

Simulationsuntersuchungen zur Aufwandsminderung bei der Klimatisierung von Tierproduktionsanlagen

Ursula Winter/Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT/Dr. habil. K. Baganz, KDT
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Die industriemäßige Tierproduktion mit ganzjähriger Stallhaltung und hoher Tierkonzentration stellt einerseits hohe Anforderungen an die Qualität der klimatischen Umwelt der landwirtschaftlichen Nutztiere, andererseits ist es auch in der Tierproduktion — wie in der gesamten Volkswirtschaft — wichtig, Rohstoffe und Energie durch sparsamen Einsatz von Futter und Heizenergie effektiv zu nutzen. Dazu ist es erforderlich, ein ökonomisches Optimum zwischen Leistungsreaktionen der Nutztiere gegenüber Klimaänderungen im Stallraum und den Gesamtaufwendungen für Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Klimagegestaltung zu finden und in vernünftigen Grenzen zu realisieren.

Das Stallklima wird durch den thermischen Zustand und andere Größen, die die Tiere umgebende Luft kennzeichnen, zu denen u. a. gehören:

- physikalische Größen (Temperatur, Bewegung)
- chemische Größen (Stoffzusammensetzung, vor allem Wasser- und Schadstoffgehalte)
- biologische Größen (Gehalt an Mikroorganismen).

Aus bisher bekannten Versuchsergebnissen [1 bis 5] geht hervor, daß die Stalllufttemperatur die dominierende Komponente des Klimas ist, wenn die anderen Klimakomponenten innerhalb „mittlerer“ verhältnismäßig breiter Schwankungsbereiche verbleiben und daraus nicht in extreme Werte ausbrechen. Für jede Tierart und jedes Tieralter gibt es optimale Werte der Stalllufttemperatur, bei denen die thermische Belastung der Tiere am geringsten ist. Unter diesen biologisch optimalen Temperaturen sind auch die höchste Produktivität in Tierproduktionsanlagen und die geringsten Futteraufwendungen erreichbar.

2. Zusammenhang zwischen Stalllufttemperatur und Luftrate

Die Lufttemperatur im Stallgebäude ergibt sich vorwiegend aus der Zulufttemperatur (sie ent-

spricht bei fehlender Heizung praktisch der Temperatur der Außenluft), aus der temperaturabhängigen Wärmeabgabe der Tiere und aus bauphysikalischen Eigenschaften des Stallraumes. In ungeheizten Ställen kann die Stalllufttemperatur innerhalb bestimmter Grenzen durch die Luftrate gesteuert werden.

Der Steuerbereich der Luftrate wird nach unten durch eine Mindestluftrate (Winterluftrate) begrenzt, die zur Abführung der von den Tieren produzierten oder im Stallraum entstehenden Schadgase und des Wasserdampfes notwendig ist.

Die obere Grenze des Steuerbereichs der Luftrate (Sommerluftrate) wird durch die Investitions- und Betriebskosten der zu installierenden Lüftungstechnischen Ausrüstung bzw. durch eine volle Nutzung der bereits installierten Lüfterkapazität bestimmt.

Innerhalb dieser vorgegebenen Grenzen kann durch eine effektive Steuerung der Luftrate mit geringen energetischen Aufwendungen erreicht werden, daß die Stalllufttemperatur im vorgeschriebenen produktionsgünstigen Bereich für tierische Produktion verbleibt (Bild 1).

3. Bedingungen und Methoden der Simulationsrechnungen

Zu Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Steuerungssysteme für die Luftrate auf die Stalllufttemperatur und die tierische Produktion wurde im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim ein EDV-Simulations-Programm erarbeitet [6]. Damit konnte für Schweinemastställe für die Maststufen I (35 kg bis 70 kg LM) der Einfluß zweier Varianten der Luftratensteuerung und anderer Parameter auf die Höhe der tierischen Produktion bestimmt werden. Hauptsächlicher Störeinfluß ist beim vorliegenden Regelproblem der stochastische zeitliche Verlauf der Außenlufttemperaturen. Zu seiner richtigen Berücksichtigung wurden reale, über einen Zeitraum von 10 Jahren (1951 bis 1960) vorliegende stündliche Meßwerte der Außenlufttemperaturen von Potsdam verwendet. Als Maß für die Effektivitätsminderung

der Belüftung diente die Mastzeitverlängerung bei den simulierten Varianten gegenüber einer Variante mit konstanter lebendmasseabhängiger Optimaltemperatur.

Der dem Programm zugrunde liegende Algorithmus berücksichtigt

- Aussagen aus Modelluntersuchungen (statische Literaturlauswertung) über die Lebendmassezunahme als Funktion der Stalllufttemperatur bei der jeweiligen Lebendmasse der Tiere [7]
- Aussagen aus experimentellen Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses von Temperaturschwankungen im Tagesgang auf die Lebendmassezunahme [8]
- Ergebnisse über das Temperaturverhalten von Tierproduktionsanlagen [9].

Im verwendeten mathematischen Modell wurde der Einfluß von Temperaturschwankungen (bei Tagesmitteltemperaturen, die dem Optimalwert entsprechen) auf die Lebendmassezunahme mit dem aus der Literatur bekannten Einfluß konstanter Temperaturen (ohne Schwankungen) auf die Lebendmasse kombiniert (Bild 2).

Mit dem Programm wurden vorerst folgende Einflußvarianten simuliert:

- Varianten der Bauausführung von Schweinemastställen (Leichtbau und Schwerbau)
- Variation der Art der Luftratensteuerung (Änderung der Luftrate um jeweils eine Stufe bei mehr als $\pm 2\text{K}$ Temperaturabweichung des Tagesmittelwerts des Vortages vom optimalen Sollwert des Stalles; tägliche Anpassung der Luftrate proportional zur Abweichung vom Sollwert des Vortages)
- Variation der Sommerluftrate (TGL-Maximal-Luftrate; 1,4fache TGL-Maximal-Luftrate; 2fache TGL-Maximal-Luftrate).

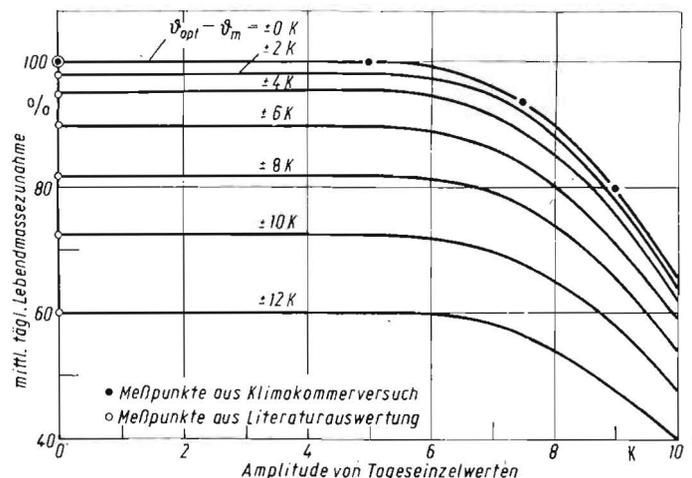
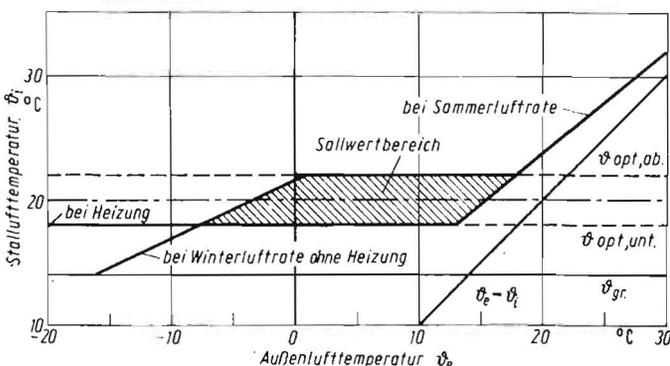
4. Ergebnisse der Simulationsrechnungen

Die Simulation der Einflußvarianten Bauausführung, Maximal-Luftrate und Steuerungssystem für Luftraten brachte folgende Ergebnisse:

- Übereinstimmend für alle untersuchten

Bild 2. Form der Interpolation bei Mitteltemperaturen, die außerhalb des Optimums liegen (Mastschweine 80 kg LM)

Bild 1. Erreichbare Stalllufttemperaturen ϑ_i als Funktion der Außenlufttemperatur ϑ_e , bei den für Mastschweine (80 kg LM) standardisierten Sommer- und Winterluftraten



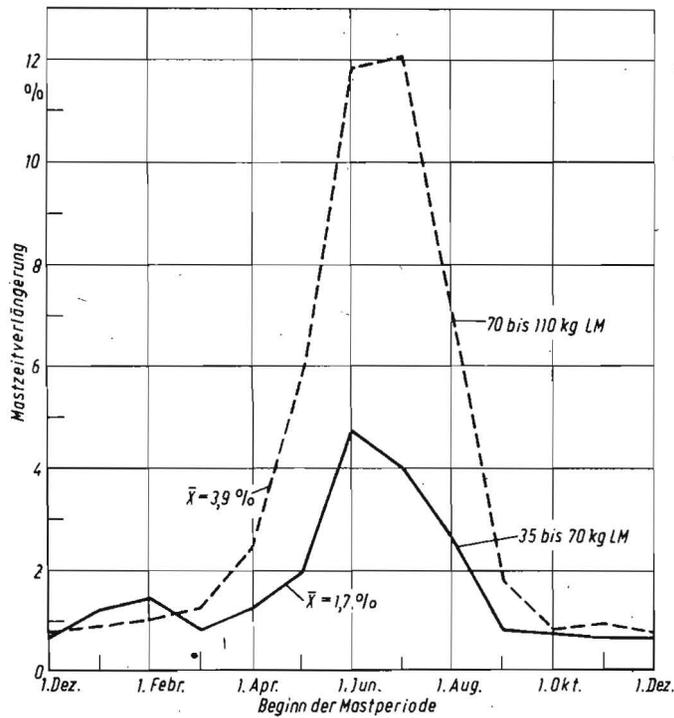


Bild 3. Mittlere prozentuale Mastzeitverlängerung gegenüber lebendmasseabhängiger Optimaltemperatur bei Maximal-Luftraten nach Standard TGL 29084/01 und Stufenschaltung

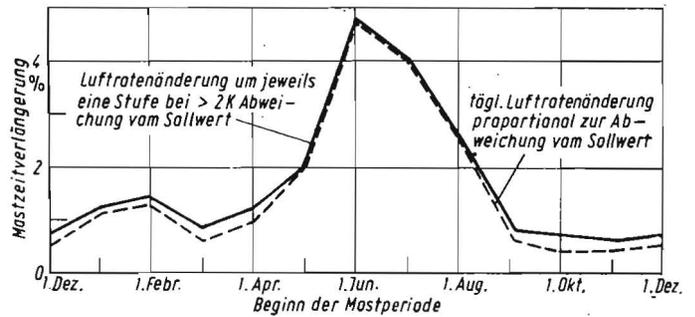


Bild 4. Vergleich der Mastzeitverlängerung bei quasiproportionaler und stufenweiser Luftratenänderung (Mastschweine 35 bis 70 kg LM)

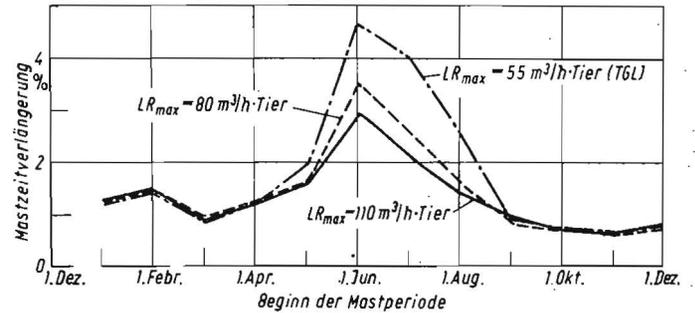


Bild 5. Mittlere prozentuale Mastzeitverlängerung gegenüber lebendmasseabhängiger Optimaltemperatur bei unterschiedlichen Maximal-Luftraten LR_{max} (Mastschweine 35 bis 70 kg LM)

Varianten zeigte sich, daß in beiden Maststufen durch (tägliche) Anpassung der Luft-rate die Stalllufttemperatur überwiegend innerhalb des für tierische Produktion günstigen Bereichs gehalten werden kann. Nicht voll erreicht wird das bei jungen Tieren in der Winterperiode und in beiden Maststufen vorwiegend in der Sommerperiode. Vor allem während der Sommermonate Mai bis August ist für die Maststufe II ein Anstieg der Mastzeit zu erwarten, da die Wirkung des Luftraten-Steuerungssystems durch die im Standard TGL 29084/01 festgelegten Maximal-Luftraten begrenzt wird (Bild 3).

- Eine Variation der Einflußgröße Bauweise ergab unter Zugrundelegung eines von Kaul [9] errechneten dynamischen K-Werts der Gebäudedämmung von 0,775 für Schwerbau und 0,828 für Leichtbau nur eine Abweichung von 0,01 Masttagen zwischen beiden Stallbauarten. Deshalb wurden die verallgemeinernden Aussagen aus den Berechnungen des Simulationsprogramms nur auf der Basis von Leichtbauställen getroffen, da gegenwärtig in der industriemäßigen Tierproduktion überwiegend Leichtbauställe verwendet werden. Aber auch bei Rekonstruktionsbauten mit hoher Tierbelegung führt der notwendigerweise erhöhte Luftstrom ebenfalls zu einer Erhöhung des Dämpfungsfaktors etwa auf Werte desjenigen von Leichtbauställen.
- Eine Variation der Art des Steuerungssystems der Luftrate zeigt eine geringfügige Verkürzung der prozentualen Mastzeit bei täglicher Luftratenänderung proportional zur Abweichung vom produktionsoptimalen Sollwert der Stalllufttemperatur (quasiproportionale Regelung). Im Vergleich zu der technisch einfacheren stufenweisen Regelung erbrachte die quasiproportionale Luftratenänderung in Maststufe I in den Mona-

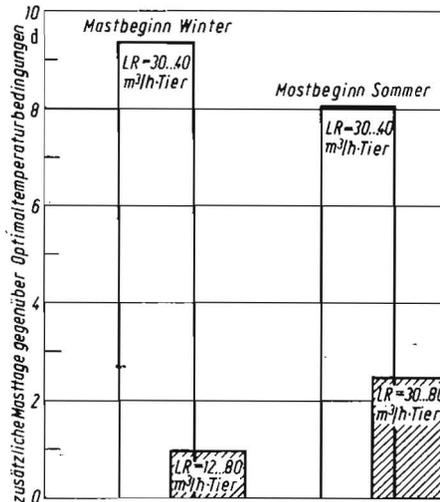


Bild 6. Vergleich von Praxisregelung und stufenweiser Handregelung (schraffiert dargestellt) der Luftrate (Mastschweine 42 bis 110 kg LM)

ten Januar bis Mai und September bis Dezember eine Verkürzung der Mastzeit um 0,05%. Für die Maststufe II konnte nur in den Monaten Januar bis April und September bis Dezember eine Verkürzung um 0,05% errechnet werden.

- Aus den Berechnungen ergab sich, daß die Maximal-Luftrate den Gesamtverlust an tierischer Produktion beeinflusst. Eine Änderung des Luftratensteuerungssystems bringt dagegen in den warmen Sommermonaten keine deutliche Änderung der Mastzeiten, wenn die nach Standard vorgegebene Maximal-Luftrate eingehalten wird (Bild 4).
- Eine Erhöhung der Maximal-Luftrate nach Standard auf das 1,4- bzw. das 2fache

brachte für Maststufe I im Jahresmittel eine Mastzeitverkürzung um 0,3 bzw. 0,4%. Bei Mastbeginn während der Sommermonate Juni und Juli ergab die 1,4- bzw. 2fache TGL-Maximal-Luftrate eine Verkürzung der Mastzeit um 1,3 bzw. 1,8%.

In der kälteren Jahreszeit wird auch die einfache TGL-Maximal-Luftrate nicht ausgereizt. Deshalb wird die Vergrößerung der Maximal-Luftrate nur in den Sommermonaten nutzbar (Bild 5). Für die Maststufe II konnte durch Erhöhung der Maximal-Luftrate nach TGL auf das Doppelte im Jahresmittel eine Verkürzung der Mastzeit um 1,4% (2 Masttage) ermittelt werden. Bei Mastbeginn während der Monate Juni und Juli führte die Verdoppelung der Maximal-Luftrate nach TGL sogar zu einer Mastzeitverkürzung um 5% (2,5 Masttage).

5. Schlußfolgerungen für die praktische Stallklimatisierung

Aus den Ergebnissen des Simulationsprogramms lassen sich folgende Schlußfolgerungen für eine wirtschaftlich effektive Luftrateneinstellung in Tierproduktionsanlagen ableiten:

- Eine Anpassung der Luftrate zum Ausgleichen wechselnder Außenlufttemperaturen für die Einhaltung des für tierische Produktion optimalen Bereichs der Stalllufttemperatur ist von ökonomischer Bedeutung. Die Berechnungen zeigen, daß bei Mastschweinen von 35 bis 110 kg LM eine Haltung in ungeheizten Ställen möglich ist, ohne daß eine bemerkenswerte Verlängerung der Gesamtmastzeit gegenüber der Haltung bei ständig eingehaltener lebendmasseabhängiger Optimaltemperatur eintritt. Bild 6 enthält einen mit dem beschriebenen Simulationsprogramm durchgeführten Vergleich zwischen unregelter Luftrate (Daten der Außen- und Innenlufttemperaturen von einem 5000er-Schweine-

maststall, SL-System) und stufenweiser Regelung der Luftrate und verdeutlicht diese Schlußfolgerung.

- Mit dem Modell wurde festgestellt, daß eine Erhöhung der gegenwärtig üblichen Maximal-Luftraten von 50 bzw. 80 m³/h · Tier nach TGL auf das 1,4- bzw. das 2fache besonders in den Sommermonaten spürbar zur Einhaltung eines produktionsgünstigen Bereichs der Stalllufttemperatur beitragen könnte. In weiteren tierphysiologischen und ökonomischen Untersuchungen müßten die Übertragbarkeit dieser Feststellung untermauert und entsprechende Entscheidungen vorbereitet werden.
- Zur Einhaltung von effektiven Temperaturbereichen im Stall — auch im Rahmen der gegenwärtigen TGL-Luftratenvorgaben — wird eine stufenweise Regelung vorgeschlagen, die dann vorzunehmen ist, wenn das Tagesmittel der Stalllufttemperatur am Vortag um mehr als ±2 K vom Optimum für tierische Produktion abweicht. Es genügt dabei, täglich ein einziges Mal eine Korrektur der Luftrate vorzunehmen.
- Die vorgeschlagene Regelung ist ohne kostspielige Automatisierung möglich. Sie kann von Hand durch die für die Lüftung Verantwortlichen erfolgen. An einer Kurbel mit Seilzug für die Luftklappenverstellung können z.B. Skalen für Luftratenstufen angebracht sein.
- Diese Vorschläge gelten zunächst für Ställe

mit technischer Lüftung. In den heißen Sommermonaten (Juni und Juli) sind zweckmäßigerweise alle vorhandenen Einrichtungen zur freien Lüftung zusätzlich zu nutzen. Dadurch erhöht sich die Gesamtwirkung der Luftrate auf die tierische Produktion, auch wenn der Windeinfluß bei der Einstellung der Luftrate gewisse Unsicherheiten mit sich bringt.

6. Zusammenfassung

Mit den vorgelegten Ergebnissen wurde aufgrund realer meteorologischer Unterlagen unter Berücksichtigung des gegenwärtig bekannten Verhaltens von Bauwerk und Tieren ein Zusammenhang zwischen Luftraten und tierischer Produktion festgestellt. Während Bauausführung und Art des Steuerungssystems der Luftraten einen geringen Einfluß auf die tierische Produktion haben, wirkt die Maximal-Luftrate auf die Dauer der Mastzeit. Durch die Erhöhung der Maximal-Luftrate nach Standard TGL 29084/01 auf das Doppelte ist besonders in den Sommermonaten Juni und Juli und bei Mastschweinen ab 70 kg LM eine Mastzeitverkürzung zu erwarten. Als günstigste Lösung erwies sich eine stufenweise Regelung der Luftrate, die einmal täglich vorzunehmen ist, wenn das Tagesmittel der Stalllufttemperatur des Vortages um mehr als ±2 K vom produktionsgünstigen Optimum abweicht. Diese Regelung ist mit einfachen technischen Mitteln realisierbar. Die angewen-

dete Methode ermöglicht eine Verknüpfung zwischen den Aufwendungen für Mechanisierungsmittel und tierischer Produktion.

Literatur

- [1] Yeck, R. G.; Stewart, R. E.: A ten year summary of psychro-energetic laboratory dairy cattle research. Trans. ASAE 2 (1959) H. 1, S. 71—77.
- [2] Azarnia, C.: Über die Auswirkung kurzzeitiger Temperaturbelastung auf Körpertemperatur, Mast- und Schlachtleistung sowie einige physikalische Meßwerte bei Schweinen. Gießen: Dissertation 1962.
- [3] Pfeiffer, H.: Die Beeinflussung der Mast- und Schlachtleistungen an verschiedenen Schweinerassen durch Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit und Luftdruck. Halle, Dissertation 1962.
- [4] Morrison, S. R., u. a.: Effect of humidity on swine at high temperature. Trans. ASAE 11 (1968) H. 4, S. 526—528.
- [5] Bresk, B.; Stolpe, J.: Wechselbeziehungen zwischen Umgebungstemperatur, Leistung und Fütterungshöhe bei wachsenden Schweinen. Arch. Tierernährung 29 (1979) H. 7/8, S. 461—467.
- [6] Baganz, K.: Kurzbeschreibung zum Programm LURE, FORTRAN. FZM Schlieben/Bornim 1980 (unveröffentlicht).
- [7] Kaul, P.; Winter, U.: Stallklima und Tierleistung. agrartechnik 25 (1975) H. 10, S. 478—480.
- [8] Winter, U.: Aussagen über langfristige und tagesrhythmische Wirkungen der Stalllufttemperatur auf die Nutzleistung von Schweinen und Rindern. FZM Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1980 (unveröffentlicht).
- [9] Kaul, P.: Temperaturverhalten von Tierproduktionsanlagen. TU Dresden, Dissertation 1975.

A 3143

Abschlußarbeiten von Absolventen der Ingenieurschule für Landtechnik Nordhausen

Nachfolgend informieren wir kurz über den Inhalt einiger Ingenieurarbeiten, mit denen im Jahr 1980 Studenten des Direkt- und Externstudiums ihre Ausbildung an der Ingenieurschule für Landtechnik Nordhausen beendeten.

Redaktion

Künnert, H.

System zur planmäßigen Instandhaltung und Revision der betrieblichen Ausrüstungen und überwachungspflichtigen Anlagen

Entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen ist jeder Betrieb für die Revision und Instandhaltung seiner überwachungspflichtigen Ausrüstungen und Anlagen eigenverantwortlich. Am Beispiel des VEB KfL Gera wurden diese Bestimmungen durch den Verfasser ausgewertet und die überwachungspflichtigen Anlagen und die dafür gültigen Rechtsvorschriften zusammengestellt. Hiervon ausgehend wurde ein System zur planmäßigen Überwachung, Revision und Instandhaltung erarbeitet, das sich aus der Lebenslaufakte für jede erfaßte Ausrüstung und Anlage und aus grafischen Übersichtstafeln zusammensetzt. Die Lebenslaufakte enthält das Terminblatt für Revision, Wartung, Pflege, Instandsetzung u. a., Verantwortlichkeiten, Vertragswerkstätten, Lieferbedingungen für Ersatzteile, Ersatzteilbestellnummern usw. Damit sich die Abteilung Hauptmechanik einen schnellen Überblick über die Einhaltung der Termine zur Durchführung von Revisionen, Instandhaltungsauf-

trägen u. a. verschaffen kann, erhalten die Lebenslaufakte durch Übersichtstafeln auf der Basis des FESTA-Dispo-Wandschranks eine sinnvolle Ergänzung.

Die Ergebnisse, die eine regelmäßige Instandhaltung ausgewählter Anlagen und Ausrüstungen- und die Kontrolle der Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen gewährleisten, werden zur Anwendung im Bereich des VEB Kombinat für Landtechnische Instandhaltung Gera und auch in anderen Bezirken empfohlen.

König, G.

Erarbeitung einer Studie zur Rationalisierung des Zentralstützpunktes Eckstedt

Der Zentralstützpunkt, in dem neue gegen alte Baugruppen ausgetauscht werden, ist ein wichtiges Bindeglied zwischen dem VEB KfL und den landtechnischen Instandsetzungswerken. Im Zentralstützpunkt Eckstedt, Bezirk Erfurt, werden als Großbaugruppen Motoren, Achsen und Getriebe geführt, außerdem gibt es eine Vielzahl von Kleinbaugruppen.

Ein Nachteil dieses Stützpunktes besteht in der großen Anzahl der vorhandenen Paletten- und Transportbehälterausführungen, deren Folge ein relativ hoher Arbeitsaufwand ist.

Im Ergebnis der vorliegenden Arbeit werden aus den ermittelten Bestandsnormativen, Platzgrößen und notwendigen Veränderungen technologische Lösungsvarianten zur Verbesserung der Lager- und Arbeitsbedingungen vor-

gestellt. Die technologischen Abläufe für die Großbaugruppenlagerung, die alle in geschlossenen Räumen gelagert werden sollen, gewährleisten eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen durch sichere und geordnete Lagerung sowie durch erhöhte Mechanisierung der Ein- und Auslagerung bei Achsen und Getrieben. Bei der Kleinbaugruppenlagerung tritt ebenfalls eine Erleichterung der Arbeitsbedingungen durch Einschränkung manueller Arbeit und Verwendung eines Elektrogabelstaplers ein. Des weiteren wird eine Erweiterung der Lagerkapazität durch Montage eines Schleppdachs erzielt.

Bönisch, D.

Rationalisierung der Milchviehanlage Betten in der LPG „Frohes Leben“ Massen für 1 200 Kuhplätze

Grundlage für die komplexe Rationalisierung ist eine traditionelle 400er-Milchviehanlage, die aus zwei vierteiligen Anbindeställen vom Typ L 203 mit Einstreuhaltung auf Mittellängstand und befahrbarrem Futtertisch sowie Milchhaus L 209, Bergeräumen und Siloanlage besteht. Die Milchgewinnung erfolgt mit der Rohrmelkanlage M 620.

Im Ergebnis einer Istzustandsanalyse und einem Vergleich möglicher Ausrüstungsvarianten wird die Anbindehaltung auf Einstreu mit gleichzeitigem Melkstandbetrieb vorgeschlagen. Als geeignete Standausrüstung wurde die Halsrahmenfangvorrichtung T 913, für die