

(K_{V1}), M/St. Erntegut (K_{V2}) oder M/t (K_{V3}):

$$K_{V1} = \frac{K_v}{W_i}$$

$$K_{V2} = \frac{K_v}{W_D}$$

$$K_{V3} = \frac{K_v}{W_i E_i}$$

Nach dem Aufstellen des Grundmodells ist zu prüfen, welche Größen in das Modell aufzunehmen sind. Für einige Probleme wurden bereits Verfahrenskostenmodelle aufgestellt, wie z. B.:

- Verfahrenskosten gezogener Erntemaschinen in Abhängigkeit von der Leistung der Maschinen (Bild 1)
- Verfahrenskosten für Aufbereitungsanlagen in Abhängigkeit vom Durchsatz (Bild 2) und vom Pflanzenbestand (Bild 3)
- Verfahrenskosten für den Einsatz verschiedener Transport- und Annahmearien.

Verfahrenskostenmodelle für Gemüseernte- und -aufbereitungsmaschinen bestehen im allgemeinen aus folgenden Komponenten, wobei je nach Antriebsart der Anteil für Elektroenergie oder für Kraftstoff wegfallen kann.

$$K_v = \frac{P_A (1 + w) + A_U P_U}{t j} + L Z_A + E P_c + \frac{p_e b_e (F_A + F \rho) v_f}{3600 \eta}$$

- A_U Unterstellfläche in m^2
- spezifischer Kraftstoffverbrauch in kg/kWh
- E Elektroenergiekosten in M/kWh
- F Gewichtskraft in N
- F_A Arbeitswiderstand
- j Nutzungsdauer in a
- L Lohnkosten in M/AKh
- P_A Anschaffungspreis der Maschinen in M
- P_c notwendige elektrische Leistung in kW
- p_e Kraft- und Schmierstoffpreis in M/kg
- P_U Gebäudekosten in M/m^2

- t Einsatzzeit der Maschinen in h/a
- v_f Fahrgeschwindigkeit in km/h
- w Instandhaltungsfaktor
- Z_A Anzahl der Arbeitskräfte (AK)
- η_T Traktorwirkungsgrad
- ϱ Fahrwiderstandsbeiwert.

Aus diesen Beispielen ist zu erkennen, daß es eine Vielzahl von Möglichkeiten gibt, solche und ähnliche Modelle zur Anwendung zu bringen. Dadurch können Voraussagen über die Zweckmäßigkeit verschiedener Verfahren, Maschinen oder Maschinensysteme in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen getroffen werden. Diese sind bei der industriemäßigen Gemüseproduktion sehr vielfältig.

Literatur

- [1] Churchman, C. W., u.a.: Operations Research. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1968, S. 149—175.
- [2] Haustein, H.-D.: Wirtschaftsprognose. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1969, S. 76—80. A 2483

Probleme der material- und energieökonomischen Konstruktion von Standausrüstungen

Prof. Dr. sc. techn. D. Rössel, KDT

1. Volkswirtschaftliche Zielstellung

Aus den veränderten Rohstoff-, Energie- und Fertigproduktpreisen haben sich neue Bedingungen für den Konstruktionsprozeß ergeben. Die Durchsetzung einer konsequenten Materialökonomie im Maschinenbau führt zu der Aufgabenstellung, ein gefordertes Niveau bestimmter Gebrauchswerteigenschaften von Maschinenbauerzeugnissen mit minimalem Aufwand an Material und Energie zu gewährleisten. Im Jahr 1976 betrug der Bedarf der Landtechnik 6% der Walzstahlproduktion der DDR.

Zum Erhöhen der Effektivität der Milchproduktion sowie allgemein der Tierproduktion sind neben der Errichtung von neuen industriemäßig produzierenden Großanlagen vor allem komplexe Rationalisierungs- und Rekonstruktionsmaßnahmen in den vorhandenen Ställen notwendig, um deren Kapazität zu erweitern und gleichzeitig die Arbeits- und Lebensbedingungen für die dort tätigen Genossenschaftsbauern und Arbeiter zu verbessern [1]. Zum Errichten neuer Anlagen und besonders für die umfangreichen Rationalisierungs- und Rekonstruktionsvorhaben werden in großem Umfang Standausrüstungen benötigt, die einen wesentlichen Teil der Ausrüstungstechnik darstellen. Die Bedeutung der Materialökonomie auch für Rationalisierungs- und Rekonstruktionslösungen ist in den Bildern 1 und 2 ersichtlich.

2. Konstruktionsmerkmale

Wesentliche Möglichkeiten zur Materialeinsparung aus konstruktiver Sicht sind der Formleichtbau und die belastungsgerechte Konstruktion. Das Entwickeln von materialökonomischen Standausrüstungen erfordert nach Hansen [3] das Konzipieren sowie das Konstruieren mit den Schritten Entwerfen und Gestalten. Um die schöpferische Arbeit intensiver,

erfolgreicher und ökonomischer zu gestalten, ist das Verhältnis vom Aufwand für die Entwicklung und Herstellung zum Gesamtnutzen zu verbessern. Diese wirtschaftliche Betrachtungsweise wird jedoch primär getragen durch die übergeordnete Rolle der Funktion im Entwicklungs- und speziell im Konstruktionsprozeß. Die materialökonomische Gestaltung von Standausrüstungen hat einige Besonderheiten, da die Wirkpaarungen Tier—Standausrüstung speziellen Charakter tragen. Bild 3 zeigt ausgewählte Tierkenngrößen, die in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen. Zum funktionsgerechten Entwerfen sind bevorzugt die Tierkenngrößen Körperabmessungen, Verhaltensweisen, Charakteristika sowie die Ver- und Entsorgung zu beachten, während zur belastungsgerechten Gestaltung maßgeblich die Tierkräfte, Verhaltensweisen und Charakteristika Beachtung finden. Die auf diese Weise konstruktiv entworfenen und gestalteten Standausrüstungen können hinsichtlich ihrer ökonomischen Wertigkeit durch folgende Betrachtungsweisen einem Optimum genähert werden:

- funktionsgerechte Gestaltung
- instandhaltungsgerechte Gestaltung
- korrosionsschutzgerechte Gestaltung
- fertigungsgerechte Gestaltung
- montagegerechte Gestaltung
- energiesparende Gestaltung
- gesundheits-, arbeits- und brandschutzgerechte Gestaltung
- projektierungsgerechte Gestaltung.

Wie wichtig diese Faktoren hinsichtlich der Ökonomie sind, verdeutlichen Bild 2 und Tafel 1 sowie folgende Aussagen:

Die Probleme der Fertigung und Montage werden dadurch charakterisiert, daß in der DDR gegenwärtig für den funktionsbedingten produktions-technischen Stallausbau durchschnittlich 21% der Investitionen und 26% des Ar-

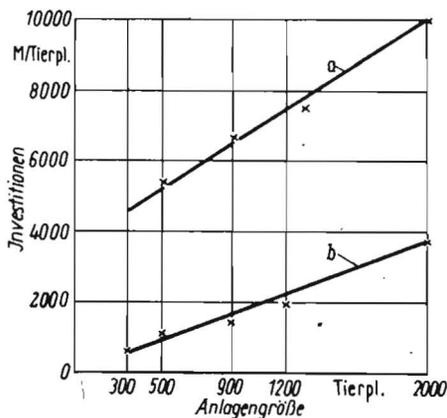
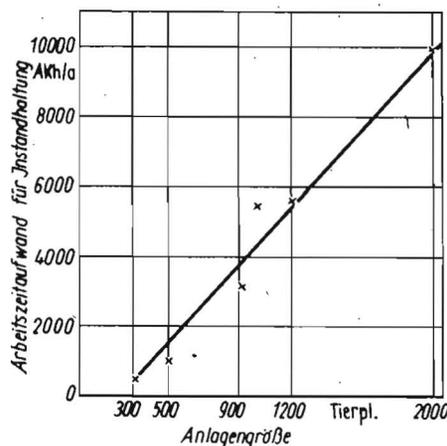


Bild 1. Investitionen für verschiedene Anlagengrößen; a Gesamtinvestitionen, b Ausrüstungsinvestitionen

Bild 2. Arbeitszeitaufwand für Instandhaltung in Milchviehanlagen [2]



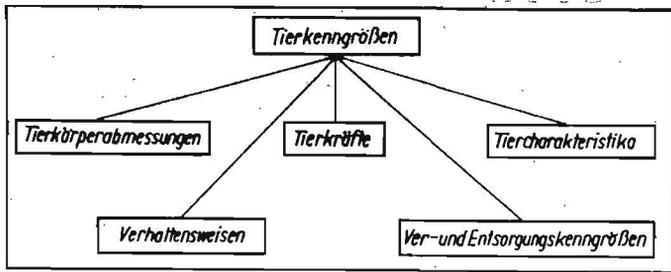


Bild 3
Tierkenngrößen

Bild 4
Abhängigkeit zwischen Belastungsgröße und Belastungszeit

Tafel 1. Zinkbedarf für Feuerverzinkung bei ausgewählten Produktionseinrichtungen [4]

Produktionseinrichtungen	Zinkbedarf g/Tierpl.
Milchviehanlagen	55
Jungtieranlagen	45
Rindermastanlagen	38
Kälberaufzuchtanlagen	38
Schweinemastanlagen	29

beitszeitfonds von den Gesamtaufwendungen bei der Errichtung von Tierproduktionsanlagen erforderlich sind [5]. Bis zu 40% der Investitionen für technische Ausrüstungen in Tierproduktionsanlagen entstehen infolge von Montagekosten. Auf der Basis dieser komplexen Betrachtungsweise erfolgt an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg eine intensive Forschungsarbeit zu Fragen der Materialminimierung von Rinderstandausrüstungen. Gleichzeitig erfolgt eine umfassende Erziehung und Ausbildung von Betriebsingenieuren, die die dargelegten Betrachtungsweisen in der praktischen Tätigkeit durchsetzen helfen sollen. So können sich die Studenten bereits mit Hilfe der anzufertigenden Jahresarbeit, durch das Ingenieurpraktikum, die Diplomarbeit und ausgewählte Spezialseminare vertiefende Kenntnisse aneignen. Als Vertiefungsrichtungen wurden z. B. folgende Gebiete eingeführt:

- Tierproduktionsanlagen
- Klima-, Trocknungs- und Wärmetechnik
- Rationalisierung
- Montage
- Aufbereitung.

Dadurch werden die Studenten in größtmöglichem Umfang auch in die Forschung einbezogen.

3. Belastungsgerechte Konstruktion von Standausrüstungen

Als Bearbeitungsschritte zur Massereduzierung von Standausrüstungen bieten sich entsprechend dem konstruktiven Entwicklungsprozeß folgende Grundetappen an [6]:

- Bestimmen der Funktion und Lösungsprinzipien
- Bestimmen der Gestalt
- Bestimmen der Abmessungen
- Bestimmen des Werkstoffs.

Der gegenwärtige Stand hinsichtlich der zu erfüllenden Funktion und der dafür erforderlichen Gestalt ist größtenteils durch die in Standards (z. B. in [7, 8]) enthaltenen Größen charakterisiert. Grundsätze zum Erarbeiten der erfolgreichen Gestalt sind in [9] dargelegt. Im Gegensatz zum Erkenntnisstand zur Gestaltbestimmung liegen hinsichtlich des Bestimmens der Abmessungen Grundsätze, Regeln, Thesen usw. sowie auftretende Belastungen nur in geringem Umfang vor. In jüngster Zeit hat sich eine Reihe von Autoren (z. B. [8] bis [18]) mit diesem Problem der Tierkraftuntersuchungen

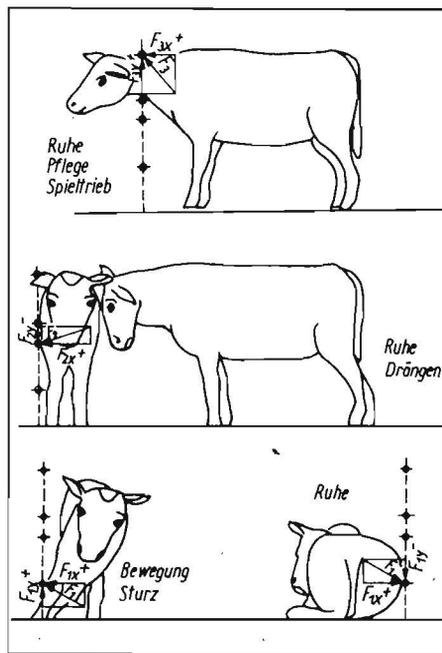
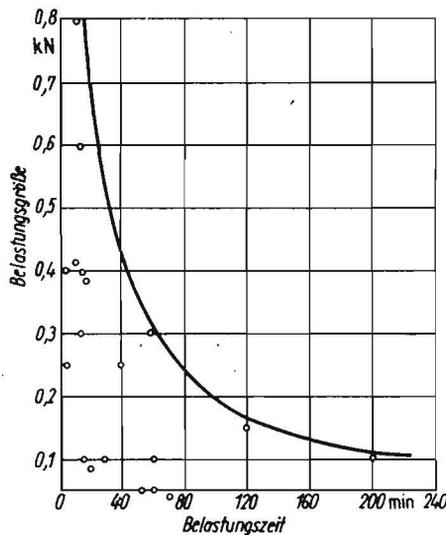


Bild 5. Durch das Tier ausgelöste Kräfte

beschäftigt. Sie gehen vorwiegend von der These aus, daß von besonderer Bedeutung für eine belastungsgerechte Gestaltung der Standausrüstungen das Einführen statistisch ermittelter Lastannahmen ist, die mit Hilfe von Betriebsbelastungen aufgestellt wurden [19] bis [21].

In allen Fällen wird davon ausgegangen, daß Größe, Richtung und Häufigkeit zur Charakterisierung der Beanspruchungen ausreichen, wobei diese Beanspruchungen nicht von der Wirkpaarung Tier—Maschinenelement abhängen. Infolge von Teilaussagen o. g. Autoren

und eigener Untersuchungen ist dies weitgehend anzuzweifeln. In [14, 22, 13, 23] wird indirekt angedeutet, daß die gemessenen Reaktionskräfte an den Standausrüstungen von der Wirkpaarung Tier—Maschinenelement abhängen. Besonders herausgearbeitet wird das durch ein von Runge [17] erarbeitetes Diagramm mit der Gegenüberstellung von Belastungsgröße und Belastungszeit (Bild 4). Die auftretenden Kräfte sind größtenteils Stoßkräfte. In diesem Zusammenhang entsteht die Frage, wie diese Charakterisierung der Belastung, die Stoßbelastung, zur materialökonomischen Gestaltung genutzt werden kann.

4. Lösungswege zum Verringern der Stoßbelastung von Tierstandausrüstungen

Ausgehend von den Stoßarten besteht die Möglichkeit, durch zweckmäßige Gestaltung von Verbindungselementen und Energiespeichern die Stoßzeit sowie die Stoßübertragung auf nachfolgende Bauelemente wesentlich zu vermindern. Die Auslenkung Δx des Elements ergibt sich nach folgender Beziehung:

$$\Delta x = v \sqrt{m/c}; \quad (1)$$

v Geschwindigkeit

m Masse

c Federkonstante.

Für die Stoßkraft F folgt:

$$F = v \sqrt{m \cdot c} \quad (2)$$

Setzt man den erzeugenden Impuls $m \cdot v = \text{konst.}$ an, d. h., daß die maximale Stoßkraft unabhängig von Stoßweg und Stoßzeit ist, wird die Kraft auf das folgende Ausrüstungselement um so kleiner, je weicher die Feder (kleine Federkonstante) ist. Außerdem besteht die Annahme, daß die vom Tier erzeugbare maximale Stoßkraft bei weichen Verbindungselementen oder plastischen sowie plastisch-elastischen Elementen infolge der Reaktion des Tieres geringer ist. Aus früheren Tierhaltungsformen ist bekannt, daß sehr starke Tiere (Bullen, Hengste usw.) mit Seilen und Riemen angebunden wurden, um obigen Effekt zu nutzen. Gleiches gilt für die Zugstränge bei Pferdegeschirren, die zumindest teilweise Lederzugstränge aufwiesen.

Der vom Tier auf ein elastisches Element aufgebrauchte Impuls kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$m \Delta v = \int_0^t F dt \quad (3)$$

Um wieviel größer die Beanspruchung der Federung sowie der Unterlage unter dem gestoßenen Körper infolge Stoßwirkung ist als durch die ruhende Gewichtskraft, wird durch den dynamischen Beiwert ν' charakterisiert:

$$F = \nu' \cdot m \cdot g \quad (4)$$

Der dynamische Beiwert ν' ist um so kleiner, je größer die gestoßene Masse und je weicher die Federung sind. Ersteres ist infolge der Materialökonomie nicht tragbar, so daß nur der zweite Weg, die weiche Federung, zur Zielsetzung erhoben werden darf.

Welches rheologische Belastungsmodell für die Wirkpaarung Tier—Ausrüstungselement genutzt werden kann, ist noch ungeklärt. Varianten für das den Impuls auslösende Tier sind im Bild 5 dargestellt. Ein denkbare rheologische Modell dazu zeigt Bild 6. Für die weiteren Betrachtungen wird infolge des unbekanntes Modells vom ideal-elastischen Stoß ausgegangen. Die Stoßkraft F nach Hertz ergibt sich für zwei Kugeln mit den Massen m_1 und m_2 zu:

$$F = c \cdot x^{3/2} \quad (5)$$

c Federkonstante

x Auslenkung

oder in Näherung

$$F \approx c x \quad (6)$$

$$F_{\max} = k_1 v^{1/5}; \quad (7)$$

$$k_1 = f(m_1, m_2, c)$$

v Geschwindigkeit

F_{\max} maximale Stoßkraft.

Die Stoßdauer T läßt sich nach den Gln. (8) und (9) berechnen:

$$T = k_2 \sqrt{v}; \quad (8)$$

$$k_2 = f(m_1, m_2, c)$$

$$T = k_3 x_{\max}/v; \quad (9)$$

k_3 Konstante des elastischen Stoßes.

Aus den Gln. (5) bis (8) ist abzuleiten, daß bei kleiner Federkonstante c und konstanter Stoßkraft F eine große Auslenkung als Stoßweg x zurückzulegen ist. Dies führt zu einer vergrößerten Stoßzeit T oder zu einer erhöhten Stoßgeschwindigkeit v. Da das Tier das impulsauflösende Element ist, ist eine Erhöhung der Geschwindigkeit v ausgeschlossen. Entsprechend Bild 6 kann im Gegenteil angenommen werden, daß sich bei größerem Stoßweg x die Geschwindigkeit wesentlich verringert, da die wirkende Masse m (Tiermasse) infolge ihrer Abstützung wesentlich gebremst wird. Ausgehend vom angenommenen rheologischen Modell ergibt sich für die Stoßkraft

$$F \approx c x + \mu x + \nu \dot{x}; \quad (10)$$

μ Reibwert

ν Viskosität.

Diese Gleichung läßt erkennen, daß eine Gestaltung der Standausrüstung entsprechend diesem Modell zur maßgeblichen Verminderung der Stoßkraft, der maximalen Kraft, die die Dimensionierung der Standausrüstung vorwiegend bestimmt, führt. Daher müssen in Zukunft die Belastungen durch Tiere stets in Abhängigkeit von Werkstoff, Gestalt und Dimension der Standausrüstungselemente ermittelt werden. Systeme dieser Art, die geringe Stoßbelastungen durch das Tier hervorrufen, sind gegenwärtig in der Entwicklung und Prüfung.

5. Zusammenfassung

Ausgehend von einer Analyse der Forschung auf dem Gebiet der Tierkraftmessungen wird ein rheologisches Modell der Stoßkraftwechselwirkung zwischen Tier und Standausrüstungselement vorgestellt. Dabei werden Wege zur Verringerung der die Dimensionierung der Standausrüstung bestimmenden Maximalkräfte gezeigt.

Literatur

- [1] Honecker, E.: Bericht des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands an

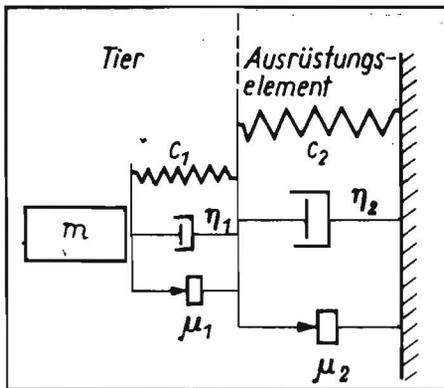


Bild 6. Rheologisches Modell für die Wirkpaarung Tier-Ausrüstungselement; c Federkonstante, η Dämpfungskonstante, μ Reibwert

- den IX. Parteitag der SED. Berlin: Dietz-Verlag 1976, S. 62—68.
- [2] Peters, J.-T.: Erarbeitung von Korrosionsschutzmaßnahmen für die 5000er-JRA Lewitz I. Ingenieurhochschule Berlin—Wartenberg. Ingenieurabschlußarbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [3] Hansen, F.: Konstruktionssystematik. Berlin: VEB Verlag Technik 1968.
- [4] Schreck, W.: Schwerpunkte der Korrosion und des Korrosionsschutzes der Ausrüstungen in den industriemäßigen Tierproduktionsanlagen. agrartechnik 27 (1977) H. 2, S. 78—81.
- [5] Meyer, R.: Vereinfachte Lösung des produktionstechnischen Ausbaus von Stallgebäuden unter dem Gesichtspunkt einer optimalen Bau- und Montagetechnologie. Vortrag auf einer KDT-Veranstaltung an der Ingenieurhochschule Berlin—Wartenberg 1979 (unveröffentlicht).
- [6] Bremer, H.: Die Durchsetzung des Leichtbaus im konstruktiven Entwicklungsprozeß. Institut für Leichtbau Dresden, IfL-Mitteilungen (1977) H. 1/2, S. 3.
- [7] TGL 24108/01 bis 02 Rinderproduktion; Jung-rinderproduktion; Technologische Parameter. Ausg. 5.76/Funktionsmaße. Ausg. 7.76.
- [8] TGL 32302/01 bis 05 Standausrüstung für Rinder. Ausg. 9.76.
- [9] Freitag, B.: Ermittlung von Konstruktions- und Projektierungsparametern für technische Ausrüstungen zur Haltung wachsender Schweine. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1975 (unveröffentlicht).
- [10] Marquard, H.: Untersuchungen über die den Stallbau bestimmenden Körperabmessungen und die das Stallklima beeinflussenden physiologischen Werte der Kühe. AdL der DDR Berlin, Dissertation 1968 (unveröffentlicht).
- [11] Versbach, M.: Technik und Verfahren der Einzeltierfütterung im Rindviehstall. Wolftratshausen: Verlag Hellmut Neureuter 1970 (KTBL Schriftenreihe „Berichte über Landtechnik“ Nr. 139).

- [12] Rauh, W.: Untersuchung der technischen Lösung für Anbindevorrichtungen in der Rinderhaltung. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1976 (unveröffentlicht).
- [13] Metzner, R.; Boxberger, G.: Ermittlung von Kennwerten zur Krippengestaltung für Kühe unter Kurzstandanbindungen. Institut für Landtechnik Weihenstephan 1976.
- [14] Bildt, K.; Eisenreich, M.; Grittner, W.: Ein Beitrag zur Bestimmung der Kräfte von Tränkkälbern an der Vorderwand der Einzelbox und während der Umstellung. agrartechnik 25 (1975) H. 8, S. 392—394.
- [15] Venzlaff, F.: Zur Ermittlung von Betriebsbelastungen an der Vorderwand von Tierplatzaus-rüstungen für die Gruppenhaltung von Absatz-kälbern. agrartechnik 26 (1976) H. 9, S. 442—445.
- [16] Runge, U.: Tierkraftuntersuchungen an ausgewählten Baugruppen der Standausrüstung in Jungrinderanlagen und Verwendung der Ergebnisse zur Optimierung von Materialdimensionen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1977 (unveröffentlicht).
- [17] Runge, U.: Weiterentwicklung der Haltungstechnik in Rinderanlagen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1977 (unveröffentlicht).
- [18] Klenke, D.: Tierkraftmessungen bei ausgewählten Tiergruppen an Freßgittern der Standausrüstung in Jungrinderanlagen und Verwendung der Ergebnisse zur Optimierung von Materialdimensionen in einem Konstruktionsvorschlag. Ingenieurhochschule für Landtechnik Friesack, Ingenieurarbeit 1977 (unveröffentlicht).
- [19] Klose, M.: Verwirklichung der Materialökonomie an Ausrüstungen von Tierproduktionsanlagen. agrartechnik 27 (1977) H. 4, S. 157—159.
- [20] Venzlaff, F.: Bestimmung der Betriebsbelastung an Tierplatzausrüstungen für die Gruppenhaltung von Absatzkälbern. agrartechnik 28 (1978) H. 3, S. 127—130.
- [21] Katalog Konstruktions- und Berechnungsunterlagen des IfL Dresden — Festigkeit E II 6.1, S. 22.
- [22] Krone, R.: Experimentelle Entwicklung der Belastungswerte für die Standausrüstung in Milchproduktionsanlagen. agrartechnik 27 (1977) H. 11, S. 488—490.
- [23] Zeeb, K.: Umwelt und Tierverhalten — ethologische Betrachtungen. Bauen auf dem Lande, Wolftratshausen (1970) H. 11, S. 334. A 2516

Ermittlung von Parametern für die belastungsgerechte Gestaltung von Standausrüstungen für die Jungrinderhaltung

Dipl.-Ing. U. Runge, KDT

1. Problemstellung

Die in den letzten Jahren ständig angewachsene Produktionskapazität und der Übergang zur einstreulosen Laufhaltung in der Jungrinderproduktion erforderten von den Fertigungs-betrieben der Standausrüstungen eine kurzfristige quantitative und qualitative Steigerung

ihrer Produktion, wobei die gefertigte Stückzahl zunächst im Vordergrund stand. Nach der Bildung des VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen (AKR) Nauen konnte Entwicklungskapazität für eine funktions- und materialmäßig optimierte Standausrüstung bereitgestellt werden. Über die durchgeführten

Arbeiten und die ersten Ergebnisse wurde bereits in dieser Zeitschrift berichtet [1]. Die Standardisierung von Funktion und Form der gegenwärtig produzierten Standausrüstungen erfolgte im Jahr 1976 [2, 3], so daß die gegenwärtige Aufgabe darin besteht, dem Konstrukteur ausreichende Dimensionierungsunterlagen