

Bild 3: In Sonderfällen überzeugend: Rollbares Netz über stabilisierendem Maschengeflecht zur Sanierung eines Milchviehstalles mit Lüftungsproblemen bei flacher Dachneigung und großer Gebäudebreite

Fig 3: For special problem cases: rollable net above a stabilizing wire-netting for renovating dairy cow houses with aeration problems, with a flat roof slope and large building width

se Kondensatbildung zu beobachten, wobei die kleinsten hier aufgestellten Tiere jedoch mindestens sechs Monate alt waren und ältere Tiere überwoogen.

Praxisgerechte Sonderfälle

Überzeugend gelungen ist in einem niederländischen Milchviehbetrieb die Sanierung eines rund 30 m breiten Gebäudes mit flacher Dachneigung und etwa 2,5 m Traufhöhe: Die Traufseiten wurden ab einer Höhe von etwa 80 cm geöffnet und mit einem grobmaschigen Drahtnetz mit 20 x 8 cm Kantenlänge versehen. Hierauf wird eine Gardine aus engmaschigem Netzgewebe nach Bedarf vertikal bewegt (Bild 3). Das Gebäude verfügt über einen relativ breiten offenen First ohne Windabweiser mit waagerechter Wellzementabdeckung.

Vermehrt zu beobachten ist auch der Einbau von Netzgewebe anstelle von verbretterten Schlitzwänden (Space-Board) bei Bullen- und Jungviehställen mit Traufe/First-Lüftung. Im Jungviehbereich führt die Holz-Schlitzwand aufgrund schwächerer Belegung teilweise zu Zugerscheinungen. Durch den ersatzweisen Einbau von Netz-Streifen in das obere Wand-Drittel ist hier in vielen Fällen Abhilfe zu schaffen.

Fazit

Vorwiegender Einsatzbereich der Netzwand ist die hohe Traufseite von Boxenlaufställen mit seitlich angeordnetem Futtertisch. Während der Sommermonate werden die Gebäude in der Regel ohne Netz als reine Offenställe betrieben. In den Wintermonaten ist bei voller Belegung eine Temperaturdifferenz innen/

Keywords

Kaltställe für Rinder
Non-insulated cow houses

Freie Lüftung
Gravity ventilation

Windschutznetze
Wind protection nets

außen von etwa 5 °C zu erreichen, wobei sie im konventionellen Kaltstall etwa 7 °C beträgt. Die ideale Himmelsrichtung für die offene Gebäudeseite ist Süd-Ost. Der offene First erscheint bei der Belegung mit größeren Tieren als sinnvoll, ist jedoch bei der Aufstallung von überwiegend kleineren Tieren kritisch zu bewerten.

In Sonderfällen werden auch Netzstreifen eingesetzt, bei deren Berechnung ein Luftdurchlaß von 30 bis 40 % zu berücksichtigen ist.

Literatur

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] • *Heitung, N.*: Optimales Stallklima im Jungrinder- und Bullenmaststall. Veredlungsproduktion, Verlag Deutscher Ölmühlen, Bonn-Bad Godesberg, 1993, H. 2
- [2] • *Marsman, A. D.*: Stallen voor Melkvee, Misset-Doetrichem, NL 1990, S. 47

Gerhard Englert, Freising-Weihenstephan

Systemtechnische Behandlung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren

Die landwirtschaftlichen Produktionsverfahren lassen sich als eine Kette von physikalisch-technischen, chemischen oder biologischen Prozessen verstehen und strukturieren. Es sind dies Prozesse in oft sehr komplexen Systemen, für deren Behandlung sich die Systemtechnik als allgemein anwendbare Methode sehr hilfreich erwiesen hat. Die Arbeitsverfahren der Systemtechnik [1,2] werden deshalb in verschiedenen Fachgebieten, wie Konstruktionstechnik [3] oder Be-

triebswirtschaft [4], bereits seit Jahren mit großem Erfolg genutzt. Im Bereich der landwirtschaftlichen Produktionstechnik liegen bis jetzt nur wenige systemtechnisch orientierte Veröffentlichungen vor [5,6]. Es ist deshalb das Ziel der vorliegenden Arbeit, die universellen Möglichkeiten und Vorteile einer umfassenden systemtechnischen Behandlung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren herauszustellen.

Grundlagen der Systemtechnik

Systemtechnik, Systembegriffe
Der Begriff „Systemtechnik“ wird in der Literatur unterschiedlich interpretiert. Daenzer [1] definiert *Systemtechnik* („Systems Engineering“) als ein allgemei-

PD Dr. rer. nat. Gerhard Englert vertritt am Institut für Landtechnik der TU München, Vöttinger Straße 36, 85350 Freising, das Lehrgebiet „Landtechnische Grundlagen“.

nes Verfahren zur Lösung von Problemen. Grundkonzept ist das *Systemdenken*, mit dem komplexe Erscheinungen (Systeme) durch Strukturierung verstanden und durch Modellierung einer Gestaltung zugeführt werden sollen. Ein *System* ist dabei „eine Gesamtheit von Elementen, die miteinander durch Beziehungen verbunden sind“ [1]. Diese sehr allgemeine Systemdefinition umfaßt sowohl gegenständliche als auch abstrakte Elemente, etwa Menschengruppen oder Zahlen. Die Verfahren der Systemtechnik sind dementsprechend universell anwendbar.

Die Definition der Systemtechnik weist hin auf ihre grundlegenden *Arbeitsmethoden*: Systemanalyse, Systemmodell, Systemsimulation. Das systemtechnische Arbeiten besteht dann darin, ein unstrukturiertes System einer Systemanalyse zu unterziehen, darauf aufbauend ein Systemmodell zu entwickeln und mit Modellsimulationen Systemzusammenhänge zu klären oder das Verhalten von Systemgrößen zu prognostizieren.

Die Systemanalyse beginnt mit der Definition der *Systemgrenze* und der Feststellung der für die jeweilige Problemstellung wichtigen *Systemelemente*. Bei physikalisch-technischen Systemen lassen sich die Systemelemente durch meßbare physikalische Eigenschaftsgrößen charakterisieren. Diese definieren als *Zustandsgrößen* den *Systemzustand*. *Zustandsänderungen* erfolgen durch Wechselwirkungen (*Prozesse*) zwischen Elementen des Systems und/oder zwischen Elementen des Systems und der Umgebung. Das System kann, je nach Fragestellung, in *Untersysteme* (Subsysteme) strukturiert oder als Bestandteil eines *Übersystems* (Supersystems) betrachtet werden. *Offene Systeme* unterscheiden sich von *geschlossenen Systemen* durch Wechselwirkungen zwischen System und Umwelt. Bei *statischen Systemen* sind die Zustandsgrößen zeitlich konstant, bei *dynamischen Systemen* zeitlich veränderlich.

Input/Output-Modell der Prozesse in einem dynamischen System

Bei dynamischen Systemen lassen sich die für die Zustandsänderungen verantwortlichen Prozesse in einem Input/Output-Modell durch Strömungsgrößen repräsentieren. Bei physikalisch-technischen Systemen sind Ströme von

- *Stoff* und
- *Energie*

für die Dynamik verantwortlich. Diese sind verbunden mit Strömen von *Information*, die für die Kontrolle und Steuerung der Prozesse von Bedeutung sind. Da jedes physikalisch-technische System

letztendlich einem wirtschaftlichen Zweck dient, kommen *Kapitalströme* als begleitende Ströme hinzu. Die mit dem Arbeitseinsatz des Menschen verbundenen „*Arbeitsströme*“ lassen sich als Energieströme oder Kapitalströme behandeln.

Die Stoff- und Energieströme fließen als *Inputströme* in das System hinein, erfahren dort eine Umwandlung (einen *Transformationsprozeß*) und verlassen das System als *Outputströme*. Die mathematische Beschreibung, falls sie möglich ist, erfolgt mit *Transformationsfunktionen*:

$$x_i = f_i(u_j, z_k, \alpha_{ij})$$

Diese verknüpfen die *Ausgangsgrößen* x_i mit einstellbaren *Führungsgrößen* u_j , nicht einstellbaren *Störgrößen* z_k und *Prozeßparametern* α_{ij} .

Im allgemeinen sind die betrachteten technisch-physikalischen Prozesse so komplex, daß es nur gelingt, in einem *Blackbox-Modell* mathematische Beziehungen zwischen den Input- und Outputgrößen unter Einbeziehung von Störgrößen zu gewinnen. Die im System ablaufenden Prozesse bleiben dabei unberücksichtigt.

Quantifizierung von Stoff- und Energieströmen

Stoffströme lassen sich aus der Dichte des Stoffes und seiner Strömungsgeschwindigkeit durch Integration über den Strömungsquerschnitt ermitteln [7].

Die Quantifizierung der Energieströme ermöglichen die Gesetze der Thermodynamik [7]. Nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik sind Zustandsänderungen eines Systems allein durch Energietransport zwischen System und Umgebung und nur mit folgenden Transportarten möglich:

- Verrichten von mechanischer Arbeit,
- Wärmeübertragung,
- Energieübertragung durch einen Stoffstrom (innere, kinetische und potentielle Energie).

Weiterhin von Bedeutung sind, als Teilaspekt des 1. Hauptsatzes, die Erhaltungssätze für Energie und Masse. Der 2. Hauptsatz ermöglicht es mit der Ein-

führung der Zustandsgröße Entropie, Aussagen über das Ausmaß der Irreversibilität von Energieumformungen zu machen [7]. Damit lassen sich die Energien klassifizieren.

Beispiel für die Bildung eines Systemmodells

Stoff- und Energieströme im System „Tierhaltung im Freien“

Bei dem System „Tierhaltung im Freien“ kann das Tier als Untersystem angesehen werden, die Natur als Umgebung. Das Untersystem „Tier“ läßt sich nach dem heutigen Erkenntnisstand nur in einem Black-Box-Modell erfassen. Im Vordergrund des Interesses stehen der Prozeß „Umwandlung der im Futter enthaltenen chemisch gebundenen Energie in chemisch gebundene Energie des jeweiligen Nahrungsmittels (Fleisch, Milch, Eier)“ und der diesen Prozeß beschreibende Energiestrom. Die wichtigsten Elemente der Umgebung und die zugeordneten Eigenschaftsgrößen, mit denen sich die Wechselwirkungen zwischen Umgebung und Untersystem sowie die zugeordneten Stoff- und Energieströme beschreiben lassen, sind in Bild 1 zusammengestellt. Haupt-Inputgrößen sind der Massenstrom und die Energiedichte des Futters, Haupt-Outputgrößen der Massenstrom und die Energiedichte des jeweiligen Tierprodukts. Beide Größen zusammen definieren einen Energiestrom.

Stoff- und Energieströme im biotechnischen System „Tierhaltung in einem klimatisierten Stall“

Da die Tierproduktion einen wirtschaftlichen Zweck verfolgt, bietet es sich an, die Inputströme sowie die mit den Störgrößen verknüpften Ströme durch Einsatz von Technik zu beeinflussen, um die Wirtschaftlichkeit der Produktion zu verbessern. Die Einwirkung der Umgebungsstörgrößen auf das System läßt sich durch bau- und klimatechnische Maßnahmen verändern. Die Haltung in einem Gebäude schützt die Tiere vor dem Niederschlag, weitgehend vor Schalleinwir-

Bild 1: Elemente, Zustandsgrößen und Energiearten im System „Tierhaltung im Freien“

Fig. 1: Elements, state variables and energy systems in "outdoor animal husbandry"

INPUT	OUTPUT	UMGEBUNG
FUTTERBESTANDTEILE - Stoffströme - Energiedichte (chem.geb. Energie) - Temperatur (stoffgeb. Wärmeenergie)	TIERPRODUKT - Stoffstrom - Energiedichte (chem.geb. Energie) - Temperatur (stoffgeb. Wärmeenergie)	LUFTBESTANDTEILE (z.B. Sauerstoff) - Stoffströme - Aufpralldruck (mechanische Energie) - Temperatur (stoffgeb. Wärmeenergie)
WASSER - Stoffstrom - Temperatur (stoffgeb. Wärmeenergie)	RESTSTOFFE - Stoffströme - Temperatur (stoffgeb. Wärmeenergie)	STRAHLUNG - Intensität - Frequenzspektrum (elektromagn. Energie → Wärmeenergie)
MEDIKAMENTE - Stoffstrom - Energiedichte (chem.geb. Energie)	WÄRME - Wärmeströme (Strahlung, stoffgeb. Wärmeenergie)	NIEDERSCHLAG - Stoffstrom - Aufpralldruck (mechanische Energie) - Temperatur (stoffgeb. Wärmeenergie)
		SCHALL - Energiedichte (mechanische Energie)

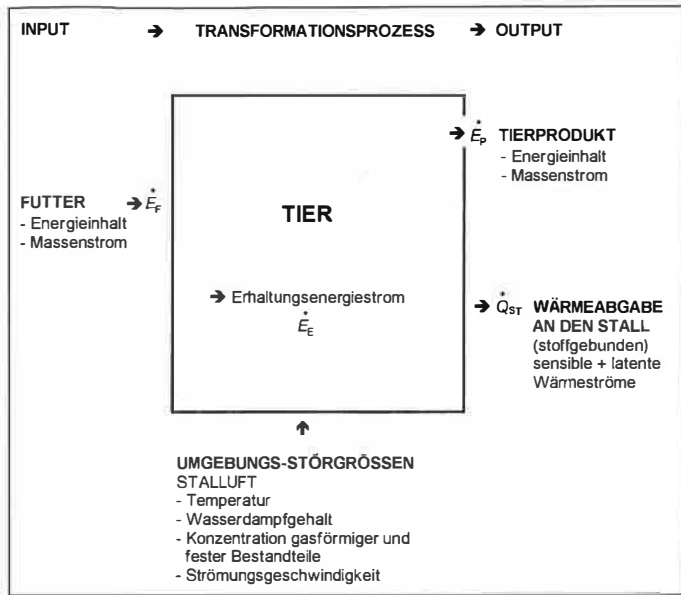


Bild 2: Energieströme \dot{E} (chemisch gebundene Energie) und Wärmeströme \dot{Q} sowie Störgrößen im biotechnischen System „Tierhaltung in einem klimatisierten Stall“; Indizes: E: Erhaltung, F: Futter, P: Tierprodukt, ST: Stall

Fig. 2: Energy flow E (chemically bound energy) and Q (heat) as well as disturbance variables in the biotechnical system: Animal husbandry in a controlled house climate; indices: E: maintenance, F: feed, P: animal products, ST: stable

kungen sowie vor der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlung (es verbleibt der Wärmeenergieaustausch über die Stallhülle). Kommen im Stall zusätzlich die klimatechnischen Maßnahmen Lüftung sowie Heizung/Kühlung zur Anwendung, verbleiben für ein Modell dieses biotechnischen Systems die Energieströme und Störgrößen in Bild 2. Die Aufnahme von Wasser und Medikamenten wird dabei nicht berücksichtigt, da diese Beiträge zur Energiebilanz zu vernachlässigen sind. Die von den Reststoffen abgegebene Wärme wird im Rechenwert für den Wärmestrom, der im Stall anfällt, miteinfaßt.

Es wäre nun wünschenswert, die Auswirkung aller Störgrößen auf den Transformationsprozeß quantifizieren zu können. Leider reichen die heutigen Kenntnisse dazu nicht aus. In einem stark vereinfachten Modell lassen sich jedoch für die Haltung von Masttieren die in Bild 3 aufgeführten Energieströme als Funktion der Stalltemperatur quantifizieren [8]. Damit ist es beispielsweise möglich, ein Rechenmodell für die wirtschaftlich optimierte Steuerung der Stalltemperatur zu entwickeln [6].

Literatur

- Bücher sind durch • gezeichnet
- Daenzer, W.F. (Hrsg.): Systems Engineering. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1988
 - Berg, E. und F. Kuhlmann: Systemanalyse und Simulation für Agrarwissenschaftler und Biologen. Eugen Ulmer Verlag, München und Wien, 1992
 - Pahl, G. und W. Beitz: Konstruktionslehre. Springer, Berlin, 1986

- Steffen, G. und D. Born: Betriebs- und Unternehmensführung in der Landwirtschaft. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1987
- Kopp, H.G.: Rechnergestützte Klimatisierung in der Tierproduktion. Forschungsbericht Agrartechnik 201, Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Niederkeelen, 1991
- Englert, G.: Wirtschaftliche Klimasteuerung von Ställen. Landtechnik 47 (1992), H. 4, S. 180-183 und H. 5, S. 239-241

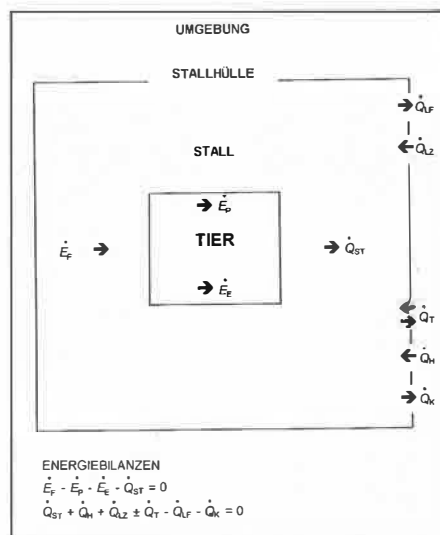


Bild 3: Energieströme \dot{E} (chemisch gebundene Energie) und Wärmeströme \dot{Q} und Energiebilanzen im biotechnischen System „Haltung von Masttieren in einem klimatisierten Stall“; Indizes: H: Heizung, K: Kühlung, LZ: Zuluft, LF: Fortluft, T: Transmission (Wärmeleitung)
 Fig. 3: Energy flow E (chemically bound energy) and Q (heat) in the biotechnical system: Keeping fattening animals in a controlled house climate; indices: H: heating, K: cooling, LZ: inlet air, LZ: outlet air, T: heat transmission

Keywords

Systemtechnik
 System engineering

Stoff- und Energieströme
 Substance and energy flow

Landwirtschaftliche Produktionsverfahren
 Agricultural production methods

- Baehr, H.D.: Thermodynamik. Springer, Berlin, 1988
- Teter, N.C. und J.A. DeShazer: Animal Performance Models. Paper No. 76-5013, 1976 Annual Meeting American Society of Agricultural Engineers

NEUE BÜCHER

Erneuerbare Energien – verstärkt nutzen!

Bezugsquelle: Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 53107 Bonn.

In einer überraschend positiven Gesamtdarstellung wird unter dem o.g. Titel der umfassende Einsatz alternativer Energieträger propagiert. Neben einer kurzen Übersicht über die momentane Verbrauchssituation bietet die Broschüre eine Zusammenfassung des technischen Entwicklungsstandes, flächenbezogener Energieparameter sowie der Wirtschaftlichkeit alternativer Energiegewinnungsformen. Zusätzlich zu den im Vorwort hervorgehobenen Vorteilen hinsichtlich Klima- und Umweltschutz wird in der überwiegenden Zahl der gewählten Beispiele – unter Beachtung bestimmter Rahmenbedingungen – eine positive ökonomische Bilanz nachgewiesen. Für den land- und forstwirtschaftlichen Sektor kommen die Autoren der Broschüre zu einer differenzierten Einschätzung. Während die Nutzung der „Uralt-Energie“ Holz sowie landwirtschaftliche Abfall- und Koppelprodukte sich schon heute rechnet, bleibt der Anbau nachwachsender Energieträger derzeit noch unter der Wirtschaftlichkeitsschwelle. Eine vergleichsweise hervorragende Wettbewerbsfähigkeit mit Wärmeerzeugungskosten von 6 bis 7 Pf je Kilowattstunde hat demgegenüber die Biogastechnologie.

Ackerschlepper

Prüfergebnisse von über 100 Traktoren, Vertrieb: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Eschborner Landstr. 122, 60489 Frankfurt/Main; 18 DM zuzüglich Versandkosten. Die DLG hat kürzlich die Ergebnisse von über 100 Ackerschlepper-Prüfungen veröffentlicht. Die jetzt in neuer Form erschienene Zusammenstellung der wichtigsten, typenzugehörigen technischen Informationen aus den OECD-Prüfberichten, jeweils auf einer Seite zusammengefaßt, erlaubt den direkten Vergleich mit den Typen der gleichen Leistungsklasse. Neben den von der DLG geprüften Ackerschleppern sind auch die Daten der im Ausland geprüften Ackerschlepper aufgeführt, soweit sie auf dem deutschen Markt angeboten werden.