Heinz Günter Kopp

Institut für Landtechnik der Justus Liebig-Universität, Gießen

OPTIMIERTE STALLKLIMASTEUERUNG MIT HILFE EINES PROZESSRECHNERS

Vorbemerkung

Die Vielzahl der Beiträge zum Thema Stallklima ist inzwischen kaum noch übersehbar, so daß, wer sich anschickt, einen weiteren hinzuzufügen, eigentlich gut daran tut, vorab einen entsprechenden Berechtigungsnachweis zu führen (und sodann Redundanzen zu anderen Aussagen stets als solche zu kennzeichnen). Dies um so mehr auf einer Tagung, in der - wenn man das so sagen darf - die großkalibrigen Informationssysteme eindeutig im Vordergrund stehen.

Was also den Berechtigungsnachweis angeht, so stützt sich dieser wie folgt ab:
Zum einen ist in der Intensivtierhaltung - und dort insbesondere bei der Schweinemast - die Unzufriedenheit der Praxis mit den angebotenen Lösungen zur Stallklimatisierung weitverbreitet und unüberhörbar: dies vor dem Hintergrund des Phänomens züchterisch bedingt wachsender Ansprüche der Tierphysiologie an das Stallklima bei mit den Energiepreisen ansteigenden Klimatisierungskosten und gleichzeitig anhaltend knappen Erlösmargen. Jede Bemühung, hier Verbesserungen zu erzielen, sollte daher begrüßt werden.

Zum anderen darf die elektronisch gestützte Informationsverarbeitung in der Landwirtschaft, wenn sie dem einzelnen Betrieb die allseits verfolgten Verbesserungen bringen soll, nicht nur von draußen bis auf den Schreibtisch des Betriebsbüros dringen, bzw. sich nur von dort wieder nach außen erstrecken, sondern - so meine ich - sie muß den Produktionsprozeß selbst mit durchdringen. Dies um so mehr, als der Produktion und ihrer Problematik im gesamten Agrarsektor eindeutig der größte Stellenwert zukommt. - Die nachfolgenden Ausführungen sollten daher stets mindestens gleichrangig unter diesem Gesichtspunkt gewertet werden.

Mit diesem Beitrag soll der Ansatz für eine nach produktionsökonomischen Kriterien optimierte Stallklimatisierung mit Hilfe eines Prozeßrechners vorgestellt werden. Dies verlangt, in gebotener Kürze einige Erläuterungen zur Produktionstheorie, Klimatisierungsphysik und Tierphysiologie sowie zur gegenwärtigen Praxis der Stallklimagestaltung vorauszuschicken. Hier sind Redundanzen im vorgenannten Sinne freilich unvermeidbar.

Alle Aussagen beziehen sich auf die Schweinemast, sind aber entsprechend modifiziert auch auf andere Nutztierarten übertragbar.

Die Stallklimatisierung als Produktionsfaktor

Zum besseren Verständnis der weiteren Ausführungen ist es hilfreich, die Stallklimatisierung in Bezug zu setzen zu den ökonomischen Determinanten eines Agrarbetriebes. - Wenn sich der Landwirt als Agrarunternehmer versteht - und dies sei im folgenden stets unterstellt - so verfügt er über eine Zielstruktur, die sich typischerweise mit derjenigen anderer produzierender Unternehmer deckt. Die Stallklimatisierung ist hierin Teil der Allgemeinzielsetzung, die betrieblichen Strukturen und Abläufe im Hinblick auf übergeordnete Ziele optimal zu gestalten. Die Zielerreichung vollzieht sich in einem permanenten Entscheidungsprozeß,

dem der Agrarunternehmer zwanghaft unterworfen ist: Aus der vorgenannten Zielstruktur werden meßbare ökonomische Zielgrößen abgeleitet, die mit den ökonomischen Meßdaten des Produktionsprozesses entweder übereinstimmen oder nicht. Im letzteren Fall sind sowohl die Zielvorgaben wie auch der reale Produktionsprozeß zu überprüfen und daraufhin die Zielvorgaben zu ändern und/oder Maßnahmen zur Änderung von Struktur und Ablauf in der Produktion zu treffen. Auch die Stallklimatisierung ist in diesen Prozeß eingebunden, konkret ausgeprägt in der Frage nach den richtigen Klimatisierungsinstallationen und ihrer bestmöglichen Steuerung.

Bewertet im Sinne des Vergleichs von Zielvorgaben mit erreichten Ergebnissen wird der Produktionsprozeß auf Grundlage einer Input-Output Rechnung, z.B. als Betriebsergebnis oder umfassender als Gewinn- und Verlustrechnung. Das einer solchen Rechnung zugrunde liegende Input-Output Modell für die Tierproduktion weist, sofern man im engeren Sinne nur die Tierentwicklung als Produktionsprozeß auffaßt, charakteristisch drei Inputleistungen auf. Es sind dies das tierische Ausgangsmaterial, die Fütterung und die Haltungsbedingungen; alle drei sind im klassischen Sinne als Produktionsfaktoren anzusehen. Das Stallklima wiederum nimmt im Rahmen der Gesamthaltungsbedingungen einen wichtigen Platz ein und gilt somit als einer von mehreren Produktionsfaktoren.

Nimmt man für einen laufenden Mastprozeß das tierische Ausgangsmaterial und die übrigen Haltungsbedingungen als fix an, so verbleiben als einzig operativ zu steuernde Faktoren die Fütterung und die Stallklimatisierung, was für den noch darzulegenden Ansatz von erheblicher praktischer Konsequenz ist.

Physikalische und physiologische Aspekte der Stallklimatisierung

Nach der soeben erfolgten ökonomischen Zuordnung bedürfen die Begriffe Stallklima und -klimatisierung noch einer kurzen physikalischen und physiologischen Untermauerung:

Ein Raumklima - und so auch das Stallklima - konstituiert sich aus überwiegend so bezeichneten Raumklimakomponenten, die sich in eine stoffliche und in eine energetische Gruppe unterteilen lassen. Bei den stofflichen Komponenten sind für die Steuerung relevant: der Gehalt der Luft an Wasserdampf sowie an Schadgasen, bei den energetischen Komponenten ist es die Lufttemperatur. Die Luft ist somit wichtigster Träger der Raum- bzw. Stallklimakomponenten, und die Stallklimatisierung beschränkt sich daher im wesentlichen auf Lufttransport und -aufbereitung.

Im weiteren Sinne ist jede zielgerichtete Einflußnahme auf das Stallklima, die über die Schaffung einer Klimabarriere durch Errichtung des Stalles selbst hinausgeht, als Stallklimatisierung zu bezeichnen.

Die Notwendigkeit der Einflußnahme auf das Stallklima in dem Sinne, daß die Meßgrößen der Stallklimakomponenten bestimmte Werte einnehmen oder sich in bestimmten Wertebereichen bewegen, ergibt sich aus zwei Gründen:
Zum einen ist eine vollkommene Ausschließung der Einflüsse des Außenklimas auf das Stallklima nahezu unmöglich und auch praktisch nicht relevant. Zum anderen nehmen die Wärme-, Feuchte- und Schadgasabgabe der Tiere selbst Einfluß auf das Raumklima. Alle Einflüsse insgesamt, die die Wertekonstellation der Raumklimakomponenten im Sinne einer Abweichung von den vorgegebenen Werten bzw. Wertbereichen, d.h. als Störgrößen, verändern, werden als Raumlast bezeichnet. Die Klimatisierung kann somit allgemein als Abführung von Raumlasten verstanden werden.

Die Luftbehandlung unterliegt den Gesetzen der Thermodynamik der feuchten Luft, worauf hier nicht eingegangen werden kann.

Als homöotherme Lebewesen können sich die landwirtschaftlichen Nutztiere durch Veränderung ihrer Wärmeproduktion und der Temperaturverteilung über den Körper ihrem Umgebungsklima anpassen. Da die den Tieren zur Verfügung stehende Energie letztlich immer aus der Nahrung stammt, ergibt sich einerseits bereits energetisch ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Stallklima sowie Futteraufnahme und Tageszunahme. Andererseits ist davon auszugehen, daß in Analogie zum menschlichen Behaglichkeitsempfinden ein ebensolches auch bei den Nutztieren besteht, mit allen entsprechenden Konsequenzen hinsichtlich der Leistungsbereitschaft, so auch der Mastleistung, d.h. der Futterverwertung und der Tageszunahme.

Diese offenkundigen Zusammenhänge quantitativ zu untermauern, ist Gegenstand zahlreicher empirischer und analytischer Bemühungen. Danach ergibt sich als wichtigste Stallklimakomponente die Lufttemperatur sowie ferner eine mit wachsendem Tiergewicht fallende Umgebungstemperatur für die jeweils beste Tageszunahme und eine sinkende Leistung mit wachsender Entfernung von dieser tierphysiologisch optimalen Umgebungstemperatur.

Praxis und Problematik der Stallklimagestaltung

Immerhin liegen für die Nutztiere nicht nur hinsichtlich der Temperatur, sondern auch für alle anderen Stallklimakomponenten die tierphysiologischen Optimalbereiche so genau fest, daß sie in der DIN 18910 als verbindliche Norm erkannt wurden. Darüber hinaus finden sich dort auch detaillierte Angaben, mit welchen Verfahren, Installationen und Gebäudedaten die geforderten Werte eingehalten werden können, ferner auch mit welchen Raumlasten unter alternativen Umständen zu rechnen ist u.a.m. Institutionen und Firmen entwickeln zahlreiche Planungsverfahren und Gestaltungsregeln, auch sind Erfahrungen inzwischen zahlreich vorhanden - und dennoch ist die eingangs erwähnte Unzufriedenheit festzustellen.

Sie hat vor allem folgende Vorwürfe zum Gegenstand: Zum einen die bereits genannte Unsicherheit hinsichtlich der richtigen Auswahl der Klimatisierungsinstallationen und sodann die häufig bestätigte Befürchtung, daß die tatsächlich erzielten Stallklimawerte zu oft und zu weit vom tierphysiologischen Optimum entfernt liegen und schließlich zum anderen, daß der Betriebsleiter hinsichtlich der tagtäglichen Steuerung der Stallklimatisierung bei nach Zahl und Gewicht variierenden Beständen sowie gleichzeitig schwankenden Außenklimawerten stets im Zweifel ist, ob er nun im Hinblick auf die Kosten des Guten zu viel oder im Hinblick auf die Nutzenerwartung des Guten zu wenig tut. Im ersteren Fall liegt die Problematik der optimalen Struktur, im letzteren die der optimalen Prozeßführung zugrunde.

Spätestens an dieser Stelle drängt sich die Frage auf, was eigentlich unter Optimalität hinsichtlich der Stallklimagestaltung zu verstehen ist. Optimalität ist zunächst dann gegeben, wenn ein oder mehrere gestellte Optimalitätskriterien erfüllt sind. Hiermit verlagert sich die Frage auf die Optimalitätskriterien. Diese wiederum sind für einen Agrarunternehmer - wenn er ökonomisch richtig entscheidet, und das ist stets zu unterstellen - eindeutig, nämlich eine vorgegebene Nutzengröße mit geringstmöglichen Kosten zu realisieren bzw. bei fix vorgegebenen Mitteln aus diesen den größtmöglichen Nutzen zu erzielen, wobei der Nutzen in erster Näherung der Erlöserwartung gleichzusetzen ist.

Jedermann weiß, daß dies nichts weiter als das sog. ökonomische Prinzip ist und daß ihm jeweils mit einer sorgfältigen Kosten-Nutzen-Analyse Rechnung zu tragen ist. Und doch wird in der Praxis der Stallklimagestaltung sowohl bei der Installationsauswahl wie auch bei der Klimatisierungssteuerung diesem Prinzip nur über den großen Daumen und deshalb oft ungenügend Rechnung getragen. Dies freilich nicht aufgrund unterneh-

merischer Fahrlässigkeit, sondern aufgrund mangelnder Daten, Rechenverfahren und Entscheidungsalgorithmen. Hierin liegt die eigentliche Ursache des Problems Stallklimatisierung.

Wie kann Abhilfe geschaffen werden? Ad hoc drängen sich zwei Ansatzmöglichkeiten auf: die Strukturproblematik mit Hilfe von Simulationstechniken zu erfassen und die Prozeßsteuerung einem Prozeßrechner zu übertragen. Um prüfen zu können, ob und wie das realisiert werden kann, ist zunächst eine Systemanalyse durchzuführen.

Systemanalyse Stallklimatisierung

Es erweist sich als praktisch, den Gesamtkomplex Stallklimatisierung für die Systemanalyse in fünf Teilsysteme zu unterteilen: Tierbestand, Stallraum, Klimatisierungsinstallationen, Gebäude und Umgebung.

Wie bereits erwähnt, vollzieht sich im Tierbestand als Tierentwicklung der eigentliche Produktionsprozeß. Folgende systemrelevanten Wirksamkeiten lassen sich für das Teilsystem *Tierbestand* feststellen, zunächst die Einwirkungen:
- die Vorprägung durch die genetischen Anlagen
- die übrigen Haltungsbedingungen, deren Einfluß und Kostenanteil für die weiteren Betrachtungen als fix angesehen wird
- die Fütterung nach Qualität und Menge als preisbewerteter Input
- das Stallklima als energetisch-stoffliches Phänomen

sodann die Auswirkungen:
- die Tierentwicklung, bemessen nach dem Lebendgewicht und bewertet mit der entsprechenden Erlöserwartung zum Vermarktungszeitpunkt
- die Tierlast in Form der Wärme-, Feuchte- und Schadgasabgabe des Tierbestandes in den Stallraum
- die physiologisch optimale Fütterung bezüglich Zusammensetzung und Tagesration nach Tierart und -gewicht
- das physiologisch optimale Stallklima, konkret ausgeprägt in seinen einzelnen Komponenten nach Tierart und -gewicht.

Die Einwirkungen auf das Teilsystem *Stallraum* sind
- die Tierlast wie oben erwähnt
- die Gebäudelast in Form vor allem der Transmissionswärme
- die klimaphysikalischen Wirkungen der Klimatisierungsinstallationen

als Auswirkung ergibt sich:
- das Stallklima.

Als Einwirkungen auf das Teilsystem *Gebäude* sind zu nennen:
- das Stallklima
- das Außenklima

als Auswirkung ergibt sich:
- die Gebäudelast.

Für das Teilsystem *Klimatisierungsinstallation* ist nach der Konzeptionslogik der preisbewertete technische Verbrauch als Input bzw. Einwirkung anzusehen. Dem gegenüber steht die spezifische klimaphysikalische Auswirkung dieses Teilsystems.

Das Teilsystem *Umgebung* schließlich wirkt autonom in Gestalt des Außenklimas (Abb. 1).

Bei herkömmlicher Prozeßsteuerung durch den Betriebsleiter sind dessen Aktionen die Bestimmung der Futtervorlage nach Zusammensetzung, Menge und Portionierung über den Tag sowie die Sollwertvorgabe für die Klimatisierung. Die Steuerung der Klimatisierungsinstallationen übernimmt eine Regeleinheit anhand der jeweiligen Soll-Ist Differenz. Fehlt diese Regeleinheit, so übernimmt der Betriebsleiter auch die Regelung, eine Variante, die praktisch durchaus relevant ist.

SYSTEMANALYSE Stallklimatisierung

Gesamtsystem mit herkömmlicher Prozeßsteuerung

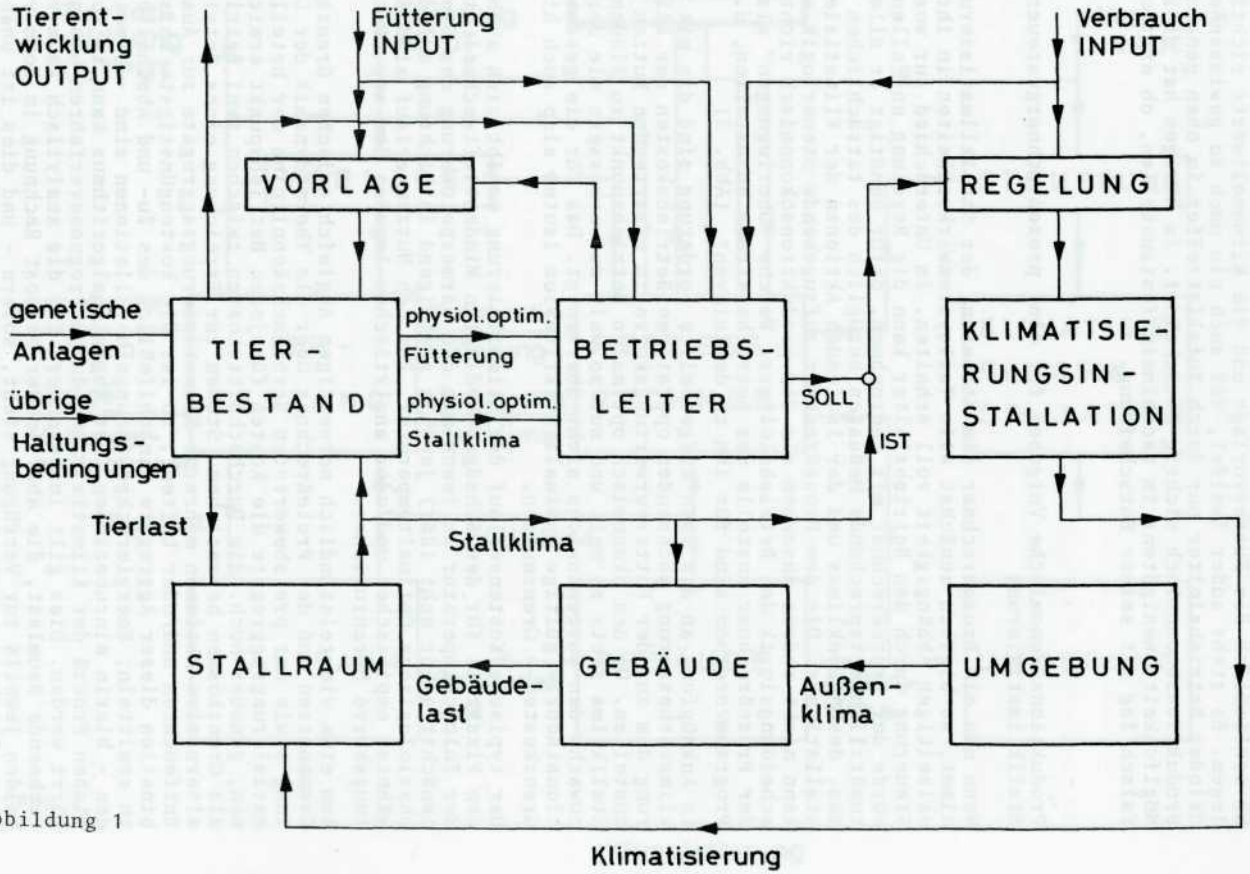

Abbildung 1

Wenn er produktionsökonomisch richtig handelt, hat der Betriebsleiter den bewerteten Input und Output absolut und hinsichtlich der Veränderungsrate seiner Prozeßführungsentscheidung ebenso zugrunde zu legen, wie er die tagesaktuellen physiologischen Optimalwerte zu beachten hat, um schließlich die Futtervorlage und die Klimasollwerte richtig festzulegen. Es steht außer Zweifel, daß auch ein noch so gewissenhaft handelnder Betriebsleiter nur durch Zufallstreffer im oben genannten Sinne produktionsökonomisch richtig entscheidet. Im übrigen hat er kaum die Möglichkeit, wenigstens im nachhinein festzustellen, ob er richtig oder falsch lag mit seiner Entscheidung.

Produktionsökonomische Vorgaben für eine prozeßrechnergesteuerte Stallklimatisierung

Wenn nun ein Prozeßrechner die Steuerung der Stallklimatisierung übernimmt, so bleiben zunächst alle Teilsystemwirksamkeiten in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit voll erhalten. Im Unterschied zur vorerwähnten Steuerung durch den Betriebsleiter kann die Regelung entfallen, diese würde der Prozeßrechner mit übernehmen, dafür benötigt er allerdings zusätzlich entsprechende Meßdaten bezüglich des tatsächlichen Stallklimas, des Außenklimas und der laufenden Aktionen der Klimatisierungsinstallationen. Die dem Prozeßrechner aufzugebende Steuerlogik selbst kann nicht anders aussehen als die produktionsökonomisch richtige Entscheidungslogik des Betriebsleiters. Welche "Überlegungen" also hätte der Prozeßrechner anstelle des Betriebsleiters anzustellen, d.h. welche Programmvorgaben sind für ihn zu definieren? (Abb. 2)

In Anknüpfung an die oben aufgestellte Forderung sind die mit der Stallklimaverbesserung wachsenden operativen Betriebskosten der Klimatisierung dem aus der Futterverwertungskurve zu erwartenden Nutzen gegenüberzustellen. Um den ökonomisch optimalen Betriebspunkt zu finden, ist das Stallklima stets so weit und nur so weit zu verbessern wie der Kostenzuwachs den Nutzenzuwachs nicht übersteigt. Das für die gesamte Produktionstheorie gültige Optimalitätskriterium lautet also auch hier: Grenzkosten = Grenznutzen.

Der typische Kostenverlauf der Klimatisierung ergibt sich aufbauend auf den Fixanteil für den Schadgas-bedingten Mindestluftwechsel etwa von der Zulufttemperatur an (wenn man die Wärmespeicherung des Stallgebäudes zunächst außer acht läßt) jeweils ansteigend in Richtung auf die tierphysiologische Optimaltemperatur. Für den Nutzenverlauf sind die vorerwähnten empirischen und/oder analytischen Angaben der sog. Futterverwertungskurve heranzuziehen.

Zum etwa viertelstündlich notwendigen Abgleich zwischen Grenzkosten und Grenznutzen muß der Prozeßrechner über die Thermodynamik der Luftbehandlung sowie der preisbewerteten Verbrauchskennlinien der beteiligten Klimatisierungsaggregate die Kosten für jeden Betriebspunkt ermitteln können, genauer noch: die Durchschnittskosten zwischen zwei Betriebspunkten als Grenzkosten heranziehen. Stehen zur Erreichung eines Betriebspunktes alternative Aktionen mehrerer Klimatisierungsaggregate zur Auswahl (z.B. Entfeuchten und/oder Lüften), so ist die kostengünstigste Leistungskombination dieser Aggregate einschließlich des Zu- und Abschaltens jeweils zu ermitteln; Energierückgewinnungsinstallationen sind - soweit vorhanden - hierin einzubeziehen. Der Abgleichalgorithmus kann im kontinuierlichen Proezß der Klimatisierung durch Prognoseverfahren wesentlich verkürzt werden. Dies gilt insbesondere für die analytisch kaum vorauszurechnende Raumlast, die aber in der ex post Rechnung in Form von Restsalden jeweils zur Verfügung steht, sofern - und dies ist unabdingbar - die meßtechnischen Voraussetzungen für die Ermittlung einer Wärme- und Wasser-Gesamtbilanz bestehen.

In Entsprechung zur physiologischen Bedeutung der Temperatur stellt der Abgleichalgorithmus nur auf diese ab. Die übrigen Stallklimakompo-

SYSTEMSYNTHESE Stallklimatisierung

Gesamtsystem mit Prozeßrechnersteuerung

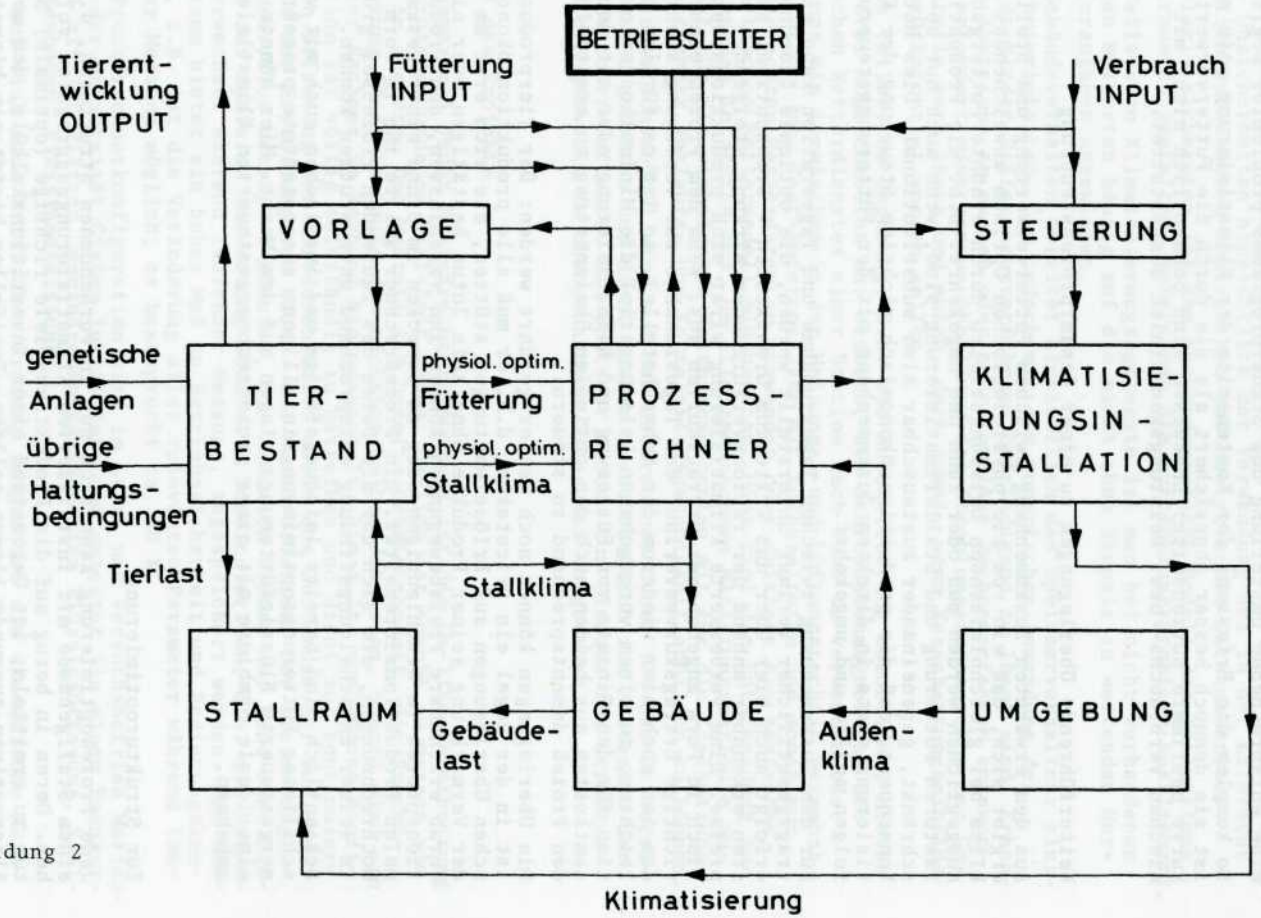

Abbildung 2

nenten werden lediglich restriktiv berücksichtigt. Eine Heranziehung der Luftenthalpie anstelle der Lufttemperatur als Steuerungsmaßstab - wie in der Literatur verschiedentlich vorgeschlagen wird - ist durch eine entsprechende Umstellung des Steuerprogramms problemlos möglich.

So komplex die Erfassung der Kostenseite der Klimatisierung sein mag, ist sie dennoch besser abgesichert als die durch die Futterverwertungskurve bestimmte Nutzenseite: Lebewesen sind bekanntlich nicht mit technischen Verbrauchs- bzw. Leistungskennlinien ausgestattet.

Weiterführende Überlegungen zu einer Gesamtprozeßsteuerung

Aus dem erwähnten Zusammenhang zwischen Futterverwertung und Stallklima ergibt sich, daß ein vom tierphysiologischen Optimum abweichendes Stallklima bei gleichbleibenden Leistungszielen durch erhöhte Futtergaben ausgeglichen werden muß oder kann und umgekehrt. D.h. die Produktionsfaktoren Fütterung und Stallklimatisierung sind, wenn auch nur beschränkt, gegeneinander austauschbar also substitutional. Dies hat zur Konsequenz, daß die produktionsökonomisch richtige Steuerung der Klimatisierung stets in direktem Zusammenhang mit der Fütterungssteuerung erfolgen sollte und umgekehrt.

Für den Zusammenhang zwischen Tageszunahme und Tagesration kann ein ertragsgesetzlicher Verlauf unterstellt werden, die optimale Zuordnung erfolgt auch hier über das Kriterium Grenzkosten = Grenznutzen, am besten erkennbar anhand der rationsverkürzenden Wirkung steigender Futterpreise. Eine verbesserte Klimatisierung wirkt sich produktionstheoretisch in Form angehobener Ertragskurven aus. Wenn dem Prozeßrechner der richtige Ertragskurvenverlauf der Tageszunahme zur Verfügung steht (und das ist auch hier wiederum die Schwachstelle), so ist es für ihn ein leichtes, zu einem vorgegebenen Leistungsziel die Minimalkostenkombination für den Einsatz von Fütterung und Klimatisierung oder mit den Gesamtkosten aus beiden auch den optimalen Skalenertrag zu ermitteln und den Prozeß dementsprechend zu steuern.

Die Überlegungen können noch weiter geführt werden: Der Tierproduzent ist in der Regel ein Pricetaker, d.h. er muß alle produktionsökonomischen Überlegungen auf Erlöserwartungen stützen, die sich erst am Tage der Vermarktung seiner Produkte ohne sein Zutun bestätigen oder nicht. Vorab erkennbare Preisbewegungen können ihn veranlassen, den Produktionsprozeß zu beschleunigen oder zu strecken im Sinne einer gesamtoptimalen Produktionsintensität. Ein Prozeßrechner sollte ihn in Form von Hochrechnungen, die sich auf die Daten des laufenden Prozesses gründen, in seiner Entscheidungsfindung entsprechend unterstützen können.

Bekanntlich sind bereits leistungsfähige und inzwischen auch mit vorgeschalteter Fütterungsoptimierungsintelligenz ausgestattete prozeßrechnergesteuerte Flüssigfütterungsanlagen auf dem Markt. Hier könnte sich eine ideale Symbiose mit einer prozeßrechnergesteuerten Klimatisierung anbahnen.

Zur Strukturoptimierung

Jede Prozeßoptimierung kann sich nur in vorhandenen Strukturen, d.h. in einem Stallgebäude mit installierten Klimatisierungsaggregaten vollziehen. Deren in bezug auf die Produktionsziele richtige (optimale) Struktur zu ermitteln, ist Gegenstand eines Investitionskalküls, dem mehrere Alternativen zugrunde liegen sollten. Zweifellos bietet ein hinreichend genaues Simulationsmodell die Möglichkeit, zumindest die Alternativen vergleichend beurteilen zu können und auch eine hilfreiche Orientierung für das Absolutzahlengerüst zu bekommen.

Im Gegensatz zum Problem der Prozeßsteuerung ist für ein Simulationsmodell über die Kenntnis der Wirkungsbeziehungen hinaus die Abbildungsgüte des Teilsystemverhaltens entscheidend für die Qualität des Gesamtmodells. Beim Teilsystem Tierbestand liegen - wie bereits erwähnt - erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich der Verwendung des in der Literatur reichlich vorhandenen empirischen und analytischen Datenmaterials.

Am relativ sichersten ist das thermodynamische Modell des Teilsystems Stallraum zu gestalten, sofern man die Luftführungsprobleme ausklammert.

Zum Teilsystem Klimatisierungsaggregate ist man bei nicht vorhandenen eigenen Meßwerten häufig auf die nicht ohne Skepsis zu wertenden Herstellerangaben angewiesen.

Das Gebäudeverhalten bereitet hinsichtlich des Speicherverhaltens einige Schwierigkeiten, die jedoch mit der numerischen Anwendung des Schmidt-Binder-Differenzenverfahrens befriedigend zu lösen sind. Erhebliche Abstriche zu machen oder sehr komplexe Rechenverfahren anzuwenden, erfordert eine genaue Abbildung des Strahlungsaustausches der Gebäudeteile nach innen und außen, dort zumal, wenn Verschattungseinflüsse berücksichtigt werden sollen.

Um das Teilsystem Umgebung, d.h. die Außenwitterung abzubilden, bieten sich drei Möglichkeiten an: erstens, ein Jahresdatenmagnetband des Deutschen Wetterdienstes einer Station nach Wahl zu verwenden oder zweitens ein inzwischen in der Heizungs- und Lüftungstechnik vermehrt eingesetztes sog. Test-Referenz-Jahr mit aufbereiteten und somit nur beinahe echten Wetterdaten zu verwenden oder drittens ein einfaches, synthetisches Wettermodell einzusetzen. Hier fiel die Entscheidung zugunsten des letzteren aus, um alle gewünschten Witterungsverläufe zumindest für die wichtigsten Wetterkomponenten mit für die Zielsetzung hinreichender Verlaufs- und Korrelationsgenauigkeit abbilden zu können.

Das Simulationsmodell wird auf dem Großrechner Cyber 174 der Universität Gießen gefahren und dient bisher ausschließlich zum Austesten der Prozeßrechner-Software. Ein späterer Ausbau zum Einsatz für Strukturoptimierungszwecke im obengenannten Sinne ist vorgesehen.

Stand des Projekts

Wesensmerkmal jeder Prozeßrechnersteuerung ist die On-line Verarbeitung mit prozeßgebundenem Real-Zeit Bezug, On-line ist sowohl zu messen wie auch zu steuern. Der Meßteil ist bereits betriebsbereit, die Prozeßsteuerung läuft im Laufe des nächsten halben Jahres an, hierzu wird ein zweiter Rechner im Verbund hinzugekoppelt. Die z.Zt. vorhandene Konfiguration ist völlig selbständig zu betreiben und dient zur kontinuierlichen Erfassung des Luftdurchsatzes sowie des Zustandes der Zu- und Abluft zur Erstellung von Wärme- und Wasserbilanzen. Der kleinstmögliche Meßzyklus beträgt 8 Minuten, die Meßdaten können auf Band oder Diskette zur späteren Auswertung ebenfalls kontinuierlich, d.h. mit Datenträgerwechsel während laufender Messung, abgespeichert werden. Das Meßprogramm bietet ein hohes Maß an Betriebssicherheit und Bedienungskomfort, z.B. ist die Veränderung aller relevanten Parameter während laufender Messung möglich; es beansprucht ca. 30 K.

Die Prozeßrechnerkonfiguration wird im Lehr- und Versuchsbetrieb Marienborn der Universität Gießen installiert und getestet (in einem Endmaststall mit 100 Plätzen, prozeßrechnergesteuerter Flüssigfütterung, Vollspaltenboden, Flüssigentmistung).

Dort muß sich nach kritischer Prüfung zeigen, ob die ökonomische Akribie des vorgestellten Ansatzes von den genannten Unschärferelationen der beteiligten Systemkomponenten aufgezehrt wird, oder ob die produktionstheoretisch nachweisbaren Vorteile tatsächlich zum Tragen kommen.