

Parameter für die belastungsgerechte Gestaltung von Standausrüstungen der Rinderhaltung

Dipl.-Ing. U. Runge, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

1. Erkenntnisstand

Experimentelle Ermittlungen von Belastungswerten für Baugruppen der Standausrüstung wurden seit dem Jahr 1968 von mehreren Autoren vorgenommen, deren Untersuchungen sowohl der Optimierung der Baugruppenfunktionen als auch der Bauteildimensionen dienen [1 bis 11]. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß Bauteilbelastungen, die durch Tiere verursacht werden, stochastischen Charakter haben [5, 6, 7]. Zur Zeit sind keine meßbaren Größen zu ihrer Eingrenzung erkennbar. Das bedeutet wiederum, daß diese äußeren Belastungen, auch Belastungskollektive, nur durch Messungen am Bauteil im betrieblichen Einsatz bestimmt werden können. Dabei ist es notwendig, für jede Baugruppe, oft auch für einzelne Bauelemente, das Belastungskollektiv aufzunehmen, weil bedeutende Unterschiede, bedingt durch Haltungstechnologie oder Haltungsabschnitt, in der Belastungshäufigkeit und -größe beobachtet wurden. Diese Erkenntnis ist besonders für die Neuentwicklung von Baugruppen wichtig, da es kaum möglich sein wird, bei Veränderung der Gestaltung dieser Baugruppen zum bestehenden Standard Meßwerte zu übertragen.

Belastungskollektive für Baugruppen der Standausrüstung in Rinderanlagen wurden bisher von Krone [5], Venzlaff [6], Klenke [9] und in selbst durchgeführten Untersuchungen aufgestellt [7, 8]. Sie ermöglichen die Berechnung von Belastungswerten, die bei ausreichender Sicherheit eine hohe Materialauslastung gestatten und machen die Ergebnisse verschiedener Autoren überhaupt erst vergleichbar.

Diese vollständige Ausnutzung des eingesetzten Materials setzt eine sorgfältige Bearbeitung innerhalb der konstruktiven Entwicklungsprozesse voraus.

Dabei ist vor allem der Ermittlung der Beanspruchungen, die nicht nur in ihren Größtwerten, sondern auch in der Verteilung der Beanspruchungshöhen und der Anzahl der Belastungen im Beanspruchungszeitraum bekannt sein müssen, besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Kenntnis der Wahrscheinlichkeit des Auftretens der größten Belastungsspitze ist die einzige gesicherte Grundlage für die Arbeit des Konstrukteurs. Weiterhin müssen Wege für die experimentelle Bauteilprüfung gefunden werden. Die experimentelle Bauteilprüfung ist besonders wichtig, weil derzeit für Bauelemente der Standausrüstung keine Wöhlerlinien bekannt sind und diese wegen der Inhomogenität des eingesetzten Materials, das aus ökonomischen Gründen verwendet wird, schwer aufzustellen sind.

Experimentelle Baugruppenuntersuchungen können auf der Grundlage ermittelter Beanspruchungskollektive mit Hilfe von Prüfmaschinen (servohydraulische Anlagen) durchgeführt werden oder in Form von Praxisuntersuchungen in Rinderanlagen erfolgen.

Für den Fall der Lebensdauerprüfung auf servohydraulischen Anlagen wäre die Untersuchung wegen der schon erwähnten Inhomogenität des verarbeiteten Materials mit großen Stückzahlen durchzuführen, was zu einer un-

vertretbaren Erhöhung der Kosten führen dürfte.

So bleibt z. Z. eigentlich nur die Erprobung von Baugruppen in ausreichender Stückzahl in Rinderanlagen mit dem Vorteil, daß diese Baugruppen sofort produktionswirksam werden und mit dem Nachteil, daß gesicherte Erprobungsergebnisse frühestens nach zwei Jahren vorliegen.

Werden die wichtigsten Erkenntnisse aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zusammengefaßt, kann festgestellt werden, daß gegenwärtig bei der Erzeugung belastungsgerechter Standausrüstungen sowohl für die Ermittlung der Belastungsgröße als Konstruktionsgrundlage als auch für die Sicherung der Gebrauchseigenschaften des Erzeugnisses experimentelle Untersuchungen in Rinderanlagen notwendig sind.

Diese Praxis ist bei stochastisch belasteten Bauteilen auch aus anderen Zweigen des Maschinenbaus bekannt [12].

2. Dimensionierung standardisierter Baugruppen

In dieser Zeitschrift wurde bereits darüber berichtet, daß die Baugruppen der Standausrüstung in ihren wichtigsten Abmessungen standardisiert sind [13]. Es konnte also davon ausgegangen werden, daß sie ihre Funktion innerhalb des technologischen Prozesses der Rinderhaltung erfüllen und daß es nur noch darum ging, die Baugruppen materialmäßig zu minimieren. Für den konstruktiven Teil dieses Prozesses sollen zunächst auf der Grundlage von [14] 8 allgemeingültige Bearbeitungsschritte festgelegt werden:

1. Durchführung von Betriebsbelastungsmessungen in repräsentativen Anlagen über eine Zeitspanne von $n \times 120$ min bei Kurzzeitmessungen und $n \times 24$ h bei Langzeitmessungen; Anzahl der Wiederholungen wurde mit 14 berechnet [15]

2. Statistische Auswertung der Messungen und Aufstellung von Belastungskollektiven (nach [12], S. 196—201);

Festlegung des Klassenmerkmalwertes nach Gl. (1):

$$x_K = \frac{F_{max}}{n_K} \quad (1)$$

x_K Klassenmerkmalwert in kN/Klasse
 F_{max} maximale gemessene Belastung
 n_K Anzahl der Klassen.

3. Berechnung der Verteilungsfunktion der relativen Klassenhäufigkeit nach Gl. (2):

$$P_{Ei} = 10^{m \cdot K_i + b} \quad (2)$$

P_{Ei} Erwartungswahrscheinlichkeit der Belastungshäufigkeit der i-ten Klasse in %
 m Regressionskoeffizient nach Gl. (3)
 K_i i-te Klasse
 b Schnittpunkt der Regressionsgeraden auf der Ordinate nach Gl. (4).

Der Regressionskoeffizient m wird für die Regressionsgerade im Wahrscheinlichkeitsnetz

mit logarithmisch geteilter Ordinate berechnet, weil die relativen Häufigkeitsverteilungen der Belastungsspitzen in Rinderanlagen offensichtlich einer Exponentialfunktion folgen [14]:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{n_K} (K_i - \bar{K}) (\log P_{Ei} - \log \bar{P}_{Ei})}{\sum_{i=1}^{n_K} (K_i - \bar{K})^2} \quad (3)$$

\bar{K} Klassenmittelwert

$$\bar{K} = \frac{n_K (n_K + 1)}{2}$$

\bar{P}_{Ei} Mittelwert der Erwartungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Klassen

$$\bar{P}_{Ei} = \frac{\sum_{i=1}^{n_K} P_{Ei}}{n_K}$$

$$b = \log \bar{P}_{Ei} - m \cdot \bar{K} \quad (4)$$

4. Ermittlung der Rechnungslast nach Gl. (5)
 Die Rechnungslast wird auf der Grundlage einer Betriebsdauer von 10 Jahren als Größtkraft des Kleinstkollektivs ermittelt [12]. Das bedeutet, die ermittelte Belastung tritt nur einmal während der gesamten Betriebsdauer auf. Es konnte nachgewiesen werden, daß die erfaßte Wahrscheinlichkeit bei Berechnungen auf der Grundlage des Kleinstkollektivs ausreichend ist, außerdem werden Form und Umfang des Belastungskollektivs berücksichtigt [15]:

$$F_R = \frac{\log \left(\frac{100}{H_{10}} \right) - b}{m} \cdot x_K \quad (5)$$

H_{10} berechnete Belastungshäufigkeit für 10 Jahre.

Mit der Größe F_R ist ein wichtiger Wert gegeben, der in Verbindung mit der zulässigen Spannung, die in jedem Fall unter der Fließgrenze liegen muß, eine Dimensionierung der Bauelemente ermöglicht.

5. Prüfen der Betriebsfestigkeit anhand des Diagramms auf Bild 1

Ausgehend vom P_E - K -Diagramm, oben rechts auf Bild 1 dargestellt, wurde eine idealisierte Regressionsgerade durch den Koordinatenschnittpunkt gelegt. Diese Regressionsgerade schneidet die Ordinate bei $P_E = 10^2$ %, ausgedrückt durch die Größe b in Gl. (2), die damit den Betrag 2 erhält. Die Beträge für b liegen bei den Verteilungsfunktionen der Belastungshäufigkeiten aller bisher gemessenen Bauelemente zwischen den Werten 1,46 und 2,89 und grenzen demzufolge den Wert 2 ein.

Eine Variation des Anstiegswinkels α der Regressionsgeraden ($\alpha = -\arctan m$) und eine Berechnung der Werte nach der Schadensakkumulationstheorie von Corten und Dolan (in [12]) ergaben den auf der Ordinate des Bildes 1

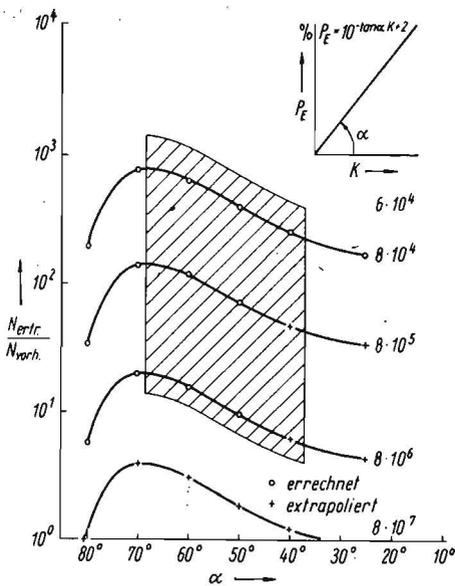


Bild 1. Zusammenhang zwischen Belastungshäufigkeit, Anstieg der Regressionsgeraden und Schädigungsgrad

aufgetragenen Schädigungsgrad. Als Schädigungsgrad wird hier das Verhältnis der ertragbaren Lastspielzahl zur vorhandenen Lastspielzahl festgelegt. Bild 1 zeigt den Verlauf des Schädigungsgrades in Abhängigkeit vom Anstieg der Regressionsgeraden und von der erwarteten Lastspielzahl H_{10} . Das schraffierte Feld deutet den Bereich der gemessenen Betriebsbelastungen an und zeigt, daß bezüglich der Betriebsfestigkeit ausreichende Sicherheit vorhanden ist. Die Belastungshäufigkeiten in Tierproduktionsanlagen liegen an der unteren Grenze des Bereichs, für den ein Betriebsfestig-

keitsnachweis gefordert wird ($H_{10} < 6 \cdot 10^4$). Belastungshäufigkeiten $H_{10} > 8 \cdot 10^7$, die sich der kritischen oberen Grenze des Bereichs nähern, konnten bisher nicht nachgewiesen werden.

6. Durchführung einer Strukturanalyse der untersuchten Baugruppe — Aufstellung der Strukturpläne und Festlegung des Rechenmodells

Baugruppen der Standausrüstung für die Abgitterung von Gruppenbuchten beispielsweise bestehen aus Gittern, Toren und Säulen. Eine genaue Festigkeitsberechnung der Tore und Gitter müßte nach dem Gitterrostverfahren durchgeführt werden, einer Methode, die für derartig einfach gestaltete Baugruppen einen zu hohen Arbeitsaufwand darstellt.

Es wird deshalb zur Dimensionierung der Gitterstäbe eine Übersichtsrechnung unter Berücksichtigung der Verbindungsstellen und Knoten vorgeschlagen.

Durch eine Strukturanalyse werden die Baugruppen in Grundelemente zerlegt, die eine derartig vereinfachte Berechnung zulassen (im Bild 2 am Beispiel von Krippenabgrenzungen dargestellt).

7. Berechnung der notwendigen Widerstandsmomente der Baugruppen (durchzuführen auf der Grundlage des Rechenmodells; Beispiel im Bild 2)

8. Konstruktion der Baugruppe
Nachdem die Dimensionierung der Bauelemente möglich ist, muß noch auf die Wertung der Spitzenkräfte bei der Aufstellung von Belastungskollektiven hingewiesen werden, weil die Vernachlässigung dieses Problems unrealer Rechenlasten ergeben kann.

3. Bewertung von Spitzenbelastungen

Im Zusammenhang mit Belastungsmessungen in Rinderanlagen wurde über registrierte Spit-

zenkräfte berichtet, die teilweise die Fließgrenze des eingesetzten Materials übertrafen, ohne daß sichtbare Verformungen auftraten [14]. Cottin führt dieses Verhalten darauf zurück, daß die Fließgrenze neben einer Reihe weiterer Einflußfaktoren von der Lastanstiegsgeschwindigkeit abhängt, also keine Werkstoffkonstante ist [16].

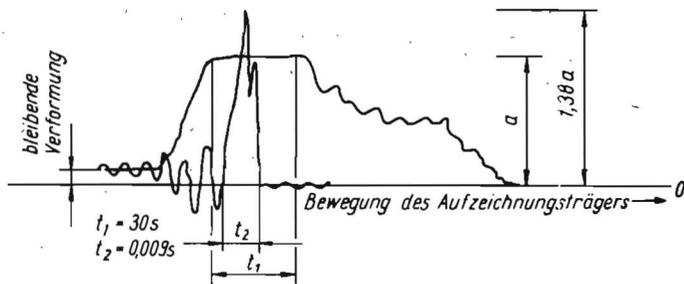
Die statistischen Festigkeitswerte, die in den Standards angegeben werden, gelten für Lastanstiegsgeschwindigkeiten von $v_F = 0,01 \text{ kN/mm}^2 \cdot \text{s}$. Bei den praktischen Messungen in Rinderanlagen wurden bereits größere Werte registriert.

In Laborversuchen an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg konnten deutliche Unterschiede bei Meßschriebamplituden nachgewiesen werden, die bei statischer Belastung und bei Stoßbelastung auftraten.

Einen unmittelbaren Vergleich läßt Bild 3 zu, auf dem beide Meßschriebamplituden überlagert wurden. Vergleichsgrundlage ist dabei eine bleibende Dehnung des Materials, die sich auf dem Meßschrieb durch eine Verschiebung der O-Linie um 3,5 mm darstellt. Da bei den Laborversuchen das gleiche Meßsystem wie bei den experimentellen Belastungsmessungen verwendet wurde, kann geschlußfolgert werden, daß sich bei normaler Auswertung derartiger Belastungsspitzen unrealer Rechenlasten ergeben, die sich auch, wie Bild 4 (Kurve A) zeigt, durch eine Extrapolation nicht eliminieren lassen. Schwierigkeiten, die sich bei der Bewertung der Belastungsspitzen wegen ihrer geringen Wirkdauer einstellen, können nur dadurch umgangen werden, daß nicht die Belastungszeit, sondern die Belastungsgröße als Grenzwert herangezogen wird. Dieser Grenzwert wäre durch die maximale Belastbarkeit des Meßgebers bis zur Fließgrenze gegeben, was sich auch ohne Schwierigkeiten in eine maximal zulässige Meßschriebamplitude umrechnen

Bild 2. Strukturanalyse der Baugruppen zur Krippenabgrenzung

Nr.	Funktion	Funktionselemente	Strukturplan	krit. Größen	Belastungsmodell
1	abgrenzen	senkrechte oder waagerechte Stäbe		$l; h; a$ Belastungs- koordinate c Belastung F	$c = 0 \dots l$
2	einfangen und lösen	Kippstab (Haltestab)		$h; k; a$ Belastungs- koordinate c Belastung F Schließkraft F_S	$c = 0 \dots (h-k)$ $c = 0 \dots k$
3	halten	Haltestab		$h; k; a$ Belastungs- koordinate c	$c = 0 \dots (h-k)$ $c = 0 \dots k$



läßt. Die Klassenaufteilung ist dann nach bekanntem Verfahren innerhalb dieser Meßschriebamplitude vorzunehmen [12].

Bei der praktischen Aufzählung der Belastungsspitzen brauchen nun nur noch alle Meßwerte, die diese Maximalamplitude übertreffen, in der höchsten zulässigen Klasse registriert zu werden. Sie unterliegen offensichtlich, sobald sie am Meßwertgeber keine bleibende Verformung hervorgerufen haben, dem Prinzip der erhöhten zulässigen Spannungen.

Die Auswirkung einer Belastungsanhäufung in der obersten Klasse wird durch die Kurve B im Bild 4 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß die Rechnungsbelastung nur geringfügig zunimmt und diese Zunahme außerdem einem Grenzwert zustrebt.

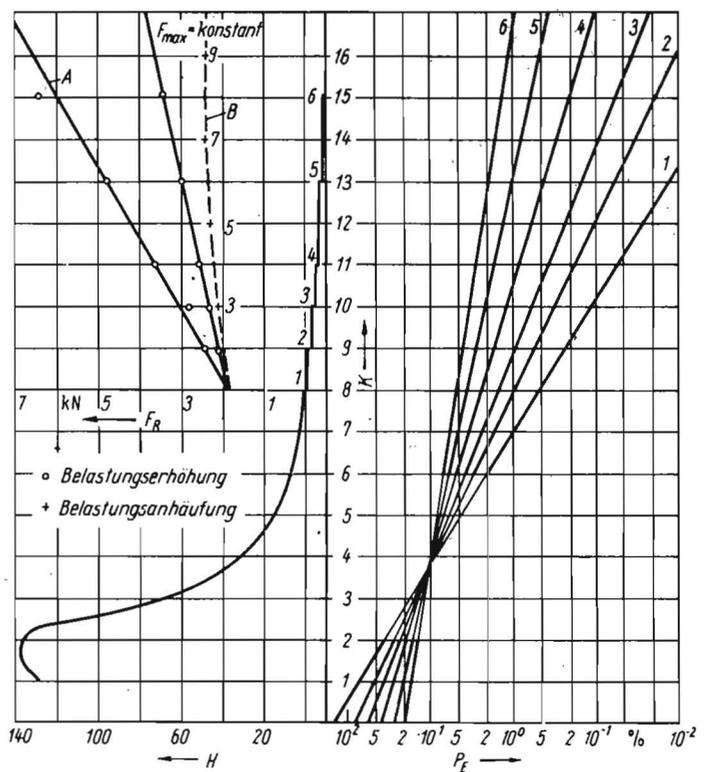
Der unterschiedliche Verlauf der Kurven A und B verdeutlicht die Notwendigkeit einer sorgfältigen Bewertung der Spitzenbelastungen.

4. Ergebnisse

Nach dem vorgestellten Berechnungsweg wurde der größte Teil der im Standard TGL 32302 [17] standardisierten Baugruppen dimensioniert, von denen in Tafel 1 auszugswise die zu erwartenden Belastungen einiger Baugruppen vorgestellt werden. Angegeben sind die gemessenen Maximalbelastungen bzw. die mittleren Maximalbelastungen und die Rechnungslasten. Wird mit den Rechnungs-

Bild 3 Vergleich der aufgezeichneten Dehnungen bei statistischer Belastung und bei Stoßbelastung

Bild 4 Auswirkung der Spitzenbelastungsänderung auf die Rechnungslast



lasten gearbeitet, kann das Material bis nahe an die Fließgrenze beansprucht werden, weil die notwendige Sicherheit bereits in der geringen Erwartungswahrscheinlichkeit der Maximallast begründet ist.

Die ausgewiesenen Werte gelten für Baugruppen nach TGL 32302/01 bis 06 [17] im jeweils gültigen Funktionsbereich nach den Standards TGL 22256/02 [18], TGL 24108/02 [19], TGL 24111/02 [20] sowie TGL 32303/02 [21]. Sie sind wegen des Einflusses der Wirkpaarung Tier-Baugruppe auf die Belastung bei grund-

legend anders gestalteten Baugruppen nur bedingt verwendbar.

Aufbauend auf die durchgeführte Strukturanalyse in Verbindung mit der möglichen Fertigungstechnologie, wurden die Belastungsmodelle in Tafel 1 ausgewählt. Sie können jederzeit den bestehenden Verhältnissen angepaßt werden.

Bei den Gittern und Toren wurde jeweils nur das am stärksten belastete Bauelement in die Tafel aufgenommen. Für Säulen, die darin gleichfalls nicht enthalten sind, kann die Beanspruchung

Tafel 1. Dimensionierungswerte standardisierter Baugruppen

lfd. Nr.	Baugruppe, Bauelement Bezeichnungen: TGL 32302 [17]	Verteilungsfunktion P_{Ei} in %	H_{10}	F_{max} gemessen kN	F_R kN	Belastungsmodell	Angriffspunkt für F_R	
1	Selbstfangreßgitter	SFG K 3	$10^{-0,52 K_i + 2,34}$	$5,5 \cdot 10^5$	0,90	1,75	Träger, beidseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
2	Selbstfangreßgitter	SFG JR 1	$10^{-0,48 K_i + 2,54}$	$8,1 \cdot 10^6$	1,40	2,28	Träger, beidseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
3	Selbstfangreßgitter	SFG JR 2	$10^{-0,43 K_i + 2,33}$	$3,0 \cdot 10^6$	1,60	2,30	Träger, beidseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
4	Selbstfangreßgitter	SFG JR 3/4	$10^{-0,28 K_i + 1,02}$	$3,3 \cdot 10^6$	1,50	2,73	Träger, beidseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
5	Selbstfangreßgitter	SFG MR	$10^{-0,12 K_i + 1,33}$	$3,4 \cdot 10^6$	1,80	4,20	Träger, beidseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
6	Leiterreßgitter	LFG M 1	$10^{-0,26 K_i + 2,03}$	$6,5 \cdot 10^6$	1,08	2,36	Träger, beiseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
7	Leiterreßgitter	LFG M 2	$10^{-0,36 K_i + 2,12}$	$3,7 \cdot 10^6$	1,98	3,08	Träger, beidseitig eingespannt	Buggelenkhöhe
8	Nackenriegel	NR MR	$10^{-0,68 K_i + 2,78}$	$8,1 \cdot 10^6$	0,93	1,50	Träger, beidseitig eingespannt	mittig
9	Gitter und Tore	GT K 3	$10^{-0,42 K_i + 2,29}$	$3,6 \cdot 10^5$	0,92	1,60	Träger, beidseitig eingespannt	mittig
10	Gitter und Tore	GT JR 1	$10^{-0,15 K_i + 1,66}$	$4,3 \cdot 10^4$	0,50	1,72	Träger, beidseitig eingespannt	mittig
11	Gitter und Tore	GT JR 2	$10^{-0,15 K_i + 1,46}$	$1,6 \cdot 10^5$	0,70	2,20	Träger, beidseitig eingespannt	mittig
12	Gitter und Tore	GT JR 3/4	$10^{-0,19 K_i + 1,74}$	$1,1 \cdot 10^5$	1,02	2,35	Träger, beidseitig eingespannt	mittig
13	Liegeflächen- trennbügel	LB MR	$10^{-0,26 K_i + 1,93}$	$5,6 \cdot 10^4$	0,75	2,25	Freitragender	Oberkante Gitter
14	Treibegang- begrenzung	MR	$10^{-0,19 K_i + 1,68}$	$9,9 \cdot 10^5$	2,04	3,58	Freitragender	Oberkante Gitter

Tafel 2. Erwartungswahrscheinlichkeit einer mehrfachen Maximalbelastung bei gleichzeitiger Belastung durch mehrere Tiere

Anzahl der Tiere n_T	Erwartungswahrscheinlichkeit $P_{EFn} = 10^{-0,95n_T + 0,95}$ (7)
2	$1,12 \cdot 10^{-1}$
3	$1,26 \cdot 10^{-2}$
4	$1,41 \cdot 10^{-3}$
5	$1,58 \cdot 10^{-4}$
6	$1,78 \cdot 10^{-5}$
7	$2,00 \cdot 10^{-6}$
8	$2,20 \cdot 10^{-7}$
9	$2,51 \cdot 10^{-8}$

über die Gitterholme rechnermäßig übertragen werden. Dabei ist zu beachten, daß die Kraftangriffsmöglichkeit über die gesamte Baulänge gegeben ist.

Die ausgewiesenen Belastungen an den Selbstfangfreßgittern und an den Leiterfreßgittern gelten je Tierplatz. Bei gleichzeitiger Kraftaufbringung durch mehrere Tiere gilt ein Minderungsfaktor, der sich aus den Erwartungswahrscheinlichkeiten einer mehrfachen Maximalbelastung (Tafel 2) unter Berücksichtigung der Erwartungswahrscheinlichkeit der Maximalbelastung des Bauelements ergibt. Dafür kann die Rechnungslast nach Gl. (6) berechnet werden:

$$F_{RTn} = \frac{\text{Log} \left(\frac{1}{H_{10}} \cdot P_{EFn} \right) - b}{m} \cdot x_A ; \quad (6)$$

F_{RTn} Rechnungslast bei Mehrfachbelastung durch n Tiere in kN

P_{EFn} Erwartungswahrscheinlichkeit einer n-fachen Maximalbelastung des Bauelements bei gleichzeitiger Belastung durch n Tiere.

Mit dieser Rechnungslast können der obere und der untere Holm der Freßgitter sowie die Krippensäulen bemessen werden.

Grundsätzlich gilt jedoch, daß es günstiger ist, für die Bauelemente, die zu dimensionieren sind, auch Belastungskollektive durch direkte Messung aufzustellen.

5. Prognostik

Planmäßig werden die experimentellen Untersuchungen zur Belastungsbestimmung an standardisierten Baugruppen der Standausrüstung für die wichtigsten Haltungstechnologien und Haltungsstufen in Rinderanlagen im Jahr 1980 abgeschlossen. Damit liegen theoretische Werte für eine belastungsgerechte Gestaltung unter Berücksichtigung des Formleichtbaus vor, die eine bedeutende Materialeinsparung erwarten läßt.

Weitere Einschränkungen des Materialaufwands sind zu erreichen, wenn alle Ausrüstungselemente, die derzeit noch im Fußboden eingespannt sind, aufgespannt oder aufgesetzt werden. Bekanntlich ist der Stahl, der sich im Beton befindet, unwiederbringlich verloren und kann nicht mehr der Volkswirtschaft zugeführt werden. Außerdem ergeben sich Vorteile bei der Rekonstruktion und Montage der Ausrüstungsbaugruppen. Untersuchungen zu diesem Problem laufen gegenwärtig an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg.

Dringend notwendig sind außerdem Arbeiten zur Verbesserung der Fertigungsgerechtigkeit. So stellen gebogene Rahmenecken, wie sie an

Begrenzungsbaugruppen, z. B. Toren oder Baugruppenträgern, im Krippenbereich realisierbar sind, eine besonders günstige Konstruktionsform dar, die dem Spannungsverlauf innerhalb der Baugruppe entspricht. Alle geschweißten Rahmenecken sollten zugunsten gebogener Ecken vermieden werden, weil diese fertigungstechnisch billiger sind und infolge entfallender scharfer Kanten Tierverletzungen vermindern. Neben der Verbesserung der Fertigungsgerechtigkeit der Baugruppen stehen Arbeiten aus, die sich mit der Montagegerechtigkeit, der Instandhaltungsgerechtigkeit und mit dem Korrosionsschutz befassen. Es liegt also eine Vielzahl von Faktoren vor, die zu optimieren sind.

Wie bei jeder Optimierung kann es auch hier nur einen Kompromiß zwischen der jeweils optimalen Erfüllung der Teilforderungen und einer optimalen Gesamtlösung geben. Um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu bekommen, wird es wichtig sein, die Teilforderungen nach den vorliegenden Notwendigkeiten zu formulieren und dem Kriterium den Vorrang zu geben, das den größten ökonomischen Nutzen erwarten läßt.

6. Zusammenfassung

Ausgehend vom Erkenntnisstand wurde festgestellt, daß für die Ermittlung der Belastungsgröße als Konstruktionsgrundlage und zur Sicherung der Gebrauchseigenschaften der Erzeugnisse experimentelle Untersuchungen in Praxisanlagen notwendig sind. Für die konstruktive Bearbeitung der Baugruppen der Standausrüstung wird eine allgemeingültige Berechnungsmethode vorgestellt, die auf der Grundlage der Verteilungsfunktionen der relativen Belastungshäufigkeiten die Ermittlung einer gesicherten Rechnungsbelastung ermöglicht. Dabei wird auf die Notwendigkeit einer gesonderten Bewertung der Spitzenkräfte hingewiesen.

In einer Tafel sind einige wichtige Ergebnisse anhand von Belastungswerten für ausgewählte Baugruppen dargestellt und ihre Verwendbarkeit erläutert.

Abschließend enthält der Beitrag Hinweise für die weitere Bearbeitung offener Probleme bezüglich der Fertigungsgerechtigkeit, der Instandhaltungs- und Montagegerechtigkeit sowie des Korrosionsschutzes.

Literatur

- [1] Marquardt, H.: Untersuchungen über die den Stallbau bestimmenden Körperabmessungen und die das Stallklima beeinflussenden physiologischen Werte der Kühe. AdL der DDR Berlin, Dissertation 1968 (unveröffentlicht).
- [2] Versbach, M.: Technik und Verfahren der Einzeltierfütterung im Rindviehstall. Wolfratshausen: Verl. Hellmut Neureuter 1970 (KTBL-Schriftenreihe „Berichte über Landtechnik“, Nr. 39).
- [3] Metzner, R.; Boxberger, G.: Ermittlung von Kennwerten zur Krippengestaltung für Kühe unter Kurzstandanbindungen. Institut für Landtechnik Weihenstephan 1976.
- [4] Bildt, K.; Eisenreich, M.; Grittner, W.: Ein Beitrag zur Bestimmung der Kräfte von Tränkkälbern an der Vorderwand der Einzelbox und während der Umstallung. agrartechnik 25 (1975) H. 8, S. 392—394.
- [5] Krone, R.: Untersuchungen der Belastungen an der Standausrüstung für Kühe. Technische Universität Dresden, Dissertation 1979 (unveröffentlicht).
- [6] Venzlaff, F.: Ein Beitrag zur Ermittlung der durch Tiere verursachten Betriebsbelastungen an Tierplatzausüstungselementen, dargestellt bei Absatzkälbern in Gruppenhaltung. Technische Universität Dresden, Dissertation 1978 (unveröffentlicht).

- [7] Runge, U.: Tierkraftuntersuchungen an ausgewählten Baugruppen der Standausrüstung in Jungrinderanlagen und Verwendung der Ergebnisse zur Optimierung von Materialdimensionen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1977 (unveröffentlicht).
- [8] Runge, U.: Tierkraftuntersuchungen zur Materialoptimierung an Gittern, Toren und Säulen in der Jungrinderhaltung. VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen Nauen, Forschungszwischenbericht 1977 (unveröffentlicht).
- [9] Klenke, D.: Tierkraftuntersuchungen bei ausgewählten Tiergruppen an Freßgittern der Standausrüstung in Jungrinderanlagen und Verwendung der Ergebnisse zur Optimierung von Materialdimensionen in einem Konstruktionsvorschlag. Ingenieurschule für Schiffbautechnik Rostock, Ing.-Arbeit 1977 (unveröffentlicht).
- [10] Kögler, W.; Runge, U.: Tierkraftuntersuchungen zur Materialoptimierung an Treibgangbegrenzungen und am Nackenriegel in Milchviehanlagen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [11] Klenke, D.: Meßtechnische Tierkraftuntersuchungen zur Materialoptimierung an der Standausrüstung in Mastanlagen. VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen Nauen, Forschungszwischenbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [12] Günther, W., u. a.: Schwingfestigkeit. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1973.
- [13] Wutzig, H.; Scharmentke, S.; Wobst, R.: Materialökonomie und Standardisierung bei Standausrüstungen für die Rinderhaltung. agrartechnik 27 (1977) H. 4, S. 155—157.
- [14] Runge, U.: Ermittlung von Parametern für die belastungsgerechte Gestaltung von Standausrüstungen für die Jungrinderhaltung. agrartechnik 29 (1979) H. 11, S. 505—508.
- [15] Runge, U.: Materialoptimierung bei standardisierten Baugruppen der Standausrüstung in Rinderanlagen auf der Grundlage von Belastungsmessungen. Vortrag anlässlich eines Kolloquiums am 9. Mai 1980 an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg.
- [16] Cottin, D.: Einfluß der Lastanstiegsgeschwindigkeit auf die Fließgrenze. Vortrag auf dem 4. Kolloquium „Zuverlässigkeit und ökonomischer Materialeinsatz bei Landmaschinen“ in Brielow 1977.
- [17] TGL 32302/01 bis 06 Standausrüstungen für Rinder. VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen Nauen. Bestätigt: 24. 9. 1976.
- [18] TGL 22256/02 Rinderproduktion; Kälberproduktion; Funktionsmaße. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Rinderproduktion Iden. Bestätigt: 21. 7. 1976.
- [19] TGL 24108/02 Rinderproduktion; Jungrinderproduktion; Funktionsmaße. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Rinderproduktion Iden. Bestätigt: 21. 7. 1976.
- [20] TGL 24111/02 Rinderproduktion; Schlachtrinderproduktion; Funktionsmaße. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Rinderproduktion Iden. Bestätigt: 21. 7. 1976.
- [21] TGL 32303/02 Rinderproduktion; Milchproduktion; Funktionsmaße. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Rinderproduktion Iden. Bestätigt: 21. 7. 1976.

A 2774