

Zur Ökonomie der Heizung in Tierproduktionsanlagen

Dipl.-Landw. Bauing. W. Bauer, Institut für angewandte Tierhygiene Eberswalde

Die Investitionen für die Errichtung industriemäßiger und für die Rationalisierung bestehender größerer Tierproduktionsanlagen sind erheblich und müssen daher rationell eingesetzt werden. Hierzu zählen ebenfalls Investitionen für Anlagen der Stallklimatisierung (Heizung). Mit der Heizung ist es möglich, ungünstige meteorologische Produktionsbedingungen im Interesse eines höheren Produktionsergebnisses bei Verminderung der futterergetischen Aufwendungen auszuschalten. Aus der Literatur sind Untersuchungen bekannt, die die Ökonomie der Heizung für Tierproduktionsanlagen nachweisen. Diesen Untersuchungen ist gemeinsam, daß in ihnen die Gesamtwirkung einer Klimatisierung, d. h. Heizung, Kühlung und Lüftung, eingeschätzt wird und hierbei nicht die richtigen Proportionen zwischen der durch die Klimatisierung möglichen Produktionssteigerung und den erforderlichen zusätzlichen Kosten gesehen werden, so daß eine überhöhte Rentabilität der Stallheizung ausgewiesen wird. Derartig hohe Produktionssteigerungen — erhöhte Massezunahmen und beträchtliche Einsparungen an Futtermitteln — konnten in exakt vorgenommenen Untersuchungen nicht realisiert werden. Mit den folgenden Darlegungen sollen einige grundsätzliche Erläuterungen aus theoretisch-ökonomischer Sicht zur Problematik der Ökonomie der Heizung für einzelne Produktionsstufen und -richtungen gegeben werden. Die Heizung im Stall kann über herkömmliche Energieträger oder in einem bestimmten Umfang über das Futter erfolgen. Zu der grundsätzlichen Frage, welche Rolle das Futter im Wärmehaushalt spielt, gibt es in der bekannten Literatur noch keine kostenbezogenen Ergebnisse. Das Futter stellt für das Tier nach den üblichen Begriffen der Wärmephysik den Energieträger dar. Wird demzufolge den Tieren bei kalten Umgebungstemperaturen in den Rationen mehr Futterenergie als unter normalen Umgebungstemperaturen gegeben, können dadurch Leistungsausfälle kompensiert werden. Grundsätzlich kann man sich diesen Sachverhalt nach den biologischen Zusammenhängen von Temperatur, Leistung und energetischen Eingaben beim Tier erklären (Bild 1). Weitere Angaben zur Erläuterung dieser gesetzmäßigen Zusammenhänge sind der Veröffentlichung von Lyhs [1] zu entnehmen. Im Bild 1 ist ersichtlich, daß bei geringer Futterenergieaufnahme die Wärmeproduktion niedrig ist. Bei sinkenden Temperaturen muß die Futtermenge bzw. -energie für die Deckung des Heizbedarfs zur Absicherung des thermischen Gleichgewichts zwischen Tier und Umgebung erhöht werden. Bei tiefen Temperaturen (t_{\min}) fällt der Gesamtwirkungsgrad der Produktion, d. h., das Verhältnis der vom Tier aufgenommenen zur angesetzten Energie gegen Null [2]. Nur im Bereich der physiologischen Optimaltemperaturen ist der Gesamtwirkungsgrad der Tierproduktion und damit die Leistung am höchsten. Die Einhaltung dieser Temperaturen ist zur Aufrechterhaltung der Tiergesundheit erforderlich. Der Bereich der Optimaltemperatu-

ren wird durch die minimale Optimaltemperatur ($t_{\text{opt min}}$) und durch die maximale Optimaltemperatur ($t_{\text{opt max}}$) begrenzt. In diesem Bereich bleibt die Wärmeproduktion in Abhängigkeit von der Futteraufnahme fast konstant. Bei zu niedrigen Stalltemperaturen kann das Tier selbst über eine erhöhte Futteraufnahme nicht mehr die notwendige künstliche Heizwärmezuführung ersetzen. Davon werden vor allem Jungtiere, wie Ferkel, Läufer, Kälber und Küken, betroffen. Der Verzicht auf Heizung führt in der Folge bei diesen Tiergruppen zu beträchtlichen ökonomischen Verlusten. Bei älteren Tieren, wie z. B. bei Mastschweinen, ist dieser Sachverhalt durchaus umstritten, bzw. die Verluste bei Verzicht auf Heizung sind wesentlich geringer. Unter dem Grenzwert von $t_{\text{opt min}}$, der für Tiere von 25 bis 50 kg Lebendmasse (LM) bei Spaltenbodenaufstallung mit Gruppengrößen von 9 Tieren 20 bis 21 °C beträgt [3], steigt je K Temperaturabfall die Wärmeabgabe einzeln gehaltener und reichlich gefütterter leichter Mastschweine (LM = 50 kg) um 15,1 kJ/Tag · kg LM^{0,75} an, die mit rd. 0,87 g Trockenfutter je kg LM und je Grad Temperaturabfall kompensiert werden muß. Damit nimmt, wie im Bild 1 ersichtlich, der Nettoenergieeinsatz ab. Bei Gruppenhaltung kann diese erhöhte Wärmeabgabe wesentlich eingeschränkt werden, so daß je K Temperaturunterschreitung und je kg LM täglich zusätzlich nur 0,28 g Trockenfutter erforderlich sind [3]. Während der Winterfütterungsperiode sei eine Temperaturunterschreitung von 8 K bei 30 Tagen Einwirkungsdauer angenommen. Für ein Tier von 50 kg LM ist damit ein erhöhter Aufwand an Futter bzw. Futterenergie von 113 g täglich bzw. von 3,4 kg oder rd. 55 700 kJ in 30 Tagen erforderlich. Unter den Bedingungen der in Tierproduktionsanlagen meist üblichen Vollspaltenbodenhaltung wirken weitere den Futtermehraufwand

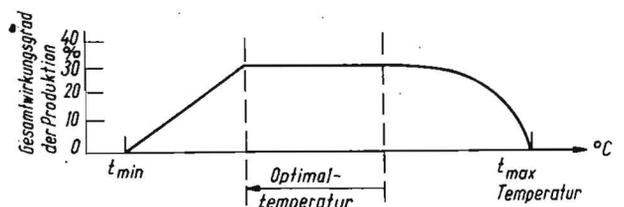
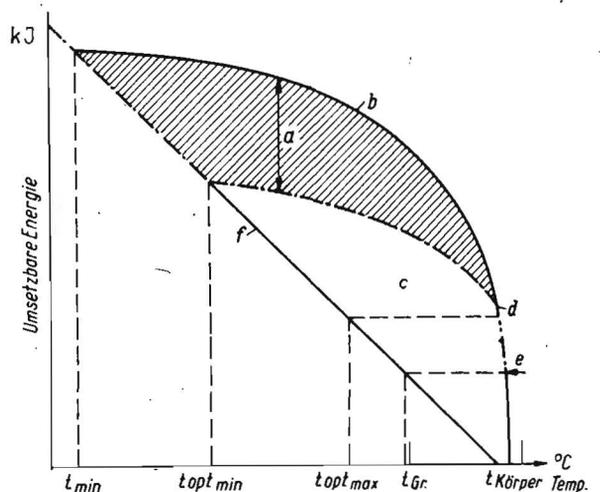


Bild 1. Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Energieausnutzung beim Tier; a Nettoenergie der Tierproduktion, b Futterenergieaufnahme, c Wärmeproduktion bei Leistungsumsatz, d Erhaltungsumsatz, e Grundumsatz, f Heizbedarf

Fortsetzung von Seite 395

4. Zusammenfassung

Durch die kompaktierte Anordnung der Pavillonbaukörper wurde eine geschlossene Gesamtanlage geschaffen, die im Schwarz-Weiß-Betrieb bewirtschaftet wird. Die Anlage benötigt trotz der Kapazitätserhöhung um 712 Kuhplätzen kaum zusätzliche landwirtschaftliche Nutzfläche. Die technologische Ausrüstung für Fütterung, Entmistung und Milchgewinnung entspricht annähernd der einer industriemäßig produzierenden Milchviehanlage. Der Mechanisierungsaufwand für die Fütterung wird durch das Tier-Freßplatz-Verhältnis von 3:1 sehr rationell gestaltet. Die gesteigerte Arbeitsproduktivität und die verbesserten Arbeits- und Lebensbedingungen für die Werktätigen sind wesentliche Ergebnisse der Rationalisierungsmaßnahmen. A 1272

Bild 2. Zusammenhang zwischen Bruttoenergie je kg Trockenmasse, Erzeugungskosten, Wirkungsgrad tierischer Wärmeproduktion und kalkulierten Kosten für die $kW \cdot h$ als Wärmeäquivalent der Heizwirkung des Futters

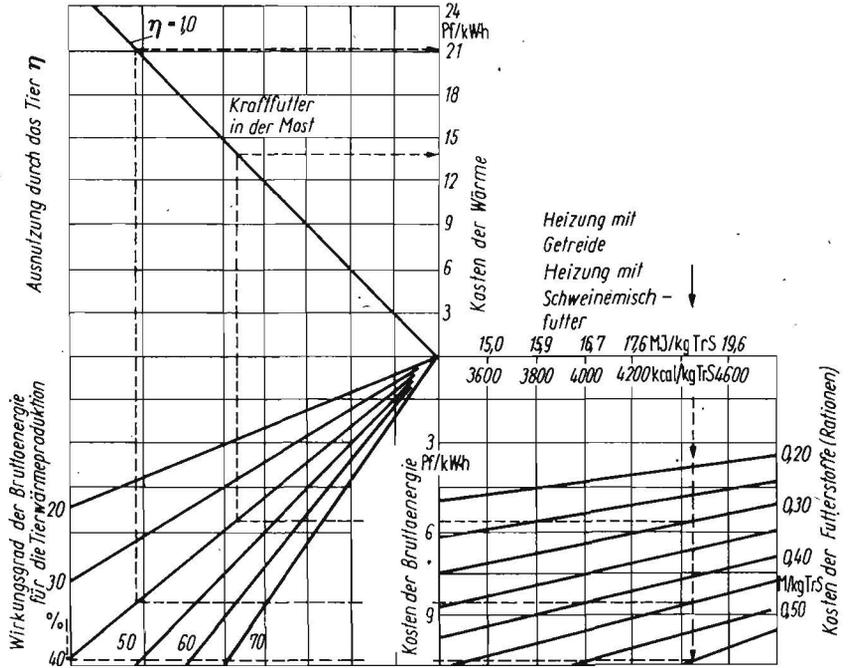
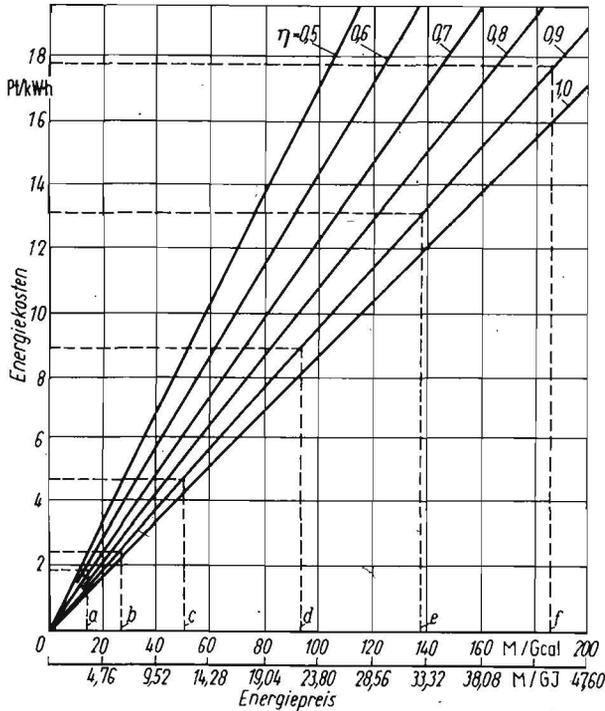


Bild 3. Energiekosten in Abhängigkeit vom spezifischen Wärmepreis einzelner Energieträger bei unterschiedlichem Wirkungsgrad [9]; a Braunkohlenbriketts, b Bereich der festen und flüssigen Energieträger, c Stadtgas, d Elektroenergie für Haushaltabnehmer, e Elektroenergie bei Sondertarif für Landwirtschaft, kalkuliert für Elektroheizung, f Elektroenergie bei kombiniertem Tarif für produzierende Einrichtungen



Masseveränderungen, die als temperaturabhängige Zunahmen erscheinen. Damit werden diese Daten falsch gewichtet. Nachdem das Ausmaß der während einer Winterfütterungsperiode erforderlichen Mehraufwendungen an Futter je Masttier errechnet wurde, interessieren die Aufwendungen, die dafür als Heizenergie nötig sind. Aufgrund einer vergleichenden Aufwandsanalyse läßt sich die richtige Entscheidung treffen, ob Futter oder Heizenergie einzusparen sind.

Bei Temperaturen im Bereich unter $t_{opt, min}$ ist der aus der Futterenergie freigesetzte Anteil an Wärme bei Rindern mit 45 bis 50% und bei Schweinen mit 40% der Bruttoenergie (Verbrennungswärme) vorzusehen [8].

Bild 2 zeigt die Kosten der tierischen Wärmeproduktion je MJ bzw. je $kW \cdot h$ bei Unterstellung verschiedener Preise und Kosten der Bruttoenergie je kg Futterrockensubstanz am Beispiel der Schweinemast und der Rinderhaltung. Ausgehend von der Energiekonzentration, die für die einzelnen Futterstoffe und Rationen bekannt ist [8], kann man die Kosten der Wärmeproduktion für die Bedingungen bei Temperaturen unter $t_{opt, min}$ ermitteln.

Da der Ausnutzungsgrad der tierischen Wärmeproduktion gleich 1 ist (sämtliche vom Tier erzeugte Wärme kommt ihm zugute), können mit dem Ausdruck auf der Ordinate die Kosten der tierischen Wärmeerzeugung in $Pf/kW \cdot h$ Bruttoenergie angegeben werden. Am Beispiel der Heizung über Getreide wird bei Mastschweinen sei das erläutert. Die Produktionskosten für 1 kg Trockensubstanz Getreide seien mit 0,30 M veranschlagt (Pfeil rechts lotrecht nach unten). Wenn der Wirkungsgrad der Wärmeproduktion für das Erhaltungsfutter bei Temperaturen unter $t_{opt, min}$ 40% beträgt, ergeben sich Produktionskosten der tierischen Wärme bei Heizung über Getreide von 13,5 $Pf/kW \cdot h$. Diese Kosten werden mit den Angaben der Energiepreise bei entsprechendem Wirkungsgrad der herkömmlichen Energieträger (Bild 3) verglichen, um die Aufwendungen für die Erzeugung der Futterwärme richtig einzuschätzen. Unterstellt man die Futterpreise industriell hergestellter Mischfuttermittel, z. B. Schweinemischfutter mit 51 M/dt, so kostet die über das Futter erzeugte Wärme je $kW \cdot h$ mehr als 27 Pfennig. Bei Heizung mit Kohle stehen je $kW \cdot h$ 2 Pfennig dem Aufwand von 13,5 bzw. 27 Pfennig bei Nutzung der Futterwärme (Bild 2) gegenüber. Die Energiekosten aus der Futterwärme liegen demzufolge nach Bild 2 und im Vergleich zu den im Bild 3 aufgezeigten Energiepreisen und bei entsprechendem Wirkungsgrad ($\eta = 60\%$) immer über den Preisen für feste Energieträger.

Aus dem Vergleich der Kosten für den Energieträger Futter und

bei Unterschreitung von $t_{opt, min}$ erhöhende Einflußgrößen, wie zu hohe unkontrollierbare Luftströmung, erhöhte Wärmeableitung an den Fußboden und teilweise an die anderen Raumhüllungen. Dadurch kann der Futtermehraufwand aber nur unwesentlich steigen, so daß insgesamt 5,0 kg vorgesehen werden können. Diesen Ergebnissen und Überlegungen sind mittlere Tageszunahmen von 500 bis 600 g/Tier unterstellt. Die Kosten dieses Futtermehraufwands je Tier betragen rd. 2,56 M. Das über die Erhöhung der Stalllufttemperatur durch Heizung mögliche Einsparen dieses Futters bringt einen Mehrerlös beim Verkauf des Schlachttiers von rd. 6,25 M.

Die von Heitman u. Hughes [4] ermittelten und in ökonomischen Untersuchungen [5] [6] [7] zugrunde gelegten Daten können für die Praxis nicht verwendet werden. Diese Daten stammen aus Kurzzeitversuchen mit wöchentlich beträchtlich wechselnden Temperaturen. Hieraus resultieren unrealer Verschiebungen der

den Preisen für ein übliches Heizmedium wird ersichtlich, daß es sich vom energetischen Standpunkt aus nicht lohnt, die Schweine in Mastställen bei niedrigen Temperaturen mit Kraftfutter „aufzuheizen“. Natürlich müssen bei diesen theoretisch ermittelten Preisrelationen in der Praxis noch z. B. die Kosten für die Abschreibungen der Heizanlagen, für Wartung, Instandhaltung und Bedienung einbezogen werden. Sie dürften aber relativ gering gegenüber den Preisen für den Brennstoffverbrauch sein. Aus der Gegenüberstellung der Bilder 2 und 3 wird weiterhin ersichtlich, daß es für Mastrinder, Milchkühe und Jungrinder, die von der aufgenommenen Bruttoenergie prozentual gleiche Anteile an Wärme freisetzen, unzweckmäßig ist, die Ställe mit anderen als festen Energieträgern zu heizen. Allerdings sind in Rinderställen, falls eine Verbesserung ihres Wärmehaushalts erforderlich sein sollte, unter unseren Klimabedingungen bauseitige Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung der Ställe ökonomisch vorteilhafter. Saugkälber nutzen die Bruttoenergie des Futters zur Wärmeproduktion gleich hoch aus wie Schweine. Da allerdings die Futtermittelpreise für Kälber beträchtlich höher liegen, steigen demzufolge auch die Produktionskosten der tierischen Wärmezeugung aus Futter mindestens auf etwa 24 Pf/kW·h bei Temperaturen unter $t_{opt\ min}$ an. Ähnlich verhält es sich auch bei der Ferkel- und Läuferhaltung, sowie bei der Geflügelhaltung. Daher werden Ställe für diese genannten Tierarten geheizt.

Zusammenfassung

Aus ökonomischen Erwägungen muß bekannt sein, ob in modernen industriemäßigen Anlagen wirtschaftlich mit herkömmlichen Energieträgern geheizt werden kann, oder ob die Heizquelle Tier und das Heizmedium Futter zur Gewährleistung optimaler Umgebungsbedingungen zu nutzen sind. Zu niedrige Stalllufttemperaturen bewirken exakt quantifizierbare Leistungsmininderungen und verursachen Mehrkosten. In diesem Zusammenhang ist die vorgenommene Untersuchung zu den erhöhten Futterkosten bei Unterschreitung der Optimaltemperaturen für die Praxis bedeutungsvoll. Auf der Grundlage der Preise für herkömmliche Energieträger wurden die Aufwendungen für die Heizung kalkuliert und mit den Futterkosten verglichen. Die Analysen ergaben:

— In Schweinemastställen ist die Heizung zur Gewährleistung der

erwünschten Produktionstemperatur und damit auch der Tierleistung rentabel.

- In Schweinezuchtställen (Abferkelställen), Absetzer- und Läuferställen ist die Heizung mit allen Energieträgern wirtschaftlich.
- In Milchvieh-, Jungrinder- und Rindermastanlagen kann die erforderliche optimale Stalllufttemperatur über erhöhten Futteraufwand vorteilhafter erreicht werden, falls über billiges Grundfutter verfügt wird. Zweckmäßig ist es, die hohe Eigenwärmeproduktion der Rinder auszunutzen. Bekanntlich liegt bei diesen Tieren der Wert für $t_{opt\ min}$ sehr niedrig (teilweise unter 0°C). Aus energieökonomischer Sicht wäre baulicher Wärmeschutz zur Verbesserung der Wärmebilanz in diesen Ställen die wirksamste Maßnahme.
- Kälberställe sind mit allen herkömmlichen Energieträgern billiger aufzuheizen als über das den Tieren zur Aufrechterhaltung hoher Leistungen erforderliche zusätzlich verabreichte Kälberfutter. Daher ist die Heizung der Tränkkälberabteile bei modernen Aufstellungslösungen neben sorgfältiger bauphysikalischer Ausführung der Hülle als wärme gedämmte Gebäudeabschnitte ein unabdingbares ökonomisches Erfordernis.

Literatur

- [1] Lyhs, L. u. a.: Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere. Jena: VEB Gustav-Fischer-Verlag 1971.
- [2] Kleiber, M.: Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier. Berlin, Hamburg: Parey Verlag 1967.
- [3] Lisenkov, A. A.: Voprosy teplovydenija životnyh i teplovogo balansa životnovodčeskych pomeščenij. Selsk. Choz. za rub., Moskva (1974) H. 11, S. 40—44 und H. 12, S. 54—61.
- [4] Heitman, H.; Hughes, E. H.: The effect of air temperature and relative humidity on the physiological well being of swine. Journal of animal science 8 (1949) S. 171—181.
- [5] Mothes, E.; Spriewald, H.: Lüftung und Heizung von Schweinemastställen in ökonomischer Sicht. Tierzucht 25 (1971) H. 11, S. 433—435.
- [6] Mothes, E.: Stallklima. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1973.
- [7] Starych, V., u. a.: Mikroklimat svinarnikov-otkormočnikov. Svinovodstvo 26 (1972) H. 2, S. 28—30.
- [8] Schiemann, R. u. a.: Energetische Futterbewertung und Energienernormen. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1971.
- [9] Preise für Elektroenergie nach PAO Nr. 55, Gesetzblatt der DDR, Teil II (1970) Nr. 104, S. 795. A 1282

Fremdsprachige Importliteratur

Aus dem Angebot des Leipziger Kommissions- und Großbuchhandels (LKG), 701 Leipzig, Postfach 520, haben wir für unsere Leser die nachstehend aufgeführten Neuerscheinungen ausgewählt. Bestellungen sind an den Buchhandel zu richten. Dabei ist anzugeben, ob sich der Besteller u. U. mit einer längeren Lieferzeit (3 bis 6 Monate) einverstanden erklärt, wenn das Buch erst im Ausland nachbestellt werden muß.

Korrosion und Korrosionsschutz, Bd. 4

Ergebnisse der Wissenschaft und Technik. Moskau 1975. 180 S. mit zahlr. einfarb., z. T. ganzs. Abb. u. Tab., 14,7 cm × 21,5 cm, KE. NK 9-74/40 5,90 Mark

Unter anderem werden in diesem Band die Wechselbeziehungen der korrosionselektrochemischen Eigenschaften von Eisen, Chrom, Nickel und ihren Legierungen behandelt.

Bestell-Nr. IX C-7993/4

Isd-wo WINITI. In russischer Sprache

Schutzüberzüge auf Metallen

Kiew 1975. 208 S. mit zahlr. einfarb. Abb. und Tab., 16,5 cm × 25,5 cm, Br.

NK 25-74/206 9,45 Mark

Die Artikel dieses Sammelbandes untersuchen Prozesse, die bei der Bildung verschiedener Typen von Überzügen auftreten. Behandelt werden außerdem die Eigenschaften und die praktische Anwendung der Überzüge in zahlreichen Gebieten der Technik.

Bestell-Nr. IX C-7809/9

Isd-wo Nauk dumka. In russischer Sprache

Gerz, J. W.; Kreinin, G. W.: Berechnung von Druckluftantrieben

Handbuch. Moskau 1975. 272 S. mit zahlr. einfarb. Abb. u. Tab., 14,7 cm × 21,5 cm, Hlw.

NK 8-75/117 5,95 Mark

Angaben über die Berechnung und Projektierung von Druckluftantrieben, über die Ermittlung der Durchlaßfähigkeit von Rohrleitungen mit eingebauten Armaturen sowie Hinweise zur Datenfestlegung der Antriebe für konkrete Forderungen hinsichtlich der Ansprechgeschwindigkeit und der Kolbenbewegungen in Bremsrichtungen enthält dieses Buch.

Bestell-Nr. IX C-8841

Isd-wo Maschinostrojenije. In russischer Sprache

AK 1306

Anmerkung der Redaktion

Unsere Zeitschrift beginnt in diesem Heft auf Seite 399 mit der Veröffentlichung von Prüfberichten der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim, womit einem schon lange geäußerten Wunsch unserer Leser entsprochen wird.

Die Berichte, die sich vorerst ausschließlich auf Maschinen und Geräte der Innenwirtschaft beziehen, werden in loser Folge erscheinen und die in der Zeitschrift „Feldwirtschaft“ abgedruckten Prüfberichte ergänzen. Wir haben die Darstellungsform von der „Feldwirtschaft“ übernommen, um dem interessierten Sammler der Prüfberichte eine einheitliche systematische Einordnung zu ermöglichen. AK 1358