

Herausgeber: Österreichische Gesellschaft der Tierärzte, Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien.

Verleger: OSTAG, Österreichische Anzeigengesellschaft, Weiss & Co., Wickenburggasse 17/9, A-1082 Wien, Tel. ~43/1/402 75 73, Fax ~43/1/408 82 92.

Chefredaktion:

O. Univ. Prof. Dr. Maximilian Schuh, Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien, Tel. ~43/1/711 55-500, Fax ~43/1/714 91 17.

Univ. Prof. Dr. Christian Stanek, Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien, Tel. ~43/1/711 55-372, Fax ~43/1/714 91 06.

Bezugspreis: Jahresabonnement: öS 1250,-, Einzelheft: öS 140,-, zuzüglich Versandspesen und MWSt. (Inland).



Wiener Tierärztliche Monatsschrift

82. JAHRGANG • 1995/HEFT 10 WISSENSCHAFTLICHES ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN GESELLSCHAFT DER TIERÄRZTE

Redaktion: Chlodwig Franz, Hussein K. Hinaidy, Horst König, Josef Leibetseder, Erich Möstl, Günter Olensky, Ludwig Pichler, Maximilian Schuh, Christian Stanek und Frieda Tataruch.

Redaktionskomitee: Alle Habilitierten, die in einem Dienstverhältnis zur Veterinärmedizinischen Universität Wien stehen.

Wissenschaftlicher Beirat: Th. David, Wien; F. Dorner, Wien; K. Dreier, Baden; M. Haschka, Salzburg; J. Köfer, Graz; N. Kopf, Wien; O. Kothbauer, Grieskirchen; R. Leskova, Wien; U. Losert, Bisamberg; P. Mayer, Wien; G. Punzet, Wien; W. Schuller, Wien.

Gedruckt mit Förderung des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Wien

Ausgewertet von folgenden Datenbanken: Agricola, Analytical Abstracts, Asfa, Biosis Previews, Eftis, FO:VM™, FSTA, INIS, ISTEPB, Life Science Collection, MEDLINE/Index Veterinarius, RTECS, SCISEARCH/Current Contents, Somed, Toxall, Zoological Record Online.

Wien, Tierärztl. Mschr. 82 (1995), 299 - 308, Verlag OSTAG, Wien

Aus der Abteilung Biometeorologie¹ (Leiter: Univ. Doz. Dr. G. Schaubberger) des Instituts für Medizinische Physik (Vorstand: O. Univ. Prof. Dr. G. Keck) der Veterinärmedizinischen Universität Wien und der Außenstelle für Epidemiologie² (Leiter: Prof. Dr. Th. Blaha) der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Stallklimaüberwachung - ein Beitrag zur Bestandsbetreuung¹⁾

Von G. SCHAUBERGER¹, E. GROSSE BEILAGE², Th. GROSSE BEILAGE², P. PILATI¹ und F. RUBEL¹

eingelangt am 17. 2. 1995

Schlüsselwörter: Stallklima, Bestandsbetreuung, Lüftungsanlage, Herdenmanagement, Lüftungstechnische Anlage.

Zusammenfassung

Der Bereich des Herdenmanagements bringt für die tierärztliche Tätigkeit eine Vielzahl von neuen Herausforderungen. Einer dieser Bereiche ist die Überwachung des Stallklimas. Neben einer Übersicht über den derzeitigen Stand der Technik bei der Meßdatenerfassung werden anhand eines Fallbeispiels die Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt. Die Meßtechnik erlaubt ausgewählte Stallklimaparameter mit einem vertretbaren Aufwand zu messen. Dadurch können die Messungen auch vom Tierarzt als Bestandteil der Herdenbetreuung durchgeführt werden. Die so gewonnenen Meßdaten dienen einerseits der Dokumentation der thermischen Situation sowie der Luftqualität im Stallraum, andererseits kann durch ihre Analyse das Verhalten des Systems "Tierbestand - Lüftungstechnische Anlage - Gebäude" untersucht werden. Durch die gleichzeitige Messung der Außentemperatur und der Stalltemperatur über einen hinreichend langen Zeitraum, der sowohl den Winter- als auch den Sommerbereich abdeckt, können die wesentlichen Systemeigenschaften bestimmt werden. Die Lüftungstechnische Anlage, als eine der zentralen Systemkomponenten, wird mit Hilfe der sensiblen Wärmebilanz sowie der Kohlendioxidbilanz des Stalles überprüft. Dadurch kann der tatsächlich geförderte Volumenstrom sowie die Regelcharakteristik der Lüftungstechnischen Anlage abgeschätzt werden.

Keywords: herd management, indoor climate, environmental control, ventilation system, air quality, thermal climate.

Summary

Monitoring of the indoor climate in animal houses as part of herd management

Herd management is a challenge for veterinarians. One of the tasks is the monitoring of indoor climate in animal houses as part of the abiotic environment of the animals. In an overview the state of the art of dataloggers is shown. The technical realization gives the possibility to collect the necessary parameters by veterinarians as part of the herd management in a justifiable expenditure of cost and time. Such datasets can be used for a documentation of the thermal environment and the air quality of the livestock. Further on these data can be analysed to investigate the behaviour of the system defined by the livestock, the ventilation system and the building. By measuring the indoor and outdoor temperature over a sufficiently long period covering winter as well as summer conditions, main characteristics of the system can be detected. For the ventilation system as a central part of the system, the ventilation rate and the characteristic of the ventilation control unit can be assessed due to the sensible heat balance and the mass balance of carbon dioxide.

¹⁾ Frau O. Univ. Prof. Dr. Gertrud Keck zu ihrer Emeritierung gewidmet.

Abkürzungen: LTA = Lüftungstechnische Anlage; LCT = untere kritische Temperatur; MA = Mastanfang; ME = Mastende

Problemstellung

Bestandsbetreuung bzw. Herdenmanagement sind neue Aufgaben für den in der Nutztierpraxis arbeitenden Tierarzt. In Erweiterung der kurativen Tätigkeit, die vorwiegend auf das Einzeltier konzentriert ist, steht dabei der Gesamtbestand insbesondere in prophylaktischer Hinsicht im Mittelpunkt. BRAND (1994) bezeichnet dies durch den Begriff „Anatomie der Herde“, um anzudeuten, daß das Ganze mehr als die Summe der Teile darstellt sowie auch eigene Strukturen entwickelt (HOFSTADTER, 1986). Diese Strukturen und Wechselwirkungen zu erkennen ist ein wesentliches Ziel der Bestandsbetreuung.

Im Wörterbuch der Veterinärmedizin (WIESNER u. RIBBECK, 1991) ist nur der Begriff „Herdenüberwachung“ zu finden: „Diagnostische Kontrolluntersuchung von Stichproben oder der gesamten Herde sowie Kontrolluntersuchungen der biotischen und der abiotischen Umwelt mit dem Ziel, Abweichungen von der Norm rechtzeitig zu erkennen und Maßnahmen zur Beseitigung der Störung und zur Wiederherstellung der Herdengesundheit einzuleiten.“

Sowohl die Quantifizierung der ausgewählten Parameter als auch ihre Dokumentation sind im Zuge der Bestandsbetreuung vorzunehmen. Einige dieser Bereiche wie die Fütterung, Fruchtbarkeit und Mastleistung werden durch entsprechende Softwareprodukte unterstützt, wobei der Aufwand für die laufende Datenerhebung durch den Landwirt und den Tierarzt sicherlich ein großes Problem darstellt.

In der vorliegenden Arbeit wird das Stallklima herausgegriffen und in seiner Bedeutung für die Bestandsbetreuung diskutiert, wobei die Auswirkungen der Tierhaltung auf die Umwelt (Emissionsüberwachung von Geruch, Staub, etc.) hier nicht behandelt werden.

Der Bedarf für eine in der tierärztlichen Praxis anwendbare Methode der Stallklimaüberwachung ergibt sich aus Richtlinien und Musterverträgen, die von den nationalen Standesvertretungen der Tierärzte herausgegeben werden und so den Umfang und das Tätigkeitsspektrum konkretisieren. Die Österreichische Bundeskammer der Tierärzte fordert in

ihrer Richtlinie „Grundsätze für korrektes Verhalten des Tierarztes bei seiner Tätigkeit in der Intensivhaltung von Tieren“, daß bei der Behandlung von Erkrankungen unter anderem eine Kontrolle des Stallklimas notwendig ist. Weiters sind über die festgestellten Ursachen stets schriftliche Aufzeichnungen anzufertigen. Für eine laufende Überwachung ohne speziellen Anlaß wird unter anderem die Kontrolle des Stallklimas und daraus abgeleitet die Korrektur von Haltungsbedingungen verlangt, um damit das Auftreten von Krankheiten zu verhindern.

Bei GLODEK (1992) wird in einem Mustervertrag, der „... die Betreuung und Behandlung von Tierbeständen ...“ regelt, bei der Eingangsuntersuchung (die bei der Übernahme des Stalles durch den Tierarzt erfolgt) angeführt, daß „... Zustand und Ausmaß der Installationen und ein grobsinnlicher Stallklimabefund“ erhoben werden müssen. Falls bei der Eingangsuntersuchung Mängel aufgetreten sind oder die betreffenden Betriebseinrichtungen verändert wurden, werden bei den Folgeuntersuchungen sogenannte „Umweltuntersuchungen“ als „Minimalia“ verlangt.

In Tab. 1 ist am Beispiel der Mastschweinehaltung der steigende Aufwand für die Klimagegestaltung bei zunehmender Intensivierung des Haltungssystems zusammengestellt (SCHÖN, 1989). Anhand der Anforderungen der Tiere an ihre Umwelt muß sich der Aufwand für die Durchführung von Stallklimauntersuchungen orientieren.

Darauf aufbauend läßt sich der Bedarf an Untersuchungen des Stallklimas auch am Anteil der Betriebe abschätzen, die lüftungstechnische Anlagen (LTA) betreiben und von denen anzunehmen ist, daß die Haltungsform einen entsprechenden Intensivierungsgrad entsprechend Tab. 1 erreicht. SCHAUBERGER et al. (1993) haben für Niederösterreich gezeigt, daß etwa ein Drittel der rinderhaltenden Betriebe und etwa die Hälfte der schweinehaltenden Betriebe eine lüftungstechnische Anlage besitzen, wobei ein direkter Zusammenhang zwischen Bestandsgröße und dem Anteil der Betriebe mit LTA besteht. Da der Anteil der Betriebe mit LTA voraussichtlich wächst, können diese durch den Tierarzt nur dann entsprechend betreut und versorgt werden, wenn die für die Stallklimaüberwachung notwendigen Instrumentarien und Methoden zur Verfügung stehen.

Tab. 1: Wesentlichste charakteristische Merkmale für verschiedene Haltungssysteme in der Schweinemast (modifiziert nach SCHÖN, 1989).

Liegen	Klima	Fütterung	Entmistung
Tieflaufstall			
Stroheinstreu Flächenbedarf/Tier $\approx 1,2 \text{ m}^2$	offener Stall freie Lüftung	Trockenfütterung an Automaten beliebige Futteraufnahme	Festmist; Einstreubedarf/ Tier: 0,5 - 2,5 kg/d kein Mistlager
Teilspaltenboden			
einstreuloses wärmedämmte Liegefläche Flächenbedarf/Tier: $\approx 0,7 \text{ m}^2$	geschlossener Stall wärmedämmte lüftungstechnische Anlagen (LTA) oder freie Lüftung Temperatur 16 - 20 °C	Trocken- oder Flüssigfutter Längs-, Quertrog oder Automat rationiert (Freßplatzbreite/ Tier: $\approx 0,33 \text{ m}$), tagesrationiert oder ad libitum	Flüssigmist; Anteil der perforierten Fläche 40 - 50 % Staumistverfahren Außenlagerung Lagerkapazität: ≈ 5 Monate
Vollspaltenboden			
einstreuloses perforierte Liegefläche Flächenbedarf/Tier: $\approx 0,7 \text{ m}^2$	geschlossener Stall Wärmedämmung; LTA Warmstall 18 - 20 °C; ev. Heizung	Trockenfutter od. Flüssigfutter Futteraufnahme rationiert (Freßplatzbreite/Tier $\approx 0,33 \text{ m}$) oder ad libitum	Flüssigmist; Anteil der perforierten Fläche: 100 % Außenlager Lagerkapazität ≈ 5 Monate

In der vorliegenden Arbeit wird in einer Übersicht der derzeitige Stand der Technik der Meßdatenerfassung zusammengefaßt. Weiters wird anhand eines Beispiels die Einsatzmöglichkeit solcher Meßgeräte aufgezeigt und die Analyse und Interpretation der Meßdaten diskutiert. Dabei steht die Beurteilung des gesamten Stalles im Vordergrund. Kleinräumige Unterschiede werden dabei vernachlässigt. Das Systemverhalten, das sich durch das komplexe Zusammenspiel zwischen Tierbestand, LTA und Stallgebäude ergibt, soll anhand der Messungen untersucht und beurteilt werden.

Ein wesentliches Ziel der Datenanalyse ist die Überprüfung der tatsächlich geförderten Volumenströme der lüftungstechnischen Anlage sowie ihrer Regelcharakteristik. Die thermischen und lufthygienischen Parameter eines Stalles sind die Antwort und Reaktion eines komplexen Systems auf den Wetterverlauf außerhalb des Stalles (SCHAUBERGER, 1988b). Die Ankoppelung zwischen Stallklima und Außenzustand hängt wesentlich von der LTA und ihrer Regelung ab (SCHAUBERGER, 1988a). In der Tierhaltung werden zumeist variable Volumenstromsysteme eingesetzt, die in Abhängigkeit der Stalltemperatur als Regelgröße den Volumenstrom variieren. Dabei wird für Stalltemperaturen bis zu einer am Regler einstellbaren Solltemperatur nur die Mindestlufrate (Aufrechterhaltung der Mindestluftqualität) eingebracht (CIGR, 1984; ÖKL, 1983). Die Mindestlufrate läßt sich anhand der geforderten Luftqualität (z. B. Kohlendioxidkonzentration) bestimmen. Daran schließt sich ein Temperaturbereich an, der entweder durch die Zahl der Stufen und ihre Breite (Stufenthermostat) oder bei kontinuierlich arbeitenden Reglern durch die Bandbreite (Spreizung) festgelegt wird. In diesem Temperaturintervall wird ein Volumenstrom in den Stall eingebracht, der in Abhängigkeit von der Regelcharakteristik (stufenweise, linear, nicht-linear) zwischen der Mindestlufrate und der maximalen Lufrate liegt. Bei Stalltemperaturen über diesem Bereich bleibt der Volumenstrom im Ausmaß der Sommerlufrate konstant. Das Ziel der Sommerlufrate ist, die sensible Wärme der Tiere durch die LTA abzuführen und dadurch die Differenz zwischen Stalltemperatur und Außentemperatur möglichst gering zu halten (CIGR, 1984; ÖKL, 1983). Die Stalltemperatur kann nur in dem regelbaren Bereich (Bandbreite) durch die Regelung beeinflußt werden. Außerhalb dieses Bereiches ist das System durch einen konstanten Volumenstrom (Mindest- oder Sommerlufrate) sehr streng an die Außentemperatur gekoppelt (SCHAUBERGER, 1989).

Material und Methode

Meßgeräte

Für die Datenerfassung selbst wurden die Eigenschaften und Möglichkeiten verschiedener Meßgeräte verglichen, wobei die Übersicht keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Die hier vorgestellten Meßgeräte wurden bis auf wenige Ausnahmen auf ihre Einsatzmöglichkeiten für Stallklimamessungen getestet. Die Geräte wurden nach den technischen Eigenschaften aber auch nach ihren Möglichkeiten für den Einsatz im Stall beurteilt.

Datenerhebung

Für die vorliegende Untersuchung wurden zwei Datensätze eines Schweinemaststalles herangezogen, wobei nur die beiden Parameter Außen- und Stalltemperatur für die Un-

tersuchung ausgewählt wurden. Die beiden Datensätze decken jeweils eine ganze Mastperiode ab. Die erste Mastperiode dauerte vom 6. 5. bis 2. 9. 1993, die zweite vom 13. 10. 1993 bis 9. 2. 1994. Die beiden Temperaturen wurden mit zwei getrennten Dataloggern (Hamster, Tab. 2) erfaßt. Der Datalogger für die Außentemperatur wurde an einem strahlungsgeschützten Ort unter einem Dachvorsprung montiert. Als Stalltemperatur wird die Ablufttemperatur des mittleren Abluftschachts des Stalles bezeichnet. Der Datalogger wurde zur Messung unmittelbar im Ansaugbereich des Schachtes montiert. Die Ablufttemperatur stellt eine gute räumliche Mittelbildung über den Stallraum dar, wodurch die Beurteilung des Stalles als ein einziger homogener Raum ermöglicht wird (PRESSER, 1988). Die Meßintervalle wurden mit 60 Minuten so gewählt, daß ein vollständiger Mastdurchgang ohne Unterbrechung erfaßt werden konnte. Durch die nur zweimalige Manipulation der Datalogger am Mastanfang und Mastende ist es möglich, den zeitlichen Aufwand für die Meßwerterfassung wesentlich zu reduzieren. Am Ende der Mastperiode wurden die Meßdaten der beiden Datalogger über das Auslesegerät in einen PC übernommen. Diese Datensätze können im ASCII-Format unmittelbar in Tabellenkalkulationsprogramme importiert und damit ausgewertet werden. Die hier präsentierten Berechnungen und graphischen Darstellungen basieren ausschließlich auf den Möglichkeiten, die diese Programmpakete bieten.

Stallbeschreibung

Der Schweinemastbetrieb hat insgesamt 960 Mastplätze, die in drei Stallräume mit zweimal 440 und einmal 80 Mastplätzen aufgeteilt sind. Die Tiere werden von Ferkelproduzenten zugekauft und im Rein-Raus-Verfahren gehalten. Die Messungen erfolgten in einem der beiden großen Stallabteile. Die Tiere werden auf einem Teilspaltenboden gehalten. Die Fütterung erfolgt dreiphasig über Flüssigfütterung mit getreidereichen Rationen in Abhängigkeit des Entwicklungsstandes der Schweine mit Vor-, Mittel- bzw. Endmastfutter. Das Stallgebäude hat die Maße: 38,2 x 11,3 x 3,5 m. Die Außenwände bestehen aus 0,5 mm Spundwandprofil (Aluminium), 50 mm Luftraum, 50 mm kunstharzverstärkten Mineralwollplatten, 10 mm Schaumstoffplatten, Kunststoffolie (Dampfsperre). Die Innenverkleidung besteht bis in eine Höhe von 1,25 m aus 8 mm Asbestplatten, darüber 3,2 mm Internitplatten. Die LTA ist ein Unterdrucksystem. Die 5 Abluftventilatoren (3 mit 630 mm Ø, 2 mit 500 mm Ø) befinden sich in Abluftschächten. Die beiden kleineren Ventilatoren fördern die Luft aus dem Stall durch den Wärmetauscher wodurch die Förderleistung um etwa 50% absinkt. Ein Teil der Zuluft wird durch zwei Ventilatoren gleicher Leistung mittels eines Folienschlauches, der in der Längsachse des Stalles montiert ist, in den Stall eingebracht. Darüber hinaus kommt die Zuluft über Deckenöffnungen des Stalles. Die LTA ist als variable Volumenstromanlage ausgeführt, wobei die Stalltemperatur die Regelgröße ist. Der Regler hat eine sechsstufige Charakteristik. Die Mindestlufrate wird vorrangig durch die Wärmetauscher eingebracht, wobei bei einem Ansteigen der Temperatur über den vorgegebenen Sollwert weitere Ventilatoren zugeschaltet werden. Die Warmluftheizung wird bei einer Unterschreitung der Solltemperatur von 1 K zugeschaltet (Schalthysterese: 0,5 K). Der Stall wird zum Zeitpunkt der Einstellung auf 24 °C aufgeheizt. Die Solltemperatur wird im Verlauf der Mastperiode wöchentlich um 1 K bis auf 18 °C

Tab. 2: Übersicht über die technischen Daten von Dataloggern für den Einsatz in der Stallklimaüberwachung

Technische Daten	Gerätebezeichnung							
	Thermohygrograph	Axiom Smartreader	Grant Squirrel	Omega RD-Temp	Hamster/Agent/Hot Dog	HandyLog	Rollogg IDL 20K	Testo Testator 171
Masse (g)	4000	110	600 g	51	200	60	550	200
Maße (mm ³)	280 x 145 x 255	107 x 74 x 22	180 x 120 x 40(67)	32 x 45 x 15	112 x 68 x 24	22 x 22 x 165	175 x 100 x 44	131 x 68 x 26
Energieversorgung ¹	mech. od. elek.	Lithium /10 a	9 V Alkali / 6 Monate	Lithium / 2 a	Lithium / 2 a	Lithium / 2 a	NiCd / 12 h oder 10 000 Meßwerte	Lithium / bis 5 a
Zahl der Kanäle ²	2 (T und F)	ab 2 (fix T, F, U, I)	ab 4 (fix: T, F, U, I)	1 (T)	1 oder 2 (fix: T, F)	1 (fix: T oder F)	ab 4 (T, F, U, R)	ab 1 (T, F)
Speicherkapazität ³	1, 7 oder 31 Tage	32 000	8 000 - 32 000	1 800	8 000	130 000	20 000	55 000
Meßrate ⁴	-	8 s bis 30 min	1 s bis 100 min	0,5 s bis 4,8 h	14 s bis 1,5 d	fix (8, 16, 32... 512 s)	1 s bis 99 min	1 s bis 24 h
A/D Wandler	-	8 Bit	8 oder 12 Bit	10 Bit	10 Bit	8 Bit	14 Bit	10 Bit
Datenausgabe	-	PC (DOS) / COM	PC (DOS) / COM	Mac / PC (DOS/Win)	PC (DOS/Win) / COM	PC (DOS/Win) / COM	PC (DOS/Win) / COM	PC (DOS/Win)
Programmierung ⁵	-	Computer	Tastatur / Display	Computer	Computer	Computer	Tastatur	Computer
Handmeßgerät ⁶	nein	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein
Dokumentation ⁷	Diagrammpapier	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Datenauswertung / Statistik ⁸	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Eine Liste mit den Bezugsquellen kann am WWW-Server der Veterinärmedizinischen Universität Wien im Verzeichnis des Instituts für Medizinische Physik (<http://www.vu-wien.ac.at/f115/>) abgerufen werden oder von den Autoren angefordert werden.

¹ Lebensdauer der Energieversorgung lt. Hersteller; ² T: Temperatur, F: Luftfeuchtigkeit, U: Spannung, I: Strom; ³ Zahl der Meßwerte bzw Dauer der Aufzeichnung (Thermohygrograph); ⁴ Zeitintervall zwischen den Messungen; ⁵ Festlegung der Parameter (z.B. Belegung der Kanäle, Meßbereich); ⁶ Einsatzmöglichkeit des Gerätes als Handmeßgerät durch Anzeige des aktuellen Meßwerts; ⁷ Ausgabe der Meßdaten (z.B. Drucker, Plotter) zur Dokumentation der Meßdaten; ⁸ erweiterte Auswertungsmöglichkeiten durch Verknüpfen der Meßdaten oder statistische Auswertungen

abgesenkt. Die Bandbreite der Regelung verändert sich in Abhängigkeit der Außentemperatur t_a . Unter einer Außentemperatur von 18 °C beträgt sie 4 K, darüber nimmt sie proportional der Temperaturdifferenz $\Delta t = t_a - 18$ °C um 0,2 K pro K zu (z. B. für $t_a = 23$ °C beträgt die Bandbreite 5 K). Weiters wird die Förderleistung der Ventilatoren während der Mastperiode manuell der ständig steigenden Lebendmasse der Tiere angepaßt. Temperaturen werden in der Maßeinheit [°C] angegeben, Temperaturdifferenzen in [K].

Datenauswertung

Um den zeitlichen Verlauf des Temperaturniveaus im Stall besser erkennen zu können, wurde eine gleitende (übergreifende) Mittelbildung der Zeitreihen vorgenommen. Dabei wird über ein Intervall von jeweils einem Tag (24 Stunden) ein gewichteter Mittelwert mit konstanten Gewichten berechnet. Dies entspricht einem Tiefpaßfilter, wodurch Schwankungen mit einer Periodendauer von einem Tag (Tag-Nacht-Schwankungen) und kürzer eliminiert werden (SCHÖN-WIESE, 1992).

Anhand der beiden geglätteten Temperaturverläufe in Abb. 3 können die Einstellungen der Regelung der LTA kontrolliert werden. Die Auswertung der graphischen Darstellung der Zeitreihen kann ähnlich wie bei der technischen Chartanalyse von Aktien und Wertpapieren erfolgen (LOISTL, 1991; WELCKER, 1991), wobei sich insbesondere einhüllende Geraden eignen, die den zeitlichen Verlauf durch Verbinden der Extremwerte beschreiben. Durch die Anwendung solcher einhüllender Geraden des Temperaturverlaufs (Abb. 3, punktierte Linienzüge) lassen sich Aussagen über die zeitliche Entwicklung (Trend) der Stalltemperatur machen. Für die Beurteilung dieses Stalles wurden die Minima herangezogen, da durch die Veränderung der Bandbreite der Regelung eine schärfere Aussage über die untere Grenze des Regelbereichs möglich ist.

Die Änderungen der Reglereinstellung im Verlauf der Mastperiode wird mit Hilfe der relativen Häufigkeitsverteilung der Stalltemperatur t_i dargestellt. Für die Untersuchung der Regelung ist nur jener Zeitraum geeignet, in dem der Volumenstrom in Abhängigkeit von Stalltemperatur geregelt wird (Abb. 4, Regelbereich unterhalb einer Außentemperatur $t_a = 14$ °C). Daher wurde nur die Wintermastperiode herangezogen. Die Dreiteilung der Mastperiode wurde anhand der Trendanalyse in Abb. 3 vorgenommen.

Um die Eigenschaften und das Verhalten des Systems (Tier, Gebäude, LTA) analysieren zu können, wird in Abhängigkeit von der Regelgröße (Stalltemperatur) die Differenz zwischen der Stalltemperatur und der Außentemperatur dargestellt (Abb. 5). Der regelbare Bereich wird einerseits durch die Bandbreite und andererseits durch die Solltemperatur festgelegt. Die Bandbreite wird anhand des 5%-(Winter- und Sommerdatensatz) bzw. des 95%-Perzentils (Winter, Mastbereich C, Abb. 3b) der Temperaturdifferenz $t_i - t_a$ für eine Klassierung der Stalltemperatur t_i (Klassenbreite 1 K) beschrieben. Die beiden Kurven geben Aufschluß über den Temperaturbereich, in dem durch die Regelung auf das System Einfluß genommen werden kann. Die beiden Kurven zeigen, daß die Differenz der beiden Perzentile zwischen 7 und 10 K liegt.

Die durch die LTA geförderte Mindestlufrate und Sommerlufrate werden anhand der sensiblen Wärmebilanz und der Kohlendioxidbilanz des Stalles abgeschätzt werden (AL-BRIGHT, 1990). Die für die Berechnung herangezogenen Parameter und Annahmen sind in Tab. 3 zusammengefaßt.

Tab. 3: Angaben zur Berechnung der sensiblen Wärmebilanz (nach CIGR, 1984)

Tier	
Anzahl der Mastplätze	440
Lebendmasse Mastanfang (kg)	30
Lebendmasse Mastende (kg)	100
Gebäude	
Anteil der Außenflächen (m ²)	466
flächengewichteter mittlerer k-Wert (W/m ² K)	1,5
LTA	
Mindestlufrate berechnet für eine maximale CO ₂ -Konzentration (Vol.-%)	0,30

Für die Sommerlufrate wird ausgehend von einer Stalltemperatur von 30 °C die Temperaturdifferenz, die sich zwischen außen und dem Stallraum einstellt, zwischen 2 K und 5 K variiert. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß bei sinkenden Stalltemperaturen der Anteil der sensiblen Wärmeabgabe an der Gesamtwärmeabgabe auf Kosten der latenten Wärmeabgabe zunimmt, ergibt sich eine Kurvenschar (Abb. 5 u. 6), anhand welcher der tatsächlich geförderte Volumenstrom des Stalles beurteilt werden kann.

Die Mindestlufrate wird in analoger Weise mit Hilfe der sensiblen Wärmebilanz sowie der Kohlendioxidbilanz überprüft. Für die Berechnung der Sommerlufrate kann der Wärmestrom durch die Bauteile durch den geringen Temperaturgradienten vernachlässigt werden, während für die Berechnung der Mindestlufrate dieser Term der Wärmebilanz in die Abschätzung einzubeziehen ist. Unter der Annahme einer maximalen CO₂-Konzentration von 0,3 Vol.-% im Stall ergibt sich für den Mastanfang (MA) und das Mastende (ME) je eine Kurve, die das thermische Verhalten des Stalles charakterisiert.

Ergebnisse

Meßgeräte

Die getesteten Meßgeräte wurden vor allem nach Kriterien beurteilt, die den Einsatz der Datalogger im Stall betreffen (Tab. 2). Keines der hier vorgestellten Geräte wurde einem Langzeittest unterworfen, wodurch keine Aussagen über die Standfestigkeit der Geräte möglich sind. Grundsätzlich haben sich alle getesteten Meßgeräte als geeignet erwiesen.

Datenauswertung

Bei der Datenauswertung wird zwischen der Überwachung im Sinne der Dokumentation des Stallklimazustands und einer weiterführenden Analyse unterschieden, um damit auch Aussagen über das Systemverhalten (Tierbestand, Gebäude, LTA) machen zu können.

In Abb. 1 ist der zeitliche Verlauf der Außen- und der Stalltemperatur von zwei nahezu vollständigen Mastperioden dargestellt. Der Verlauf der Stalltemperatur der beiden Mastperioden zeigt deutliche Unterschiede, die abhängig vom Temperaturniveau (Jahreszeit) der Außenluft sind. Die erste Mastperiode (Sommer) zeigt Stalltemperaturen, die

zumeist über 20 °C liegen sowie große Tagesamplituden bei Außentemperaturen von über 10 °C. In der zweiten Mastperiode (Winter) verläuft die Stalltemperatur hingegen in einem vergleichsweise schmalen Bereich. Die Außentemperatur liegt dabei zwischen -10 °C und etwa 12 °C. In diesem Fall erweckt der Vergleich der beiden Temperaturverläufe (außen bzw. innen) den Eindruck, daß keinerlei Zusammenhang besteht.

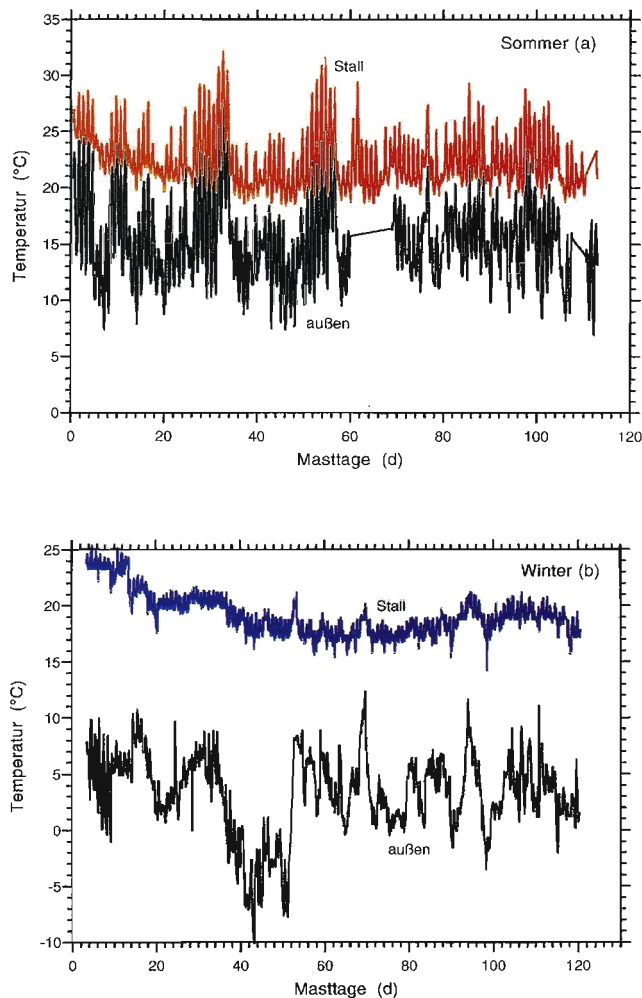


Abb 1: Zeitlicher Verlauf der Außentemperatur und der Stalltemperatur für zwei Mastperioden; Sommermastperiode (a) von 6. Mai 1993 bis 2. September 1993; Wintermastperiode (b) von 13. Oktober 1994 bis 9. Februar 1994 (Meßintervall: 60 Minuten)

In Abb. 2 wird je eine 14tägige Periode exemplarisch aus den beiden Mastperioden herausgegriffen, um den Einfluß der Außentemperatur und ihres Tagesgangs zu verdeutlichen. Während für Außentemperaturen über 10 °C (Sommer) ein nahezu gleichförmiger Verlauf mit etwa gleicher Tagesamplitude für die Stalltemperatur zu beobachten ist, ist die Temperatur im Stall bei Außentemperaturen zwischen 5 °C und -10 °C nahezu konstant. Temperaturschwankungen, die mit dem Tagesrhythmus verlaufen, sind nicht erkennbar.

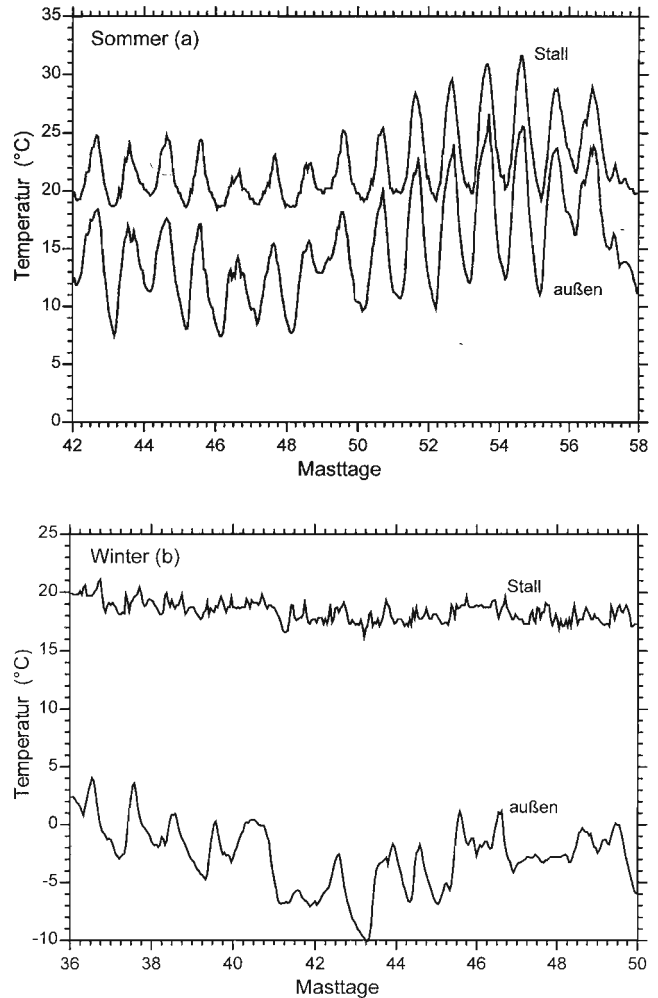


Abb 2: Zeitlicher Verlauf der Außentemperatur und der Stalltemperatur für einen Zeitraum von zwei Wochen für die Sommermastperiode (a) und die Wintermastperiode (b) (Meßintervall: 60 Minuten)

Die Mastperiode läßt sich anhand des Trends (hier die untere einhüllende Gerade der Minima) in jeweils drei Abschnitte unterteilen (Abb. 3). Für die Wintermastperiode zeigen die ersten zwanzig Masttage (A) eine Abnahme des Temperaturniveaus um etwa 5 K, die zeitliche Änderung beträgt -0,31 K/d. Zwischen dem einundzwanzigsten und dem sechzigsten Masttag (B) sinkt das Temperaturniveau (untere Einhüllende) von etwa 19 °C um etwa 0,06 K pro Tag auf 17 °C. Danach (C) bleibt das Temperaturniveau unverändert. Für die Sommermastperiode ist eine Dreiteilung anhand des Temperaturverlaufs (untere Einhüllende) mit dem zwanzigsten (A/B) und vierzigsten (B/C) Masttag zu beobachten. Die Trends betragen: A -0,11 K/d, B -0,06 K/d und C mit 0 K/d. Diese Temperaturänderungen entsprechen den technischen Unterlagen der LTA, in denen angegeben wird, daß die Solltemperatur in den ersten 7 Wochen von 25 °C auf 18 °C linear (1 K/7 d) abgesenkt wird. Die Abnahme des Temperaturniveaus mit fortschreitender Mastdauer zeigt, daß durch die Regelung eine Anpassung der Umwelt an die Ansprüche der Tiere erfolgt. Aus den Messungen kann jedoch der Schluß gezogen werden, daß das gesamte Temperaturniveau des Stalles um etwa 3 - 5 K

abgesenkt werden könnte, wodurch eine Verringerung der Differenz zwischen Stall- und Außentemperatur im gleichen Ausmaß erreicht werden würde. So fordert KIRSCHNER (1976) eine Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Stallluft von maximal 8 K, um Zugerscheinungen im Stall möglichst gering zu halten. Die folgenden Argumente für eine geringere Stalltemperatur ergeben sich aus der Wärmebilanz des Stalles (SCHAUBERGER, 1988b). Erstens bietet die Absenkung der Stalltemperatur den Vorteil, daß dadurch ein höherer Anteil der Wärmeabgabe des Tieres in Form von sensibler Wärme zur Verfügung steht. Zweitens kann durch die geringere Temperaturdifferenz und den dadurch reduzierten sensiblen Wärmestrom der LTA der Volumenstrom erhöht werden und dadurch eine bessere Luftqualität erzielt werden. Drittens kann aufgrund der oben genannten Argumente angenommen werden, daß der Anteil feuchter Flächen im Stall verringert wird. Diese Flächen stellen wiederum eine Quelle für Wasserdampf und eine Senke der sensiblen Wärme dar (KIRSCHNER, 1976).

Die Änderungen der Reglereinstellung im Verlauf der Mastperiode ist in Abb. 4 dargestellt. In den ersten 20 Masttagen

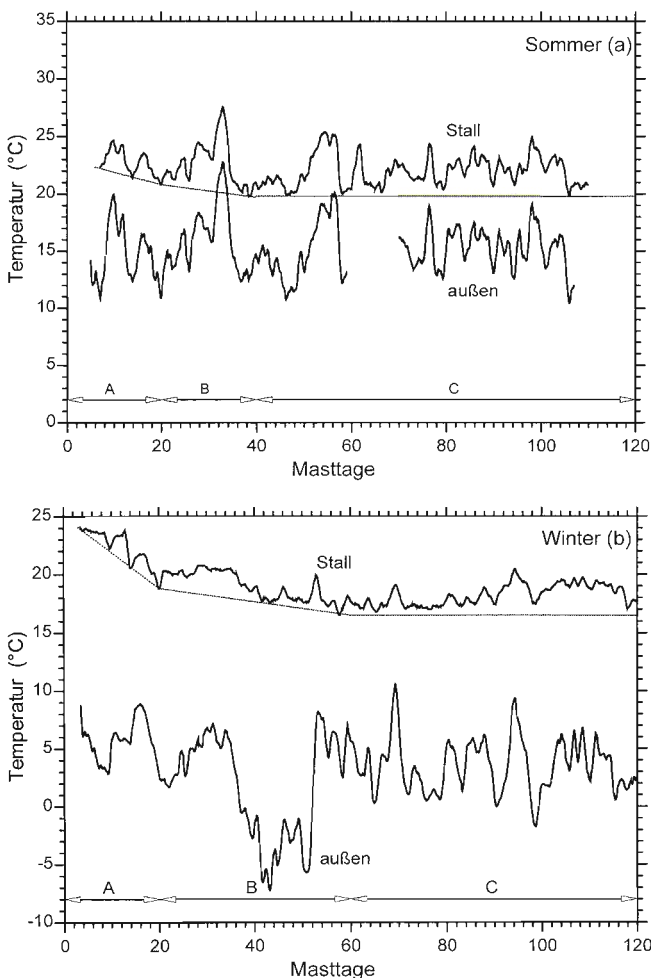


Abb 3: Tiefpaßfilterung (gleitender Mittelwertwert für 24 h) der Außentemperatur und der Stalltemperatur in Abhängigkeit der Zeit für jeweils zwei Mastperioden; Sommermastperiode (a) und die Wintermastperiode (b) (Meßintervall: 60 Minuten). Zusätzlich sind die unteren Trendlinien (einhüllende Gerade) eingezeichnet, nach denen die beiden Mastperioden in drei Abschnitte (A, B und C) unterteilt wurden.

(A) liegt das Maximum bei 24 °C (Klassenmitte), für den Mastbereich B liegt eine bimodale Verteilung (Maxima bei 21 °C und 18 °C) vor, in der letzten Hälfte (C) der Mastperiode liegt das Maximum bei 19 °C. Die Häufigkeitsverteilung zeigt nochmals die Möglichkeit, die Solltemperatur der Regelung und damit das Temperaturniveau der Stalltemperatur absenken zu können. Am Mastende ist eine Stalltemperatur von etwa 15 °C auch ohne Einstreu ausreichend, wie ein Vergleich mit der unteren kritischen Temperatur (LCT) zeigt (BRUCE u. CLARK, 1979). Verschiedene Richtlinien zur Stallklimagegestaltung geben als Optimalbereich der Stalltemperatur folgende Grenzen an: 16 - 21 °C (ASHRAE, 1972), 15 - 18 °C (ANONYM, 1983); 14 - 21 °C (DIN 18910, 1992), 13 - 17 °C (CIGR, 1984; ÖKL, 1983). Dabei ist jedoch zu beachten, daß die LCT für die Schweinemast durch das hohe Niveau des Stoffwechsels wesentlich unterhalb dieser Temperaturbereiche liegt.

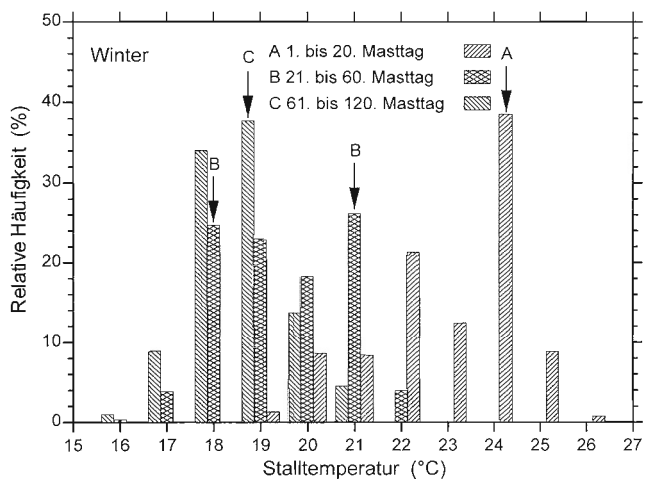


Abb. 4: Relative Häufigkeitsverteilung der Stalltemperatur für die Wintermastperiode getrennt nach den drei Abschnitten (A, B und C) aus Abb.3b (Klassenbreite 1 K). Die Maxima der drei Abschnitte sind durch Pfeile markiert.

Anhand von Abb. 3 kann der durch die LTA geförderte Volumenstrom qualitativ abgeschätzt werden. Da der geglättete Verlauf der Stalltemperatur im letzten Teil der Mastperiode nicht ansteigt, folgt daraus, daß der Volumenstrom laufend an die steigende Lebendmasse des Bestandes angepaßt wird. Falls die Lufrate (Mindestlufrate und Sommerlufrate) in einem Rein-Raus-Betrieb über die gesamte Mastperiode konstant bliebe, würde das Temperaturniveau ständig ansteigen, da die Gesamtwärmeabgabe der Tiere von Mastanfang bis zum Mastende auf etwa das Doppelte zunimmt (CIGR, 1984; HILLIGER, 1990; ÖKL, 1983).

Die von der LTA geförderten Volumenströme können anhand der Energie- und Massenströme bestimmt werden (Abb. 5 u. 6). Der Vergleich zwischen der gemessenen Temperaturdifferenz und der berechneten Kurvenschar zeigt, daß der durch die LTA geförderte Volumenstrom einer Sommerlufrate entspricht, wie sie sich für eine Temperaturdifferenz zwischen 3 K und 4 K einstellt. Dies entspricht den Anforderungen der DIN 18910 (1992) für diese Klimazone. Die beiden Kurven zeigen, daß sich der regelbare Bereich für den MA bis etwa -4 °C und bei ME bis unter -10 °C

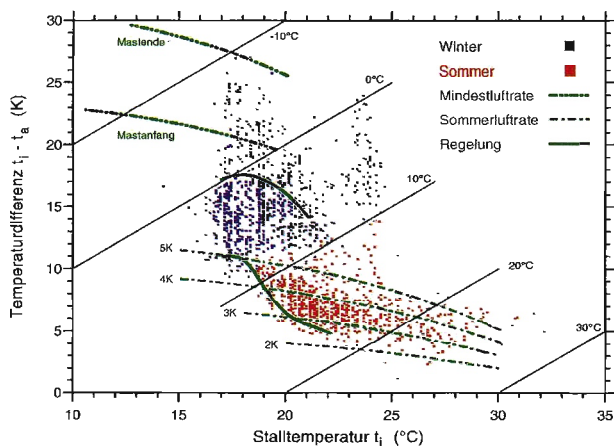


Abb. 5: Differenz zwischen der Stalltemperatur t_i und der Außentemperatur t_a in Abhängigkeit von der Stalltemperatur t_i der Sommermastperiode (rot) und der Wintermastperiode (blau). Isothermen der Außentemperatur (zwischen -10°C und 30°C ; Abstand 10°C), Regelcharakteristik (5 %- bzw 95 %-Perzentil der Temperaturdifferenz für eine Klassenbreite von 1 K der Stalltemperatur); Kurvenscharen zur Abschätzung des geförderten Volumenstroms berechnet anhand der sensiblen Wärmebilanz des Stalles (CIGR, 1984): Temperaturverlauf, der sich bei konstanter Sommerlufrate (zwischen 2 K und 5 K) und bei konstanter Mindestlufrate (ohne Wärmerückgewinnung bzw Heizung) einstellt

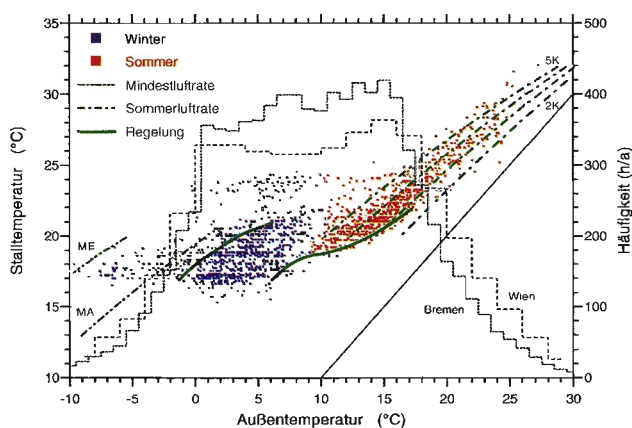


Abb. 6: Stalltemperatur (linke Achse) in Abhängigkeit der Außentemperatur der Sommermastperiode (rot) und der Wintermastperiode (blau); Regelcharakteristik (5 %- bzw 95 %-Perzentil der Temperaturdifferenz für eine Klassenbreite der Stalltemperatur von 1 K); Kurvenscharen zur Abschätzung des geförderten Volumenstroms berechnet anhand der sensiblen Wärmebilanz des Stalles (CIGR, 1984): Temperaturverlauf, der sich bei konstanter Sommerlufrate (zwischen 2 K und 5 K) und bei konstanter Mindestlufrate (ohne Wärmerückgewinnung bzw Heizung) einstellt; die erste Mediane stellt die Zulufttemperatur unter der Bedingung dar, daß keine thermische Luftaufbereitung erfolgt, sodaß die Zulufttemperatur gleich der Außentemperatur ist. Relative Häufigkeitsverteilung (rechte Achse) der Außentemperatur für die Stationen Bremen und Wien

erstreckt (Schnittpunkte der beiden Kurven mit der Untergrenze der Stalltemperatur von etwa 17°C). Diese niedrigen Grenztemperaturen werden durch die geringen Transmissionsverluste der Bauteile bedingt, da der Stall nur an der Schmalseite frei steht (Der Anteil an Außenfläche pro Tierplatz beträgt nur etwa 1 m^2 , siehe auch Tab. 3). Da einerseits diese Grenztemperaturen erst ab dem dreißigsten Masttag unterschritten werden und andererseits die Warmluftheizung eine zusätzliche sensible Wärmequelle im Stall darstellt, verläuft die gemessene Stalltemperatur (Punktwolke) nicht zwischen diesen beiden Kurven MA und ME. Die thermische Ankopplung des Stalls an die Außenbedingungen wird in Abb. 6 gezeigt. Dabei wird in Abhängigkeit der Außentemperatur die Stalltemperatur dargestellt. Diese Darstellung entspricht der von BAXTER (1984) vorgeschlagenen Form (Bioclimatic Chart), in der der Außentemperatur ein biologisch relevanter Parameter (Stallklimatemperatur) gegenübergestellt wird. Neben der Kurvenschar zur Beurteilung der Sommerlufrate (2 - 5 K) ist die Regelcharakteristik sowie die beiden Kurven zur Beurteilung des Stallklimas im Winterbetrieb für den Mastanfang MA und das Mastende ME eingezeichnet. Weiters kann anhand der beiden mittleren langjährigen Häufigkeitsverteilungen der Lufttemperatur für Bremen (in unmittelbarer Nähe zum beurteilten Stall) und Wien die Bedeutung von Maßnahmen zur Verbesserung des Stallklimas bei extrem hohen bzw. niedrigen Lufttemperaturen beurteilt werden. So zeigt die Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur von Wien als Beispiel eines gemäßigt kontinentalen Klimas, daß im Gegensatz zu maritimen Klimazonen (Bremen), die Bedeutung entsprechender Maßnahmen (Isolierung, Wärmetauscher etc.) für extreme Sommer- wie Wintertemperaturen höher ist (ALBRIGHT, 1990).

Diskussion

Die Beurteilung der Stallklimasituation basiert vor allem auf Meßmethoden, die einerseits die thermischen Parameter und andererseits die Luftqualität erfassen. Klassische Gerätezusammenstellungen (KECK, 1970) tragen diesen Anforderungen Rechnung. Sie ermöglichen eine zeitlich und räumlich punktuelle Messung der relevanten Parameter. Kontinuierliche Meßmethoden waren bislang durch den hohen zeitlichen Aufwand wenig im Einsatz. Durch den Stand der Technik ergibt sich jedoch die Möglichkeit, Meßsysteme einzusetzen, die eine laufende Erfassung von zumeist mehreren Meßgrößen zulassen. Die Übersicht der Meßgeräte (Tab. 2) umfaßt auch solche, die nicht für die Gewinnung der hier untersuchten Datensätze verwendet wurden, sondern im Rahmen eines Gerätetests auf ihre Tauglichkeit bei Stallklimamessungen überprüft wurden.

Der Thermohygrograph wurde nur deshalb in die Übersicht aufgenommen, da dieses Meßprinzip immer noch für Stallklimauntersuchungen empfohlen wird (HILLIGER, 1990). Es ist das einzige Meßgerät, das die Meßdaten mechanisch aufzeichnet, wodurch eine weitere Bearbeitung der Daten ohne mühsame Ablesung der Einzelwerte vom Registrierstreifen nicht möglich ist. Nach unserer Ansicht scheidet dieses Meßgerät daher für Stallklimamessungen in der hier vorgeschlagenen Form aus.

Alle anderen Meßgeräte unterscheiden sich in den technischen Details. Die wesentlichen Unterscheidungskriterien der Meßgeräte für den Einsatz bei Stallklimamessungen sind: Anzahl der Meßkanäle, Größe des Speichers (Anzahl

der Meßwerte), Möglichkeiten der Programmierung (dabei vor allem Meßintervalle), Umfang der Software und Aufwand für die Kalibrierung (Feuchtesensor). Einige Geräte haben einen internen Temperaturfühler. Bei mehreren Kanälen muß jedoch beachtet werden, daß die Meßfühler und damit auch die Meßkabel im Stall verlegt werden müssen. Dies ist zumeist mit einem größeren Zeitaufwand verbunden.

Da derzeit keine preisgünstigen Meßgeräte bzw. Meßfühler zur Erfassung der Luftqualität in Stallungen erhältlich sind (z. B. Kohlendioxid-, Ammoniakkonzentration, geförderter Volumenstrom der LTA), wurde hier ausschließlich die Lufttemperatur als Repräsentant der thermischen Parameter erfaßt und beurteilt. Diese Einschränkung ermöglicht den Meßaufwand gering zu halten, da zusätzliche Parameter den finanziellen und zeitlichen Aufwand drastisch erhöhen. Daß die Stalltemperatur der wichtigste Leitparameter ist, ergibt sich aus seiner Bedeutung für die unmittelbare thermische Wechselwirkung des Tieres mit seiner Umwelt. Alle Wärmeabgabemechanismen des Tieres (da vor allem: Strahlung, Konvektion, Leitung und Verdunstung) sind vom Temperaturgradienten zwischen Tier und Umwelt abhängig. Dies gilt besonders in der Nähe der unteren kritischen Temperatur (BRUCE u. CLARK, 1979) des Tieres, in der die sensible Wärmeabgabe dominiert. Bei höheren Stalltemperaturen steigt die Bedeutung der latenten Wärmeabgabe und damit des Feuchtegehalts der Stallluft. Weiters stellt die Stalltemperatur für nahezu alle LTA mit Regelung die Regelgröße für die Anpassung des geförderten Volumenstroms dar (ALBRIGHT, 1990; SCHAUBERGER et al., 1993).

Die Stalltemperatur alleine kann sicher kein vollständiges Bild der thermischen Situation im Stall ergeben. Die Notwendigkeit der Ergänzung der leicht handhabbaren Temperaturmessung durch andere Stallklimaparameter (besonders der Luftfeuchtigkeit) muß jedoch im Einzelfall entschieden werden.

Über die notwendige Meßdauer von Stallklimamessungen liegen eine Vielzahl von Hinweisen und Vorschlägen vor. So wird zumeist zwischen Punkt- oder Augenblicksmessungen, Kurzzeitmessungen und Langzeitmessungen unterschieden. Zur Untersuchung des Systemverhaltens sind Momentaufnahmen ungeeignet (AENGST et al., 1983; KARLE, 1981; KECK, 1970). SIENCNIK (1992) hat den auftretenden Fehler bestimmt, der bei der Abschätzung des zeitlichen Verlaufs der Stalltemperatur aus ein oder mehreren Punktmessungen im Vergleich zu kontinuierlichen Messungen entsteht. Für Langzeitmessungen werden zumeist 7 bis 10 Tage (BÄHR et al., 1983; HILLIGER, 1990) vorgeschlagen, wobei dies zu möglichst allen Jahreszeiten wiederholt werden sollte. Die vorliegende Arbeit zeigt jedoch, daß Aussagen über den Stallklimazustand nur für jene Außenbedingungen möglich sind, während denen das Stallklima erfaßt wurde. Extrapolationen sind nicht zulässig, d.h., daß möglichst der gesamte Temperaturbereich eines Jahres (von etwa -15 °C bis +30 °C) durch die Messungen abgedeckt werden sollte. Eine Forderung nach einer im Vorhinein festgelegten Meßdauer scheint daher nicht sinnvoll.

Der Einsatz von Dataloggern ermöglicht die gemessenen und gespeicherten Daten mit entsprechenden Programmen weiter zu verarbeiten. Damit kann der Umfang der Auswertungen sowie die Interpretation der Meßdaten wesentlich erweitert werden. Die Datenauswertung, Analyse und Dokumentation bedarf sicherlich der Verwendung des Computers (Tabellenkalkulations- und Graphikprogramme), der in die-

sem Sinn von BRAND (1994) als „modernes Stethoskop“ in der Bestandsbetreuung bezeichnet wird.

Für die Datenanalyse wurden sowohl deskriptive statistische Verfahren als auch graphische Verfahren herangezogen, die mit herkömmlichen Programmpaketen durchgeführt werden können. Der Einsatz von graphischen Analyseverfahren, wie sie in der technischen Chartanalyse angewandt werden, eignet sich besonders zur Prüfung des Regelverhaltens. Änderungen der Reglereinstellung (Solltemperatur und Bandbreite) lassen sich durch einhüllende Gerade (Trends) nachweisen. Anhand der sensiblen Wärmebilanz des Stalles ist eine Abschätzung der durch die LTA geförderten Volumenströme möglich. Diese indirekte Methode verringert den Aufwand zur Bestimmung der Leistungsparameter der LTA und ihrer Regelung erheblich. Eine sinnvolle Ergänzung dieser Methode stellt der Vergleich der Meßdaten mit den Ergebnissen einer Stallklimasimulation (SCHAUBERGER, 1988b, 1989) dar.

Obwohl sich besonders für die Untersuchung von Zeitreihen die Fourieranalyse anbieten würde, ist die der Tagesperiode entsprechende Frequenz so dominant, daß andere Frequenzen dadurch unterdrückt werden. Auch der Versuch, das Frequenzverhalten des Systems aus den zeitlichen Verläufen der Außentemperatur und der Stalltemperatur zu bestimmen, war dadurch nicht möglich. Ein wichtiger Schritt in der Analyse der Daten war die Unterscheidung der einzelnen Temperaturbereiche nach ihrer Lage in bezug auf den regelbaren bzw. den Sommerbereich. Zur objektiven Trennung der beiden Bereiche (regelbarer Temperaturbereich und Sommer- bzw. Winterbereich) hat sich die Clusteranalyse in diesen Fällen als ungeeignet erwiesen, da erst ab etwa vier unabhängigen Variablen eine ausreichende Trennschärfe gegeben ist. Dazu wäre die Erweiterung der Datensätze um zusätzliche Stallklimaparameter notwendig.

Die optimale Stallklimagegestaltung hat eine große ökonomische Bedeutung in der Tierhaltung. In einer vergleichenden Analyse von Haltungssystemen haben WEHGE et al. (1989) für die Schweinemast gezeigt, daß der Bereich Stallklima neben dem Stallbelegungsverfahren, der Betriebsform und der Fütterungsstrategie ein wichtiger Faktor ist, der die ökonomisch relevante tägliche Lebendmassenzunahme nachhaltig beeinflusst. Für infektiöse Faktorenkrankheiten stellt das Stallklima im engeren Sinn (thermisch-hygrische Parameter, Luftqualität, etc.) sowie alle jene Faktoren, die einen wesentlichen Einfluß auf das Systemverhalten haben (Besatzdichte, Art der Fütterung, Art der Haltung), einen wesentlichen Faktorenkomplex dar (BOLLWAHN, 1989), wobei dies insbesondere für Atemwegserkrankungen gilt (STRAW, 1992). Die Bedeutung von infektiösen Faktorenkrankheiten in der Schweinehaltung, die für etwa 18 % der Verluste bis zur Schlachtung verantwortlich sind (BOLLWAHN, 1989), macht die Stallklimaanalyse zu einem wichtigen Moment tierärztlicher Bestandsbetreuung.

Die laufende Dokumentation des Stallklimas kann sowohl innerbetrieblich (Kontrolle des Betriebsablaufs) als auch nach außen (gegenüber Vertragspartnern) als Beitrag zur Qualitätssicherung in der Tierproduktion verstanden werden. Nach außen hin kann die Dokumentation des Stallklimas bei Gewährleistungsansprüchen von Bedeutung sein. Ebenso kann sie bei der Produktion von Qualitätsfleisch für eine lückenlose Überwachung von der Geburt über die Mast bis zur Schlachtung dienen, damit die Einhaltung von Mindestanforderungen an die Umwelt der Tiere nachgewiesen



werden kann. Dadurch wäre der Nachweis einer ordnungsgemäßen Tierhaltung in Hinblick auf das Stallklima möglich.

Danksagung

Wie danken den Firmen, die uns die Meßgeräte für Testzwecke zur Verfügung gestellt haben.

Literatur

- AENGST, C., HILLINGER, H. G., ROKICKI, E. (1983): Durchführung von Stallluftuntersuchung aus tierärztlicher Sicht. Dtsch. Tierärztl. Wschr. **90**, 509 - 512.
- ALBRIGHT, L. D. (1990): Environment control for animals and plants. ASAE Textbook Nr. 4, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph.
- ANONYM (1983): Schweizerische Stallklima-Norm. Institut für Nutztierwissenschaften, Gruppe Physiologie und Hygiene. ETH, Zürich.
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (1972): Handbook of fundamentals. Environment control for animals and plants - Physiological considerations (Chapter 8). ASHRAE Ed, New York.
- BÄHR, H., SCHRÖDER, G., ODIN, H. U. (1983): Bauhygienische Meßmethoden. Reihe: Angewandte Tierhygiene, Bd. 8, VEB G. Fischer, Jena.
- BAXTER, S. (1984): Intensive pig production: environmental management and design. Granada, London.
- BOLLWAHN, W. (1989): Infektiöse Faktorenkrankheiten beim Schwein - Pathogenese und Bekämpfung. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **102**, 410 - 412.
- BRAND, A. (1994): Informationen über das Department of Herd Health and Reproduction at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Utrecht. Veterinärmedizinische Universität Wien.
- BRUCE, J. M., CLARK, J. J. (1979): Models of heat production and critical temperature for growing pigs. Animal Prod. **28**, 353 - 369.
- CIGR - Commission International du Génie Rural (1984): Climatization of animal houses. Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Aberdeen, Scotland.
- GLODEK, P. (1992): Schweinezucht. Grundlagen der Schweinezucht. Ulmer, Stuttgart.
- HILLIGER, H. G. (1990): Stallgebäude, Stallluft und Lüftung. Enke, Stuttgart.
- HOFSTADTER, D. R. (1986): Gödel, Escher, Bach - ein endlos geflochtenes Band. Klett Cotta, Stuttgart.
- KARLE, J. (1981): Kontinuierliche Messungen von Stallluftparametern in zwei Schweinemastställen zur Ermittlung der jahreszeitlichen und tageszeitlichen Veränderungen. Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover.
- KECK, G. (1970): Die Faktoren des Stallklimas und ihre Messung - Ein Vorschlag für die Praxis. Wien. Tierärztl. Mschr. **57**, 426 - 432.
- KIRSCHNER, K. (1976): Klimatechnik in der Tierproduktion. VEB Verlag Technik, Berlin.
- LOISTL, O. (1991): Computerunterstützte Wertpapieranalyse. 3. Aufl., Oldenburger, München.
- ÖKL - Österreichisches Kuratorium für Landtechnik (1983): Anleitung Stallklima. Wien.
- PRESSER, K. H. (1988): Meßverfahren und Meßgeräte für raumlufttechnische Anlagen. In: Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik (Hrsg.): Handbuch der Klimatechnik. Bd. 3: Bauelemente. C. F. Müller, Karlsruhe.
- SCHAUBERGER, G. (1988a): Sensitivitätsanalyse einiger Parameter auf das Stallklima. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **101**, 77 - 81.
- SCHAUBERGER, G. (1988b): Ein quasi-stationäres Bilanzmodell zur Stallklima-Simulation. Dtsch. Tierärztl. Wschr. **95**, 200 - 205.
- SCHAUBERGER, G. (1989): Computersimulation des Stallklimas am PC in der tierärztlichen Praxis. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **102**, 58 - 63.

- SCHAUBERGER, G., WUDY, W., CERNOHORSKY, W. (1993): Statistisch-repräsentative Erhebung der Stallklimasituation in Rinder- und Schweineställen in Niederösterreich - Tierbestand, Gebäude und Lüftung. Wien. Tierärztl. Mschr. **80**, 364 - 374.
- SCHÖN, H. (1989): Haltungssysteme Mastschweine. KTBL-Schrift 335. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- SCHÖNWIESE, Ch. D. (1992): Praktische Statistik. 2. Aufl., Bornträger, Berlin.
- SIENCNIK, I. (1992): Stallklimamessung: Optimierung der Meßzeitpunkte zur Abschätzung der tagesbedingten Temperaturschwankungen im Stall. Diss., Vet. Med. Univ. Wien.
- STRAW, B. (1992): Controlling pneumonia in swine herds. Vet. Med. **87**, 78 - 86.
- WEHGE, H. van den, SCHÖN, H., HÖGES, J. (1989): Folgerungen aus der vergleichenden Analyse der Haltungssysteme. In: SCHÖN, H. (Hrsg.): Haltungssysteme Mastschweine. KTBL-Schrift 335. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- WELCKER, J. (1991): Technische Aktienanalyse: Die Methode der technischen Analyse mit Chart-Übungen. 6. Aufl., Moderne Industrie, Zürich.
- WIESNER, E., RIBBECK, R. (1991): Wörterbuch der Veterinärmedizin, Fischer, Stuttgart.

Normen

- DIN 18910 (1992): Wärmeschutz geschlossener Ställe. Beuth, Berlin - Köln.

Anschrift der Verfasser:

Univ.Do. Dr. Günther Schaubberger (Email: gunther.schauberger@vu-wien.ac.at), Mag. Peter Pilati (Email: peter.pilati@vu-wien.ac.at), Dr. Franz Rubel (Email: franz.rubel@vu-wien.ac.at), Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien; Dr. Elisabeth große Beilage, Dr. Thomas große Beilage, Büscheler Landstraße 9, D-2849 Bakum, Deutschland.

 **Futtermittelkunde.** Von H. JEROCH, G. FLACHOWSKY und F. WEISSBACH (Hrsg.), Fischer, Jena, 1993. 510 S., 100 Abb., 238 Tab., geb., DM 98,-.

Bei Kenntnis des Bedarfes an Energie und Nährstoffen sind zu dessen Deckung detaillierte Informationen über Energie- und Nährstoffgehalte der Futtermittel sowie über deren Verfügbarkeit erforderlich. Dreizehn Fachwissenschaftler haben die große Zahl der praxisüblichen Futtermittel in übersichtlicher, auf dem letzten Stand des Wissens befindlicher Form beschrieben, die Inhaltsstoffe und Qualitätseigenschaften angegeben sowie die wichtigen Einflußfaktoren auf Nährstoffgehalt und Qualität wie Konservierung, Lagerung, Be- und Verarbeitung behandelt. Auch die in manchen Futtermitteln enthaltenen unerwünschten Stoffe, die die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere oder die Qualität der Produkte beeinträchtigen können, wurden erörtert.

Neben den einführenden Kapiteln über Definition und Einteilung, wertbestimmende Bestandteile und Bewertung der Futtermittel werden in guter Gliederung die einzelnen Futtermittelgruppen inklusive Mischfutter in knapper, prägnanter Weise beschrieben, wobei auch die der Entsorgung wegen bedeutsamen Küchenabfälle, Panseninhalte und Tierexkrementen hinsichtlich Verwertung als Futtermittel berücksichtigt werden.