

# Untersuchungen zur elastischen Gestaltung von Standausrüstungen für Milchvieh

Dipl.-Ing. K. Wetzel, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

## 1. Aufgabenstellung

Die Forderung, den Verbrauch von Energie und Rohstoffen, berechnet auf eine Einheit industrielle Warenproduktion, kontinuierlich zu senken, macht die Erhöhung des Wirkungsgrades von Wissenschaft und Technik notwendig.

Die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Leistungsentwicklung werden maßgeblich davon bestimmt, wie es gelingt, mit Hilfe von Wissenschaft und Technik den spezifischen Materialverbrauch in der Volkswirtschaft spürbar zu senken und damit die Zielstellung des Fünfjahresplans beträchtlich zu überbieten [1].

Bisherige Standausrüstungselemente zur Haltung von Milchvieh sind überdimensioniert. Ausgehend von diesen gesellschaftlich-ökonomischen Vorgaben besteht die Aufgabe, Standausrüstungen für Milchvieh zu entwickeln, die folgende Parameter erfüllen:

- Funktions- und Betriebssicherheit
- fertigungs-, montage- und instandhaltungsgerechte Gestaltung
- geringer Materialeinsatz bei niedrigen Fertigungskosten.

Voraussetzung für das Einhalten dieser Forderungen ist die Kenntnis der Tierkenngrößen. Besonders die Tierkräfte, die als Einflußfaktoren auf die Standausrüstung einwirken, haben große Bedeutung für die Wirkpaarung Tier-Standausrüstung.

## 2. Stand der Wissenschaften

### 2.1. Technisch-technologische Ausgangsparameter

Die gegenwärtig vorrangigen Haltungseinrichtungen von Milchvieh sind:

- Liegeboxen-Laufstallhaltung mit getrennten Freß- und Liegeplätzen
- kombinierte Freß-Liege-Boxen
- Halsfangrahmen
- Grabnerkette.

Die Gebäude der Tierproduktionsanlagen werden mit einer Lebensdauer von 50 bis 60 Jahren angegeben. Untersuchungen zur

Nutzung landtechnischer Einrichtungen ergaben einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren. Aufgrund dieser unterschiedlichen Bewirtschaftungszeiträume ist eine mehrfache Umrüstung des ausrüstungstechnischen Teils erforderlich. Die Rekonstruktions- und Rationalisierungsmaßnahmen gewinnen neben dem Neubau deshalb immer mehr an Bedeutung [2]. Der gegenwärtige Anteil an Investitionsaufwendungen bei komplexer Rekonstruktion von Milchviehstallanlagen beträgt für den Bau 71 bis 78 % und für die Ausrüstung 22 bis 29 % [2]. Durch die erforderliche Umrüstung gehen 50 % des eingebauten Stahles der Volkswirtschaft verloren [3]. Dieses Beispiel zeigt, daß eine Vermeidung von Verbindungen zwischen Bau und landtechnischer Ausrüstung die Kosten bei der Rekonstruktion erheblich verringern würde.

In bisherigen Untersuchungen wurden folgende Anforderungen zur Realisierung von Parterrelösungen gestellt [4]:

- Vermeiden von Verbindungen zwischen Bau und Ausrüstung
  - in sich stabile Ausrüstungskonstruktionen
  - standardisierte Paßflächen
  - notwendige Austauschbarkeit der Ausrüstungen innerhalb der Baukonstruktion.
- In [5] wird eine Einrichtung zur Parterrehaltung von Milchvieh vorgeschlagen.

### 2.2. Untersuchungen zur belastungsgerechten Konstruktion

Die Ermittlung der Betriebsbelastungen (Größe, Art und Richtung) ist eine wichtige Voraussetzung für die belastungsgerechte Konstruktion und somit für die Materialminimierung von Standausrüstungen. In der Literatur veröffentlichte Untersuchungsergebnisse zeigten, daß die Mehrzahl der angreifenden Tierkräfte dynamischen Charakter hat [6] und daß die Spannungsspitzen in den Standbegrenzungselementen vorwiegend aus Stoßkräften resultieren [7]. Möglichkeiten zur Verringerung der Belastungsspitzen in den Standbegrenzungselementen bestehen durch den Einbau von Dämp-

fungselementen und Energiespeichern sowie durch die elastische Gestaltung und gelenkige Lagerung der Baugruppen. Dadurch können die Baugruppen auslenken, und die Stoßenergie wird in eine andere Energieform umgewandelt.

## 3. Theoretische Betrachtungen

### 3.1. Systematisierung der zu untersuchenden Einflußgrößen

Auf das physikalische Geschehen in einer Maschine wirken bestimmte Nebeneinflußgrößen, die als Störgrößen bezeichnet werden. In der Theorie werden der physikalische Vorgang idealisiert und die notwendigen Informationen an einem Modell gewonnen. Die experimentelle Anordnung für die Durchführung der Messungen braucht nur der Gewinnung der Information zu dienen, also nicht mit der konstruktiven Verwendung übereinzustimmen [8]. Das physikalische Modell ist andererseits eine erste Konkretisierung, da von der abstrakten Information ausgegangen wird. Die Vorgänge an diesen physikalischen Modellen werden durch Effekte (Wirkungen) beschrieben. Physikalische Effekte finden ihren abstrakten Ausdruck in einem theoretisch begründeten oder rein empirischen Gesetz [8].

Die physikalischen Effekte an der Standausrüstung sind in Anlehnung an [8] in Tafel 1 zusammengefaßt. Für die Gestaltung der Wirkpaarung Tier-Ausrüstungselement kann u. a. das im Bild 1 dargestellte rheologische Modell herangezogen werden [9].

### 3.2. Betrachtungen zur Stoßkraft

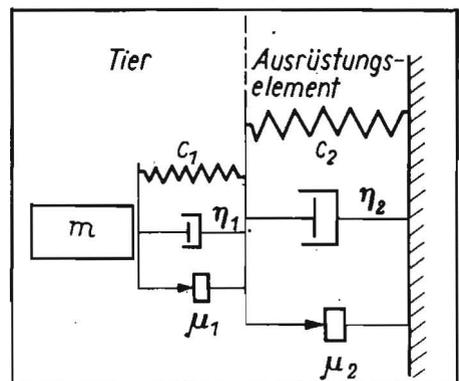
Beim Zusammentreffen zweier oder mehrerer Körper wirkt eine Stoßkraft im Zeitintervall  $\Delta t$ . Der Stoßvorgang wird in zwei Perioden unterteilt:

- Die Körper treffen zusammen und beginnen sich am Berührungspunkt zu verformen; die Stoßkraft strebt ihren Maximalwert an.
- Umwandlung der gespeicherten Formänderungsarbeit ganz oder teilweise in kinetische Energie; die Stoßkraft wird wieder zu Null.

Tafel 1. Physikalische Effekte, bezogen auf die Standausrüstung

allgemeine Gesetzmäßigkeiten	Analogie zur Standausrüstung
<b>Kennzeichnende Merkmale des physikalischen Geschehens:</b>	
— Zahl und Art der Einflußgrößen	— Kraft, Material, Gestaltung, Lagerung des Systems
— Gesetz des Zusammenhangs der Einflußgrößen	— Energieumwandlung
— theoretisch begründet/empirisch	— Theorie des Stoßes
— Ähnlichkeitsgesetz	— Spannungsverlauf im Element entsprechend der Belastungsart
<b>Ableitung der physikalischen Effekte:</b>	
— unabhängig und abhängig veränderliche Einflußgrößen	— Stellgröße: Tierkraft; Wirkgröße: Materialspannung
— konstant zu haltende Einflußgrößen	— Material, Gestalt, Auflagerung
— Bezug auf Energie-, Stoff- und Signalumsatz	— Energieumsatz: Auslenkung, Reibung
<b>Modelle:</b>	
— Experimentiermodell zur Ermittlung des physikalischen Geschehens	— rheologisches Modell
— kinetisches Modell	— Errichtung eines Versuchsmodells
— Anwendungsmodell des Effekts	— System der Standausrüstung
— technisches Gerät	— aus Berechnungsgrößen ermitteltes optimales Funktionsmuster

Bild 1. Rheologisches Modell für die Stoßwirkpaarung Tier-Ausrüstungselement [9]



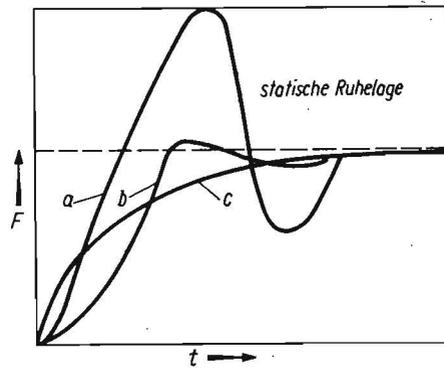


Bild 2. Spannungsverlauf bei unterschiedlicher Dämpfung [11];  
 a schwache Dämpfung  
 b starke Dämpfung  
 c sehr große Dämpfung, d. h., die Spannungen erreichen allmählich den Wert, der durch statische Belastung aufgebracht wird.

Wird die gesamte Formänderungsarbeit in kinetische Energie zurückverwandelt, so handelt es sich um vollkommen elastische Körper. Erzeugt die Formänderungsarbeit eine bleibende Verformung, so liegt ein plastischer Körper vor. Das Verhalten der meisten Körper liegt zwischen diesen beiden Grenzfällen, so daß für den allgemeinen Fall die Stoßzahl in den Grenzen  $0 < K < 1$  liegt [10]. In der Praxis ist es meist sehr schwierig, den zeitlichen Verlauf der Kraft beim Stoß aufzunehmen. Durch den Stoß werden nur die Eigenschwingungen des Sy-

Tafel 2. Versuchsprogramm

Meßobjekt	Gestaltung	Lagerung	Versuchsdauer in d	Meßwerterfassung
Seitenelement	starr (Kastenprofil)	ungedämpft	20	Kraftmessung; Tierbeobachtung mit Kamera
Seitenelement	elastisch (Gurtband im Rahmen eingespannt)	gedämpft (Gummipuffer)	6	Kraftmessung; Tierbeobachtung mit Kamera
Seitenelement	elastisch (Rahmen mit Drahtverspannung)	ungedämpft	26	Kraftmessung; Tierbeobachtung mit Kamera
Nackenziegel	Rohr	ungedämpft	26	Kraftmessung; Tierbeobachtung mit Kamera
Seitenelement	flexibel	lose aufgelagert, durch Seilverspannung fixiert	26	Tierbeobachtung mit Kamera

stems erregt, da die Stoßdauer  $\Delta t$  wesentlich kleiner ist als die Eigenschwingungsdauer  $T$  [11].

Mit einer andauernden Erregung des Systems der Standausrüstung durch Tierkräfte ist nicht zu rechnen, so daß Resonanzfälle ausgeschlossen werden können [12]. Für diese Betrachtungsweise sind deshalb nur die Einschwingungsvorgänge der Elemente von Bedeutung. Sie stellen meist auch die maximalen Amplitudenauslässe dar.

Bei Schwingungssystemen mit mehreren Freiheitsgraden werden die im Bild 2 dargestellten drei Einschaltvorgänge unterschieden.

Durch entsprechende Gestaltung von Verbindungselementen und Energiespeichern besteht die Möglichkeit, die Stoßzeit  $\Delta t$  sowie die Stoßübertragung auch auf anschließende Bauelemente wesentlich zu senken [9]. Die belastungsgerecht konstruierte Standausrüstung muß folgende Anforderungen erfüllen:

— Sie muß sich als schwingungsfähiges System erweisen (ein großer Teil der kinetischen Energie bewirkt das Auslenken des Systems und geht in Formänderungsarbeit über).

— Sie muß auftretende Stoßbelastungen dämpfen (dies bewirkt eine schnelle Amplitudenabnahme und die Formänderungsarbeit wird zu Null).

#### 4. Versuchseinrichtung

##### 4.1. Versuchsprogramm

Da die Belastungen der Begrenzungselemente durch Tierkräfte einem stochastischen Prozeß unterliegen, besteht die Forderung, die Meßwertaufnahme über den gesamten Versuchszeitraum ohne Unterbrechung durchzuführen. Eine Übersicht der Versuchsdurchführung unter Tierbelastung zeigt Tafel 2.

##### 4.2. Aufbau des Versuchsstandes

Als Versuchsstand zum Ermitteln von Maximalbelastungen sowie der Belastungshäufigkeiten wurde eine Boxensektion, bestehend aus 6 Einzeltierplätzen mit Kopf-an-Kopf-Aufstellung verwendet (Bild 3). Den Tierstrandraum begrenzten die Elemente Fußboden, Nackenziegel, hintere Verriegelung und die Seitenelemente. Um Spannungsüberlagerungen auf an-

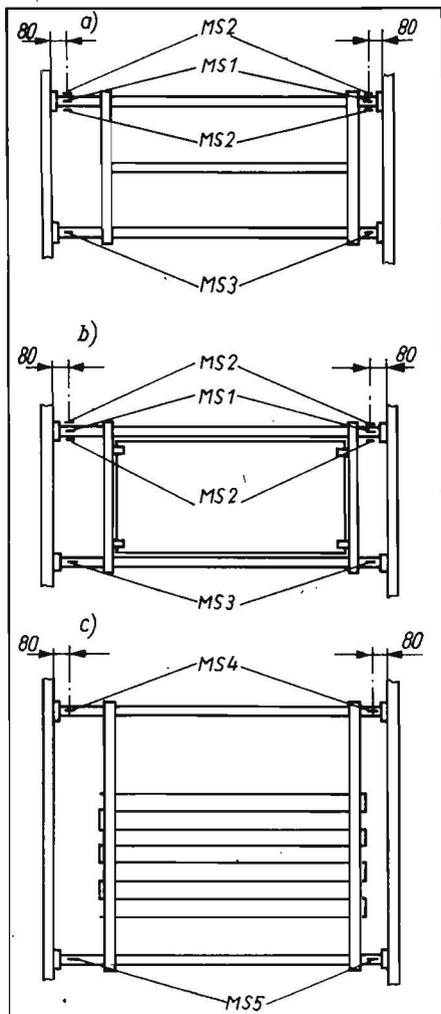


Bild 4. Seitenelemente und Anordnung der Meßwertaufnehmer (DMS);

- a) starr
- b) elastisch (Gurtbandverkleidung)
- c) elastisch (drahtverspannt)

Bild 3. Versuchsstand zur Aufnahme der Belastungsgrößen



grenzende Elemente zu vermeiden und somit eine Verfälschung der Meßwerte auszuschließen, wurden die Baugruppen an einer separaten Stützkonstruktion angeleitet. Die in Tafel 2 angegebenen Varianten der seitlichen Tierstandbegrenzungen sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Als Dämpfungselemente wurden 10 mm dicke Gummistreifen zwischen Meßwertaufnehmer und Seitenelement angeordnet. Die Meßgerätereihe bestand aus:

- Dehnmeßstreifen WDH 121/4
- Meßkabel ZL 154
- Speise- und Abgleichteil HLW 471
- Meßbereichswähler
- Lichtstrahlloszillograph.

Die Lage der Dehnmeßstreifen ist im Bild 4 dargestellt. Die Schaltung der Dehnmeßstreifen ermöglichte es, die Belastungen an den einzelnen Meßstellen und damit die Lage des Kraftangriffspunktes sowie durch Addition der Meßwerte an den Meßstellen (MS) 1 und 3 bzw. 4 und 5 die vom Tier aufgebrachte horizontale Gesamtkraft zu ermitteln. Die Vorschubgeschwindigkeit des Meßschriebs betrug 315 mm/h.

Zur Tierbeobachtung in den durch Seilverspannung fixierten und pendelnd gelagerten seitlichen Tierstandbegrenzungen (Bild 5) wurde eine Kamera mit Zeitbaustein installiert, die alle 10 min ein Bild aufnahm.

Um den Praxisbedingungen zu entsprechen, wurden die zu untersuchenden Seitenelemente so eingebaut, daß Tierbelastungen in beiden Richtungen möglich waren. Das starre, ungedämpft gelagerte sowie das elastisch gestaltete und gedämpft gelagerte Seitenelement wurden nacheinander an den gleichen Meßstellen (MS 1, MS 2, MS 3) angeordnet.

Die Einzeltiermassen der für die Versuche ausgewählten Tiere lagen in den Grenzen von 560 bis 580 kg.

#### 4.3. Versuchsauswertung

Die Auswertung der Kraftmessungen am Nackenriegel bezog sich nur auf die Ermittlung der Maximalbelastung.

Eine Auswertung des Filmmaterials zum Tierverhalten in flexibel gestalteten und durch Seilverspannung fixierten Freß-Liege-Boxen hat ergeben, daß der benachbarte Tierplatz im

Extremfall bis zu 25 % belegt wurde. Durch die mögliche Auslenkung der horizontalen, pendelnd gelagerten Strebe war der Bewegungsraum der Tiere groß. Ein Tier drehte sich während der Versuchsperiode einmal um 180° zur Aufstellungsrichtung. Bei dieser Gestaltung der seitlichen Standbegrenzung konnten die Aktionskräfte der Tiere nur in geringem Maß die Baugruppen belasten.

Das Klassieren der Meßschriebe erfolgte nach der Spitzenzählung (einparametrische Methode).

Für die Ermittlung der Belastungshäufigkeiten wurden nur Lichtpunktauslenkungen über 0,5 mm einbezogen. Diese Einschränkung ist erforderlich, da die Meßschriebe manuell ausgewertet wurden. Bei Auswertung mit einem Klassiergerät wird die Belastungsspitze auch erst dann registriert, wenn die Rückstellstufe von 0,25 der Klassenbreite überschritten ist [13].

Die Klassenanzahl  $k_1$  wird nach Gl. (1) berechnet:

$$k_1 = 5 \lg n; \quad (1)$$

$n$  Anzahl der Lastspiele.

Zum Nachweis, ob eine Normalverteilung einer Grundgesamtheit vorliegt, wird die relative Häufigkeitssumme im Wahrscheinlichkeitsnetz aufgetragen. Verläuft die Häufigkeitssummenlinie als Gerade im Wahrscheinlichkeitsnetz, so liegt mit Bestimmtheit eine Normalverteilung der Grundgesamtheit vor [14]. Beim Vorliegen von zwei bis vier differenzierten Einflüssen ergeben sich sog. Mischverteilungen, die sich aus mehreren Normalverteilungen zusammensetzen. Aus den Belastungsgrößen und der Häufigkeitsverteilung werden der Zentralwert  $\bar{x}$  und die quadratische Streuung  $x_s$  nach den üblichen Beziehungen berechnet.

Der Verlauf der Häufigkeitssummenlinie aus der Tierbelastung am starren Seitenelement bei ungedämpfter Lagerung ist im Bild 6 dargestellt.

Die Tendenz war in allen Untersuchungen gleich. In Abhängigkeit von der Gestaltung und Lagerung der Baugruppen sind auf jeder Seite der Null-Linie ab einer bestimmten Klassengröße die Annäherungen an eine Normalverteilung zu erkennen. Eine Verbindung der Punkte der Häufigkeitssummen in den kleineren

positiven und negativen Klassen würde ebenfalls angenähert eine Gerade ergeben. Der Verlauf der Häufigkeitssummenlinie ist auf folgende Ursachen zurückzuführen:

Die seitliche Begrenzung wird von jeder Seite aus von einem anderen Tier belastet. Dadurch entstehen im positiven und negativen Bereich Unterschiede in der Belastungshäufigkeit und -größe. In den kleineren Klassen (positiver und negativer Bereich) ist die Häufigkeit bis zur zweiten Klasse (bis 0,44 kN) groß. Daraus folgt in diesem Bereich ein steiler Kurvenverlauf. Die Grundgesamtheit jeder Meßreihe stellte eine Mischverteilung dar, die sich aus zwei Normalverteilungen zusammensetzte.

Zum Vergleich der Belastungen unterschiedlich gestalteter und gelagerter seitlicher Tierstandbegrenzungen sind die Belastungsverläufe im Bild 7 dargestellt.

Aus der Grundgesamtheit jeder Verteilung wurde mit Hilfe der Regressionsgleichung die Verteilungsfunktion ermittelt:

$$\lg y = \alpha + \beta x \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\sum \lg h}{k_1} - \beta \frac{\sum x}{k_1} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{k_1 \sum x \lg h - \sum x \sum \lg h}{k_1 \sum x^2 - (\sum x)^2}; \quad (5)$$

$\alpha, \beta$  Regressionskoeffizienten.

Am Verlauf der Geraden im Bild 7 ist zu erkennen, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der gleichen Belastungsgröße bei gedämpft gelagerten und elastisch gestalteten Standardbegrenzungen in den höheren Klassen bedeutend geringer ist als bei ungedämpfter Lagerung und starrer Gestaltung.

Die relativen Häufigkeiten sind in den unteren Klassen bei Einbau von Dämpfungsgliedern größer.

Dies resultiert aus der Verschiebung zu kleineren Kräften hin. Hierbei tritt noch der Umstand auf, daß eine große Anzahl von Kräften in der kleinsten Klasse durch die mögliche Auslenkung der Baugruppen bei gedämpfter Lagerung sowie elastischer Gestaltung so verringert werden, daß sie von der Meßtechnik und Auswertetechnik nicht erfassbar sind.

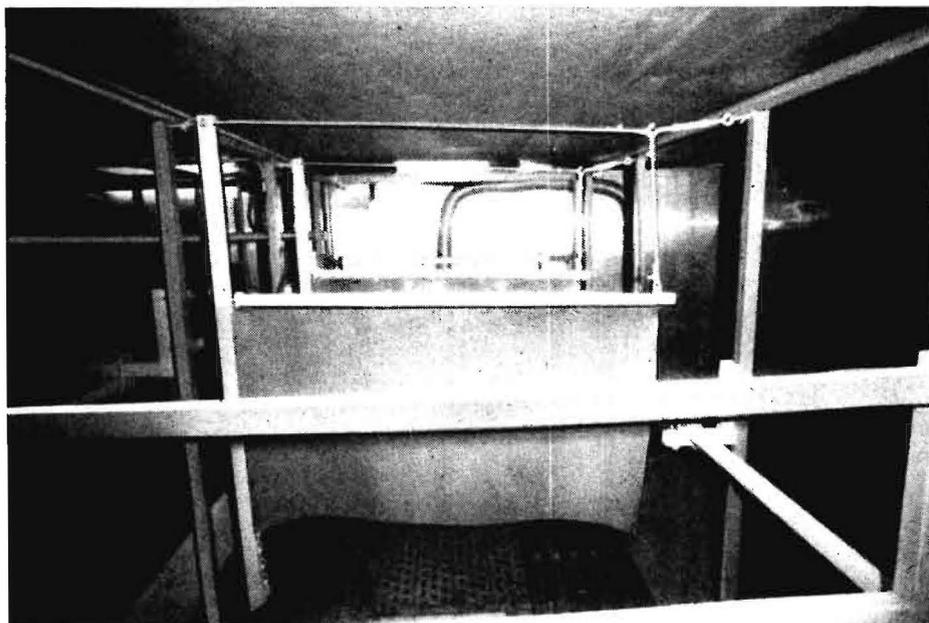
Ein Vergleich der Verteilungsfunktionen der relativen Belastungshäufigkeiten mit den Federkennlinien der unterschiedlich gestalteten und gelagerten Seitenelemente (Bild 8) widerspiegelt die am rheologischen Modell abgeleiteten Verhältnisse.

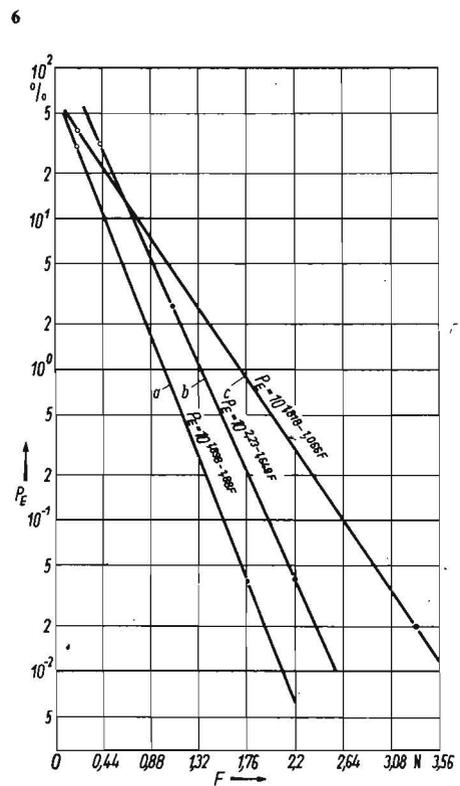
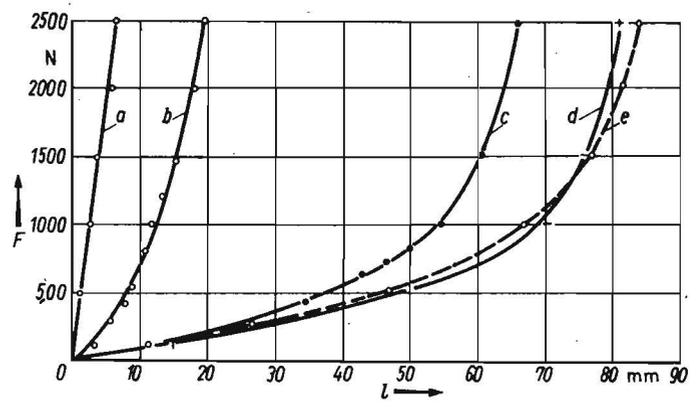
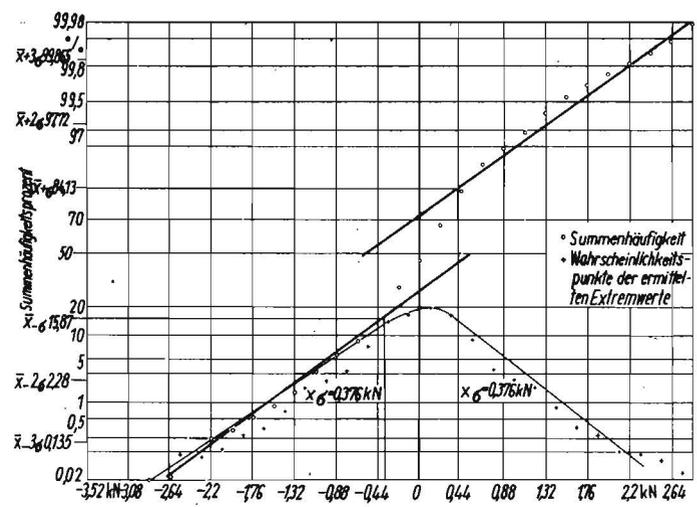
Die Belastungshäufigkeit am drahtverspannten Seitenelement in der kleinsten Klasse ist größer als am gurtverspannten. Die aufgetretenen Maximalbelastungen an den einzelnen Seitenelementen mit den im Bild 8 ermittelten zugehörigen Federkennlinien dieser Elemente zeigen die Abhängigkeit des Abminderens der Tierkräfte von der Gestaltung und der Lagerung dieser Seitenelemente [15].

Folgende Maximalkräfte wurden registriert:

- gurtbandverspanntes Seitenelement und gedämpfte Lagerung 1,7 kN
- drahtverspanntes Seitenelement, ungedämpfte Lagerung 2,2 kN
- starres Seitenelement, ungedämpfte Lagerung 3,85 kN.

Bild 5. Flexibel gestaltetes, durch Seilverspannung fixiertes Seitenelement





An der Meßstelle 2 wurden die von den Tieren aufgebracht senkrechten Kräfte aufgenommen.

Die Auswertung ergab, daß durch die gedämpfte Lagerung eine Reduzierung der Kräfte von 580 auf 350 N erreicht wurde. Dies zeigt, daß für die Dimensionierung vertikale Kräfte nicht die dominierende Rolle spielen. Am Nackenriegel betragen die Maximalkräfte:

- horizontale Richtung 1,3 kN
- vertikale Richtung 0,95 kN.

### 5. Schlußfolgerungen für die weitere Bearbeitung

Die gegenwärtigen Vorzugsverfahren für die Haltung von Milchvieh sind an Längsreihenaufstellung mit Liegeboxenbatterien, getrennten Freß- und Liegeplätzen und eingeschränktem Anteil an Freßplätzen orientiert [16]. Um die Vorzüge der Parterrehaltung für diese Haltungseinrichtungen auszunutzen sowie die Anforderungen an eine belastungsgerechte Konstruktion zu erfüllen, wurde ein Versuchsmuster nach [17] entwickelt (Bild 9). Das Versuchsmuster entspricht den Bedingungen nach dem rheologischen Modell im Bild 1. Die Stützen des Standtrennbügels sind lose auf

dem Fußboden gelagert. Dadurch kann speziell bei dynamischen oder Stoßbelastungen der Liegeflächentrennbügel seitlich auslenken. Die Federsteifigkeit ist gegenüber dem einbetonierten Liegeflächentrennbügel nach dem Standard TGL 32202/05 geringer. Eine Dämpfung der Spannungsamplituden ist durch die Reibpaarung Stütze-Fußboden gewährleistet. Die Einordnung von anderen Teilsystemen (z. B. der Lüftung) in das vorgestellte System der Standausrüstungen (Bild 9) kann zur Stabilitätserhöhung dieser Haltungstechnik beitragen.

Im Liegeflächenbereich einer MVA 1930 wird z. Z. eine Sektion von fünf Doppelliegeboxen unter Praxisbedingungen untersucht.

### 6. Zusammenfassung

An unterschiedlich gestalteten und gelagerten seitlichen Standbegrenzungen in einer kombinierten Freß-Liege-Box wurden Kraftmessungen unter Tierbelastung durchgeführt. In der angestellten Versuchsreihe konnte der Nachweis erbracht werden, daß durch elastische Gestaltung und gedämpfte Lagerung der Baugruppen eine Verringerung der Reaktionskräfte und damit eine Materialminimierung möglich ist. Die gewonnenen Erkenntnisse

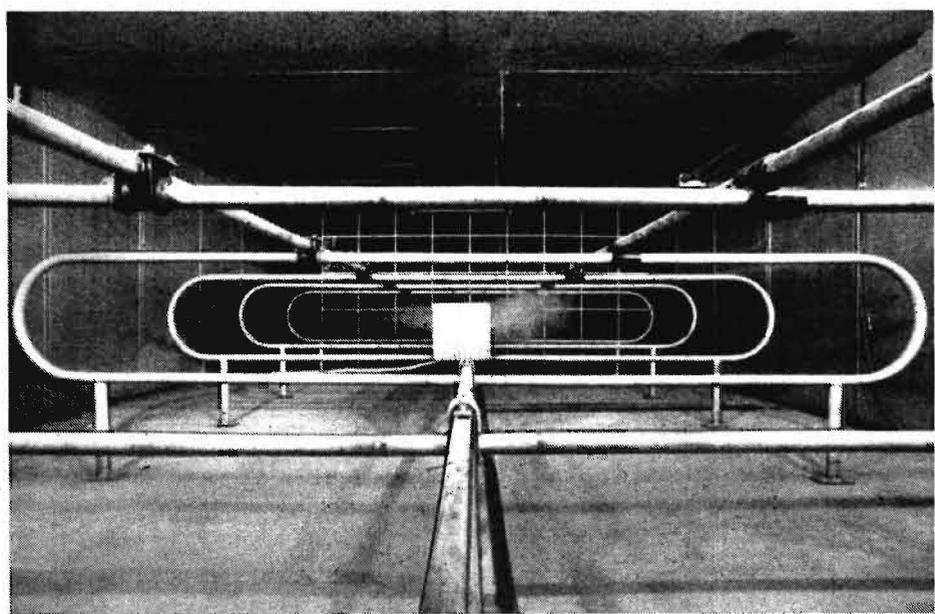


Bild 6. Regressionsgeraden im positiven und negativen Bereich für ein starr gestaltetes, ungedämpft gelagertes Seitenelement

Bild 7. Verteilungsfunktionen der relativen Belastungshäufigkeiten (Regressionsgeraden)

Bild 8. Federkennlinien von Seitenelementen und eingebauten Dämpfungselementen; a starr gestaltetes Seitenelement, ungedämpft gelagert; b Gummielement zwischen Meßwertnehmer und starrem Seitenelement; c mittige Flächenbelastung des eingespannten Gurtbandes; d drahtverspanntes Seitenelement; e mittige Flächenbelastung des gurtverspannten Seitenelements bei gedämpfter Lagerung

Bild 9. Lose aufgelagerte Liegeflächentrennbügel

wurden auf die Liegeboxen-Laufstallhaltung übertragen und weitere Untersuchungen nach dieser Aufstallungstechnologie durchgeführt.

### Literatur

- [1] Herrmann, J.: Aus dem Bericht des Politbüros an die 9. Tagung des ZK der SED. Berlin: Dietz Verlag 1978.
- [2] Schiffel, E.: Rekonstruktion von Gebäuden und Anlagen der Tierproduktion. Bauzeitung 33 (1979) H. 2, S. 92—93.
- [3] Krüger, D.: Entwicklung eines Parterresystems für die Haltung von Milchvieh am Beispiel der kombinierten Freß-Liegebox. agrartechnik 30 (1980) H. 1, S. 32—34.
- [4] Siedel, K.: Beitrag zur Optimierung der Verbindungen Bau-Ausrüstung, dargestellt am Beispiel der Errichtung und Nutzung von Tierproduktionsanlagen. TU Dresden, Dissertation 1975 (unveröffentlicht).
- [5] Einrichtung zur Parterrehaltung landwirtschaftlicher Nutztiere, insbesondere Rinder. DDR-WP Nr. 115020, Int. Kl. A01 k, 1/00; Ausgabetag 12. Sept. 1975.
- [6] Krone, R.: Experimentelle Ermittlung der Belastungswerte für die Standausrüstung in Milchproduktionsanlagen. agrartechnik 27 (1977) H. 11, S. 438—490.
- [7] Runge, U.: Weiterentwicklung der Haltungstechnik in Rinderanlagen. VEB LIA Nauen, Betriebsteil Ferdinandshof, Forschungsbericht 1977 (unveröffentlicht).
- [8] Rodenacker, W. G.: Methodisches Konstruieren. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1970.
- [9] Rössel, D.: Materialökonomische Konstruktion von Standausrüstungen. Wissenschaftliche Zeitschrift der WPU Rostock, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe 28 (1979) H. 1, S. 17—24.
- [10] Autorenkollektiv: Taschenbuch Maschinenbau, Bd. 1, Grundlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1965.
- [11] Weigand, A.: Einführung in die Berechnung mechanischer Schwingungen, Bd. 1. Berlin: VEB Verlag Technik 1955.
- [12] Höhn, E.: Untersuchung von wegeabhängigen Dämpfungselementen in Standausrüstungen für Milchvieh. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [13] Sieg, E.: Ermitteln von Tierkräften an verspannten Seitenelementen und am Nackenriegel der Standausrüstung für Milchvieh bei Einzeltierhaltung. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [14] Autorenkollektiv: Konstruktions- und Berechnungsunterlagen des IFL Dresden. EII Bl. 6.1, Jan. 1970.
- [15] Wetzel, K.: Optimale materialökonomische Gestaltung von Standausrüstungen für Milchvieh (Materialoptimierung). Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsteilbericht 1979.
- [16] Holz, J.: Ausrüstungslösungen für den materialoptimierten Ausbau. agrartechnik 29 (1979) H. 4, S. 157—160.
- [17] Raumstabile Einrichtung mit Gelenken zum Halten landwirtschaftlicher Nutztiere. DDR-WP Nr. 216 303, Int. Kl. A01 k. Anmeldetag 18. Okt. 1979. A 2775

## Schalldämpfung bei Ventilatoren in Gebäuden der Tierproduktion

Die Intensivierung der Tierhaltung mit dem höheren Lüftungsbedarf hat zum vermehrten Einsatz von Ventilatoren geführt, die in zunehmendem Maß Quelle der Lärmbelastung für Mensch und Tier sind. Im Rapport 9/1979 des Instituts für Landwirtschaftliche Bautechnik an der Schwedischen Universität der Landwirtschaftswissenschaften Lund (Autor: Christer Nilsson) wird über Experimente berichtet, die die Dämpfung der Schallemission normaler Ventilatoren zum Ziel hatten.

Die Untersuchungen bezogen sich auf folgende vier Varianten der Schalldämpfung:

- Anordnung einer Abschirmfläche
- spezielle Ausbildung des stallseitigen Endes eines Lüfterkanals
- spezielle Formgebung des Lüfterkanals
- Einbau des Ventilators in einem speziellen Nebenraum.

Es wurden viele Untersuchungen an einfachen Schalldämpfern in Form von Abschirmflächen durchgeführt. Dabei wurde untersucht, wie die Faktoren Material (mineralische Wolle, Plastschaum u. ä.), Dicke und Anordnung der Absorber die Schalldämpfung beeinflussen. Die Ergebnisse zeigten, daß die schallschluckenden Absorberflächen mindestens 100 mm dick sein sollten, wenn die Schalldämpfung bei hauptsächlich niedrigfrequenten Ventilatoren effektiv sein soll. Die beste Dämpfung wurde erreicht, wenn Absorberflächen sowohl an der Decke als auch im Abstand dazu angeordnet wurden. Aber sie müssen leicht zu reinigen sein. Die empfohlenen Gestaltungsmaße enthält Bild 1. Mit diesen einfachen Abschirmflächen war es möglich, den Schallpegel von ursprünglich 70 bis 80 dB(A) um 5 bis 7 dB(A) bei einseitiger und um 8 bis 9 dB(A) bei zweiseitiger Absorbermaterialanordnung zu reduzieren.

Als Versuch zur Verbesserung der Dämpfung wurden die Abschirmflächen weiterentwickelt und modifiziert. Nach dem Vergleich der Eigenschaften Schalldämpfung, Lüftungsreduzierung und Reinigungsmöglichkeiten erwiesen sich zwei Varianten als für die Praxis geeignet. Bei der ersten Variante ist Absorbermaterial nur an der Decke eingesetzt, aber diese Deckenabsorberfläche ist ergänzt mit seitlich hochgezogenen Wandflächen mit Absorbermaterial. Mit dieser Form erreicht die Schalldämpfung

