit Gl. (4) berechnen. Berechenbar sind gleichfalls die relativen Häufigkeiten  $h$  (Tafel 1, Spalte 2) von Klasse 15 bis Klasse 2. Der Wert der Klasse 1 wird nach Ergänzung der relativen Summenhäufigkeit  $\Sigma h$  auf 99,99% eingefügt. Anschließend erfolgt die Eintragung der absoluten Klassenhäufigkeiten  $H$  in Spalte 4. Dabei ist eine erwartete Betriebsdauer von  $3,3 \cdot 10^6$  positiven Lastspitzen zu berücksichtigen. Diese ergibt sich aus den je Tag ermittelten durchschnittlichen Lastspitzen, berechnet für eine vorgegebene Betriebsdauer von 10 Jahren. Analog zu den Spalten 2 und 3 erscheinen in Spalte 5 die absoluten Summenhäufigkeiten  $\Sigma H$ , mit denen das Beanspruchungskollektiv (Bild 4) gezeichnet werden kann. Wichtig für den Vergleich ist die Steigung der Wöhler-Linie, die sich aus einem rechtwinklig geschweißten Rohrstoß mit  $b = 3,5$  ergibt [14]. Damit liegen alle Werte für den Betriebsfestigkeitsnachweis vor, der, nach Corten und Dolan (in [11]) durchgeführt, eine ausreichende Lebensdauer ergibt.

Die Dimensionierung von Baugruppen der Standausrüstung nach der Betriebsfestigkeit ermöglicht den Leichtbau und stellt ein Verfahren zur Verkürzung der Entwicklungszeit dar. Der Entwicklungsbetrieb wird nicht davon entbunden, die notwendigen Praxiserprobungen im Rahmen der Erzeugnisentwicklung (K-Stufen) durchzuführen. Durch die Einführung von Leichtbaukonstruktionen von Freßgittern in Jungrinderanlagen sind Materialeinsparungen bis zu 40% möglich [7, 8].

Der Stabilitätsnachweis von Einzelbaugruppen kann zur Vereinfachung der Berechnung unter Berücksichtigung der Erwartungswahrscheinlichkeit nach Tafel 2 durchgeführt werden.

## 7. Zusammenfassung

Im Beitrag wird eine Übersicht über die durchgeführten Arbeiten zur Betriebsbelastungsanalyse von Standausrüstungen in den Hal-

Tafel 2. Gemessene Belastungswerte in Jungrinderanlagen

Haltungsabschnitt	mittlere Maximalbelastung in kN	
	Gitter und Tore	Freßgitter
JR 1	0,8	1,40
JR 2	1,2	1,75
J 3	1,1	1,50

tungsabschnitten von Jungrinderanlagen gegeben.

Das Ergebnis der Belastungsmessungen sind Lastkollektive, deren Häufigkeitsverteilungen für alle Haltungsabschnitte und Baugruppen einen vergleichbaren Verlauf aufweisen. Auf einfachlogarithmischem Wahrscheinlichkeitspapier idealisiert aufgetragen, stellen sich die Verteilungen als Geraden mit unterschiedlicher Steigung dar und können damit berechnet werden.

Die aufgestellten Funktionsgleichungen ermöglichen dem Konstrukteur eine Berechnung der Erwartungswahrscheinlichkeit für jede Belastungsgröße und eine Abschätzung der möglicherweise auftretenden Schädigung der dimensionierten Baugruppe.

An einem Beispiel wird die Aufstellung eines Rechnungskollektivs für die Durchführung eines Betriebsfestigkeitsnachweises gezeigt.

Das ökonomische Ergebnis bei Leichtbaukonstruktionen von Freßgittern in Jungrinderanlagen, die nach den Regeln der Betriebsfestigkeit dimensioniert wurden, sind konstruktiv nachgewiesene Materialeinsparungen bis 40%.

## Literatur

- [1] Wutzig, H.; Scharmentke, S.; Wobst, R.: Materialökonomie und Standardisierung bei Standausrüstungen für die Rinderhaltung. *agrartechnik* 27 (1977) H. 4, S. 155—157.
- [2] TGL 24108/01 Rinderproduktion; Jungrinderproduktion; Funktionsmaße. *Ausg. 7.76.*

- [3] TGL 32302/01 bis 05 Standausrüstung für Rinder. *Ausg. 9.76.*
- [4] Venzlaff, F.; Tschierschke, M.: Bestimmung ausgewählter Einflußgrößen auf die durch Tiere verursachten Betriebsbelastungen. *agrartechnik* 28 (1978) H. 11, S. 495—497.
- [5] Krone, R.: Ergebnisse der Betriebsbelastungsanalyse an der Grabnerkette. *agrartechnik* 28 (1978) H. 9, S. 413—416.
- [6] Zschaage, F.: Einrichtungen zum Messen von Tierreaktionskräften an Absperrgittern. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Bericht 1975.
- [7] Runge, U.: Tierkraftuntersuchungen an ausgewählten Baugruppen der Standausrüstung in Jungrinderanlagen und Verwendung der Ergebnisse zur Optimierung von Materialdimensionen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1977 (unveröffentlicht).
- [8] Klenke, D.: Tierkraftuntersuchungen bei ausgewählten Tiergruppen an Freßgittern der Standausrüstung in Jungrinderanlagen und Verwendung der Ergebnisse zur Optimierung von Materialdimensionen in einem Konstruktionsvorschlag. Ingenieurschule für Schiffbautechnik Rostock, Ingenieurarbeit 1977 (unveröffentlicht).
- [9] Pastian, W.: Tierkraftuntersuchungen zur Materialoptimierung an Gittern und Säulen in der Jungrinderanlage. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, wissenschaftliche Abschlußarbeit 1978 (unveröffentlicht).
- [10] Runge, U.: Tierkraftuntersuchungen zur Materialoptimierung an Gittern, Toren und Säulen in der Jungrinderhaltung. VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen Nauen, Forschungszwischenbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [11] Autorenkollektiv: Schwingfestigkeit. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1973.
- [12] TGL 32456 Stallfußboden; Allgemeine Forderungen. *Ausg. 11.76.*
- [13] Cottin, D.: Einfluß der Lastanstiegsgeschwindigkeit auf die Fließgrenze. Vortrag auf dem 4. Kolloquium „Zuverlässigkeit und ökonomischer Materialeinsatz bei Landmaschinen“ in Brielow 1977.
- [14] Bierert, G.: Einige wichtige Gesetze der Betriebsfestigkeit geschweißter Bauteile aus Stahl. *Schweißen und Schneiden* 24 (1972) H. 11, S. 429—434. A 2503

# Untersuchung zur lokalen Klimagegestaltung in Milchviehanlagen

Dipl.-Ing. S. Kühnhausen, KDT

## 1. Aufgabenstellung

Die Gesamtheit der Komponenten Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und Schadstoffanteile in der Luft, die im Tierbereich wirken, charakterisiert das Stallklima [1]. Neben der Fütterung und Züchtung hat es entscheidenden Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Tiere. Die ganzjährige Einhaltung optimaler Stallklimaparameter kann unter den Bedingungen industriemäßiger Produktion nur über eine lüftungstechnische Anlage realisiert werden. Nach Heinrich [2] benötigt eine Klimaanlage in drei bis fünf Jahren kostenmäßig soviel Energie, wie sie an Investitionen erfordert. Zur Schaffung optimaler Umweltbedingungen für Mensch und Tier müssen diese Anlagen im Sinne einer volkswirtschaftlichen Intensivierung kostengünstiger arbeiten. Intensivierung der Volkswirtschaft heißt aus energetischer Sicht Erhöhung der Flächenleistung in allen Volkswirtschaftszweigen mit der damit verbundenen Erhöhung der Energieintensität je Quadratmeter Grundfläche, die zu einer Er-

höhung der spezifischen Wärmebelastung führt.

## 2. Klimagegestaltung in Milchviehanlagen

Die derzeit im Einsatz befindlichen Lüftungssysteme in Tierproduktionsanlagen haben bestimmte Anforderungen ganzjährig zu erfüllen. Je nach dem Zustand der Außenluft müssen zur Realisierung einer optimalen Raumlast entsprechende Zuluftströme je Tier in den Stallraum gefördert werden. Die Verteilung der Zuluft im Stallraum erfolgt beim Einsatz einer lüftungstechnischen Anlage bisher meist nach dem Prinzip des Freistrahls. Lösungen nach dem Prinzip der freien Lüftung brachten über den gesamten Zeitraum eines Jahres gerechnet, ungenügende Ergebnisse. Aus diesem Grund bildet man mit entsprechenden Lüftungssystemen stabile Raumströmungen aus. Diese können nur über eine „Raumwalze“ und den dazu erforderlichen Mindestimpuls gewährleistet werden. Die Größe des Mindestimpulses bestimmt maßgeblich den Energiebedarf [3].

In bisher eingesetzten, nach unterschiedlichen Prinzipien arbeitenden Lüftungssystemen wurden zur Ausbildung optimaler Raumlasten und zur stabilen Raumdurchspülung im Sommer etwa 200 bis 360 m<sup>3</sup>/h · Tier benötigt.

Da sich die Investitionen und Betriebskosten einer lüftungstechnischen Anlage etwa proportional dem Luftförderstrom verhalten, würde eine Senkung der Lufraten je Tier eine Energieeinsparung und Gesamtkostenreduzierung zur Folge haben.

## 3. Technisch-technologische Ausgangsparameter

### 3.1. Systematische Grundlagen

Die energiewirtschaftliche Gestaltung von lüftungstechnischen Anlagen wird von drei Elementen bestimmt:

- Ausrüstungssortiment
- Niveau der Projektierung
- Organisation und Beschaffung.

In [2] sind dazu analytische Betrachtungen

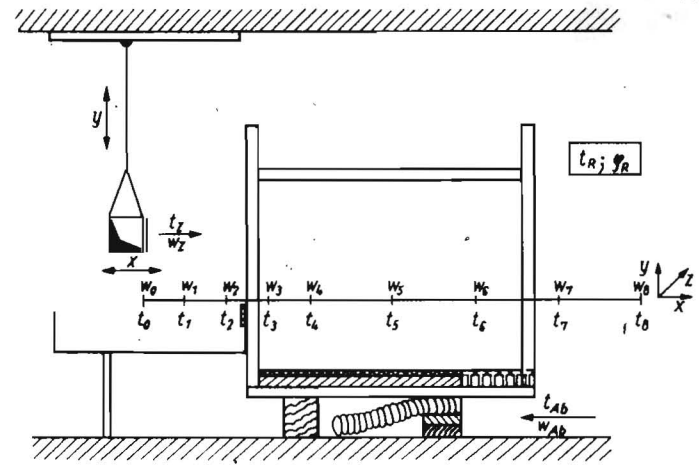
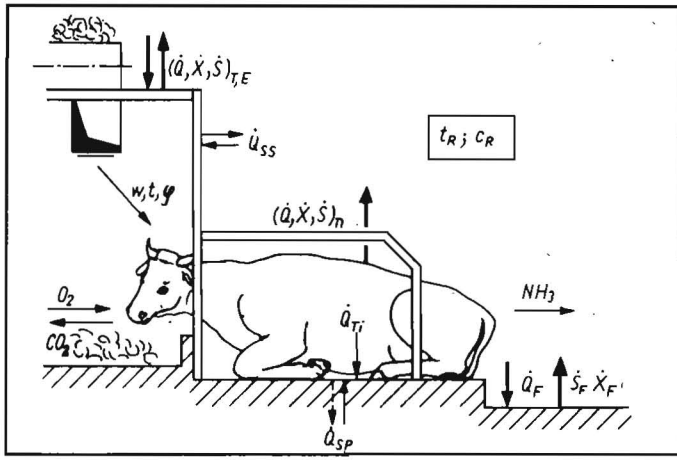


Bild 1. Modell der Wärme- und Stoffströme bei lokaler Klimagegestaltung:

c	g/kg	Schadstoffkonzentration
Q	W	Wärmelast
S	g/h	Schadgasabgabe
t	°C	Temperatur
w	m/s	Luftgeschwindigkeit
X	g/h	Wasserdampfabgabe
φ	%	relative Luftfeuchte
Indizes		
E		örtliche Einrichtung
F		feuchte Fläche
n		Anzahl der Tiere
R		Raum
SP		Primärspeicherung
SS		Sekundärspeicherung
T		technologische Einrichtung
Ti		Tier

Bild 3. Versuchsaufbau und Meßstellenplan:  $t_z$  Zulufttemperatur,  $w_z$  Zuluftgeschwindigkeit,  $t_{AB}$  Ablufttemperatur,  $w_{AB}$  Abluftgeschwindigkeit

angestellt, die, bezogen auf den Bearbeitungsgegenstand, folgende Aussagen zulassen:

- **Analyse der Räume:** Zergliederung der Räume mit dem Ziel der differenzierten Lokalisierung der Belastungen und der Anforderungen der Funktionsbereiche. Im Detail bedeutet das:
  - örtliche Erfassung der Wärme- und Stofflastquellen und -senken
  - Wärme- und Stofftransport über technologisch bedingte Einrichtungen der Ver- und Entsorgung
  - Festlegung der Toleranzen der Klimaparameter, die den unmittelbaren Bereich für Mensch, Tier, Bau- und Maschinenbautechnik beeinflussen
  - energiewirtschaftliche Einteilung des Raumes in örtlich begrenzte Funktionsbereiche
- **Gestaltung der Wirkungsbereiche:** aus energiewirtschaftlich und landwirtschaftlich-technologischer Sicht werden die Wirkungsbereiche festgelegt; die Zuordnung der Klimatechnik ist in diese Betrachtungen mit einzubeziehen
- **genauere Lastermittlung:** die Vielzahl von stallklimatechnischen Einflußfaktoren auf einen örtlich begrenzten Raum verlangt eine genaue Kenntnis derselben, da diese auf den Funktionsbereich unmittelbar zurückwirken
- **energieökonomische Anlagengestaltung:** der Verzicht auf Ausbildung einer Raumwalze und somit Verminderung des Luftförderstromes je Tier sowie lokaler Luftzu- und -abführung erweisen sich als verfahrenstechnisch günstiger

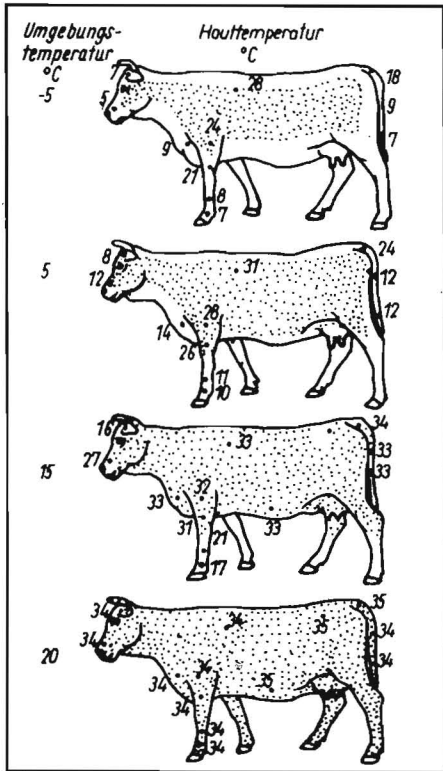


Bild 2. Hauttemperaturen des Rindes bei verschiedenen Umgebungstemperaturen [4]

- **verbesserte Regelkreisabstimmung:** der Einsatz robuster und funktionssicherer Regeleinrichtungen in erforderlichem Umfang kann bei optimaler Verketzung wirkungsvoll Energiekosten senken
- **Abluftwärmerückgewinnung:** Wärmeübertragung mit Austauschfläche zwischen Fortluft und Außenluft bietet bei getrennten Luftströmungen Anwendungsmöglichkeiten
- **energiebezogene Ausrüstungswahl:** neben der klimatechnischen Ausrüstung in Tierproduktionsanlagen beeinflusst die bau- und maschinenbautechnische Ausrüstung sowie deren technologische Zuordnung entscheidend die Gesamtbilanzen.

Die genaue Kenntnis der Klimaparameter auf örtlich begrenzte Funktionsbereiche bedingt eine Betrachtung nach dieser Systematik (Bild 1).

**3.2. Tierphysiologische Grundlagen**  
Für eine wärmephysiologische Betrachtung der Wechselbeziehung zwischen Tier und Raum soll das Tier als Bezugsbasis gelten. Grundlage

dieser Betrachtung ist die Temperaturregelung des Tierkörpers. In Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur ändert sich die Hauttemperatur des Tierkörpers kontinuierlich (Bild 2). Sie ist an den verschiedenen Körperregionen unterschiedlich und ändert sich nicht linear. Entsprechend der Umgebungstemperatur und dem Wohlbefinden der Tiere ändert sich auch die Wärme- und Stoffabgabe. Die Stoff- und Energieströme von und zum Tier haben unmittelbaren Einfluß auf die Bilanzen im Tierbereich. Mit Hilfe einer Klimaanlage sind sie in optimalen Grenzen zu halten. Das Tier zeigt im Tagesrhythmus ein unterschiedliches Steh- und Liegeverhalten. Bei Einzelhaltung liegen die Tiere im Durchschnitt etwa 650 min/d. Die Berührungsfläche zwischen Tier und Liegefläche beträgt dabei etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Gesamtoberfläche des Tieres. In dieser Zeit werden ein Teil der Wärme des Tiers in den Liegeflächenbereich abgegeben und somit die unmittelbare Wärmeabgabe zur Raumluft gemindert.

In [5, 6, 7] konnten durchschnittliche Wärmeabgaben des Tiers zur Liegefläche von etwa  $120 \text{ W/m}^2$  nachgewiesen werden.

**3.3. Bau- und maschinenbautechnische Grundlagen**

Bei parterreähnlichen Aufstallungsformen bzw. bei der Ausbildung von Kanälen im Fußbodenbereich können durch Nutzung technologisch bedingter Hohlräume Frischluft in den Tierbereich zu- und Abluft aus dem Tierbereich abgeführt werden [8]. Durch optimale Anordnung der Zu- und Abluftelemente zur Haltungs- und Bautechnik kann der Funktionsbereich wirkungsvoll klimatisiert werden. Die Elemente der Klimatechnik müssen dabei genau dimensioniert und eingestellt werden.

**3.4. Wärmetechnische, strömungstechnische und aerodynamische Grundlagen**

In Anlehnung an die Vorgänge der Wärmeübertragung bei freier Strömung aus rein technischer Sicht kann man diesen Prozeß in bezug auf den Wärmeaustausch zwischen Tier und Umgebungsluft veranschaulichen. Das Tier stellt abstrahiert einen waagerechten ovalen Körper dar, dessen Hauttemperatur bei entsprechender Raumtemperatur annähernd konstant ist und der demzufolge auch eine relativ konstante Wärmemenge abgibt. Der Anteil der trockenen Wärme beträgt beim Rind mit einer Lebendmasse von 600 kg und einer Umgebungstemperatur von  $18^\circ\text{C}$  etwa  $620 \text{ W}$ , d.h.  $105 \text{ W/m}^2$  Körperoberfläche [1]. Eine Wärmeübertragungsberechnung bei freier

Strömung läßt beim Rind auf eine ähnliche Wärmeströmung wie bei einem waagerechten Rohr schließen. Aus strömungstechnischer Sicht ist die Art der Einwirkung der Lüftungstechnischen Anlage auf den Wirkungsbereich wichtig. Die Gestaltung der Klimaparameter in ausgewählten Teilen eines Raumes wird als lokale Klimagegestaltung bezeichnet [2]. Das Prinzip der lokalen Klimagegestaltung ist durch folgende Kriterien gekennzeichnet:

- bewußter Verzicht auf die Einhaltung der Behaglichkeitsbedingungen in der gesamten durch die Raumwände begrenzten Zone
- Garantieren der Behaglichkeitswerte für Temperatur und Geschwindigkeit nur in dem eindeutig lokalisierten Aufenthaltsbereich des Tiers
- Zuführung der Zuluft auf möglichst kurzem Weg
- Abführung der schadstoff- und energiereichen Luft am Ort des Entstehens
- optimale Anordnung der Luftauslässe und Wärmequellen [9, 2]

Die Aufenthaltszone des Tiers wird dadurch zugleich die Zone maximaler Frischluftkonzentration im Raum. Deshalb kann die notwendige Luftmenge je Tier auf die minimale Außenluftmenge reduziert werden. In Kombination mit dem Zuluftsystem ist die Anordnung des Abluftsystems vorzunehmen. Bei Abluftanlagen sollte das Prinzip der Absaugung von Gasen, Staub und Dämpfen unmittelbar an ihrer Entstehungsstelle verwirklicht werden. Im Tierbereich wirkt das Tier als Widerstand der zugeführten Luft in Strömungsrichtung entgegen. Aerodynamisch setzt sich dieser Widerstand aus Form- und Oberflächenwiderstand zusammen. Sie wirken im Normalfall zusammen, wobei der Formwiderstand meist gegenüber dem Reibungswiderstand um ein Vielfaches überwiegt. Die Körperform des Tiers und die durch den Luftstrom auftretenden Wirbelbewegungen in Körpernähe bestimmen Güte und Intensität des Wärme- und Stofftransports im Tierbereich.

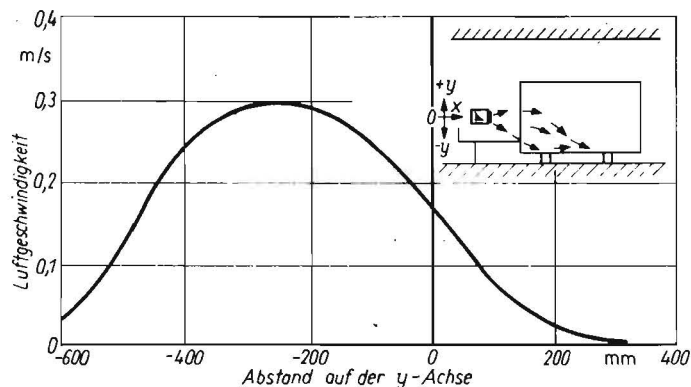
#### 4. Versuchseinrichtung

##### 4.1. Versuchsprogramm

Das Tier maßgeblich beeinflussende Faktoren sind die Temperatur, die Luftfeuchte, die Luftbewegung und die Luftzusammensetzung. Die Genauigkeit der Messung dieser Größen bestimmt entscheidend deren Qualität und Aussage. Für Temperaturmessungen eignen sich aufgrund der kurzen Totzeiten Thermoelemente in Kombination mit einem Vergleichstellenthermostat und Motorkompensator. Eine genaue Bestimmung der Luftfeuchte läßt sich mit dem Aspirationspsychrometer vornehmen. Die Luftbewegung und -geschwindigkeit sind entsprechend der zu erwartenden Bereiche mit dem Flügelrad-, Schalenkreuz- oder Hitzdrahtanemometer zu messen. Mit Hilfe von Prüfröhrchen und Balgenpumpe läßt sich die Schadgaskonzentration nachweisen. Auf der Grundlage der theoretischen Betrachtungen sollten folgende Parameter näher untersucht werden:

- Ermittlung der strömungstechnisch und aerodynamisch optimalen Parameter der Luftzu- und -abfuhr
- Ermittlung der optimalen Orte der Luftzu- und -abführung im Tierbereich und deren Einordnung in das System
- Untersuchung von Luftauslaß- und Luftfassungselementen und -einrichtungen sowie deren spezifische Charakteristika bei der Betrachtung des Tiers als „Störkörper“
- Ermittlung der optimalen Zu- und Abluft-

Bild 4  
Geschwindigkeitsprofil des Drallauslasses auf der y-Achse bei  $x = 1000$  mm in Strahlrichtung ( $w_0 = 0,5$  m/s;  $\Delta t = 7$  K;  $\dot{V}_0 = 96$  m<sup>3</sup>/h)



ströme entsprechend der Wärme- und Stofflast

- Untersuchungen zur Wärmeableitung im Fußbodenbereich
- Ermittlung von Parametern des Wärmeübergangs zwischen Tier und den umgebenden Materialien am Tierstand.

##### 4.2. Versuchsaufbau

In einer Klimabox (etwa 100 m<sup>3</sup> umbauter Raum) wurde ein Einzeltierstand aufgebaut, um die charakteristischen Eigenschaften von Zu- und Abluftelementen zu ermitteln (Bild 3). Dem Tierstand wurde im Krippenbereich ein Zuluftauslaß veränderlich zugeordnet. Unmittelbar unter der Standfläche wurde im Kotrostbereich ein Abluftelement befestigt. Über eine Zuluftanlage konnte Luft zugeführt und somit die Luftgeschwindigkeit am Auslaß variiert werden. Mit der Anlage kann man die Zulufttemperatur bis zu einer Temperaturdifferenz  $\Delta t \approx 20$  K gegenüber der Raumlufttemperatur verändern. Zur Erfassung der Temperaturverhältnisse im Zuluftstrahl wurden an einer Meßleiste Mantelthermoelemente mit einem Durchmesser von 0,5 mm und einer Länge von 300 mm angeordnet.

An den Stellen der Temperaturmessung ( $t_0$  bis  $t_R$ ) wurde auch die Messung der Luftgeschwindigkeit ( $w_0$  bis  $w_R$ ) vorgenommen. Mit Hilfe eines mit Sehen gespannten Rasters und daran befestigten Wollfäden konnte der Strahlbereich im Überblick erfaßt werden. Als künstliche Wärmequelle und „Störkörper“ im Zuluftstrahl wurde ein mit Filtrervlies und Tuch bespannter Polyesterbehälter ( $L = 1500$  mm;  $d = 630$  mm) genutzt. Über einen Umwälzthermostat wurde im Inneren des Behälters eine dem Tierkörper naheliegende Wassertemperatur gehalten. Der Behälter war in Tierkörperhöhe aufgestellt.

##### 4.3. Versuchsdurchführung

Zur Erfassung charakteristischer Eigenschaften von Zuluftstrahlen wurden folgende Luftauslässe verwendet:

- Lochgitterauslaß
- Gitterauslaß
- Drallauslaß

Bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten ( $w_0 = 0,5 \dots 4$  m/s) wurden der isotherme und nichtisotherme Zustand durchfahren. In x-, y- und z-Richtung wurden das Temperatur- und Geschwindigkeitsprofil ermittelt. Zur Sichtbarmachung der Luftströmungen wurde der Zuluftstrahl mit Nebel angereichert und fotografisch festgehalten. Beim Luftfassungselement wurde der Strömungsverlauf mit Nebel sichtbar gemacht und fotografiert.

##### 4.4. Versuchsauswertung

Erste Auswertungen lassen bezüglich der Luft-

auslässe folgende Tendenzen erkennen:

- Anordnung der Luftauslässe im mittleren Krippenbereich bzw. unterhalb, zwischen Tierkörperlängsachse und Standebene
- bei stark nichtisothermem Strahlverhalten begünstigt das Tier die Luftbewegung nach oben
- Lochgitter- und Drallauslaß gewährleisteten einen guten Geschwindigkeits- und Temperaturabbau
- nach Möglichkeit je Tierplatz zwei Auslässe anordnen, um den Zuluftstrom am Tierkörper entlangstreichen zu lassen (Energie- und Stofftransport)
- Lufterfassungselemente in unmittelbarer Schadstoffzone (Entmistungsbereich) unterhalb der Liegefläche (Bild 4).

#### 5. Zusammenfassung

Eine Analyse des Energieeinsatzes in der Lüftungstechnik erfordert in der Tierproduktion grundlegende Betrachtungen.

Die wirkenden Klimaparameter im unmittelbaren Tierbereich sind genau zu ermitteln und als Projektierungsgrundlagen festzulegen. In einem Einzeltierstand wurden diesbezüglich Messungen vorgenommen. Die guten Erfahrungen mit der lokalen Klimatisierung in Industrie- und Gesellschaftsbau erfordern aus energetischer Sicht die Prüfung für den Bereich der Tierproduktion.

#### Literatur

- [1] TGL 29084/01 Stallklimagegestaltung; Tierphysiologische Angaben zum Stallklima und zur Beleuchtung. Aug. Juni 1977.
- [2] Heinrich, G.: Energiewirtschaftliche Gestaltung von Lüftungs- und Klimaanlage. Luft- und Kältetechnik 13 (1977) H. 6. S. 303–307.
- [3] Müller, H.-J.: Stofftransport bei nichtisothermer Raumströmung und unter dem Einfluß von Versperrungselementen. Luft- und Kältetechnik 14 (1978) H. 1. S. 18–20.
- [4] Lyhs, L.: Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1971.
- [5] Bähr, H.: Ergebnisse bauhygienischer Forschung als Beitrag zur Optimierung der Tierproduktion. Humboldt-Universität zu Berlin. Dissertation B 1978 (unveröffentlicht).
- [6] Wetzel, K.: Stand- und Liegeflächengestaltung in Stahlausführung für Milchkuhe im Parterresystem. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg. Diplomarbeit 1976 (unveröffentlicht).
- [7] Lasson, E.; Boxberger, J.: Untersuchungen zur Gestaltung des Stand- und Liegeflächenbereiches. Vortrag auf der 4. Tagung „Bauen in der Landwirtschaft“ des C. I. G. R. in Budapest 1976.
- [8] Brand, G., u. a.: Einrichtung zur Parterrehaltung landwirtschaftlicher Nutztiere, insbesondere Rinder. DDR-Patentschrift 115 020. Int. Cl. A 01 K 1/00. Ausgabe vom 12. Sept. 1975.
- [9] Köthnig, G.; Völkel, M.: Probleme der Luftführung bei der lokalen Klimagegestaltung. Vortrag auf der 6. Fachtagung „Lüftungs- und Klimatechnik“ in Dresden 1977.