

Ermittlung tierbezogener Kennwerte zur Krippengestaltung

Von Rainer Metzner, Weißenstephan*)

Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereiches 141 – Produktionstechniken der Rinderhaltung –

DK 631.22:636.084.7

Bei der Aufstallung landwirtschaftlicher Nutztiere wurden deren artspezifische Anforderungen an die Stallumwelt bisher zu wenig berücksichtigt. Dies schlägt sich nicht nur in häufig auftretenden Verletzungen nieder, sondern auch in einer nur teilweise möglichen Mobilisierung des tierischen Leistungspotentials. Um dieser Entwicklung entgegensteuern zu können und eine bessere Anpassung der Stallumwelt an das zu haltende Tier zu erreichen, ist die Kenntnis der Anforderungen des Tieres an die einzelnen Funktionsbereiche des Stallsystems eine erste Voraussetzung. Am Beispiel des Krippenbereiches im Rinderstall zeigt die vorliegende Arbeit Möglichkeiten zur Ermittlung tierspezifischer Anforderungen auf und entwickelt aufgrund der gefundenen Kennwerte Vorschläge für tiergemäße Krippenformen.

1. Einleitung

Die Notwendigkeit eines gesonderten Krippenbereiches ergibt sich aus der Veranlagung unserer Rinderrassen als Weidetiere. Während die Futteraufnahme von der Weide im langsamen Vorwärtsschreiten erfolgt, und durch den Weideschritt zwangsläufig eine Schwerpunktsenkung und Distanzverkürzung zum Futter erreicht wird, ist das Rind im Stall gezwungen, das Futter aus dem Stand aufzunehmen. Schwerpunktsenkung und Distanzverkürzung entfallen ebenso wie eine wechselseitige Entlastung der während der Futteraufnahme besonders gewichtsbeanspruchten Vordergliedmaßen. Der Krippenbereich des Stalles muß deshalb an das Rind angepaßt werden. Hierbei sind Alter, Rasse und Geschlecht der Tiere zusätzlich zu berücksichtigen.

1.1 Bisherige Arbeiten

Erste Untersuchungen von *Ober* [1], *Rist* und *Olivier* [2] und *Wander* [3] konzentrierten sich auf die Ermittlung der Reichweiten einzelner Tiere. Nach der von *Ober* entwickelten Methode lassen sich aus den Reichweiten in unterschiedlicher Höhe die maximalen Freßbereiche der einzelnen Kühe feststellen, wobei gleichzeitig das nutzbare Fassungsvermögen der Krippe festgelegt wird. Die Grenzlinie schließt jedoch auch den Bereich ein, in dem den Tieren die Futteraufnahme nur noch unter Anstrengungen möglich ist. Zudem können diese Reichweitenmessungen nur einen methodischen Lösungsvorschlag darstellen, da die Untersuchungen an Einzeltieren durchgeführt wurden. Die verwendeten

Versuchskühe entsprachen in den hierbei wichtigen Körpermaßen (Hals-Kopf-Zungenlänge) nicht dem Populationsdurchschnitt. Ein von *Rist* und *Olivier* [2] deshalb an dem Versuchstier ermittelter Verhältnisfaktor Halslänge : Rumpflänge, der das Einzelergebnis auf andere Kühe übertragbar machen soll, erscheint bedenklich, da nach eigenen Messungen keine Beziehungen zwischen diesen beiden Körpermaßen bestehen. Neben der fehlenden Variation im Tiermaterial ist auch der wichtige Einfluß der Anbindevorrichtung nicht erfaßt, da die Untersuchungen ausschließlich am Freßgitter durchgeführt wurden.

Hinweise anderer Art kamen von *Zeeb* [4], der die Frage der Höhendifferenz zwischen Krippenniveau und Standebene durch Beobachtungen fressender Hausrinder am Fahr silo zu klären versuchte. Anhaltspunkte lieferten die Freßprofile, die hinter einem Palisadenfreßgitter durch die fressenden Tiere an der Silowand entstehen.

In **Bild 1** erreicht das Profil seinen kritischen Punkt bei ca. 40 cm Abstand von der Vorwand. Unterschreitet dieser Punkt eine Höhe von 15 cm über Standniveau, so werden nach *Zeeb* die Tiere unruhig als Folge einer zu großen Belastung und Verspannung der Vorwand. Es läßt sich jedoch nicht ausschließen, daß diese Unruhe auch durch ein qualitativ schlechter werdendes Futter aufgrund verstärkter Beatmung und Futterselektion bedingt ist. Die an der Vorwand auftretenden Belastungen bei unterschiedlichen Freßhöhen wurden nicht erfaßt.

Auch die von mehreren Autoren [5 bis 10] ermittelte prozentuale Verteilung des Körpergewichtes auf Vorder- und Hinterextremitäten bei ruhig stehenden Kühen kann nur als Ausgangs- und Vergleichswert für die während der Futteraufnahme auftretenden Belastungen an den Vorderextremitäten herangezogen werden.

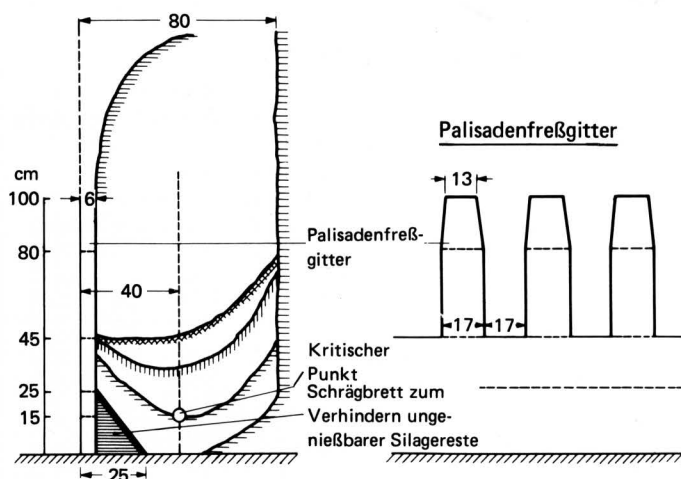


Bild 1. Freßprofile von Hausrindern am Palisadenfreßgitter (nach *Zeeb*).

*) *Dr. Rainer Metzner* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weißenstephan.

2. Aufgabenstellung

Das Ziel einer tiergemäßen Krippengestaltung ist die Futteraufnahme durch das Rind in natürlicher Haltung und ohne Anstrengung. Die hierzu erforderlichen Kennwerte können nicht aus der Ermittlung maximaler Reichweiten gewonnen werden. Geeigneter erscheint die Festlegung bevorzugter Freßbereiche und die gleichzeitige Feststellung auftretender Gewichtsverlagerungen und Belastungsveränderungen der Vorderextremitäten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Krippenabmessungen. Da geeignete Krippenformen sowohl für die Gruppenhaltung als auch für die Einzelhaltung gefunden werden sollen, muß zusätzlich der Einfluß unterschiedlicher Steuerungs- und Anbindevorrichtungen erfaßt werden. Schließlich sind für verallgemeinernde Aussagen die anatomischen Größenunterschiede innerhalb der Rinderpopulation zu berücksichtigen.

3. Methodisches Vorgehen und Vorversuche

Die Aussagefähigkeit und Übertragbarkeit von Tierversuchen erhöht sich mit steigender Anzahl an Versuchstieren. Dies setzt aber in Versuchen mit Großtieren bei sehr spezifischer Fragestellung einen außerordentlich hohen technischen und arbeitsmäßigen Aufwand voraus und ist deshalb vielfach nicht möglich. Da bei vorliegender Aufgabenstellung vor allem die unterschiedlichen Körpergrößen innerhalb der Rinderpopulation zu berücksichtigen waren, wurden in vorausgehenden Tierkörpermessungen (Stichprobenumfang $n = 46$) Reichweiten und Körpermaße zur Berechnung des relevanten Maßes "gestreckte Hals-Kopf-Zungen-Länge" [11] ermittelt. Die Auswahl der drei Versuchstiere für die im folgenden behandelten Versuche erfolgte entsprechend dem Stichprobenmittel dieses Körpermaßes. Aufgrund der vorliegenden statistischen Hilfsgrößen, wie z.B. der Schwankungsbreite, konnte beurteilt werden, inwieweit einzelne der untersuchten Varianten z.B. auch kleineren Tieren entsprechen.

Um die bei Einzelhaltung auftretenden Nebenbedingungen erfassen zu können, mußte der Versuchsstand in seinen Abmessungen an einen Kurzstand angepaßt werden und zudem die Möglichkeit bieten, in der Praxis häufig verwendete Anbindevorrichtungen in die Versuche einzubeziehen.

Das fressende Tier wurde nun von vier Faktoren beeinflusst, und zwar von

1. seinem Individualverhalten
2. dem Freßgitter bzw. der Anbindevorrichtung
3. Art und Vorlage des Futters
4. der Versuchskrippe in den untersuchten Varianten.

Der Einfluß dieser Faktoren konnte durch Beobachtungen und einfache Freßbereichsbestimmungen nicht analysiert werden. Vielmehr waren aussagekräftige Parameter notwendig, die ohne zusätzliche Beeinflussung des Versuchstieres erfaßt, gespeichert und verglichen werden konnten. Diesen Bedingungen entsprachen die Freßbewegungen des Tieres, deren Aussagekraft durch das gleichzeitige Wahlverhalten gegenüber dem vorgelegten Futter noch erhöht wurde.

Die Freßbewegungen wurden fotografisch registriert, so daß aus den einzelnen Freßpunkten ein bevorzugter Krippenbereich erkannt werden konnte.

Weitere Aussagen über eine dem fressenden Rind entsprechende Krippenhöhe und -weite ließen sich aus der Messung der Zugkraft an der Anbindevorrichtung und aus der Gewichtsbelastung der Vorderextremitäten gewinnen. Um die hierbei auftretenden Maximalwerte und Schwankungen der Kräfte interpretieren zu können, lief die Messung der Kräfte parallel zur Aufzeichnung der Freßbewegungen. Aus der Gesamtheit der abschließend vorliegenden Einzeldaten konnten die für die fressende Kuh günstigen Krippenabmessungen bestimmt werden.

Das in der Versuchsplanung festgelegte methodische Vorgehen mußte mit Hilfe von ersten Tastversuchen zunächst auf seine praktische Durchführbarkeit überprüft werden. Insbesondere dienten diese Vorversuche hierbei

- der Auswahl und Überprüfung einer funktionsgerechten Versuchstechnik,
- der Eingrenzung möglicher Einflußfaktoren auf Verhalten und Bewegungsablauf des Tieres und schließlich
- der Vereinfachung des Versuchsaufwandes.

So zeigte es sich, daß die Registrierung der Freßbewegungen mit einer einzigen motorangetriebenen Kamera nicht ausreicht, sondern die Bewegungsabläufe wirklichkeitstreu nur mit zwei parallel geschalteten Kameraanlagen von der Seite und von oben erfaßt werden können. Eine Bildfolge von drei Sekunden gestattet hierbei eine ausreichend genaue Bestimmung des Bewegungsfortganges bei geringst möglichem Filmverbrauch.

In den Vorversuchen wurden den Tieren zunächst Futtermittel stark unterschiedlicher Struktur vorgelegt, wie Kraftfutter, Grasilage und Heu. Es zeigte sich, daß ungleichmäßige Vorlage und unterschiedliche Futterstruktur den Einfluß der Krippenabmessung und -form auf die Freßbewegungen zu stark überdecken. Um nicht Wahlverhalten und Freßbewegung unkontrollierbar zu beeinflussen, mußten die vorgelegten Futtermittel auf Kraftfutter und Grünmehlpellets beschränkt werden. Beide Futtermittel konnten aufgrund ihrer homogenen Struktur gleichmäßig auf die Krippenplatte verteilt werden.

Die während der Futteraufnahme an den Vordergliedmaßen auftretenden vertikalen und horizontalen Belastungskräfte sollten mit Hilfe einer elektronischen Fußlastwaage erfaßt werden. Zur richtigen Dimensionierung der Waagemäße wurde während der Vorversuche sowohl die Standposition während des Fressens ermittelt als auch auf entsprechende Untersuchungen über die Tritthäufigkeit der Vorderextremitäten von Lasso [7] zurückgegriffen.

Um den Versuchsaufwand so gering wie möglich zu halten, wurden während der Vorversuche die Krippenmaße Höhe, Weite und Neigung der Gegenseite nur in sehr engen Grenzen variiert. Anhaltspunkte für die Variable Krippenhöhe lieferten die von Ober, Rist und Zeeb durchgeführten Untersuchungen. Die Variablen Krippenweite und Neigung der Gegenseite konnten durch eigene Reichweitenermittlungen an deutschen Fleckviehkühen eingegrenzt werden. Um die Anforderungen des fressenden Rindes zu ermitteln, erschienen danach die in **Tafel 1** angegebenen Variationen als zweckmäßig und ausreichend.

| Futtermittel | | Kraftfutter | | | | Grünmehlpellets | | | |
|-----------------------|----------------------|-------------|------|----|----|-----------------|------|----|----|
| Anbindevorrichtungen | | V I | V II | Gh | Ha | V I | V II | Gh | Ha |
| Krippenweite in cm | Krippenhöhe in cm | | | | | | | | |
| 40 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 15 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 20 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 80 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 15 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 20 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |

Erläuterungen der Kurzzeichen:

- 1 Motorkamera 1 + 2; Fußlastwaage; Zugkraftgeber
- 2 Motorkamera 1 + 2; Fußlastwaage

V I, II Vertikalanbindung I, II Ha Horizontalanbindung mit Nackenbügel
Gh Gelenkhalsrahmen

Tafel 1. Zusammenstellung der zur Ermittlung einer tiergerechten Krippenform durchgeführten Versuche.

4. Versuchsaufbau und -durchführung

Die Versuchsanordnung zur Messung der Belastungskräfte und zur Ermittlung der Freßpunktverteilung ist in **Bild 2** dargestellt.

Das Versuchstier steht mit den Vordergliedmaßen auf einer elektronischen Fußlastwaage, die sowohl vertikale als auch horizontale Kräfte aufnehmen kann. Zug- bzw. Schubkräfte werden auch über den in der Anbindevorrichtung eingebauten Zugkraftgeber erfaßt. Während der Futteraufnahme werden die Freßbewegungen von den beiden Motorkameras räumlich aufgezeichnet.

Pro Versuchseinstellung wurden ca. 500 g Kraftfutter bzw. Grünmehlpellets gleichmäßig über die Krippenfläche verteilt. Um Verhalten und Bewegungsablauf nicht durch eine zunehmende Sättigung zu beeinflussen, konnte eine Fütterung höchstens sechs Varianten umfassen. Gleichzeitig wurde durch abwechselnde Vorlage von Kraftfutter und Grünmehlpellets der erhöhte Anreiz unterschiedlicher Futtermittel ausgenutzt [12].

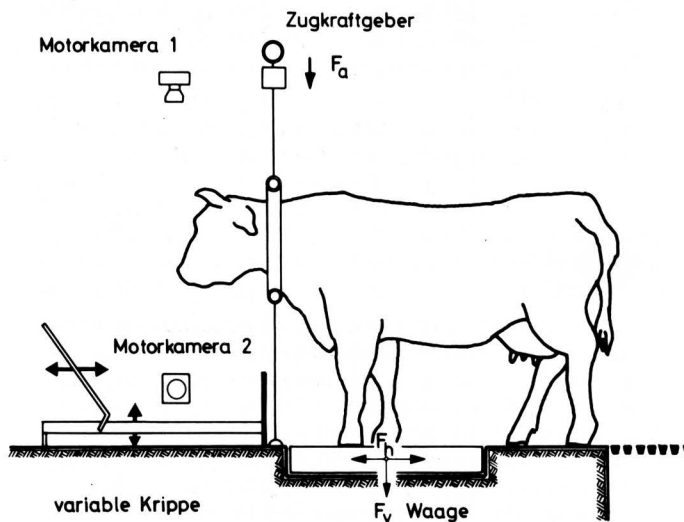


Bild 2. Versuchsanordnung zur Messung der Kräfte und Ermittlung der Freßpunktverteilungen.

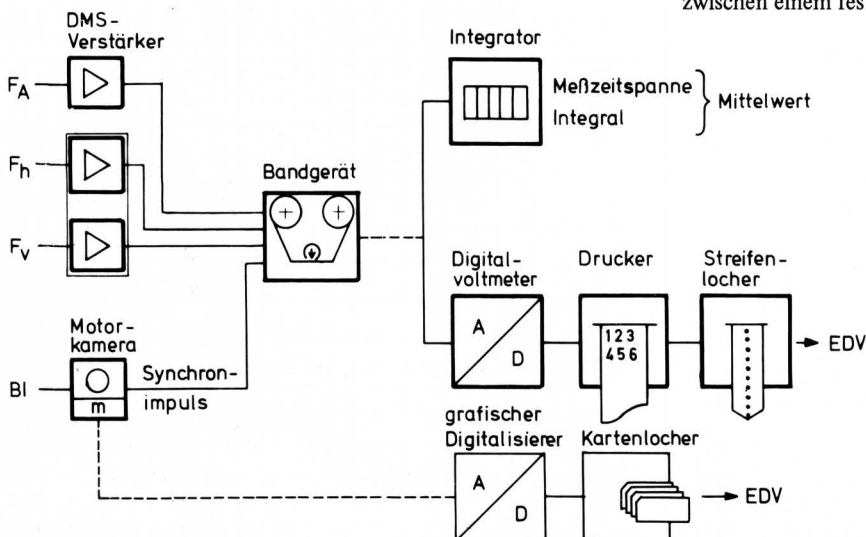


Bild 3. Blockdiagramm der Datenermittlung zum Erfassen der Freßbewegungen und zum Messen der Kräfte im Versuchsstand.

Sofort nach der Futtervorlage begannen die synchron laufenden Motorkameras 1 und 2 die Freßbewegungen im Drei-Sekunden-Takt festzuhalten. Dieser Takt wurde von einem zentralen Fremdsignalgeber vorgegeben. Mit seiner Hilfe gelang es, die über zwei

Timer gesteuerten Kameras zum gleichen Zeitpunkt auszulösen und zusätzlich jeweils einen synchronen Impuls an einen Kanal des Magnetbandgerätes abzugeben, **Bild 3**. Mit dem Start des Fremdsignalgebers begann das Magnetbandgerät die permanent auf die Fußlastwaage einwirkenden Kräfte kontinuierlich aufzuzeichnen, und zwar auf Kanal 1 des Magnetbandgerätes die vertikal einwirkende Kraft F_v ; auf Kanal 2 die horizontal wirkende Kraft F_h , während Kanal 3 die an der Anbindevorrichtung angreifende Kraft F_a speicherte. Die Tonspur des Magnetbandes hielt Nummer und Variable der Meßreihe fest und nahm gleichzeitig die Einstellungsdaten der parallel laufenden Filme auf. Die Auswertung wurde erleichtert durch die Angabe von Start und Ende sowie die sofortige Kommentierung sämtlicher Beobachtungen. Die exakte Zuordnung der für einen Freßpunkt ermittelten Kräfte erfolgte über den Fremdsignalgeber. Entsprechend dem Auslöserhythmus der beiden Motorkameras gab er alle drei Sekunden einen Synchronimpuls auf Kanal 4 des Magnetbandgerätes ab.

Die Auswertung aufgezeichneter Bewegungsabläufe erweist sich als sehr schwierig. So werden Bewegungskurven in der Literatur lediglich aufgrund ihrer Form und einzelner Rastermaße abgeschätzt und untereinander verglichen. Bei komplizierteren und längeren Bewegungsabläufen, wie sie z.B. bei der Aufnahme von Kraftfutter gegeben sind, kann dieses Vorhaben nicht befriedigen, weil

1. aufgezeichnete Bewegungsabläufe dieser Größenordnung unübersichtlich und damit nicht mehr vergleichbar werden,
2. exogene Einflußfaktoren, die erheblich auf die Bewegungen einwirken, unberücksichtigt bleiben müssen und
3. keine Absicherung der Ergebnisse möglich ist.

Zur Auswertung der Freßbewegungen wurde deshalb eine Methode entwickelt, die es erlaubt, die einzelnen Bewegungspunkte rechnerisch zu erfassen und damit sowohl den Einfluß exogener Faktoren exakt zu bestimmen, als auch Vergleiche zwischen den Freßbewegungen unterschiedlicher Einstellungen abzusichern. Ebenso ist innerhalb eines Bewegungsablaufes ein genauer Vergleich zwischen Anfangs- und Endphase oder Anfangsphase und Gesamtbewegung möglich.

Der technische Ablauf dieser Auswertungsmethode umfaßte folgende Schritte: Die Negativ-Bilder werden einzeln und in definiertem Maßstab auf die Digitalisierplatte eines graphischen Digitalisierers projiziert. Mit einem Kontaktelement wird die Strecke zwischen einem fest definierten Null-Punkt – z.B. einem Krippeneckpunkt – und der Maulspitze abgegriffen und in X,Y-Koordinaten angegeben. Der verwendete Digitalisierer arbeitete hierbei mit einer Genauigkeit von 0,254 mm (0,01 Zoll). Die Speicherung der Meßwerte erfolgt z.B. auf Lochkarten (s. **Bild 3**).

Da in der vorliegenden Untersuchung besonders der bevorzugte Krippenbereich interessierte, sollen die in Form von Urdaten erfaßten Bewegungspunkte als Verteilung über einer der Krippenplatte entsprechenden Grundfläche aufgetragen werden. Ein hierzu aufgestelltes Rechenprogramm *Planqu* [13] überführt die Urdaten bei gleichzeitiger Korrektur optisch bedingter Verzerrungen in Daten, die den Abmessungen der Krippe (Maßstab 1 : 1) entsprechen. Die so korrigierten Datenpaare eines Freßpunktes werden anschließend zusammen mit der Größe der Variablen bei der

betreffenden Einstellung auf je eine Lochkarte umgestanzt und die Kartenblöcke der einzelnen Einstellungen für die EDV aufbereitet, **Bild 4**.

Da die Freßbewegungen jeder Einstellung von der Seite und von oben festgehalten werden, erhält man für beide Aufnahmeebenen eine Verteilung von Freßpunkten. Für jedes Einzelquadrat der gewählten Krippenrasterung von 100 cm² wird die Häufigkeit der re-

gistrierten Freßpunkte bestimmt. Die Werte werden für jede Spalte und Zeile des Verteilungsfeldes addiert und ihre Summe sowohl absolut als auch relativ aufgeführt, so daß bevorzugte Krippenbereiche abzugrenzen sind.

Ein Vergleich der verschiedenen untersuchten Krippenvarianten kann aufgrund der angegebenen Mittelwerte der Häufigkeiten \bar{x} für die Klassen der Krippenbreite bzw. \bar{y} für die Krippenhöhe und deren Standardabweichungen sowie Variationskoeffizienten abgesichert werden.

Die Auswertung der von dem fressenden Tier eingebrachten Kräfte erfolgte über einen Gleichstrom- und Gleichfrequenzintegrator, wodurch die durchschnittlichen Belastungen an Vorderextremitäten und Anbindevorrichtung festgestellt werden konnten (Bild 3).

Weitergehende Aussagen sind durch die direkte Zuordnung aufgetretener Kräfte zu den einzelnen Freßpunkten einer Untersuchungsvariante möglich. Zu diesem Zweck wird an das Magnetbandgerät ein Digitalvoltmeter angeschlossen. Die auf Kanal 4 des Magnetbandgerätes durch den Synchronimpuls hervorgerufene Spannungsschwankung löst ein unmittelbares und gleichzeitiges Abfragen der auf Kanal 1, 2 und 3 vorliegenden Meßwerte durch das Digitalvoltmeter aus. Die gemeinsame Verrechnung dieser Meßwerte mit den dazugehörigen Freßpunkten bleibt dann Aufgabe eines entsprechenden Rechenprogrammes.

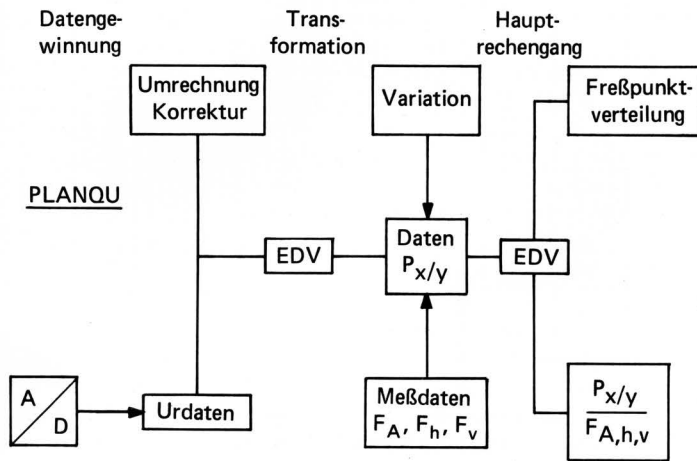


Bild 4. Statistische Aufbereitung der Aufzeichnungen zu einer Verteilungsfunktion.

5. Ergebnisse

5.1 Verteilung der Freßpunkte

Die Bewegung der Maulspitze richtet sich während der Futteraufnahme in starkem Maße nach Verteilung und Struktur des vorgelegten Futters. Die Gründe sind nicht nur in dem Auswahlvermögen und Selektionstrieb zu sehen, sondern auch in der unterschiedlichen Art der Aufnahme verschieden strukturierter Futtermittel durch das Rind [11, 14]. So wird Mehlfutter stets mit der Zunge aufgeschleckt, wobei jedoch nur die Menge je Kauakt erfaßt werden kann, die unmittelbar an der Zunge hängenbleibt. Grünmehlpellets lassen sich dagegen auch mit den Lippen greifen, so daß gleiche Mengen in kürzerer Zeit aufgenommen werden. Verteilt man nun innerhalb der Reichweite des Tieres streufähiges Futter gleichmäßig über die Krippenplatte, so daß eine Beeinflussung des fressenden Tieres durch lokale Futterkonzentrationen auszuschließen ist, müßte jede beliebige Stelle des ebenen Krippenbodens eine gleich große Häufigkeit an Freßpunkten aufweisen. Hierbei wird unterstellt, daß Faktoren wie Individualverhalten, Krippenweite und -höhe, sowie Anbindevorrichtungen bzw. Freßgitter keinen Einfluß ausüben.

In einer Darstellung der Freßpunkthäufigkeit über der Krippenbreite bzw. Krippenweite, Bild 5, würde die gleichmäßige Verteilung die unterbrochen gezeichneten Linien ergeben. Die tatsächliche Verteilung aller Freßpunkte für eine Krippenhöhe von 10 cm und die Krippenweite von 80 cm weist demgegenüber erhebliche Unterschiede auf und zeigt, daß z.B. auf die Klasse der Krippenweite von 70 bis 80 cm nur noch 1,1 % aller Freßpunkte entfallen (oberste Säule des Histogramms). Eine gleichmäßigere Ausnutzung der Krippenfläche ist bei der vorliegenden Krippenhöhe nur bis zur Krippenweite von 60 cm gegeben. Ebenso wird die Krippenfläche in der Breite nicht gleichmäßig genutzt. So entfallen auf die äußeren Bereiche, die Klassen der Krippenbreite 0–10 cm, 10–20 cm und 100–110 cm, nur rd. 6,5 bzw. 5,5 % der Freßpunkte, während die Klassen in den Bereichen 10–30 cm seitlich der Standlängsachse Höchstwerte der Verteilung zwischen 10 und 12 % erreichen.

Die im Versuch ermittelte Häufigkeitsverteilung weist damit eine Steuerung der Futteraufnahme nach, so daß die aufgestellte Hypothese verworfen werden muß. Als Steuerungsursachen verbleiben das Individualverhalten der Tiere und exogene Einflüsse der Stallumwelt.

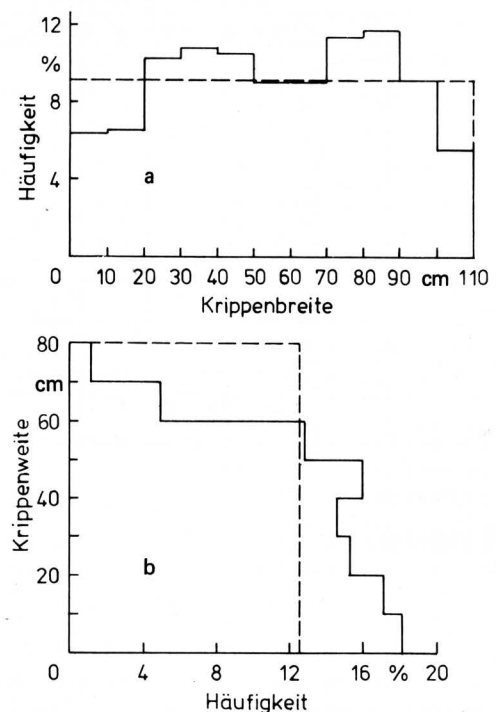


Bild 5. Verteilung der Freßpunkte über die Krippenfläche bei einer Krippenhöhe von 10 cm, Krippenweite von 80 cm und Krippenbreite von 110 cm.

- a Häufigkeit der Freßpunkte über der Krippenbreite
- b Häufigkeit der Freßpunkte als Funktion der Krippenweite

5.2 Einflußfaktoren auf die Freßpunktverteilung

Mit Hilfe eines zweiseitigen Mittelwerttestes zwischen je zwei Tieren innerhalb einer Versuchsvariante ließ sich nachweisen, daß die Freßbewegungen in starkem Maße individuell gesteuert sind. So konnte lediglich für einen Testblock (Versuchseinstellung: Gelenkhalssrahmen, Kraftfutter, Krippenweite 40 cm) eine Übereinstimmung zwischen den drei Versuchstieren festgestellt werden, Tafel 2.

Da in den verbleibenden 15 Testblöcken signifikante bis hochsignifikante Unterschiede zwischen den Rindern auftraten, können die Differenzen untereinander nicht durch die Versuchseinstellung bedingt sein, sondern sind durch die Rinder selbst verursacht. Nachdem die Tiere aber in dem relevanten Körpermaß der gestreckten Hals-Kopf-Zungen-Länge übereinstimmten, müssen die

Verteilungsunterschiede allein auf das Individualverhalten zurückgeführt werden. Folglich sind die drei Tiere in ihrem Individualverhalten als ein zufälliges Ereignis der Gesamtpopulation anzusehen. Dementsprechend sind die Freßpunktverteilungen der Einzeltiere vor der Analyse exogener Einflußfaktoren zusammenzulegen.

Unterschiedlich strukturierte, jedoch gleichmäßig verteilte Futtermittel führten in erster Linie zu Verschiebungen der Punkte größter Häufigkeit aus der Standlängsachse. Die hierbei erreichten maximalen Abweichungen lagen unter 7 cm und kennzeichneten hierdurch den geringen Einfluß verschiedenartiger Futtermittel im Hinblick auf bevorzugte Krippenbereiche. Deutlicher wirkte sich hingegen eine um 40 cm vergrößerte Krippenweite aus, die die Entfernung des Schwerpunktes der Verteilung zur Krippenwand um rd. 10 cm erhöht. Der Einfluß der Krippenweite ließ sich sowohl für die verschiedenen Krippenhöhen zwischen 0 und 20 cm als auch für alle im Versuch verwendeten Anbindevorrichtungen und Nackenbügel absichern.

| Anbindevorrichtung | | Vertikal-anbindung I | | | Vertikal-anbindung II | | | Gelenkhals-rahmen | | | Horizontal-anbindung | | |
|--------------------|--------------------|----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-------------------|------|------|----------------------|------|------|
| Test Tier | | 4/5 | 4/6 | 5/6 | 4/5 | 4/6 | 5/6 | 4/5 | 4/6 | 5/6 | 4/5 | 4/6 | 5/6 |
| Kraft-futter | Krippenweite in cm | | | | | | | | | | | | |
| | | 40 | x ++ | - ++ | - - | - - | - - | - - | - - | - - | - - | - - | - - |
| | 80 | x - | - + | - + | - - | - - | - - | - - | - - | - - | - - | ++ | ++ |
| | | y - | - - | + + | - - | - - | - - | - - | - - | - - | - - | ++ | ++ |
| Grünmehl-pellets | 40 | x - | - + | - - | - - | - - | - - | - - | - - | - - | ++ | - - | ++ |
| | | y - | + - | - ++ | - ++ | - - | - - | - - | - - | - - | ++ | ++ | ++ |
| | 80 | x ++ | - ++ | - ++ | + ++ | - ++ | - ++ | - ++ | - ++ | - ++ | ++ | ++ | - - |
| | | y ++ | - ++ | - ++ | ++ - | ++ - | ++ - | ++ - | ++ - | ++ - | ++ - | ++ - | ++ - |

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant
 x Verteilung über der Krippenbreite
 y Verteilung über der Krippenweite

Tafel 2. Statistische Prüfungen der Unterschiede in der Freßpunktverteilung für drei Tiere (4, 5, 6) bei der Krippenhöhe 10 cm.

Unterschiede in der Steuerung des fressenden Tieres durch die einzelnen Anbindevorrichtungen und den Nackenbügel wurden durch größere Krippenweiten von 60–80 cm verstärkt. Hierbei wurde deutlich, daß die Futteraufnahme an entfernteren Krippenbereichen nicht nur durch den von der Anbindevorrichtung vorgegebenen Bewegungsspielraum, sondern auch durch die Möglichkeit beeinflußt war, wie gut sich die Tiere bei sicherem Stand anstemmen können. Aus den Verteilungshistogrammen, Bild 6, in denen analog der Krippenrasterung der Krippenbreite 11 Klassen und einer Krippenweite von 80 cm 8 Klassen zugeordnet sind, lassen sich derartige Einflüsse direkt ablesen.

Während bei geringeren Krippenweiten von allen Anbindevorrichtungen Werte um 16 % in den einzelnen Klassen erreicht werden, geht die Häufigkeit der Freßpunkte in den Klassen 60–70 cm und 70–80 cm bis auf 0 % zurück. Gleichzeitig werden bei den größeren Krippenweiten die unterschiedlichen technischen Bewegungsspielräume und Konstruktionsmerkmale der einzelnen Anbindevorrichtungen deutlich. Wäre allein das Bewegungsspiel entscheidend, müßten z.B. Vertikal-anbindung II und Gelenkhalsrahmen aufgrund gleicher Auslenkung annähernd gleiche Freßpunkthäufigkeiten für die Klassen 60–70 cm und 70–80 cm der Krippenweite erreichen. Da die beiden Holme des Gelenkhalsrahmens den Tieren das Anstemmen erleichtern und sie sicherer in ihrem Gleichgewicht halten, weisen hier diese Klassen der Krippenweite eine doppelt so große Freßpunkthäufigkeit verglichen mit der Vertikal-anbindung II auf.

Die Möglichkeit zum Abstützen bietet auch der Nackenbügel der Horizontalanbindung. Hier bewirkt jedoch der geringere technische Bewegungsspielraum gegenüber dem Gelenkhalsrahmen rd. 3 % niedrigere Häufigkeiten, so daß in der Klasse 70–80 cm der Krippenweite keine Freßpunkte vorkommen.

In der Verteilung der Freßpunkte auf die einzelnen Klassen der Krippenbreite ist allen Anbindevorrichtungen gemeinsam, daß die größten Häufigkeiten mit 10–14 % nicht unmittelbar vor dem Tier, sondern 20–30 cm seitlich der Standlängsachse erreicht werden. An den Krippenrändern – Klasse 0–10 und 100–110 cm der Krippenbreite – fressen die Tiere nur in einer Häufigkeit von 3 bis max. 10 %, obwohl sie bei allen Anbindevorrichtungen die gesamte vorgegebene Krippenfläche überstreichen können. Somit werden Beobachtungen bestätigt [12], nach denen Rinder deutlich zwischen gut und schlechter erreichbarem Futter differenzieren, und letzteres sie nur kurzfristig reizt.

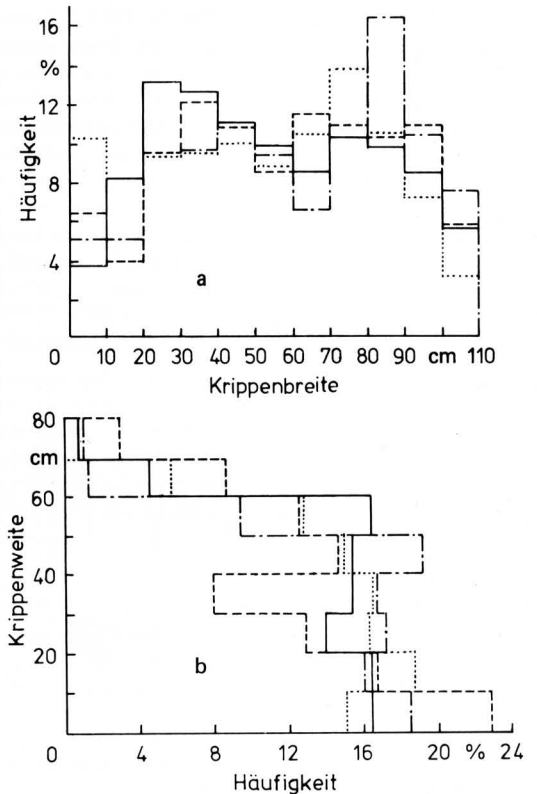


Bild 6. Verteilung der Freßpunkte über die Krippenfläche bei verschiedenen Anbindevorrichtungen, Krippenhöhe 10 cm, Krippenweite 80 cm, Krippenbreite 110 cm.

a Häufigkeit der Freßpunkte über der Krippenbreite
 b Häufigkeit der Freßpunkte als Funktion der Krippenweite
 --- Vertikal-anbindung I - - - Gelenkhalsrahmen
 Vertikal-anbindung II - · - · - Horizontalanbindung

Eine Veränderung der Krippenhöhe zwischen 0 und 20 cm zeigt nur wenig Einfluß auf die Freßpunktverteilung. So wurden erst von einem Krippenniveau von 15 cm ab in den Klassen > 60 cm der Krippenweite Häufigkeiten von mehr als 5 % erreicht. Unabhängig von der jeweiligen Krippenweite führten steigende Krippenhöhen zu einer verstärkten Bevorzugung der Krippenbereiche 20–30 cm seitlich der Standlängsachse auf Kosten des unmittelbar um die Standachse gelegenen Krippenbereiches. Obwohl bei der höheren Krippe die seitlichen Randbereiche dem fressenden Tier leichter zugänglich wurden, erhöhte sich die Freßhäufigkeit dort mit maximal 2 % nur unwesentlich.

Aus den einzelnen Freßpunktverteilungen läßt sich ableiten, daß die Rinder nur ca. 90 cm der durch die Versuchsstandabmessungen vorgegebenen Krippenbreite ausnutzen und unabhängig von der Krippenhöhe bevorzugt in einem Bereich fressen, der durch

die Maße Krippenweite 60 cm und Krippenbreite 10–100 cm näherungsweise eingegrenzt wird. Die größten Freßhäufigkeiten werden hierbei nicht unmittelbar in der Standlängsachse erreicht, sondern liegen 10–30 cm seitlich. Somit wird trotz ausreichender Reichweite bei Einzeltierhaltung und der üblichen Standplatzbreite von 110 cm die Krippenfläche nicht voll genutzt, während die bei Gruppenhaltung vorherrschende Freßplatzbreite von 75 cm insgesamt dem bevorzugten Freßbereich entspricht, Bild 7.

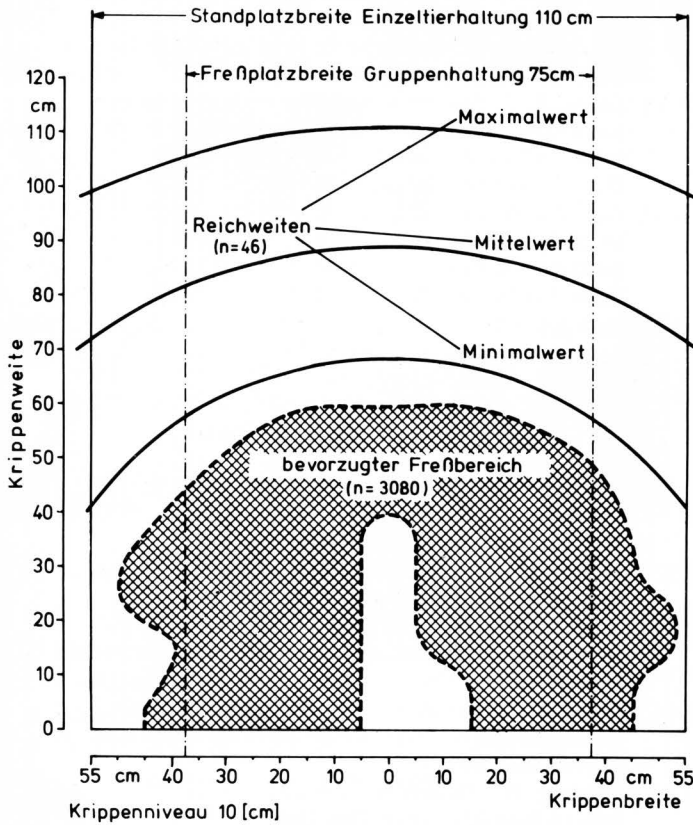


Bild 7. Reichweiten und bevorzugter Freßbereich deutscher Fleckviehkühe (nach Freßpunktverteilungen bei gleichverteilter Futtervorlage).

5.3 Belastung der Vordergliedmaßen während der Futtermittelaufnahme

Neben Freßprofilen (s. Bild 1) und Freßpunktverteilungen liefern die an den Vorderextremitäten auftretenden Belastungen wesentliche Hinweise zur Eingrenzung geeigneter Krippenabmessungen. So kommt es nicht von ungefähr, daß sich Baufehler bei der Krippengestaltung vor allem in chronischen Gelenkerkrankungen (Osteoarthrosen) als Folge einer mechanisch einseitigen Überbeanspruchung niederschlagen.

Um die während der Futtermittelaufnahme auf die Vordergliedmaßen einwirkenden Belastungen besser einschätzen zu können, werden die Vertikal- und Horizontalkräfte in Prozent des Körpergewichts angegeben, zum Vergleich soll die prozentuale Gewichtsverteilung bei ruhig stehenden Kühen dienen. Nach den Messungen mehrerer Autoren werden die Vorderextremitäten mit durchschnittlich 55 % des Körpergewichts belastet, während die Hinterextremitäten in der Regel nur eine Belastung von 45 % aufweisen. Die während der Futtermittelaufnahme an den Vordergliedmaßen auftretenden durchschnittlichen Belastungen zeigen sich in starkem Maße durch Anbindung und Krippenverhältnisse beeinflusst. Die Vertikalkräfte schwanken zwischen 56,5 und 84,9 % des Körpergewichts, während die Werte für die Horizontalkräfte zwischen 5,2 und 23,2 % liegen, so daß sich in der Gesamtbelastung Differenzen von rund 28 % des Körpergewichts ergeben.

Als besonders folgenschwer sind die durch zu niedrige Krippenhöhen (0–5 cm) hervorgerufenen starken Belastungen anzusehen, da sie auf hohen Dauerbelastungen beruhen. Wie dem in Bild 8 gezeigten typischen Beispiel zu entnehmen ist, steigt die vertikale Belastung der Vordergliedmaßen bei einer Krippenweite von 40 cm mit dem Herabsetzen des Krippenniveaus von 20 auf 0 cm um rund 7 % des Körpergewichts. Die Situation verschärft sich zusätzlich durch größere Krippenweiten, da entfernter liegendes Futter die Tiere zu einem vermehrten Aufwand an Muskelkraft zwingt und hierdurch sehr starke Belastungsspitzen ausgelöst werden. Vertikale Belastungen, die deutlich über 75 % hinausgehen, sind für Versuchseinstellungen symptomatisch, in denen sich die Versuchstiere zur Erleichterung der Futteraufnahme auf die Karpalgelenke aufgestützt haben und dadurch ihr Körpergewicht verstärkt nach vorne verlagerten. Diese atypische Futteraufnahme tritt ausschließlich bei kleinen Krippenhöhen von 0–5 cm auf.

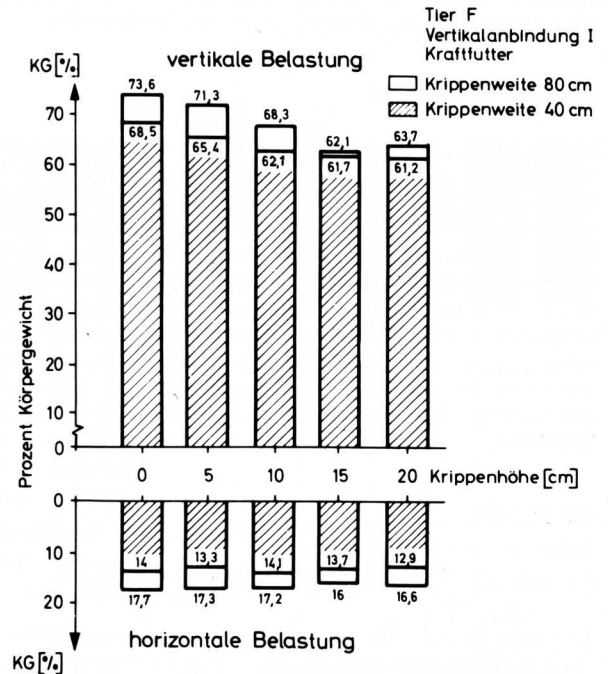


Bild 8. Mittlere Belastung der Vordergliedmaßen während der Futtermittelaufnahme bei unterschiedlicher Krippenhöhe und -weite.

Weiterhin beeinflussen unterschiedliche Anbindevorrichtungen die Belastung der Vordergliedmaßen dadurch, daß zum einen die Neigung der Anbindevorrichtung bzw. der technische Bewegungsspielraum der Anbindevorrichtung die Gewichtsverlagerung während der Futtermittelaufnahme mitsteuert, zum anderen Anbindekonstruktionen bzw. Freßgitter mit breiteren Holmen oder Nackenbügeln ein Anstemmen der Tiere erleichtern und dadurch vor allem zu erhöhten vertikalen Belastungen führen.

Die Versuchstiere zeigten in der Belastung ihrer Vordergliedmaßen individuelle Unterschiede, reagierten jedoch in gleicher Weise auf Veränderungen der Versuchsparameter. Dies gilt auch für die Vorlage verschiedener Futtermittel, die aufgrund ihrer Struktur eine unterschiedlich intensive Kautätigkeit auslösen und dadurch die Kopfhaltung mitbestimmen, so daß Entlastungen der Vorhand bei intensiverer Kautätigkeit die Folge sind. Demgemäß treten unter sonst gleichen Bedingungen bei Kraftfutter die höchsten durchschnittlichen Belastungen auf, da bei Aufnahme von Mehlfutter kaum Kaupausen eingeschoben werden.

Die von den Tieren an Anbindevorrichtungen und Nackenbügeln aufgebrauchten durchschnittlichen Schubkräfte sind gering und schwanken zwischen 200 und 440 N. Die maximalen Schubkräfte gehen nicht über 550 N hinaus und entsprechen damit den von Versbach [15] am Fangfreßgitter ermittelten Druckkräften.

So verdeutlichen vor allem die an den Vorderextremitäten ermittelten Belastungswerte, wie wichtig es ist, die Krippenabmessungen — und hier besonders die des tiefsten Krippenpunktes — an die artspezifischen Anforderungen des fressenden Rindes anzupassen. Geht man hierbei aufgrund fehlender Schadgrenzen von der Forderung aus, daß die durchschnittliche Gesamtbelastung der Vorderextremitäten während der Futteraufnahme die Belastungswerte eines ruhig stehenden Rindes um nicht mehr als 10 % überschreiten darf, so muß die Höhe der Krippensohle bei einer Krippenweite von 40 cm mindestens 10 cm betragen. Größere Krippenweiten verlangen aufgrund der stärkeren Spitzenbelastungen eine Krippenhöhe von mindestens 15 cm. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, daß Anbindevorrichtungen und Nackenbügel bzw. Freßgitter aufgrund ihrer Unterschiede in Bewegungsspiel und Konstruktion die Belastungen der Vorhand zusätzlich verstärken können; deshalb muß bei den in dieser Hinsicht als ungünstig einzustufenden Gelenkhalsrahmen und Nackenbügeln das Krippenniveau um weitere 2–3 cm angehoben werden.

6. Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag wurde versucht, die artspezifischen Anforderungen des Rindes an den Krippenbereich in exakte Kennwerte umzusetzen, auf die dann bei der Entwicklung tiergemäßer Rinderkrippen zurückgegriffen werden kann. Aufgrund bisheriger Ergebnisse mit Fleckviehkühen weist der bevorzugte Krippenbereich eine Krippenweite von 60 cm bei einer Krippenbreite von 90 cm auf. Um zu starke und damit schädigende Belastungen der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme zu vermeiden, sollte der tiefste Krippenpunkt eine Höhendifferenz von 10 cm zur Standfläche nicht unterschreiten. Die Übertragbarkeit bisheriger Ergebnisse auf Rinder anderer Rassen ist noch zu überprüfen.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] • *Ober, J.*: Der Rindviehstall. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer 1957.
- [2] *Rist, M. u. J. Olivier*: Beitrag zur Ermittlung des Freßbereiches und einer tiergemäßen Krippenform bei Milchkühen. Schweizerische landwirtschaftliche Monatshefte Bd. 49 (1971) S. 369/74.
- [3] *Wander, J.F.*: Methoden und Ergebnisse angewandter Verhaltensforschung in der Nutztviehhaltung. Landbauforschung Völkensrode Bd. 15 (1965) S. 145/52.
- [4] *Zeeb, K.*: Futtertrogtform und Freßverhalten beim Rind. KTBL Manuskriptdruck Nr. 18, Frankfurt 1969.
- [5] *Bäumeler, R.*: Gliedmaßenbelastung der Milchkühe beim Abliegen und Aufstehen in Abhängigkeit vom Anbinde-system. Dipl.-Arbeit ETH Zürich 1974.
- [6] *Feszl, L.*: Biometrische Untersuchungen der Bodenfläche der Rinderklauen und die Belastungsverteilung auf die Extremitätenpaare. Zentralblatt für Veterinärmedizin Bd. 15 (1968) S. 844/66.
- [7] *Lasson, E.*: Untersuchungen über die Anforderungen von Rindern an die Wärme- und Härteeigenschaften von Stand- und Liegeflächen. Diss. TU München-Weihenstephan 1976.
- [8] *Ober, J. u. H. Kiesl*: Differenzierte Gewichtsbestimmungen an Rindern und Schweinen als Grundlage von Belastungsannahmen für Balken von perforierten Stallfußböden. Bayer. Landw. Jahrbuch Bd. 42 (1965) S. 971/81.
- [9] *Schlichting, M.C.*: Belastung von Stallböden durch landwirtschaftliche Nutztiere. Der Tierzüchter Bd. 22 (1970) S. 642/44 und 710/11.
- [10] *Witzmann, R.*: Untersuchungen über die Belastung der Extremitätenpaare bei Pferden und Rindern. Diss. München 1969.
- [11] *Metzner, R.*: Kennwerte für tiergemäße Versorgungseinrichtungen des Kurzstandes für Fleckviehkühe. Diss. TU München-Weihenstephan 1976.
- [12] *Strässer, G.*: Psychologische Studien über das Rind in Bezug auf die Futteraufnahme. Diss. München 1955.
- [13] *Auernhammer, H.*: *Planqu* (Planquadratauswertung) In: Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan. Weihenstephan 1976.
- [14] *Schön, H.*: Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen. Diss. Gießen 1969.
- [15] *Versbach, M.*: Technik und Verfahren der Einzeltierfütterung im Rindviehlaufstall. Diss. Gießen 1970.

Ausgewählte Dissertationen

Untersuchungen über den Fördervorgang auf dem Schwingförderer unter Berücksichtigung der Reinigungsanlage im Mähdrescher

Der Übergang zu Mähdreschern mit großer Körnerleistung und entsprechend hohem Spreuanfall hat die Reinigungsanlage als leistungsbegrenzendes Trennelement in den Vordergrund des Interesses gerückt und zu Bemühungen geführt, die dort entstehenden Körnerverluste zu senken. Die Reinigungsanlage besteht aus der Beschickungseinrichtung und der luftdurchströmten Siebanlage. Die Untersuchungen erstrecken sich auf den vorwiegend verwendeten Schwingförderer, der die Aufgaben der Förderung, Dosierung und Beschickung übernimmt.

Die theoretischen und experimentellen Untersuchungen beziehen sich auf den Einfluß der Faktoren Amplitude, Winkelgeschwindigkeit, Schwingungsrichtung des Antriebes, Neigung der Förderebene und Reibungszahl der Paarung Gut und Förderboden auf die Gutgeschwindigkeit. Die in der Froude-Zahl enthaltenen Größen, Frequenz und Amplitude, sind austauschbar.

Ein Betrieb des Schwingförderers als Schwingrinne bedeutet, daß das Gut während einer Periode zeitweise vom Boden abhebt. Im niederfrequenten Bereich ergibt sich ein Schüttelrutschenbetrieb, bei dem das Gut während der gesamten Schwingungsperiode stets in Berührung mit der Unterlage bleibt. Reinigungsanlagen arbeiten im Bereich des Schüttelrutschenbetriebes bis zum Beginn des Schwingrinnenbetriebes. Als Nebenwirkung des Schwingförderers ergibt sich eine Gutentmischung, die der Wirkungsweise der Reinigungsanlage zu Gute kommt. Der Grad der Entmischung ist abhängig von der Froude-Zahl, der Siebbodenlänge, der Gutart und vom Durchsatz. Die Ergebnisse der Untersuchungen liefern wichtige Grundlagen für die konstruktive Fortentwicklung der Reinigungsanlage und damit des Mähdreschers.

G. Segler

Diss. TU Stuttgart 1975 von *Peter Rochell*. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der MEG Heft 4.