

Tafel 5. Richtwerte für ausgewählte materielle Aufwendungen von Milchgewinnungsverfahren (nach [3])

Milchgewinnungs-einrichtung	Stahl-aufwand kg/Tierpl.	Elektro-energie-aufwand kWh/Tierpl.	Arbeits-zeitauf-wand AKh/Tierpl. und Jahr
MK 691-40	18	73	18,0
MK 692-60	18	80	17,5
2 MK 691-40	18	71	17,5
2 MK 692-60	18	82	17,0
FGM 4 × 2 × 10	8	95	18,5

Tafel 6. Richtwerte für materielle und finanzielle Aufwendungen am Beispiel zweier sich unterscheidender Verfahren der Milchgewinnung (nach [3])

Aufwands- bzw. Kostenart	MK 691-40	FGM 4 × 2 × 10
Hüllenkonstruktion		
Anzahl der Melkplätze	40	80
Anzahl der Tierplätze	1833	2876
Investitionsaufwand gesamt	M/Tierpl. 632	604
darunter Bau	M/Tierpl. 259	269
darunter Ausrüstung	M/Tierpl. 373	335
Flächenaufwand	m <sup>2</sup> /Tierpl. 2	1,6
Stahlaufwand	kg/Tierpl. 18	7,8
Elektroenergieaufwand	kWh/Tierpl. 73	95
Arbeitszeitaufwand	AKh/Tierpl. 18	18,5
Verfahrenskosten	M/Tierpl. 200	188
darunter		
Abschreibungskosten	M/Tierpl. 57	44
Instandhaltungskosten	M/Tierpl. 37	33
Kosten für lebendige Arbeit	M/Tierpl. 90	93

dungen bilden eine wichtige Grundlage zur Auswahl material- und kostengünstiger Verfahrenslösungen sowie zur Verbesserung der Grundfondsökonomie. Für die innerhalb der Arbeitsverfahren Fütterung und Milchgewinnung z. Z. zur Anwendung kommenden Verfahrenslösungen wurden Richtwerte für finanzielle und ausgewählte materielle Aufwendungen erarbeitet. Die Richtwerte basieren auf technisch-ökonomischen Berechnungen unter Berücksichtigung von Analysenwerten aus fortschrittlichen Praxisbetrieben. Nach Einbeziehung weiterer Analysenwerte und noch breiterer Überprüfung ihrer Anwendbarkeit

können auf dieser Grundlage technisch-ökonomisch begründete Vorgaben für die Forschung und Entwicklung sowie für die Nutzung derartiger Arbeitsverfahren abgeleitet werden.

#### Literatur

[1] Hübner, U.; Balzer, M.-L.; Schulze, I.: Technologisch-ökonomische Beurteilungsgrundlagen zur Auswahl von Produktions- und Arbeitsverfahren am Beispiel der Milchproduktion. agrartechnik 28 (1978) H. 2, S. 50—52.

[2] Balzer, M.-L.; Schulze, I.; Hübner, U.: Aufwand und Kosten für die Fütterung, Entmistung/Haltung und Milchgewinnung in der industriemäßigen Milchproduktion. agrartechnik 27 (1977) H. 12, S. 529—531.

[3] Anton, D.: Erarbeitung von Beurteilungsgrundlagen für das Arbeitsverfahren Milchgewinnung und -behandlung. Institut für Rinderproduktion Iden-Rohrbeck, Dissertation 1976 (unveröffentlicht).

[4] Balzer, M.-L.: Beurteilungsgrundlagen des Arbeitsverfahrens Fütterung in industriemäßigen Milchproduktionsanlagen. Institut für Rinderproduktion Iden-Rohrbeck, Dissertation 1976 (unveröffentlicht). A 1906

## Bestimmung der Betriebsbelastung an Tierplatzausrüstungen für die Gruppenhaltung von Absatzkälbern

Dipl.-Ing. F. Venzlaff, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR, Betriebsteil Potsdam-Bornim

### 1. Problemstellung und theoretische Vorbetrachtung

Die Ermittlung von Betriebsbelastungen ist eine der wesentlichen Grundlagen für eine belastungsgerechte Gestaltung von Tierplatzausrüstungen. Von besonderer Bedeutung ist die Einführung statistisch begründeter Lastannahmen, die mit Hilfe der Betriebsbelastungen aufgestellt wurden [1] [2].

Grundlage für die Lastannahmen ist das Belastungskollektiv. Dabei ist es belanglos, ob eine Bemessung auf statische Festigkeit, Betriebs- oder Dauerfestigkeit vorgesehen ist [3]. Außerdem sind den Belastungsangaben folgende zusätzliche Informationen beizufügen:

- Umstände, unter denen die Belastungen wirken
- Einsatzzeit, die durch die Belastungsangabe erfaßt wird.

Festigkeitsversuche mit definierten Belastungsverteilungen (Normalverteilung, logarithmische Normalverteilung) haben gezeigt, daß eine Änderung der Gesamtbelastungshäufigkeit um 100% den gleichen Einfluß auf die Lebensdauer hat wie eine Änderung der Maximallast um 10% [4].

Daraus ist die große Bedeutung der Maximalbelastung für die Bauteilbemessung erkennbar.

Im vorliegenden Fall erfolgt die Berechnung von Maximallasten mit Hilfe von gemessenen Betriebsbelastungen.

Mit der Tierplatzausrüstung und ihren Hauptteilen Fußboden, Absperrungen, Stützen und Hilfseinrichtungen sollen die Tiere über eine festgelegte Zeitpanne an einem vorgegebenen Ort gehalten werden.

Bei der Realisierung dieser Aufgabe kommen vor allem folgende Belastungen zur Wirkung:

- Belastungen infolge Eigenspannungen (z. B. durch die Montage)
- Belastungen durch die Tiere (Massenkräfte, Muskelkräfte)
- Belastungen durch die Ver- und Entsorgung (z. B. durch Fütterungseinrichtungen).

Ausgehend von den prinzipiellen konstruktiven Formen der Tierplatzausrüstungen haben die Belastungen durch die Tiere besonders große Bedeutung und werden im weiteren allein betrachtet. Die zu messenden Betriebsbelastungen, die durch die Tiere verursacht werden, sind durch eine Vielzahl von Größen beeinflussbar, wie

- Umweltparameter (z. B. Klima, Stallparameter)
- Tierparameter (z. B. Geschlecht, Tierart)
- Haltungparameter (z. B. Haltungsart, Tierplatzausrüstung)

- meßtechnische Parameter (z. B. Meßmethode, Meßgeräte)

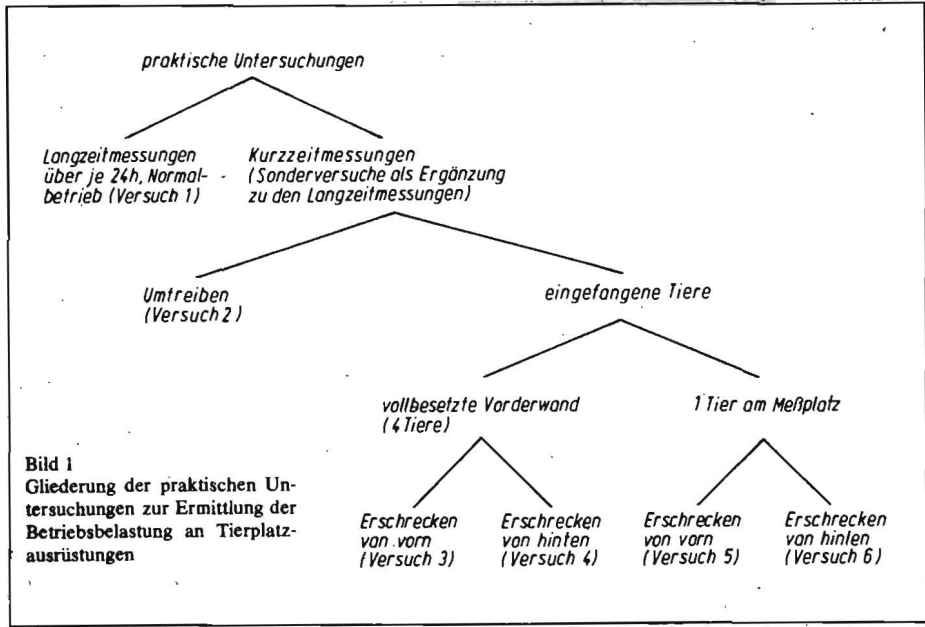
- Versuchsparameter (z. B. Versuchsart, Versuchsdauer)

- technologische Parameter (z. B. Fütterung, Tierbehandlung).

Als besonders wichtige Einflußgrößen wurden das Tiergeschlecht und die Versuchsart angesehen und deshalb bei der Versuchsplanung entsprechend berücksichtigt (Bild 1).

Wesentlich ist, daß charakteristische Situationen des Tierverhaltens in der Gruppe (z. B. Rangkämpfe, Bespringen), die sich auf die Betriebsbelastungen auswirken, meßtechnisch mit erfaßt werden, da diese, wie Voruntersuchungen ergaben, einen erheblichen Teil der Betriebsbelastungen darstellen. Hierzu wird in Tafel 1 als Beispiel ein Vergleich zwischen den Betriebsbelastungen bei der Messung über 24 h und bei der Messung während der Fütterungszeiten (2 × 2 h) angegeben. Zur guten Vergleichbarkeit der Meßergebnisse sollten die Betriebsbelastungen an mehreren Meßstellen gleichzeitig ermittelt werden. Um eine hohe Aussagefähigkeit der Ergebnisse zu erzielen, ist darauf zu achten, daß ein genügend großer Zeitbereich bei den praktischen Untersuchungen erfaßt wird.

Entsprechend einer Arbeitsteilung werden im



**Bild 1**  
Gliederung der praktischen Untersuchungen zur Ermittlung der Betriebsbelastung an Tierplatzausrüstungen

Meßstelle (s. Bild 4)	relative Werte der Messung		Extremwertanzahl	Anzahl der stündlich aufgetretenen Kräfte
	Maximalkraft (+)-Bereich	(-)-Bereich		
1	83	50	25,2	151,2
2	60	20	20,1	120,6
4	67	33	32,0	191,6
5	60	50	14,9	89,4
6	20	0	3,2	19,2
7	67	50	7,6	45,6
8	50	67	15,2	91,18

**Tafel 1**  
Betriebsbelastungen bei der Messung während der Fütterungszeiten (2 x 2 h täglich) als relative Vergleichswerte der Meßergebnisse über 24 h ( $\geq 100\%$ ) in %

Forschungszentrum für Mechanisierung, Betriebsteil Potsdam-Bornim, die Belastungen an Tierplatzausrüstungen für die Kälberhaltung ermittelt.

**2. Versuchsaufbau und praktische Untersuchungen**

Bei den Belastungsuntersuchungen an Ausrüstungen für Absatzkälber in Gruppenhaltung stand eine klimatisierte Tierversuchsanlage zur Verfügung. Die Untersuchungen wurden im wesentlichen mit männlichen Absatzkälbern

durchgeführt, da hier größere Belastungen bei weiblichen Tieren zu erwarten waren. Zur Feststellung der Unterschiede der Betriebsbelastungen zwischen den Geschlechtern wurden einige Vergleichsuntersuchungen mit weiblichen Tieren durchgeführt, die sich ebenfalls über alle Teilversuche (Bild 1) erstreckten. Die Untersuchungen unterteilten sich in Langzeit- und Kurzzeitmessungen. Die Langzeitmessungen erfolgten beim Normalbetrieb über jeweils 24 h, wobei an den Versuchstagen gleiche Bedingungen herrschten. Die Kurzzeitmessun-

gen dienten dazu, die Betriebsbelastungen bei extremen Situationen zu ermitteln, und waren als Ergänzung der Langzeitmessungen anzusehen. Bei diesen Versuchen wurde ein elektrischer Treibestab verwendet. Mit Ausnahme der ausgewählten Beeinflussungen der Tiere durch den Versuchstechniker wurden die gleichen Versuchsbedingungen wie bei den Langzeitversuchen eingehalten.

Entsprechend den bei vorhergehenden Versuchen gewonnenen Erfahrungen [2] [5] wurde die Versuchszeit je Einzelversuch auf 60 s festgelegt. Die unterschiedlichen Situationen an der Vorderwand bei der Langzeitmessung (Versuch 1) und beim Teilversuch „Erschrecken von vorn“ (Versuch 3) sind in den Bildern 2 und 3 dargestellt.

Die Vorteile der angewendeten Gerätezusammenstellung (Bild 4) sind:

- Einfacher Aufbau und dadurch geringe Störanfälligkeit sowie gute Temperaturstabilität
- Möglichkeit der sofortigen Fehlerbeseitigung nach Sichtung der Meßschriebe.

Einmal täglich wurde der Geräteaufbau abgeglichen und nach dem Prinzip „Kalibrierung über alles“ kalibriert [6].

Die Versuchsbucht hatte eine Größe von 2 m x 4 m und war auf einen Adapter gesetzt (Bild 5).

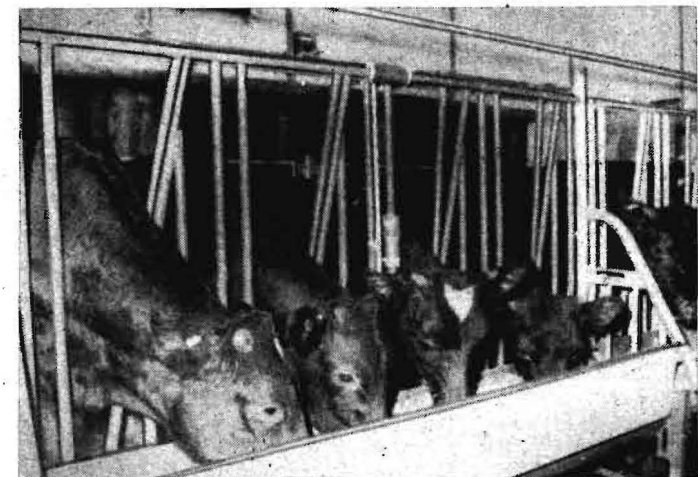
Der aus 4 mm dickem KT-Stahl gefertigte Metallaufboden war in Vorderwandrichtung verlegt [7]. Während der Versuchszeit lag die Raumtemperatur zwischen 21 °C und 13 °C. Die Tiere wurden täglich zweimal gefüttert, und der Versuchsraum war von 7.00 Uhr bis 16.00 Uhr beleuchtet. Als Schutz vor Schadgasen und evtl. ausbrechenden Tieren waren die Meßgeräte (außer den Meßwertgebern) außerhalb des Versuchsraums untergebracht.

**3. Auswertung der Ergebnisse**

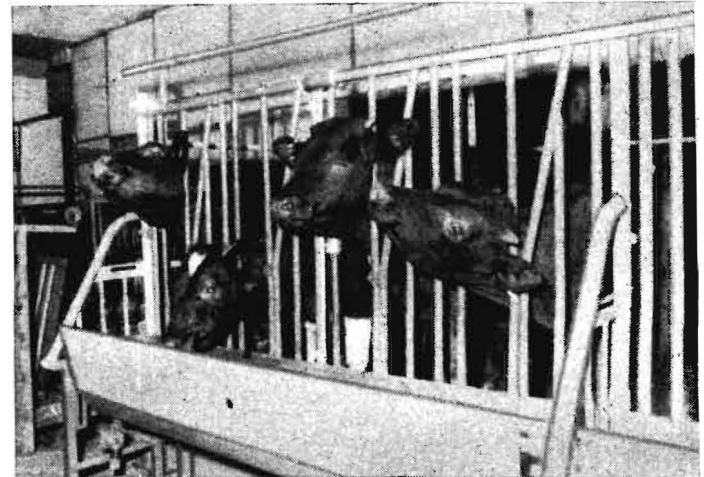
Die Meßschriebe wurden auf einem halbautomatischen Klassiergerät nach dem Prinzip „Zählung aller Extremwerte“ ausgewertet [3]. Dabei kam die in Tafel 2 aufgezeigte Klasseneinteilung für alle Meßstellen und Versuchsanstellungen zur Anwendung.

Alle Belastungen, die an der Bucht von innen nach außen wirken (z.B. Anlehnen an die Absperrungen, Auftreten auf den Fußboden), haben ein positives Vorzeichen (Meßstellen 1 und 2, 4 bis 10).

**Bild 2.** Situation an der Vorderwand bei der Langzeitmessung zum Zeitpunkt der Fütterung (vgl. Bild 3).



**Bild 3.** Belastungssituation an der Vorderwand beim Teilversuch „Erschrecken von vorn“ (Versuch 3): das Bemühen der Tiere, die Köpfe zurückzuziehen, ist deutlich erkennbar



Tafel 2. Klasseneinteilung der Betriebsbelastungen

Klassennummer	Klassenlage in N	
18	-300 ... -400	negativer Belastungsbereich
19	-200 ... -300	
20	-100 ... -200	
21	0 ... -100	
22	0 ... +100	
23	+100 ... +200	positiver Belastungsbereich
24	+200 ... +300	
25	+300 ... +400	

Für die Meßstelle 3 haben alle Belastungen, die die Freßplatzbegrenzungsstreben auseinanderdrücken, ein positives Vorzeichen (z. B. bei eingefangenen Tier).

Aufgrund der über die Haltungsdauer wirkenden Einflüsse und speziellen Belastungssituationen sind die Betriebsbelastungskollektive der Langzeitmessungen Mischkollektive. Ausgehend von der prinzipiellen Form dieser Mischkollektive wird für die Bestimmung der maximalen Betriebsbelastung mit Hilfe der Langzeitmessungen deshalb der positive Belastungsbereich der positiven Belastungsspitzen und der negative Belastungsbereich der negativen Belastungsspitzen verwendet (Bild 6). Wie Berechnungen ergaben, lassen sich diese genannten Kollektivteile in guter Näherung als normalverteilt ansehen. Die Betriebsbelastungen der Kurzzeitmessungen sind durch die Dominanz des entsprechend der jeweiligen Versuchsanstellung einwirkenden speziellen Einflusses keine Mischkollektive und können ebenfalls als normalverteilt betrachtet werden. Zur Feststellung der Regressionsgeraden wurden die durch Klassierung ermittelten Summenhäufigkeitsverteilungen der Belastungen mit Adressennummer und Informationsinhalt auf Lochstreifen gegeben. Mit einem Rechenprogramm konnten die jeweiligen Regressionsgeraden errechnet werden, die zur Bestimmung der nachfolgend betrachteten Maximalbelastungen genutzt wurden. Weit über  $10^6$  liegende Belastungshäufigkeiten sind für die Bestimmung von Maximallasten aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse nicht notwendig [8].

Daher kann bei definierten Belastungsverteilungen (z. B. Normalverteilung, logarithmische Normalverteilung) für die Bestimmung von Maximallasten der Kollektivumfang begrenzt werden [9]. Im vorliegenden Fall wurde  $2 \cdot 10^6$  als maximale Lastspielzahl festgelegt. Ausgehend von den Meßergebnissen wurden zwei

Bild 5. Gesamtansicht der Versuchsbucht

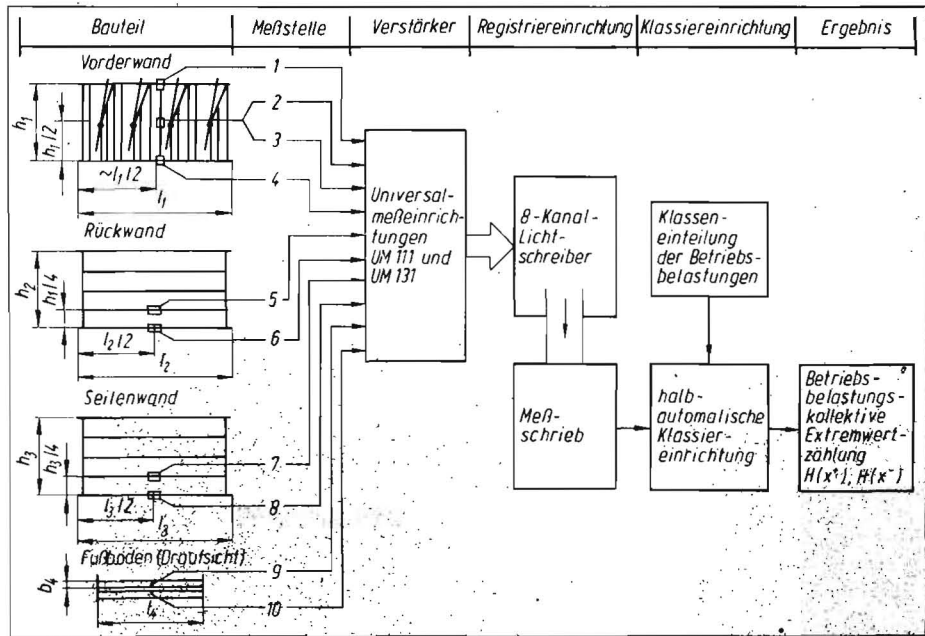
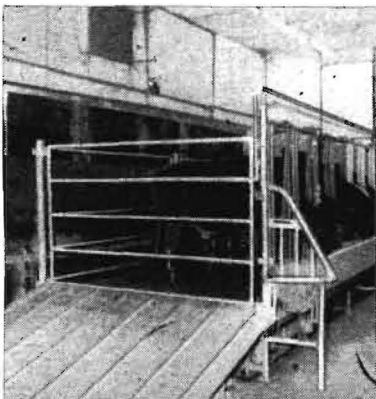


Bild 4. Lage der Meßstellen und Gesamtüberblick der bei den praktischen Untersuchungen verwendeten Geräte;  $h_1 = 970$  mm,  $h_2 = h_3 = 1080$  mm,  $l_1 = 2000$  mm,  $l_2 = l_3 = 1930$  mm,  $l_4 = 1420$  mm

Belastungshäufigkeiten verwendet, und zwar  $5 \cdot 10^3$  für die Meßstellen 2, 3, 5, 6, 7 und 8 sowie  $2 \cdot 10^6$  für die Meßstellen 1, 4 und 9. Die so errechneten maximalen Betriebsbelastungen sind in den Bildern 7 und 8 dargestellt. Dabei sind die Maximalbelastungen der Langzeitmessungen auf die Gesamtnutzungsdauer ( $\approx 3500$  Tage) und die der Kurzzeitmessungen auf einen Einzelversuch (60 s) bezogen. In Ergänzung zu den für die Kurzzeitmessungen auf den Einzelversuch bezogenen errechneten Maximalbelastungen wird am Beispiel des Teilversuchs „Umtreiben“ (Versuch 3) die Abhängigkeit der Maximalbelastung von der Anzahl der Umtreiberversuche (hier gleich Paniksituationen gesetzt) im Bild 9 dargestellt (vgl. Bild 8).

Prinzipiell ist ersichtlich, daß meßortspezifische

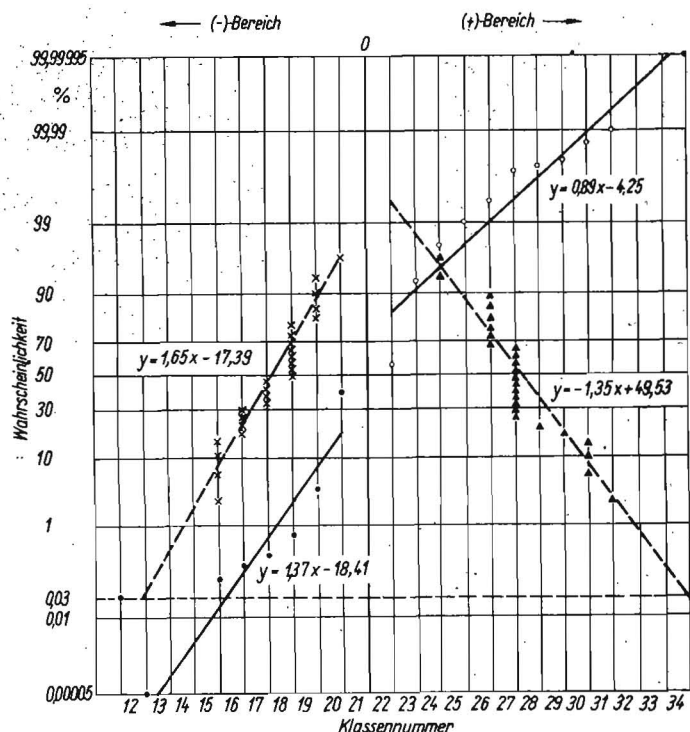
Unterschiede der Belastungsgröße und -häufigkeit auftraten. Weiterhin ist erkennbar, daß die Maximalkräfte der männlichen Tiere meist über denen der weiblichen Tiere lagen (Bild 7).

#### 4. Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung maximaler Betriebsbelastungen

Aufgrund der Bedeutung der Maximalbelastung für die Bauteilbemessung [4] und zur weiteren Verringerung des Meß- und Auswerteaufwands wurde das nachfolgend beschriebene vereinfachte Verfahren unter Verwendung von Extremwertkollektiven zur Maximallastbestimmung konzipiert. Zur Aufstellung der Extremwertverteilungen wird der bei den Langzeitmessungen für die jeweilige Meßstelle registrierte positive und negative Tagesmaxi-

Bild 6 Ermittlung der Maximalbelastung mit Hilfe der Langzeitversuche unter Verwendung aller Belastungsspitzen (Regressionsgeraden als Vollinie dargestellt) im Vergleich zur Verwendung des positiven und negativen Tagesmaximalwerts (Regressionsgeraden als Strichlinie dargestellt) am Beispiel der Meßstelle 4, männliche Tiere;

- o bezogene Summenhäufigkeit des positiven Bereichs
- bezogene Summenhäufigkeit des negativen Bereichs
- Δ Wahrscheinlichkeitspunkte für die ermittelten positiven Extremwerte
- x Wahrscheinlichkeitspunkte für die ermittelten negativen Extremwerte



malwert der Belastung verwendet. Die mathematische Bearbeitung ergab, daß die für alle Meßstellen aufgestellten Extremwertverteilungen als normalverteilt angesehen werden können.

Stellt man die nach diesen beiden Verfahren errechneten Maximalwerte gegenüber, so tritt durch die Anwendung des vereinfachten Verfahrens ein Fehler in der Größenordnung von  $\pm 10\%$  auf. Wird dieser Fehler in Kauf genommen, ergeben sich wesentliche Vereinfachungen bei der Messung und Auswertung.

### 5. Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Betriebsbelastungen an Tierplatzausrüstungen für die Gruppenhaltung von Absatzkälbern wurden Untersuchungen durchgeführt.

Das dabei verwendete Versuchsprogramm wurde in Langzeitmessungen (Normalbetrieb) und Kurzzeitmessungen (unter ausgewählten Beeinflussungen) unterteilt.

Aus den Ergebnissen läßt sich ableiten, daß die statistisch begründeten Maximalbelastungen der weiblichen Tiere meist unter denen der männlichen Tiere liegen.

Mit Hilfe von Langzeitmessungen über jeweils 24 h konnten die durch das spezielle Gruppenverhalten der Tiere (z.B. Rankämpfe) auftretenden Belastungen registriert werden.

Weiterhin wurde gezeigt, daß durch die Aufstellung von Extremwertverteilungen eine gute Möglichkeit zur vereinfachten Maximalbelastbestimmung gegeben ist, denn der Fehler beträgt nur  $\pm 10\%$  gegenüber dem Verfahren „Verwendung aller Belastungsspitzen“.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind Ausgangspunkt für die Materialoptimierung und Konzipierung von Tierplatzausrüstungen und für die belastungsgerechte Gestaltung der Elemente von Tierplatzausrüstungen.

### Literatur

- [1] Klose, M.: Verwirklichung der Materialökonomie an Ausrüstungen von Tierproduktionsanlagen. *agrar.technik* 27 (1977) H. 4, S. 157—159.
- [2] Venzlaff, F.: Zur Ermittlung von Betriebsbelastungen an der Vorderwand von Tierplatzausrüstungen für die Gruppenhaltung von Absatzkälbern. *agrar.technik* 26 (1976) H. 9, S. 442—445.
- [3] Paasch, F.: Statistische Zusammenhänge der Berechnung auf Betriebsfestigkeit, Abschn. E11/6.1. IfL Dresden, Konstruktionskatalog 1970.
- [4] Schütz, W.: Über eine Beziehung zwischen der Lebensdauer bei konstanter zur Lebensdauer bei veränderlicher Beanspruchungsamplitude und ihre Anwendbarkeit auf die Bemessung von Flugzeugbauteilen. TH München, Dissertation 1965.
- [5] Venzlaff, F.: Betriebsbelastungen an senkrechten Absperungen von Tierplatzausrüstungen bei Kälbern und Schweinen in Gruppenhaltung. IfM Potsdam-Bornim, Bericht 1975 (unveröffentlicht).
- [6] Holzweißig, I.; Meltzer, G.: *Meßtechnik der Maschinendynamik*. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1973.
- [7] Grittner, W.: Ergebnisse des Einsatzes von Stahl-Laufböden in der Absatzkälberhaltung. *agrar.technik* 26 (1976) H. 10, S. 479—482.
- [8] Svenson, O.: Beanspruchung und Lastkollektiv am Fahrwerk von Kraftfahrzeugen. *Automobiltechnische Zeitschrift* 65 (1963) H. 11, S. 334—337.
- [9] Ostermann, H.: Influence of the Spectrum Shape on the Fatigue life and the Endurable Stresses. (Einfluß der „Spektrumsform“ auf die Lebensdauer und die Dauerbelastung). In: Minutes of the Ninth Conference of the ICAF, München 1965, Part. II. Laboratorium für Betriebsfestigkeit Darmstadt 1965.

A 1896

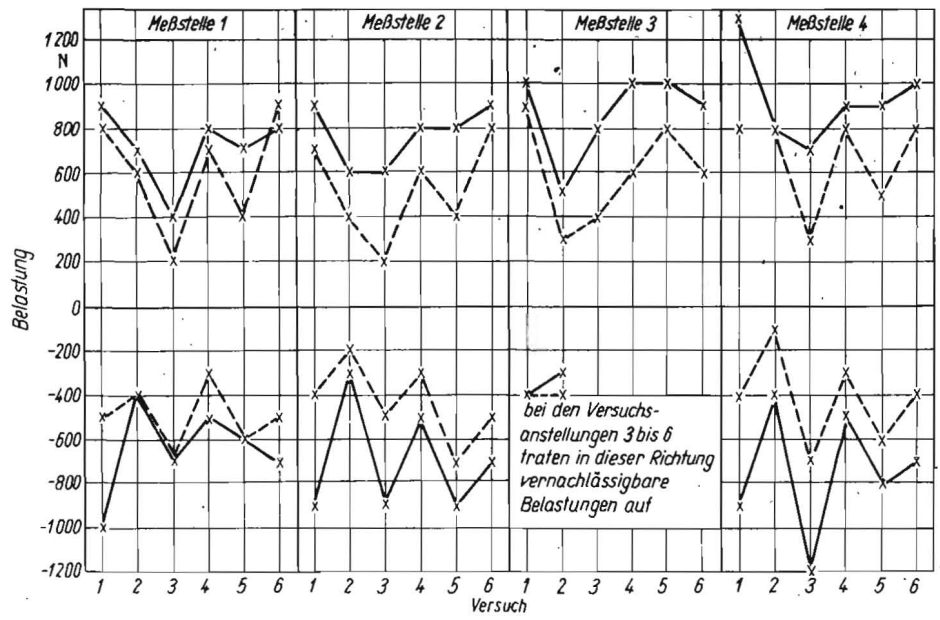


Bild 7. Zusammenstellung der ermittelten positiven und negativen Maximalbelastungen für unterschiedliche Versuchsanstellungen (Meßstellen 1 bis 4);  
— männliche Tiere;  
- - - weibliche Tiere

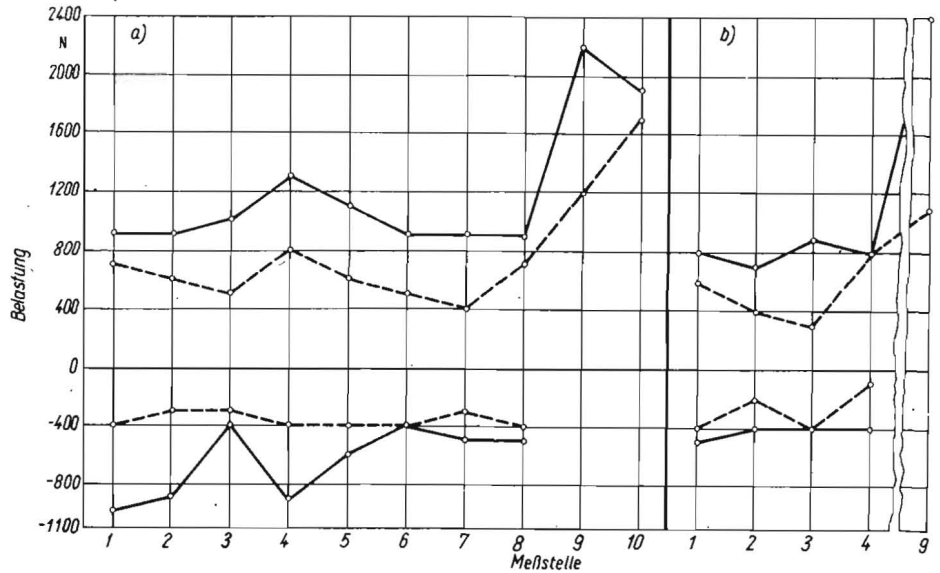


Bild 8  
Errechnete positive und negative Maximalbelastungen bei den Teilversuchen „Langzeitmessung“ (auf 10 Nutzungsjahre extrapoliert) und „Umtreiben“ (je Einzelversuch);  
a) männliche Tiere  
b) weibliche Tiere  
— Versuch 1  
- - - Versuch 2

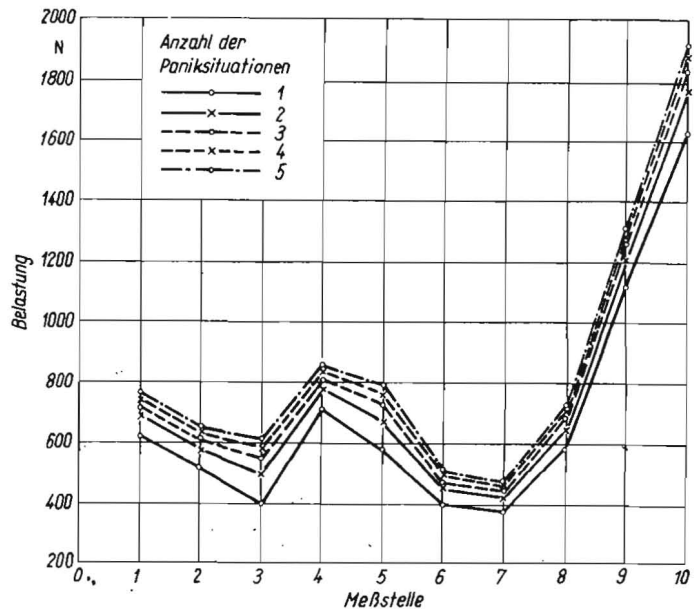


Bild 9  
Errechnete Maximalbelastungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Paniksituationen, dargestellt am Teilversuch „Umtreiben“, positive Spitzen, männliche Tiere