

KENNWERTE FÜR TIERGEMÄSSE VERSORGUNGSEINRICHTUNGEN
DES KURZSTANDES FÜR FLECKVIEHKÜHE

Von dem
Fachbereich ~~für~~ Landwirtschaft und Gartenbau
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Landwirtschaft (Dr. agr.)
genehmigte Dissertation

Vorgelegt von
Diplom-Agraringenieur
Rainer Görg Metzner
geboren zu Bamberg

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H.-L. Wenner
2. Berichterstatter: Prof. Dr. W. Groth

Tag der Einreichung der Arbeit: 16. 7. 1976
Tag der Annahme der Arbeit: 1. 10. 1976
Tag der Promotion: 4. 10. 1976

V o r w o r t

Das gehäufte Auftreten von Tierschäden in vorwiegend nach arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgerichteten Kurzständen für Milchkühe führte an der Landtechnik Weihenstephan zur Entwicklung eines Forschungsvorhabens, das wie hier im Teilbereich der Versorgungseinrichtungen die Berücksichtigung tierischer Anforderungen an die Stallumwelt zum Schwerpunkt hat.

Die Verwirklichung dieses Forschungsvorhabens wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglicht, die im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 141 die finanzielle Förderung übernahm.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H.-L. WENNER, Direktor des Instituts für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan, möchte ich für die Übertragung der Arbeit und das mir stets entgegengebrachte Wohlwollen sehr herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. W. GROTH, Direktor des Lehrstuhls für Tierhygiene und Nutztierkunde der Technischen Universität München-Weihenstephan, danke ich für die Übernahme des Koreferates.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. J. BOXBERGER für die wissenschaftliche Betreuung und wertvolle Unterstützung. Auch allen anderen Mitarbeitern der Landtechnik Weihenstephan für ihre Anregungen und Mithilfe bei Planung, Durchführung und Auswertung der Versuche besten Dank.

Weiterhin bin ich zu Dank verpflichtet: Herrn Prof. Dr. H. KARG, Direktor des Lehrstuhles für Physiologie der Fortpflanzung und Laktation und Herrn Prof. Dr. W. GROTH, Direktor des Lehrstuhles für Tierhygiene und Nutztierkunde, in deren Versuchsställen ich umfangreiche Untersuchungen durchführen konnte.

Schließlich ist der Leitung des Tierparkes HELLABRUNN in München und den Landwirten Herrn DENK, Herrn HUBER und Herrn OBERMAIR für die Unterstützung bei der Durchführung der Freilandbeobachtungen und -versuche zu danken.

Freising im Juli 1976

R. Metzner

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. <u>Einführung</u>	6
2. <u>Problemstellung und Zielsetzung</u>	7
3. <u>Methodisches Vorgehen</u>	9
4. <u>Ermittlung von Tierkörperdaten und Reichweiten deutscher Fleckviehkühe</u>	11
4.1 Durchführung der Messungen	13
4.2 Ergebnisse und ihre Bedeutung für anschließende Einzeltierversuche	16
5. <u>Untersuchungen zur Trinkwasserversorgung von Rindern</u>	21
5.1 Problem- und Zieldarstellung	23
5.2 Bisheriger Wissensstand	24
5.3 Beobachtungen über das Trinkverhalten des Rindes zur Entwicklung tier- und funktionsgerechter Tränkeeinrichtungen	25
5.3.1 Beobachtungen zum Trinkverhalten nicht domestizierter Rinder	26
5.3.2 Beobachtungen zum Trinkverhalten domestizierter Rinder	32
5.3.3 Beobachtungen zum Trinkverhalten an begrenzter Wasserfläche	38
5.3.4 Vergleich der Beobachtungsreihen zum Trinkver- halten des Rindes	43
5.4 Aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang	46
5.4.1 Frei aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang	48
5.4.2 Aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang an Selbsttränken	51
5.4.3 Vergleich der Ergebnisse und Wertung	56
5.5 Horizontale Zuordnung der Selbsttränken zum Tier	62
5.5.1 Methodisches Vorgehen und Versuchsdurchführung	63
5.5.2 Versuchsauswertung und Ergebnisse	67
5.6 Visuelle und geschmackliche Beeinflussung der Trinkwasseraufnahme - Zielstellung	74
5.6.1 Bisheriger Wissensstand	75
5.6.2 Methodisches Vorgehen und Versuchsdurchführung	78
5.6.3 Ergebnisse und Diskussion	85
5.7 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Trink- wasserversorgung von Rindern und Verbesserungsvorschläge für Tränkeeinrichtungen	88

6.	<u>Ermittlung von Kennwerten für eine tier- gerechte Kurzstandkrippe</u>	93
6.1	Bisheriger Wissensstand	94
6.2	Ziel der Untersuchungen	100
6.3	Methodisches Vorgehen und Vorversuche	101
6.4	Versuchsausstattung	105
6.5	Versuchstechnik und -durchführung	105
6.5.1	Aufzeichnung der Bewegungsabläufe und Filmauswertung	106
6.5.2	Aufzeichnung auftretender Kräfte und Auswertung der Kräftemessungen	111
6.6	Ergebnisse	113
6.6.1	Verteilung der Freßpunkte	114
6.6.1.1	Individuell bedingte Verteilungsunterschiede	117
6.6.1.2	Einfluß der Futtermittel	118
6.6.1.3	Einfluß der Anbindevorrichtungen	120
6.6.1.4	Einfluß der Krippenhöhe	124
6.6.1.5	Zusammenfassung und Wertung	125
6.6.2	Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme	127
6.6.2.1	Einfluß der Krippenweite	129
6.6.2.2	Einfluß der Krippenhöhe	131
6.6.2.3	Einfluß der Anbindevorrichtung	132
6.6.2.4	Unterschiede zwischen den Versuchstieren und den Futtermitteln	134
6.6.2.5	Zusammenfassung und Wertung	135
6.6.3	Zugkraftbelastung an den Anbindevorrichtungen	136
6.6.4	Abliege- und Aufstehbewegungen	140
6.6.4.1	Bewegungsablauf in Abhängigkeit von der Krippenhöhe	142
6.6.4.2	Bewegungsablauf in Abhängigkeit von der Anbindevorrichtung	147
6.6.4.3	Individuelle Unterschiede	150
6.6.4.4	Zusammenfassung und Wertung	151

6.6.5	Zeitbedarf für Abliegen und Aufstehen	153
6.6.6	Belastung der Vordergliedmaßen beim Abliegen und Aufstehen	154
6.7	Diskussion der Ergebnisse und Folgerungen	162
7.	<u>Zusammenfassung</u>	166
8.	<u>Literaturverzeichnis</u>	171
9.	<u>Anhang</u>	183

Kennwerte für tiergemäße Versorgungseinrichtungen des Kurzstandes für Fleckviehkühe

1. Einführung

Die Milchvieh haltenden Betriebe in der Bundesrepublik Deutschland unterliegen aufgrund der Preis-Kosten-Entwicklung seit geraumer Zeit einem Expansionszwang, soll in diesem tierischen Produktionszweig mit der allgemeinen Einkommensentwicklung Schritt gehalten werden (117). So setzte Mitte der 60iger Jahre eine allmähliche Aufstockung der Milchviehbetriebe ein, die aufgrund ihrer natürlichen und betrieblichen Gegebenheiten das vorhandene Grundfutter nur über die Milchviehhaltung optimal verwenden können. Die Aufstockung dieser Betriebe verläuft jedoch sehr zögernd, da einerseits die geringe Bodenmobilität Zukauf oder Zupachtung der für einen ausreichenden Grundfutteranbau notwendigen landwirtschaftlichen Nutzfläche außerordentlich erschwert (46), andererseits Umbaulösungen z. B. vom Anbinde- zum Laufstall vor allem aufgrund des Melkstandes mit erheblichen finanziellen Mehraufwendungen belastet sind.

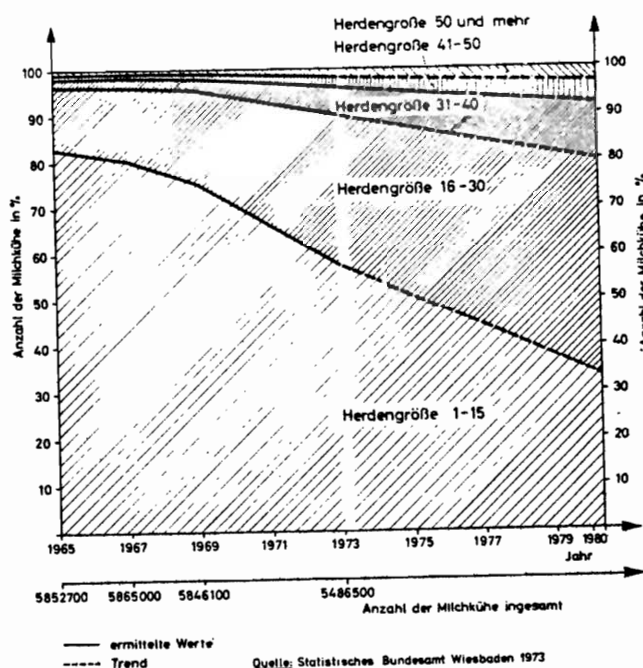


Abb. 1: Verteilung der Milchkühe auf unterschiedliche Herdengrößen in der BR Deutschland

So ging zwar die Zahl der gehaltenen Milchkühe in Betrieben mit Herdengrößen zwischen 1 und 15 Tieren im Zeitraum von 1965 bis 1973 um 34,98 % zurück, während in Herdengrößen zwischen 16 und 30 eine Zunahme von 123,34 % und in

den darüberliegenden Herdengrößen zwischen 31 und 40 bzw. 41 und 50 eine Zunahme von 231,65 % bzw. 203,64 % verzeichnet werden konnte (Abb. 1).

Diese Zahlen dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß auch 1973 noch 95,91 % aller in der BR Deutschland gehaltenen Milchkühe in Herden unter 41 Tieren gehalten wurden, 2,13 % in Herden zwischen 41 und 50 Tieren und nur 1,96 % in Herden über 50 Tieren standen (134).

Hält man sich an die Zahlen bis 1973 (jeweils Dezemberzählung) beruhende Trend an, so ist davon auszugehen, daß auch im Jahr 1980 noch rund 92 % aller Milchkühe in Betrieben mit weniger als 41 Tieren gehalten werden. Betriebe dieser Größenordnung sind heute typisch für die Anbindehaltung, da hier durch den Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge wesentliche arbeitswirtschaftliche Verbesserungen erzielt werden konnten, gleichzeitig aber die durch den Melkstand des Laufstalles verursachte finanzielle Mehrbelastung von rund 13 000,— DM entfällt (100).

So wird auch zukünftig die überwiegende Zahl der Milchkühe im Anbindestall gehalten werden. Damit ergibt sich für die Stallbautechnik die Notwendigkeit, verstärkt auf die Probleme dieses Haltungssystems einzugehen, nicht zuletzt auch aufgrund gehäuft auftretender Detailunstimmigkeiten, die ihre Ursache weitgehend in der Konzentration und Überlagerung unterschiedlicher Funktionsbereiche auf der begrenzten Stand- und Liegefläche finden.

2. Problemstellung und Zielsetzung

Bei dem Haltungssystem Anbindestall ist grundsätzlich zwischen den Aufstallungsformen Mittellangstand und Kurzstand zu unterscheiden. Da jedoch der Mittellangstand aufgrund seiner arbeitswirtschaftlichen Nachteile - es muß täglich von Hand eingestreut und entmistet werden -, der erheblichen Tierverschmutzung und des erhöhten Platzbedarfes nur noch geringe Bedeutung hat, soll er in der vorliegenden Arbeit nicht weiter berücksichtigt werden.

Die Aufstallungsform Kurzstand hat sich aus dem Mittellangstand entwickelt. Den Anlaß für diese Weiterentwicklung bildeten die bereits erwähnten arbeitswirtschaftlichen Nachteile des Mittellangstandes, so daß schwerpunktmäßig nach verbesserten Lösungsmöglichkeiten gesucht wurde; daher hatten die Anforderungen des Tieres an den Kurzstand gegenüber einer vermeintlichen Funktionssicherheit

des Systems zunächst zurückzustehen. Mitentscheidend war in diesem Zusammenhang sicherlich auch die geringe Kenntnis der aus den einzelnen Funktionskreisen (125) wie Ernährung, Ausruhen und Lokomotion resultierenden, unterschiedlichen tierischen Anforderungen.

Die einseitige Ausrichtung auf arbeitswirtschaftliche Gesichtspunkte führte bei der Entwicklung des Kurzstandes zu einer Reihe von Funktions- und Baufehlern, die sich im Bereich der Versorgungseinrichtungen besonders häufen. Als typische Beispiele lassen sich hier sowohl zu hohe Krippenwände bei gleichzeitig straffer Anbindevorrichtung nennen als auch den Rindern wenig entsprechende Tränkeeinrichtungen.

Die Schwierigkeiten bei der Gestaltung und Zuordnung der Versorgungseinrichtungen rühren im Fall der Kurzstandkrippe daher, daß dieser Bereich im Gegensatz zum Mittellangstand nicht allein den Anforderungen des fressenden Tieres genügen muß, sondern in den Stand- und Liegebereich integriert ist und damit dem ruhenden und sich bewegendem Tier ausreichenden Bewegungsfreiraum zu bieten hat. Im Fall der Tränkeeinrichtungen soll den Rindern eine leichte Erreichbarkeit und Bedienung bei ständigem Wasserangebot möglich sein, gleichzeitig ist jedoch eine Vernässung der nur noch gering eingestreuten bzw. einstreulosen Liegefläche zu vermeiden.

Die vorliegende Arbeit soll deshalb einen Beitrag zur Lösung dieser zum Teil entgegengesetzten Anforderungen an tier- und funktionsgerechte Versorgungseinrichtungen des Kurzstandes leisten. Hierzu ist es notwendig

1. vorhandene Tierkörpermessungen zu ergänzen bzw. zusätzliche Tierkörpermaße zu ermitteln, um die in der Rinderpopulation auftretenden Schwankungsbreiten in den für die Versorgungseinrichtungen wichtigen Körpermaßen erfassen und berücksichtigen zu können.
2. Die sich aus den einzelnen Funktionskreisen ergebenden grundsätzlichen Anforderungen des Rindes sind zu ermitteln und zu definieren. Für den Bereich der Trinkwasserversorgung bedeutet dies zunächst die Kenntnis artspezifischer Trinkbewegungen und Verhaltensmuster. Darüber hinaus sind Angaben über die Aufnahmemengen je Trinkvorgang, über eine den Rindern im Anbindestand entsprechende Zuordnung der Tränkeeinrichtungen

und nicht zuletzt über qualitative Anforderungen des Rindes an das Trinkwasser erforderlich.

Für den Bereich der Krippengestaltung sind neben Angaben über bevorzugte Freßbereiche die mechanischen Belastungen der Rinder bei unterschiedlichen Krippeneinstellungen zu erfassen und die Auswirkungen dieser Krippeneinstellungen auf das Abliegen, Liegen und Aufstehen des Rindes festzuhalten.

3. Die erhaltenen Aussagen müssen zu tiergerechten Kompromissen zusammengefaßt werden, für die
4. brauchbare, technische Lösungen vorzuschlagen sind.

3. Methodisches Vorgehen

Die Vielfalt der aufgezeigten Probleme und der sich hieraus ergebenden unterschiedlichen Fragestellungen konnte nicht mit einer einheitlichen Methode bearbeitet werden. Da zudem die voneinander abweichenden Bewegungsabläufe und Verhaltensweisen während des Trinkens und während der Futteraufnahme eigene Untersuchungsmethoden und Versuchstechniken erforderten, war es zweckmäßig, die Untersuchungen in die zwei Komplexe Trinkwasserversorgung und Krippengestaltung aufzugliedern und auch die Auswertung und Diskussion der Ergebnisse getrennt voneinander durchzuführen. Dieser Entschluß fiel um so leichter, als die beiden Komplexe auch eine gesonderte Literatur aufweisen.

Das grundsätzliche methodische Vorgehen dieser Arbeit geht aus Abb. 2 hervor. So mußten in die Arbeit zunächst grundlegende Untersuchungen miteinbezogen werden, da die bisher meist empirisch entwickelten Tränkebecken und Krippenformen die tierischen Anforderungen nur sehr unzureichend berücksichtigten. Dementsprechend waren z. B. die Trinkbewegungen des Rindes an offenen Wasserstellen festzuhalten, um Kenndaten über die Montagehöhe und Ausformung der Tränkeeinrichtung zu gewinnen. Gleichzeitig ermittelte Aufnahmemengen pro Trinkvorgang wurden mit den an Selbsttränken festgestellten Trinkvolumina verglichen, so daß Rückschlüsse auf den erforderlichen Wasserzulauf möglich sind. Darüber hinaus erlaubten Wahlversuche Aussagen über die richtige Zuordnung der Tränkeeinrichtung zum Tier, wie auch über die geschmackliche bzw. visuelle Beeinflussung der Trinkwasseraufnahme durch verschmutztes

Tränkwasser, wodurch indirekt wiederum Angaben über eine richtige Montagehöhe und Zuordnung der Tränkeeinrichtung möglich sind.

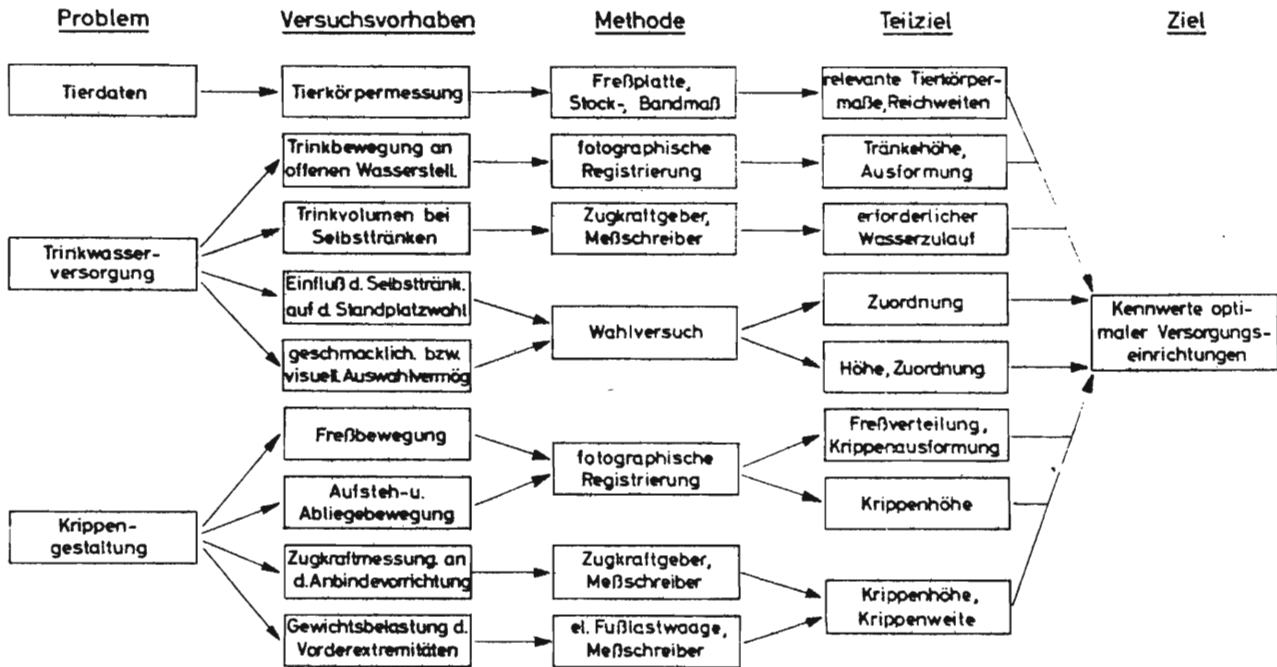


Abb. 2: Ermittlung von Kennwerten für optimale Versorgungseinrichtungen von Fleckviehkühen bei Anbindehaltung

Um die unterschiedlichen Anforderungen des Rindes an den Krippenbereich ermitteln zu können, mußten die Bewegungsabläufe während der Futteraufnahme wie auch während des Abliegens und Aufstehens bei unterschiedlichen Krippeneinstellungen festgehalten und jeweils miteinander verglichen werden. Aufgrund dieser Vergleiche wurden Beeinträchtigungen im Bewegungsablauf in Abhängigkeit von den Krippenabmessungen erkennbar. Unbehinderte Bewegungsvorgänge stellen jedoch nur einen Gesichtspunkt bei der Gestaltung einer tiergerechten Kurzstandkrippe dar. Darüber hinaus muß sichergestellt werden, daß die Futteraufnahme wie auch das Abliegen und Aufstehen durch möglichst geringe mechanische Belastungen des Rindes gekennzeichnet sind. Aus diesem Grund mußten die an den Vorderextremitäten und an der Anbindevorrichtung auftretenden Kräfte in Abhängigkeit von der Krippeneinstellung aufgezeichnet werden, so daß auch in dieser Hinsicht tiergemäße Krippenabmessungen abgegrenzt werden können.

Der hohe Arbeitsaufwand und der zum Teil erhebliche Einsatz technischer Meß- und Auswertungsgeräte gestatteten nur eine geringe Anzahl von Wiederholungen in den Einzeltierversuchen. Um dennoch die Schwankungsbreiten der für die Versorgungseinrichtungen wichtigen Tierkörpermaße berücksichtigen und für die Einzeltierversuche dementsprechend geeignete Tiere aussuchen zu können, mußten an einer repräsentativen Anzahl von Fleckviehkühen Tierkörpermessungen durchgeführt werden. Die Berücksichtigung dieser zum Teil neu einzuführenden Tierkörpermaße ermöglichte es, aus den gewonnenen Ergebnissen der Einzeltierversuche zu einer Gesamtaussage zu kommen und Kennwerte für optimale Versorgungseinrichtungen des Milchviehkurzstandes zu liefern. Diese Kennwerte dürfen im Sinne von FEWSON und BISCHOFF (30) lediglich als Ergebnisse einer Vorprüfung gewertet werden. Eine endgültige Absicherung hat durch weit umfangreichere Untersuchungen zu erfolgen, die jedoch den Rahmen einer landtechnischen Aufgabenstellung sprengen.

4. Ermittlung von Tierkörperdaten und Reichweiten deutscher Fleckviehkühe

Seit langem sind in der Tierzucht Körpermessungen an Nutztieren bekannt. Die Maße dienen dort in erster Linie zur Beurteilung von Leistungseigenschaften, während Messungen im Rahmen der angewandten Verhaltensforschung vor allem Aussagen für die Stallbautechnik liefern sollen.

Speziell im Hinblick auf die Zuordnung und Ausbildung der Versorgungseinrichtungen sind zunächst die Reichweiten der Milchkühe von besonderer Bedeutung. Die von OBER (75) an einem Einzeltier entwickelte Methode zur Reichweiten-ermittlung nutzt das Freßgitter als begrenzendes Hindernis für das sich während des Fressens vorstemmende Tier. Die Lage der Buggelenke ist somit definiert. An das Freßgitter schließt sich eine ebene Futterplatte an, auf der ein begehrlliches, möglichst fein strukturiertes Futtermittel, wie z. B. Kraftfutter, gleichmäßig verteilt ist. Die durch das Schlecken des Rindes entstehende Grenzlinie zwischen aufgenommenem und nicht erreichbarem Kraftfutter umschließt den Freßbereich des Tieres. Die Reichweite ist dann als die kürzeste Entfernung zwischen allen Punkten der Grenzlinie und dem Mittelpunkt zwischen beiden Freßgitterstäben zu verstehen. Die Größe der Reichweite ergibt sich aus der absoluten Differenz der x, y Ordinaten des Mittelpunktes und z. B. den Ordinaten des Punktes P_1 auf der Grenzlinie (Abb. 3).

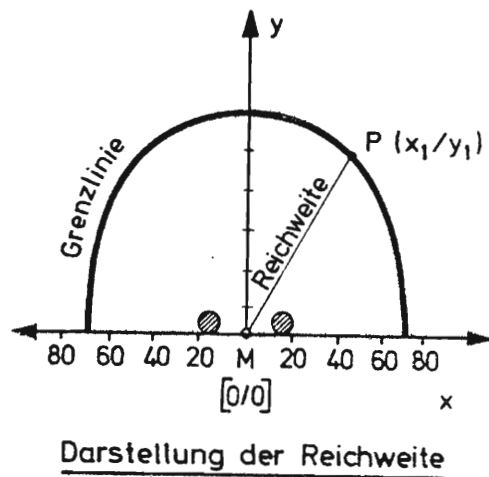


Abb. 3: Darstellung der Reichweite

Neben OBER führten lediglich RIST (89) und WANDER (110) Reichweitenermittlungen durch. Da jedoch alle Ergebnisse auf Messungen mit einem Einzeltier beruhen, sind keine verallgemeinernden Aussagen möglich.

Um diese Messungen auf eine breitere Basis zu stellen, wurden von 46 Kühen des deutschen Fleckviehs jeweils die Reichweiten festgestellt. Die gleichzeitige Aufnahme der Körpermaße Widerristhöhe, Bughöhe und Rumpflänge diente zur Klärung der Frage, ob zwischen diesen Körpermaßen und den Reichweiten der Tiere eine Beziehung besteht und wenn ja, wie eng sie ist. Hierbei erfolgte die Auswahl der drei Körpermaße Widerristhöhe, Bughöhe und Rumpflänge aufgrund ihrer häufigen Verwendung in der Konstitutionsforschung wie auch in der angewandten Verhaltensforschung, so daß in der Literatur neben einem umfangreichen Datenmaterial (28, 85, 103) auch genaue Definitionen vorliegen (18, 129, 43, 65, 66, 107):

- Widerristhöhe = der senkrechte Abstand des höchsten Punktes des
Widerristes von der Standfläche
- Bughöhe = der senkrechte Abstand des Tuberculum Majus (= Buggelenk)
von der Standfläche
- Körperlänge = (Rumpflänge) Verbindungslinie von der Bugspitze bis
zum Gesäßhöcker

Würde sich zwischen einem dieser Körpermaße und der Reichweite eine enge Beziehung ergeben, könnte hierfür ein Korrelationsfaktor aufgestellt werden. Mit seiner Hilfe ließe sich das große Datenmaterial in der Literatur für eine stärkere Absicherung der selbst ermittelten Reichweiten und Freßkurven aufbereiten.

4.1 Durchführung der Messungen

Zur Ermittlung der Widerristhöhe, Bughöhe und Rumpflänge hat sich der Viehmeßstock mit ausklappbaren Kluppenarmen bewährt. Der Vorteil liegt in den sofort abzulesenden Meßwerten. Nachteilig wirkt sich hingegen die Berührung der Tiere mit den Kluppenarmen aus. Die Kühe stehen hierdurch leicht unruhig.

Daher sind nach WANDER (110) am gleichen Tier mindestens 20 Messungen je Körpermaß notwendig, um aus den Einzelwerten einen genügend gesicherten Zentralwert zu erhalten, der sich nach der Formel

$$(1) \quad Z = x_g + \frac{\frac{n}{2} - s_0}{z_0} \cdot d$$

berechnen läßt (114). Hierbei bedeuten:

x_g = der zur unteren Grenze des Eingriffspielraumes
gehörende Argumentwert

Z = Zentralwert

n = Anzahl aller Meßwerte

s_0 = Summe der Häufigkeiten $\frac{n}{2}$

d = Größe des Klassenintervalls

z_0 = Häufigkeit des Intervalls, in das Z eingreift

Zur Vereinheitlichung der Tierkörpermessungen sind grundsätzlich alle Maße von der linken Körperseite zu nehmen. Hierbei werden Widerristhöhe und Bughöhe mit einem ausgeklappten Kluppenarm von der Standfläche aus gemessen (Abb. 4). Eine eingebaute Wasserwaage zeigt den senkrechten Stand des Stockmaßes an. Bei der Ermittlung der Rumpflänge werden gemäß der Definition die ausgeklappten Kluppenarme an Buggelenk und Gesäßhöcker angesetzt, so daß damit die Werte für die schräge Rumpflänge bestimmt werden können. Nach ROHRER (91) läßt sich die horizontale Rumpflänge durch Multiplikation der schrägen Rumpflänge mit dem Faktor 0,97 errechnen.

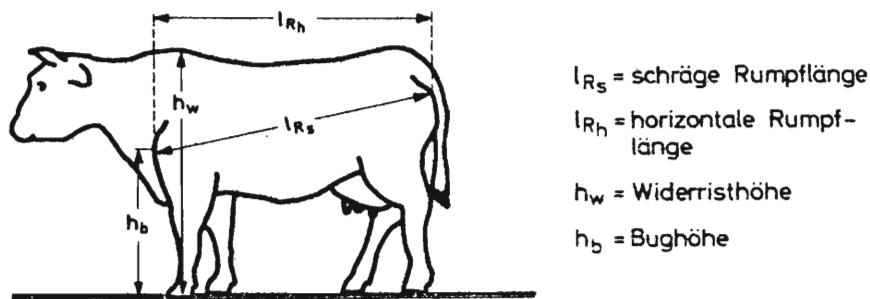


Abb. 4: Für die Stallbautechnik wichtige Körpermaße des Rindes

Die eigenen Messungen zur Ermittlung der Reichweite wurden überwiegend bei Kurzstandaufstallungen durchgeführt. Da die Kühe hier nicht in ihrer Vorwärtsbewegung durch Freßgitter oder Nackenbügel auf Höhe des Buggelenkes begrenzt werden, mußte die OBER'sche Methode der Reichweitenermittlung insoweit modifiziert werden, als nun mit Hilfe eines Senklotes die in vorderster Stellung befindlichen Buggelenke des fressenden Rindes mit der Nulllinie der Futterplatte in Übereinstimmung gebracht wurden. Die durch die Tiere aufgezeichneten Reichweiten wurden an der Standachse und den sich in jeweils 5 cm Abstand seitlich zur Standachse anschließenden Parallelen bis 55 cm Seitenabstand (Standbreite 110 cm) gemessen. Die einzelnen Reichweiten sind jedoch direkt nicht vergleichbar, da sie in starkem Maß von der Höhe der Futterplatte über Standniveau abhängen, die aufgrund der unterschiedlichen Krippenausführungen schwankte. Es empfahl sich daher, zunächst als Vergleichsgröße die gestreckte Hals-Kopf-Zungen-Länge (H-K-Z-Länge) aus der Höhendifferenz zwischen Buggelenk und Futterplatte und aus der gemessenen Reichweite zu berechnen (Abb. 5).

In einem weiteren Schritt folgte dann die Berechnung der Reichweiten bei bestimmten Krippenhöhen von 0 cm, 10 cm, 20 cm etc. über Standniveau. Als Voraussetzung hierzu wurden vereinfachend das Maß der korrigierten H-K-Z-Länge f' und der Drehpunkt D_1 zugrunde gelegt. D_1 ist approximativ durch die halbe Höhendifferenz zwischen Widerrist und Bughöhe gekennzeichnet und beträgt

$$y_{D_1} = \frac{b + w}{2} .$$

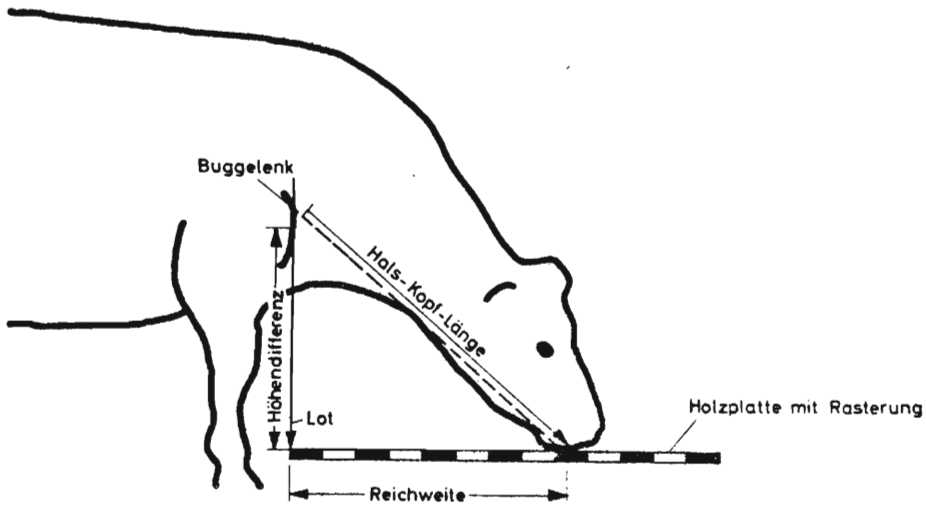


Abb. 5: Ermittlung der Hals-Kopf-Zungenlänge im gestreckten Zustand

Mit Hilfe der in Abb. 6 dargestellten Größen läßt sich die gesuchte Reichweite x_i in der Längsachse des Tieres nach folgender Formel berechnen:

$$(2) \quad x_i = \sqrt{l^2 + \left(h + \frac{w-b}{2}\right)^2 - \left(\frac{w+b}{b} - y_i\right)^2}$$

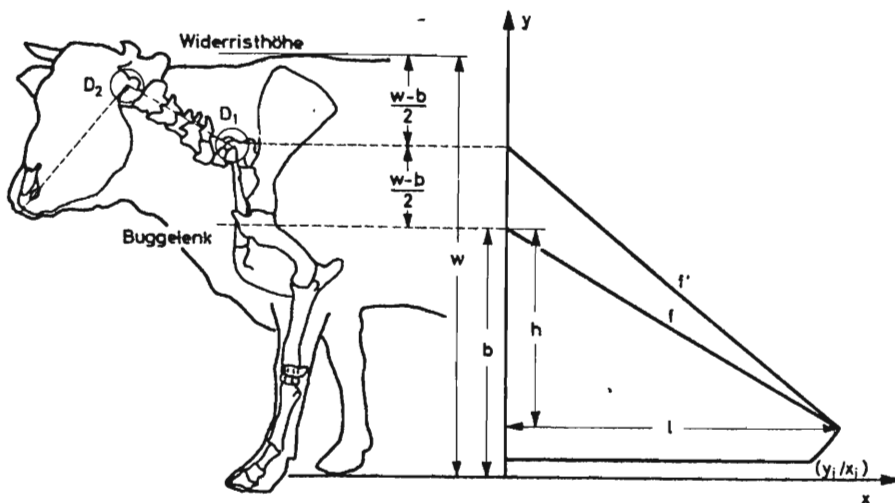


Abb. 6: Die zur Berechnung der Reichweiten x_i bei unterschiedlicher Krippenhöhe y_i notwendigen Größen

Es bedeuten:

$D_{1,2}$	=	angenommene Drehpunkte
w	=	Widerristhöhe
b	=	Bughöhe (Buggelenkhöhe)
h	=	Höhandifferenz zwischen Buggelenk und Freßplatte
l	=	gemessene Reichweite
f	=	gestreckte H-K-Z-Länge
f'	=	korrigierte H-K-Z-Länge
x_i	=	gesuchte Reichweite bei Krippenniveau y_i
y_i	=	gesuchtes Krippenniveau

Auf die gleiche Weise ließen sich die übrigen Reichweiten seitlich der Standachse umrechnen. Nach der Aufbereitung für die Datenverarbeitung konnten die so gewonnenen Tierkörperdaten mit einem Programm zur Erstellung statistischer Kenngrößen (4) ausgewertet werden.

4.2 Ergebnisse und ihre Bedeutung für anschließende Einzeltierversuche

Die an den einzelnen Tieren genommenen Körpermaße wurden zweckmäßigerweise in Form statistischer Kenndaten zusammengestellt, um zunächst einen Überblick über Größenordnung und Schwankungsbreite dieser Körpermaße zu gewinnen. Damit lag gleichzeitig eine Entscheidungshilfe bei der Auswahl geeigneter Tiere für die Einzeltierversuche vor. Schließlich ließen sich mit Hilfe der statistischen Kenndaten die Beziehungen zwischen den einzelnen Körpermaßen errechnen, so daß die Voraussetzung für die Bestimmung eines Relationsfaktors geschaffen wurde. Tabelle 1 faßt die an den Einzeltieren gewonnenen Meßergebnisse in Form statistischer Kenngrößen für die jeweiligen Tierkörperdaten zusammen.

Die einzelnen Spalten beschreiben hierbei die jeweilige Stichprobe, ihren Umfang, ihren Mittelwert, die Standardabweichung, Maximal- und Minimalwert der Stichprobe, den am häufigsten vorkommenden oder Modalwert, den mittleren Wert der nach der Größe geordneten Einzelwerte oder Median, den Variationskoeffizienten, die Anzahl der Ausreißer und schließlich die Art der Abweichung von der Normalverteilung.

Tab. 1: Statistische Kenngrößen der ermittelten Tierkörperdaten

Kode Stichp.	Umf.		Mittelwert	Stand. Streif.	XMax.	XMin.	Modus	Median	VK	Aus	KA
=====											
Widerr.H.	46	AM	129.64	3.936	141.00	122.50	129.69	129.63	3.04	0	1
Bughöhe	46	AM	84.88	2.830	94.20	78.70	84.73	84.73	3.33	-	2
Rumpflänge	46	AM	157.40	7.823	173.80	141.10	158.36	157.87	4.97	0	1
HKZ Ges.	46	AM	118.78	7.431	136.40	103.70	116.64	117.87	6.26	0	1
RW H=0	46	AM	76.17	11.058	102.00	51.80	76.90	76.90	14.52	0	1
RW H=10	46	AM	88.69	9.602	112.20	68.10	90.15	89.54	10.83	0	1
RW H=20	46	AM	98.59	8.532	120.80	80.00	101.53	99.83	8.65	0	1
RWS H=0	46	AM	51.26	19.236	85.90	0.0	61.24	54.88	37.53	-	2
RWS H=10	46	AM	69.38	13.190	97.80	40.20	65.80	68.31	19.01	0	1
RWS H=20	46	AM	82.21	10.924	107.50	58.10	82.80	82.80	13.29	0	1

(AUS = AUSREISSERTEST, --NICHT, 0=FREI, 1=XMIN, 2=XMAX, 3=XMIN UND XMAX SIND AUSREISSER;
S=95 %; KA=ABWEICHUNG VON DER NORMALVERTEILUNG: 1=NICHT, 2=SCHWACH, 3=SIGNIFIKANT,
4=STARK SIGNIFIKANT)

HKZ Ges. = gestreckte Hals-Kopf-Zungenlänge

RW H=0 = Reichweite bei Krippenniveau 0 cm

RWS H=0 = Reichweite 55 cm seitlich zur Standachse bei Krippenniveau 0 cm

In den einzelnen Zeilen sind untereinander zunächst die gemessenen Tierkörperdaten wie Widerristhöhe, Bughöhe und Rumpflänge aufgeführt. Die errechneten Daten für die gestreckte H-K-Z-Länge und die verschiedenen Reichweiten (RW) schließen sich an. Für die Auflistung sind die zur Abschätzung des Freßbereiches besonders interessierenden Reichweiten in der Standachse (RW) und in 55 cm seitlichem Abstand (RWS) davon jeweils für Höhen von 0 cm, 10 cm und 20 cm über Standniveau ausgewählt worden.

Die aus den statistischen Kenngrößen hervorgehenden Schwankungsbreiten der Reichweiten und der darin eingeschlossenen Freßbereiche sollen am Beispiel Futterplattenniveau 10 cm über Standfläche und Standbreite 110 cm aufgezeigt werden (Abb. 7).

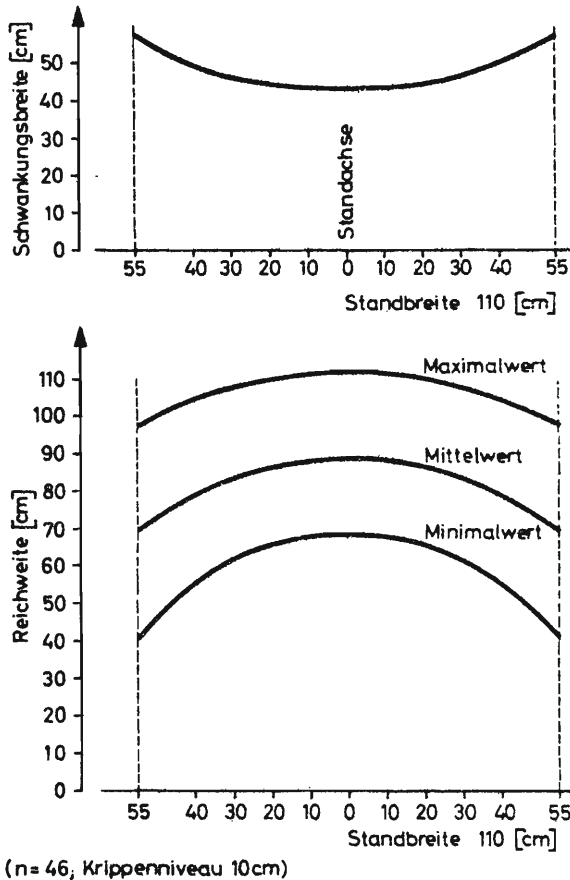


Abb. 7: Mittelwert und Schwankungsbreite der Reichweiten deutscher Fleckviehkühe

Wie aus Abb. 7 hervorgeht, liegen die maximalen Reichweiten in der Standlängsachse bei 112 cm, während die vergleichbaren Minimalwerte nur 68 cm erreichen. 55 cm seitlich zur Standachse ergeben sich für die Maximalwerte 97 cm und für die Minimalwerte 40 cm. So schwanken im Gegensatz zu den Untersuchungen von VERSBACH (109) die Reichweiten ganz erheblich und weisen zwischen Maximalwert und Minimalwert Differenzen bis zu 57 cm auf. Die steigende Schwankungsbreite bei zunehmender Entfernung von der Standachse beruht auf dem sich gleichzeitig vergrößernden Abstand zwischen Futter und Tier. Für die Gestaltung tiergemäßer Futterkrippen erhalten die minimalen Reichweiten in Höhe der Seitenbegrenzung besonderes Gewicht (vergl. Kap. 6.8).

Aus der Auflistung der statistischen Kenngrößen ließ sich weiterhin der Einfluß der Krippenhöhe auf die Reichweite der Tiere ableiten. Wie Abb. 8 zeigt, nahmen die Reichweiten und damit die Freßbereiche bei steigenden Krippenhöhen stetig zu, bis knapp unterhalb des Drehpunktes D_1 der Wendepunkt erreicht wurde.

Die Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert kennzeichnet wieder die Schwankungsbreite der Reichweiten für die betreffende Krippenhöhe.

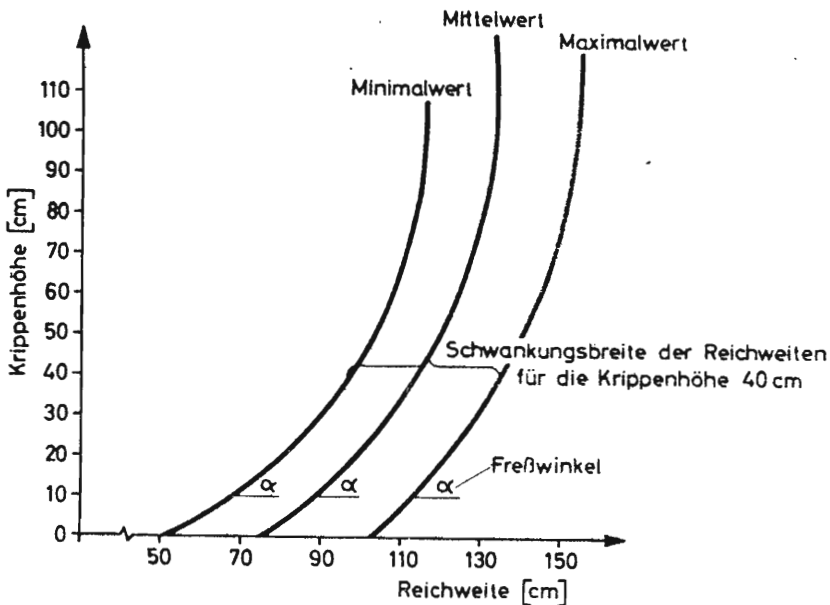


Abb. 8: Einfluß der Krippenhöhe auf die Reichweite deutscher Fleckviehkühe ($n = 46$; seitliche Auslenkung = 0 cm)

Wie aus Formel (2) S. 15 hervorgeht, ist die Reichweite als Funktion der Freßebene anzusehen. Die Steigung dieser Funktion verläuft in jedem beliebigen Punkt senkrecht zur gestreckten H-K-Z-Linie und gibt für die entsprechende Krippenhöhe den jeweiligen Freßwinkel α an. Er beträgt z. B. bei Kühen der deutschen Fleckviehrasse und einer Krippenhöhe von 10 cm ca. 45° (Abb. 8). Der Freßwinkel α wird in starkem Maß von den anatomischen Gegebenheiten, insbesondere des Hals-Kopf-Ansatzes und deren Länge, beeinflusst. Hierbei treten große geschlechts- bzw. rassespezifische Unterschiede auf, so daß der Winkel α sich nicht auf männliche Tiere der gleichen Rasse oder Rinder anderer Rassen übertragen läßt. Da Kenntnis und Berücksichtigung von Freßwinkel, Freßbereich und Reichweite entscheidende Grundlagen für die Gestaltung einer tiergerechten Krippe bilden, müssen diese Kenngrößen sowohl für männliche und weibliche Tiere, als auch für die einzelnen Rinderrassen gesondert ermittelt werden.

Zusätzlich zu den bisher angeführten Reichweiten und Körpermaßen enthält Tabelle 1 die Rumpflänge mit ihren statistischen Kenngrößen. Rumpflänge wie auch Widerristhöhe erhalten in dem Moment für die Ausführung tiergerechter Versorgungseinrichtungen eine große Bedeutung, in dem sich zwischen ihnen

und der Reichweite bzw. der von der Höhe der Versorgungseinrichtungen nicht beeinflussten, gestreckten H-K-Z-Länge eine enge Beziehung nachweisen läßt. Der rechnerische Nachweis wird mit Hilfe statistischer Methoden geführt.

Die Hilfsgrößen Korrelationskoeffizient r und Bestimmtheitsmaß B messen hierbei den Grad des Zusammenhanges, während der Regressionskoeffizient b die Art der Beziehung beschreibt. Der Berechnung liegen die an 46 Kühen der deutschen Fleckviehrasse gewonnenen Körpermaße zugrunde.

Tabelle 2: Statistisch nachweisbarer Zusammenhang zwischen Rumpflänge bzw. Widerristhöhe und H-K-Z-Länge^x (n = 46)

	r	B	b
Rumpflänge- H-K-Z-Länge ^x	0,318	0,101	0,295
Widerristhöhe- H-K-Z-Länge ^x	0,215	0,046	0,415

^xHals-Kopf-Zungen-Länge in gestrecktem Zustand

Die in Tabelle 2 für r , B und b aufgelisteten Werte zeigen nur geringe Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Körpermaßen an (0 = keine Abhängigkeit; 1 = vollkommene Abhängigkeit). Somit ließen sich aufgrund des vorliegenden Datenmaterials zwischen Widerristhöhe und gestreckter H-K-Z-Länge bzw. zwischen Rumpflänge und gestreckter H-K-Z-Länge keine ausreichend gesicherten Beziehungen herstellen. Damit entfällt auch die Möglichkeit, das von der Konstitutionsforschung her vorliegende, umfangreiche Datenmaterial an Widerristhöhen und Rumpflängen für eine zusätzliche Absicherung der wenigen, bisher durchgeführten Reichweitenermittlungen nutzen zu können.

Weiterhin kann der von RIST und OLIVIER (89) stammende Vorschlag zumindest nicht für Fleckviehkühe nachvollzogen werden, die aus den Körpermaßen einer einzigen Braunviehkuh aufgestellte Relation

$$R = \frac{\text{gestreckte Hals-, Kopf- und Zungenlänge}}{\text{horizontale Rumpflänge}} = 0,7$$

für alle Kühe als konstant anzunehmen und auf diese Weise zu allgemeingültigen Aussagen über den zunächst mit Hilfe eines Einzeltieres ermittelten Freßbereich zu kommen.

Vielmehr zeigen die durchgeführten Tierkörpermessungen und ihre statistische Auswertung, daß in allen Untersuchungen zur Ermittlung tiergerechter Versorgungseinrichtungen, in denen die Reichweite von Bedeutung ist, das entsprechende Körpermaß der gestreckten H-K-Z-Länge direkt berücksichtigt werden muß und durch andere Körpermaße mit einem zusätzlichen Relationsfaktor nicht ersetzt werden kann. Um von den an Einzeltieren gewonnenen Ergebnissen dieser Untersuchungen zu allgemeingültigen Aussagen zu gelangen, soll wie folgt vorgegangen werden:

- Es erfolgt eine Beschränkung auf wenige, ausgewählte Versuchstiere, die in der für die Versuchsdurchführung wichtigen Eigenschaft einem zuvor aus einer größeren Stichprobe gewonnenen Mittelwert möglichst nahe kommen. Für die Untersuchungen über tiergerechte Krippenabmessungen bedeutet dies z. B., daß die ausgewählten Versuchstiere bei Fleckvieh eine gestreckte Hals-Kopf-Zungen-Länge von ca. 118 cm aufweisen sollten. Die aus der Stichprobe ebenfalls bekannten Abweichungen und Schwankungsbreiten werden in der Ergebnisdiskussion des Versuches entsprechend berücksichtigt (vergl. Kap. 6.8). Eine endgültige Absicherung der Versuchsergebnisse ist jedoch nur möglich, wenn
- der Versuch mit einer statistisch zu errechnenden Anzahl verschiedener Versuchstiere wiederholt wird. In der Regel sind hiermit jedoch erhebliche finanzielle Ausgaben, hoher Arbeits- und ein zum Teil großer technischer Aufwand verbunden.

5. Untersuchungen zur Trinkwasserversorgung von Rindern

Leben ist ohne Wasser unmöglich. Kann der tierische Organismus Nährstoffmangel kurzzeitig noch überbrücken, so bedeutet bereits der Verlust eines Zehntels seines Wassergehaltes den sicheren Tod (RUBNER zitiert nach KIRCHGESSNER, 58). Dies wird aus den vielfältigen Funktionen, die das Wasser im tierischen Organismus übernimmt, verständlich.

Zunächst unterstützt das Wasser das mechanische Kauen und ermöglicht ein Abschlucken der einzelnen Bissen. Bei der sich anschließenden Verdauung können die entsprechenden Enzyme nur wirksam werden, wenn sie in gelöster Form

vorliegen. Ebenso ist die Resorption der Nährstoffe und der weitere Transport der Spaltprodukte an die gelöste Form gebunden (73). Das Wasser stellt dabei nicht nur in den Organsystemen, sondern auch in den Zellen selbst Lösungs- und Transportmittel zugleich dar. Eine zusätzliche große Rolle spielt Wasser bei der Wärmeregulation der Tiere, da bei der Verdunstung durch Haut und Lunge überschüssige Wärmemengen abgegeben werden.

Die Wasserverluste, die durch Ausscheidung, Atmung und Verdunstung bedingt sind, werden durch die Aufnahme von Flüssigkeiten und von wasserhaltigen Futterstoffen wieder ausgeglichen. Eine nicht zu unterschätzende zusätzliche Wasserquelle stellt die Oxydation der organischen Nährstoffe dar, die bei ihrer Verbrennung Wasser liefern.

Entscheidenden Einfluß auf die täglich aufgenommene Wassermenge hat der Anteil der Trockensubstanz in der Futterration, wobei KIRCHGEßNER (58) für das Rind 4 - 5 kg Wasser je kg Futtertrockensubstanz angibt. THOMAS (106) kann diesen Zusammenhang signifikant absichern. Ebenso wird nach diesen Untersuchungen der Wasserbedarf durch steigende Milchleistung bzw. Lufttemperatur erhöht, während bei steigender Luftfeuchte eine Abnahme festzustellen ist.

Weitere wichtige Faktoren für die tägliche Wasseraufnahme des Rindes sind Lebensalter, Körpermasse, Stand der Trächtigkeit und Laktation sowie die Wassertemperatur (8, 42, 108). Nach Untersuchungen von HIMMEL (49) bevorzugen Rinder abgestandenes und nicht ganz frisches Wasser, während sie zu warmes Wasser ablehnen. Kühleres Trinkwasser vermindert zwar die Aufnahme geringfügig, doch dürften die Verluste an Energie, um das Wasser auf Körpertemperatur zu erwärmen, gering sein (58).

Steuerung und Kontrolle der Wasseraufnahme üben, beim Rind neben äußeren Reizen die interozeptiven Rezeptoren aus (83). Hierbei wird aufgrund der osmotischen Verhältnisse des Blutes und der Gewebe über zentral-nervöse Einflüsse ein Durstgefühl erregt. ZEEB (126) spricht in diesem Zusammenhang auch vom Aufkommen einer Trinkstimmung. Dabei ist zu beobachten, daß die Rinder z. B. bei Weidehaltung die Tränke vornehmlich am Vormittag und am späten Nachmittag aufsuchen. Die nächtliche Wasseraufnahme stellt eine Ausnahme dar (49).

Auslösendes Moment für eine aufkommende Trinkstimmung unter einer Milchviehherde bei Stallhaltung sind offensichtlich der Flüssigkeitsentzug durch die Milchabgabe und die bei der anschließenden Fütterung aufgenommenen Mengen an Futtertrockenmasse (59, 106). Dies bestätigt auch eine Untersuchung von TSCHIRCH und SOMMER (108), in der die größte Trinkaktivität allerdings schon während des Melkens und Fressens festgestellt wird.

5.1 Problem- und Zieldarstellung

Beobachtungen trinkender Rinder verdeutlichen sehr schnell, daß die heute bei Kurzstandhaltung übliche Trinkwasserversorgung nicht optimal gelöst ist. So schlagen die Tiere häufig das Wasser mit der Zunge aus den Tränkebecken und vernässen dadurch Krippenbereich und Liegefläche. Vielfach entsteht auch der Eindruck, daß die Rinder die Tränkeventile nur unter großen Anstrengungen erreichen und öffnen können. Als Gründe hierfür kommen sowohl eine den Tieren wenig entsprechende Form der Tränkeschalen und Bedienungselemente in Frage, als auch eine verkehrte Zuordnung von Tränkebecken bzw. Bedienungselementen zu den an ihren Standplatz fixierten Kühen. Unsicherheiten herrschen zudem über die Montagehöhe der Tränkeeinrichtungen. Um den Tieren die Wasseraufnahme zu erleichtern, werden die Selbsttränken häufig zu niedrig angebracht, so daß die Tränkebecken durch Futterreste schnell verschmutzen und damit zu einer Brutstätte für Krankheitskeime werden. Die aufgezeigten Schwierigkeiten finden ihre Ursache in der rein empirischen Entwicklung der Selbsttränkebecken, die ursprünglich allein für den Mittellangstand konzipiert worden sind und nun, im nachfolgenden Kurzstand um 180 Grad über die Krippe gedreht, ohne konstruktive Änderung die gleiche Funktion erfüllen sollen. Die Tränkeeinrichtung kann an die Rinder aber nur angepaßt und damit funktionsgerecht werden, wenn die tierischen Anforderungen bekannt sind. Neben die Kenntnis des reinen Trinkverhaltens, das durch Verhaltensmuster, Bewegungsabläufe, Kopfstellung, Dauer und Raumbedarf charakterisiert wird, müssen Kennwerte über die unbehinderte Aufnahmemenge je Trinkvorgang treten. Sind diese Grunddaten bekannt, interessieren im Hinblick auf die Trinkwasserversorgung unter Kurzstandbedingungen weiterhin Fragen wie:

- Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Tränkeeinrichtungen auf die aufgenommene Wassermenge pro Trinkvorgang?
- Welche Anforderungen stellt das Rind an die räumliche Zuordnung eines Selbsttränkebeckens unter besonderer Berücksichtigung der Bedienungselemente?

- Inwieweit wird die Trinkwasseraufnahme des Rindes durch visuelle oder geschmackliche Reize beeinflusst?

5.2 Bisheriger Wissensstand

Die Überprüfung der einschlägigen Literatur zeigt, daß zu dem eigentlichen Trinkverhalten und zu den Anforderungen des Rindes an die Tränkeeinrichtungen nur sehr wenige Veröffentlichungen vorliegen. So hat allein SCHÖNHOLZER (101) das Trinkverhalten von Boviden an offenen Wasserflächen beobachtet und beschrieben. Der Begriff offene Wasserfläche bezieht sich hierbei auf eine größere Wasseransammlung, die zunächst natürlichen Ursprungs, also von keinem künstlichen Gefäß umschlossen ist. Dabei stellt die Flüssigkeitsaufnahme von einer offenen Fläche biologisch etwas ganz anderes dar, als z. B. die Aufnahme von Flüssigkeit in Tropfenform; bedingt sie doch zum einen ein Aufsuchen dieser Wasserquelle und signalisiert zum anderen eine Ortsbeziehung zu diesem Fixpunkt. Deutlicher Ausdruck hierfür sind die in der Natur zahlreich vorkommenden Trampelpfade zu den Wasserstellen.

SCHÖNHOLZER (101) untergliedert nun das Trinken des Rindes in

- Vorphase,
- Trinkeinleitung,
- eigentliches Trinken und
- Nachphase.

Die Vorphase kündigt sich bei den Boviden durch ein Ablecken des Flotzmaules und der Nüstern an. Daran anschließende, lappende Zungenbewegungen, die auf eine Überprüfung des Wasserangebotes deuten, kennzeichnen die Trinkeinleitung. Während des lappenden Trinkens wird die Flüssigkeit allein durch die Zunge in den Mund befördert. Die Mundränder berühren die Wasseroberfläche nicht, sondern bleiben einige Zentimeter davon entfernt. An die Trinkeinleitung anschließend folgt beim eigentlichen Trinken das Saugtrinken. Es ist dadurch charakterisiert, daß zunächst die Lippen in die Wasseroberfläche eintauchen und in der Form zusammengepreßt werden, daß zwischen ihnen vorne nur eine kleine Öffnung freibleibt, durch die das Wasser einströmen kann. Der hierzu nötige Unterdruck wird durch eine Vergrößerung der Mundhöhle bei gleichbleibender Lippenstellung erzielt, indem der Unterkiefer nach unten abgesenkt und

die Zunge gleichzeitig an ihn fest angepreßt wird. Die sich daran anschließende Verkleinerung der Mundhöhle und entsprechende wellenförmige Bewegungen der Zunge bewirken ein Verdrängen des Wassers in den hinteren Rachenraum, von wo es abgeschluckt wird. Diese ausgefeilte Trinktechnik ermöglicht es, größere Wassermengen ohne abzusetzen aufzunehmen. Allerdings ist sie nur bei endständiger Lagerung der Mundpartie anzuwenden und bedingt eine Kopfstellung zur Wasserfläche, bei der ein seitliches Lufteinströmen in die Mundhöhle verhindert wird und die Nasenöffnungen freibleiben.

Während der Nachphase ist das Tier mit der Flüssigkeit nicht mehr in Berührung. Spezifische Bewegungen zur Entfernung der an den Mundrändern noch haftenden Flüssigkeit sind charakteristisch.

Weitergehende Aussagen zum eigentlichen Trinken der Boviden und insbesondere des Hausrindes fehlen in der Literatur. Fragen, die auf die Eintauchtiefe des Flotzmaules in das Wasser, die Kopfstellung während des Trinkens oder den Bewegungsablauf insgesamt eingehen, bleiben unbeantwortet. Aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang und Zeiteinheit sind ebenfalls ungeklärt. Bedingt durch die in weiten Bereichen fehlenden Grunddaten und Beobachtungen über das Trinken des Rindes liegen auch keine speziellen Untersuchungen vor, die Hinweise auf eine tiergemäße Ausformung und Gestaltung der Tränkeschale und Bedienungselemente geben oder Kennwerte über eine verfügbare Wassermenge bzw. den erforderlichen Wasserzulauf einer Tränkeeinrichtung liefern.

Somit mußten zunächst in Beobachtungsreihen über das Trinkverhalten des Rindes die notwendigen Grundkenntnisse erworben werden, die die Entwicklung einer tiergemäßen Tränkeeinrichtung speziell für Kurzstandverhältnisse ermöglichen.

5.3 Beobachtungen über das Trinkverhalten des Rindes zur Entwicklung tier- und funktionsgerechter Tränkeeinrichtungen

Die Beobachtungen des Trinkverhaltens können nur zu unverfälschten Grunddaten führen, wenn die ausgewählten Trinkvorgänge nicht fremdgeprägt sind bzw. die beeinflussten Faktoren in Größe und Richtung ihrer Wirkung erkannt und erfaßt werden können. Voraussetzung hierfür sind zunächst Beobachtungen trinkender Rinder an offenen Wasserstellen, so daß Beeinflussungen durch Begrenzungen

auszuschließen sind. Weiterhin müssen die ersten Beobachtungen an nicht domestizierten Rindern durchgeführt werden. Diese zusätzliche Anforderung ergibt sich aufgrund der Haustierwerdung unseres Rindes.

Während sich in der Evolution die biologische Anpassung der Individuen einer Population vollzieht, um die für sie günstigen Eigenschaften auszubilden und ihnen damit erhöhte Lebenschancen einzuräumen (94), greift in die Domestikation - der Evolution der Haustiere - der Mensch als bestimmender Faktor ein. Als Züchter wählt er die für ihn günstigen Eigenschaften aus und versucht, sie zu verstärken, als Halter versucht er, die Tiere an die von ihm gewünschten Haltungssysteme anzupassen. Da der Zeitraum der Domestikation gegenüber dem der Evolution sehr kurz ist, findet auch heute noch eine laufende Anpassung der Haustiere an ihre Umgebung statt. Um beurteilen zu können, inwieweit einerseits die für die Anpassung des Tieres unentbehrlichen Eigenschaften vernachlässigt, andererseits für das Tier ungünstige Eigenschaften ausgebildet oder verstärkt werden, kurzum ob also ein Normalverhalten vorliegt oder nicht, ist der Vergleich mit der entsprechenden Wildtierform erforderlich.

5.3.1 Beobachtungen zum Trinkverhalten nicht domestizierter Rinder

Aus diesen Überlegungen heraus wurden die ersten Beobachtungsreihen über das Trinkverhalten des Hausrindes (*Bos taurus*) an seinem wilden Verwandten, dem Urrind oder Auerochsen (*Bos primigenius*) durchgeführt. Der Tierpark Hellabrunn bot hierzu mit seinem großen Freigehege günstige Voraussetzungen. Das Freigelände wird an einer Seite von einem durchschnittlich 5 m breiten Wassergraben begrenzt, der durch ein Kanalsystem direkt von der Isar mit frischem Wasser versorgt wird. Um die Trinkvorgänge winkeltgerecht filmen zu können und an den einzelnen Versuchstagen jeweils wieder den gleichen Standort einzunehmen, mußten die Kamerapositionen genau definiert sein. Hierzu wurden an dem nach Auskunft des Wärters am stärksten frequentierten Tränkplatz an drei im Halbkreis nebeneinanderliegenden Stellen Markierungspflöcke in der Weise in den Boden eingeschlagen, daß jeweils 3 Pflöcke (A, B, C) im Abstand von 1 m nebeneinander und zugleich parallel zum Uferrand aufgereiht wurden (Abb. 9). Der 4. Pflock D befand sich in 1 m Entfernung auf der Mittelsenkrechten zu dieser Reihe. Der Schnittpunkt der drei Mittelsenkrechten am gegenüberliegenden Ufer bzw. die Verlängerung der beiden Strecken A₁ C₁ und

nicht zu erkennen. Einzelne Tiere tranken nach kürzerer Zeit noch ein zweites Mal.

Allgemein war zu beobachten, daß die Urrinder überwiegend mit ihrer Längsachse senkrecht zum Wasserrand standen und mit parallel gestellten, seitlich etwas auseinandergespreizten Vorderbeinen das Wasser in tiefen Zügen aufnahmen. Ein Betreten des Wassergrabens selbst konnte nicht beobachtet werden, obwohl genügend seichte Stellen dies ermöglicht hätten.

Auffallend war, daß nach einem Regenfall nur noch das Wasser der entstandenen Pfützen getrunken wurde, der Wassergraben wurde während dieser Zeit gemieden. Da sich dieses Verhalten nicht erklären ließ, wurde eine vergleichende Wasseruntersuchung durchgeführt.

Tabelle 3: Vergleichende Wasseruntersuchung zweier Proben aus Wassergraben und Pfütze im Auerochsengehege München - Hellabrunn 16.7.1974

		Probe Wassergraben	Probe Pfütze
Temperatur	°C	14,8	16
Wasserhärte	°Cdt. Härte	12	4
pH		7,3	7,1
Ammoniak	mg/l	-	0,516
Nitrat	mg/l	9,3	5,3
Gesamtphosphat	mg/l	0,294	2,034
Natrium	mg/l	2,2	2,7
Kalium	mg/l	0,4	33,6
Calcium	mg/l	67,0	23,0

Die Ergebnisse der Wasseruntersuchung lassen verschiedene Deutungen zu. Zunächst kann die geringere Wasserhärte (4° dt. Härte = sehr weich bis weich) der Pfütze gegenüber dem Wassergraben (12° dt. Härte = mittelhart bis hart) ausschlaggebend gewesen sein. Dies würde auch die Ergebnisse von BELLER 1955, BUCHHOLZ und LYS 1961 (zitiert nach PORZIG, 83) bestätigen. Daneben könnte das Pfützenwasser durch den zum Teil erhöhten Mineralsalzgehalt - eine Ausnahme bilden Nitrat und Calcium - attraktiver geworden sein (101).

Unabhängig von den auslösenden Faktoren verdeutlicht die Bevorzugung des Pfützenwassers die Steuerung und Kontrolle der Wasseraufnahme durch die Sinnesorgane. Welche Qualitätsveränderungen im einzelnen die Wasseraufnahme beeinträchtigen und welche Sinnesorgane hierbei steuernd eingreifen, bildet den Ausgangspunkt für eine eigene Untersuchung, die in Kap. 5.6 angesprochen werden soll.

Zur Beurteilung der eigentlichen Trinkvorgänge und -bewegungen, speziell zur Feststellung der Kopfneigung zur Wasseroberfläche und der überstrichenen Fläche je Trinkvorgang, die mit Hilfe der fotografischen Registrierung erfolgte, konnten nur Tiere erfaßt werden, die direkt an den markierten Stellen tranken. Rasterung des Bildes und optische Verzerrung bedingten darüber hinaus, daß zur Feststellung des Neigungswinkels nur Trinkvorgänge berücksichtigt werden konnten, bei denen sich die Tiere zum einen an den markierten Stellen 1 oder 3 (Abb. 9) befanden und zum anderen ihre Körperlängsachsen parallel zur Strecke BD verliefen. Die Kopfneigung α wurde durch den Winkel zwischen Wasseroberfläche und Winkelhalbierender w_B gekennzeichnet, die durch den Winkel β der beiden Tangenten t_1 und t_2 bestimmt ist (Abb. 10).

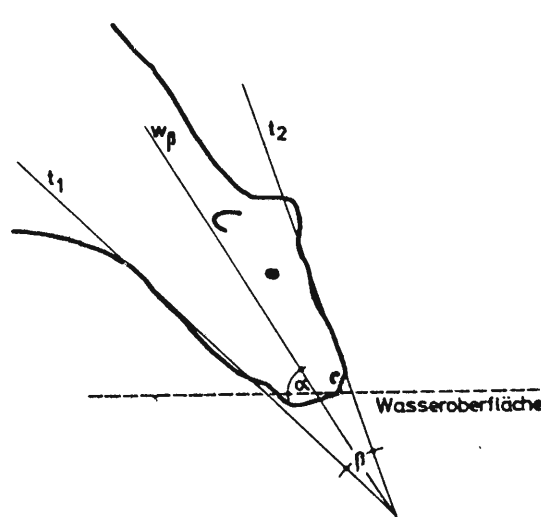


Abb. 10: Neigungswinkel α des Kopfes zur Wasseroberfläche

Von Position 1 aus registrierte Trinkvorgänge, bei denen die Bedingungen - Stand an Tränkestelle 1, 2 oder 3 und Parallelität zwischen BD und Tierlängsachse (Abb. 9) - erfüllt waren, konnten in Bezug auf die durchschnittlich überstrichene Wasserfläche ausgewertet werden (Abb. 11).

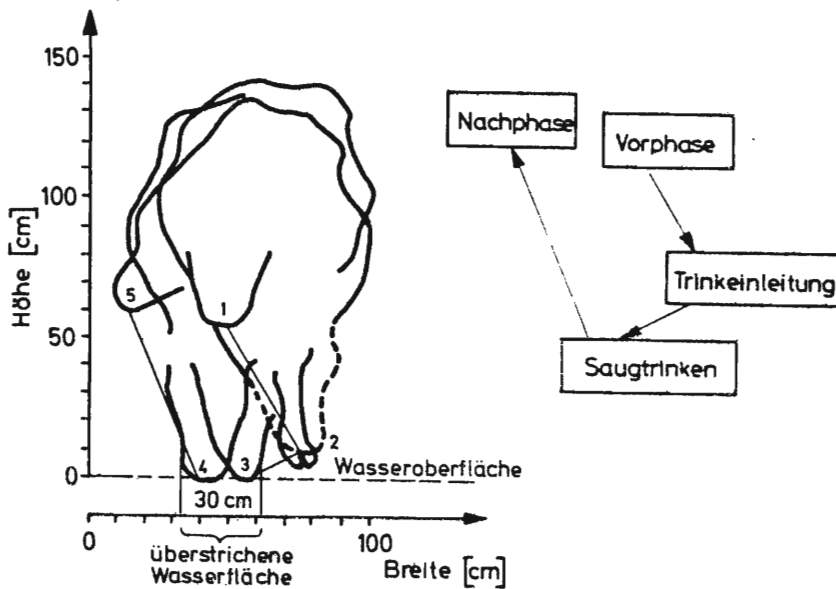


Abb. 11: Trinkmuster und Bewegungsablauf eines trinkenden Urrindes

Der definierte Abstand zwischen den Markierungspflöcken lieferte den Umrechnungsfaktor zur Berechnung der während des Trinkvorganges überstrichenen Strecke. Die entsprechende Fläche wurde vereinfachend als Quadrat dieser Strecke angenommen. Vergleichende Streckenmessungen an von der Seite gefilmten Tieren bestätigen die Quadrierung als gute Näherung.

Die Beobachtungsergebnisse sind in Tab. 4 zusammengefaßt. Die Spalten beschreiben Umfang, Mittelwert und Standardabweichung der Stichprobe. Die Zeilen führen die einzelnen Beobachtungen an, unterteilt nach weiblichen Tieren, männlichen Tieren und Summe beider.

Zunächst fällt bei einem Vergleich der Trinkdauer auf, daß das einleitende, lappende Trinken weiblicher Tiere mit durchschnittlich 12,6 sec. signifikant deutlicher ausgeprägt ist als bei männlichen Tieren (1,6 sec.). Die im Vergleich höhere Standardabweichung weist daneben auf größere individuelle Unterschiede zwischen den Kühen hin. Die Durchschnittswerte für die Dauer des Saugtrinkens sind dagegen mit 133,6 bzw. 134,5 sec. fast gleich. Insgesamt gesehen wird auf die Trinkeinleitung maximal ein Zehntel der Gesamttrinkdauer verwendet. Die signifikant unterschiedliche Kopfnäigung zur Wasseroberfläche zwischen männlichen und weiblichen Rindern war zu erwarten. Sie hat ihren

Ursprung in dem unterschiedlichen Körperbau. Ausschlaggebend dürfte hierbei der kürzere Hals der Bullen sein. Die niedrigen Standardabweichungen unterstreichen diese geschlechtsgekoppelten Eigenschaften und heben zudem die geringen individuellen Unterschiede innerhalb der Bullen bzw. Kühe hervor.

Tab. 4: Trinkdauer, Kopfneigung und durchschnittlich benötigte Wasserfläche trinkender Urrinder

Kennwert		Umfang n	Mittelwert $\bar{x}$	Standardabweichung s
Trinkdauer in sec.:				
lappendes Trinken	♀	17	12,6*	7,72
	♂	8	1,6*	0,74
	♀+♂	25	9,1	8,19
Saugtrinken	♀	17	133,6	48,36
	♂	8	134,5	50,65
	♀+♂	25	133,9	48,04
Kopfneigung in Grad:				
	♀	8	63,6*	9,12
	♂	8	74,8*	4,33
	♀+♂	16	69,2	8,98
Ø benötigte Wasserfläche in cm ² :				
	♀	5	1391,4	651,86
	♂	3	1364,7	703,36
	♀+♂	8	1381,4	619,96

* signifikanter Unterschied

Die niedrigen, durchschnittlich benötigten Wasserflächen, die zwischen 1364 und 1391 cm² schwanken, deuten darauf hin, daß das Trinken einen gezielten Vorgang darstellt; größere Standardabweichungen zeigen hier allerdings etwas stärkere individuelle Eigenheiten in den Trinkbewegungen auf.

Die Beobachtungen an Auerochsen lieferten erste Aussagen zum Trinkverhalten ungeprägter Rinder. Hinsichtlich der Form und Abmessungen tiergemäßer Tränkeinrichtungen ergeben sich erste Hinweise aus der typischen Kopfneigung während des Trinkens und der hierbei durchschnittlich überstrichenen Wasserfläche. Die vorliegenden Ergebnisse dienten somit als Grundlage und Vergleichsbasis und gaben Auskunft, inwieweit durch die Domestikation Abweichungen im Trinkverhalten bedingt sind.

5.3.2 Beobachtungen zum Trinkverhalten domestizierter Rinder

Ein Vergleich des Trinkverhaltens und des hierbei typischen Bewegungsablaufes zwischen der Wildtierform Auerochse (*bos primigenius*) und dem Hausrind (*bos taurus*) war nur unter gleichen Umweltbedingungen möglich. Die zu beobachtenden Tiere sollten mit ihrer Umgebung also bereits vertraut sein, Zugang zu einer offenen Wasserfläche haben und Tag und Nacht auf der Weide bleiben.

Diesen Bedingungen entsprechend wurden in einer flußdurchzogenen Auenlandschaft (Betrieb Niedermair, Brandau) Beobachtungen an einer Herde ein-
halbjähriger Kalbinnen der deutschen Fleckviehrasse durchgeführt. Hierbei wurde bewußt auf Kalbinnen zurückgegriffen, da sich zum einen aus der Lite-
ratur keine Hinweise auf Veränderungen im Trinkverhalten bzw. Bewegungsablauf ergeben, zum anderen Störungen durch das Melken entfallen. Die 19 Einzel-
tiere blieben während der gesamten Sommermonate auf den Weiden. Lichte Auen-
wälder boten Wetterschutz. Die Abtrennung der einzelnen Weideflächen vonein-
ander erfolgte so, daß Weide II nur einen einzigen Zugang zum Wasser aufwies
(Abb. 12).

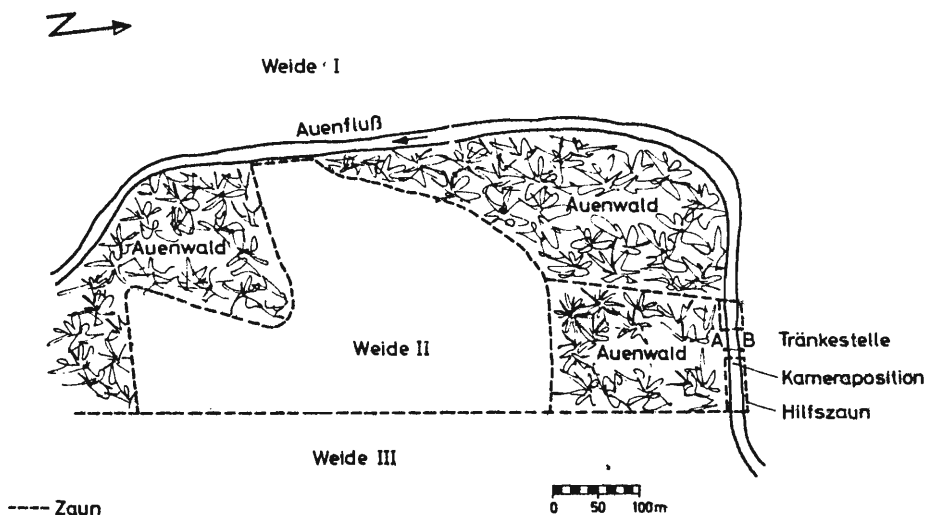


Abb. 12: Lageplan: Tränkestelle der beobachteten Fleckviehkalbinnen

Diese Tränkestelle wurde für die eigentlichen Trinkbeobachtungen in der Weise vorbereitet, daß zunächst mit Hilfe der visuellen Beobachtung und Protokollierung abgeschätzt werden konnte, in welchem Zeitraum die Tiere die Tränke

aufsuchten und wo sie während der Wasseraufnahme bevorzugt standen. Aufgrund dieser Vorinformationen wurde der Standplatz für das Kamerastativ festgelegt und markiert. Zwischen der Kamera und den trinkenden Tieren wurde eine Rasterwand aufgebaut (Abb. 13), um eine maßstabsgerechte Auswertung der einzelnen Tierbewegungen zu ermöglichen. Rasterwand (Rasterung 50 cm) und sonstige Beobachtungseinrichtungen sicherte ein elektrischer Weidezaun. Nach Abschluß der Vorbereitungen wurde den Tieren 7 Tage Zeit gegeben, um sich an die Veränderungen an der Tränkestelle zu gewöhnen.

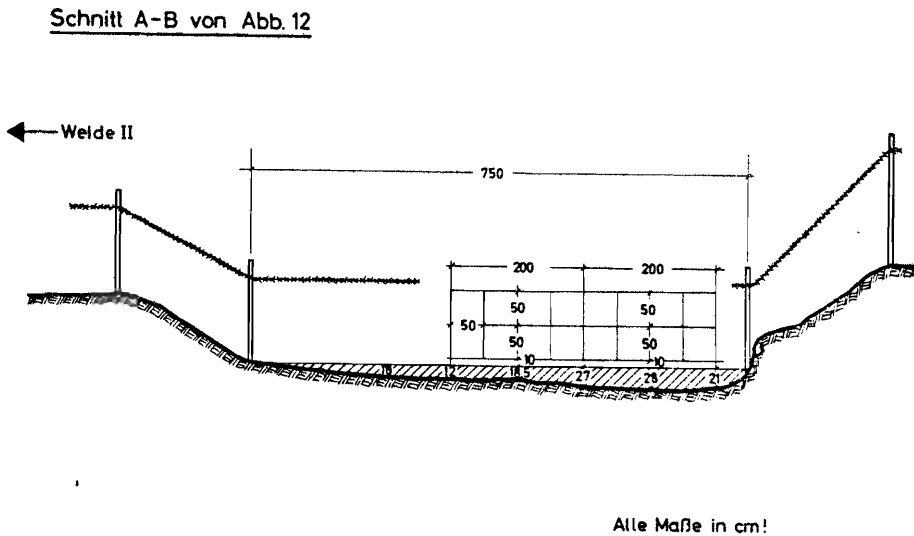


Abb. 13: Flußprofil an der Tränkestelle und Beobachtungsrasterung
(Blick in Flußrichtung)

Die Registrierung der trinkenden Rinder erfolgte mit Hilfe eines transportablen, batteriebetriebenen Videorecorders (National NV 3082 E) und der dazugehörigen Kamera (Blende 4, Brennweite 12,5, durchschnittliche Entfernung 7 m). Der Tonkanal ermöglichte eine zusätzliche Kommentierung des eingefangenen Bildmaterials. Um eine maßstabsgerechte Auswertung der Videoaufnahmen zu gewährleisten, wurden nur Bewegungsabläufe von den Tieren erfaßt, die während des Trinkens unmittelbar hinter der Rasterwand entweder parallel oder senkrecht zu ihr standen.

Die Auswertung der Videobänder erfolgte mit Hilfe eines an das Bandgerät angeschlossenen Fernsehmonitors. Auf einer ebenen Acrylvorsatzscheibe waren Klarsichtfolien befestigt, auf die die einzelnen Bewegungsabläufe übertragen

werden konnten. Die Rasterung des Bildausschnittes erlaubte eine maßstabsgerechte Auswertung der Kopfneigung und der während der Trinkbewegung überstrichenen Wasserfläche.

Die Trinkbeobachtungen erstreckten sich über insgesamt 9 Tage in den Monaten Mai und August 1975. Die zeitliche Unterbrechung wurde durch den Weidestrieb bedingt. Für die zweite Beobachtungsperiode erübrigte sich eine Eingewöhnungszeit, da die Tiere mit Rasterwand und Beobachtungseinrichtungen bereits vertraut waren. Weiterhin konnte auf ganztägige Beobachtungen verzichtet werden, weil

- aus der siebentägigen Eingewöhnungszeit der ungefähre Zeitraum der Wasseraufnahme bekannt war,
- durch gleichzeitig ablaufende Beobachtungsreihen zum Liegeverhalten des Rindes eine ständige Kontrolle der Herde vorhanden war und
- für die in erster Linie zu erwartenden qualitativen Aussagen Kurzbeobachtungen ausreichend waren (59).

Die zeitliche Verteilung der Wasseraufnahme während der Versuchstage spiegelt die in der Herde gleichzeitig aufkommende Trinkstimmung wieder. In Abb. 14 gibt die Ordinate den %-Anteil der trinkenden Tiere, gemittelt über die Beobachtungstage, an. Die Abszisse zeigt die entsprechende Tageszeit auf.

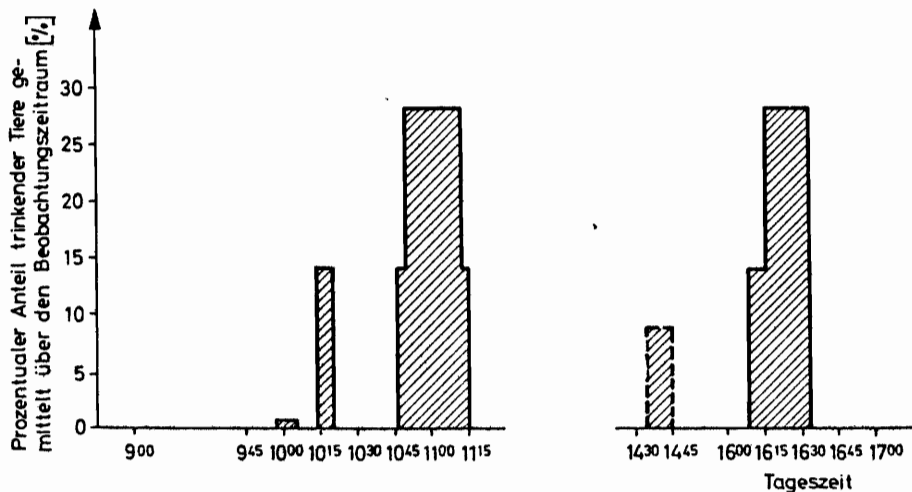


Abb. 14: Zeitliche Verteilung der Wasseraufnahme (ganztägige Weidehaltung)

Die Darstellung verdeutlicht zum einen, daß die Herde die Wasserstelle geschlossen aufsuchte. Während der gesamten Beobachtungsdauer war nur eine einzige Ausnahme zu verzeichnen: an einem Tag verließ ein Tier den in unmittelbarer Nähe zum Tränkeplatz ruhenden Herdenverband, um zu trinken. Zum zweiten wird ein deutlicher Tagesrhythmus sichtbar, der die Wasseraufnahme auf verhältnismäßig enge Zeitspannen begrenzt. Sie lagen am Vormittag zwischen 10.15 und 11.15 Uhr und am Nachmittag zwischen 16.10 und 16.32 Uhr.

Als Hinweis auf die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Tagestemperatur und Wasseraufnahme kann die gestrichelte Säule dienen. An diesem Tag (13.5.75) lag die mittlere Tagestemperatur rd. 5 °C unter dem Durchschnitt der sonstigen Tagesmittelwerte (139; Tab. 5). Die Herde suchte die Tränkestelle das erste und einzige Mal um 14.35 Uhr auf, von den 19 Tieren tranken nur 12. Ein Einfluß der relativen Luftfeuchte kann ausgeschlossen werden, da der Tageswert unter dem Mittel aller Beobachtungstage lag.

Tabelle 5:	Beobachtungstag	Ø Tagestemperatur (°C)	Ø rel. Luftfeuchte pro Tag (%)
	13.5.75	10,1	67 ,
	14.5.75	11,6	80
	15.5.75	15,1	70
	16.5.75	14,4	77
	17.5.75	15,0	77
	14.8.75	16,8	89
	20.8.75	17,4	80
	22.8.75	18,2	84
	23.8.75	14,3	91

Die durchgeführten Untersuchungen konzentrierten sich auf das Trinkverhalten und die Trinkbewegung des Einzeltieres. Hierbei konnte aufgrund der Beobachtungen während der Eingewöhnungszeit unterstellt werden, daß sich in diesen Punkten ranghöhere und rangniedere Tiere nicht voneinander unterscheiden. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Feststellung der sozialen Rangfolge und eine Kennzeichnung der Tiere verzichtet.

Die Trinkvorgänge domestizierter Rinder sollen zunächst in ihrem Verhaltensmuster und Bewegungsablauf an einem typischen Beispiel dargestellt werden. Die Kalbinnen stiegen, von Weide II kommend, in das Flußbett hinunter, das an der Tränkestelle besonders seicht war; die Wassertiefe schwankte zwischen 18 und 28 cm (Abb. 13). Bereits während des Abstiegs über das flache Ufer setzte die Vorphase des Trinkens ein, die durch das Ablecken des Flotzmaules und der Nüstern erkennbar wurde. In der Regel schritten die Kalbinnen dann langsam auf das gegenüberliegende Ufer zu und begannen mit lappenden Zungenbewegungen Wasser zu lecken – Kennzeichen einer Überprüfung des Wasserangebotes in der sogenannten Trinkeinleitung (Abb. 15).

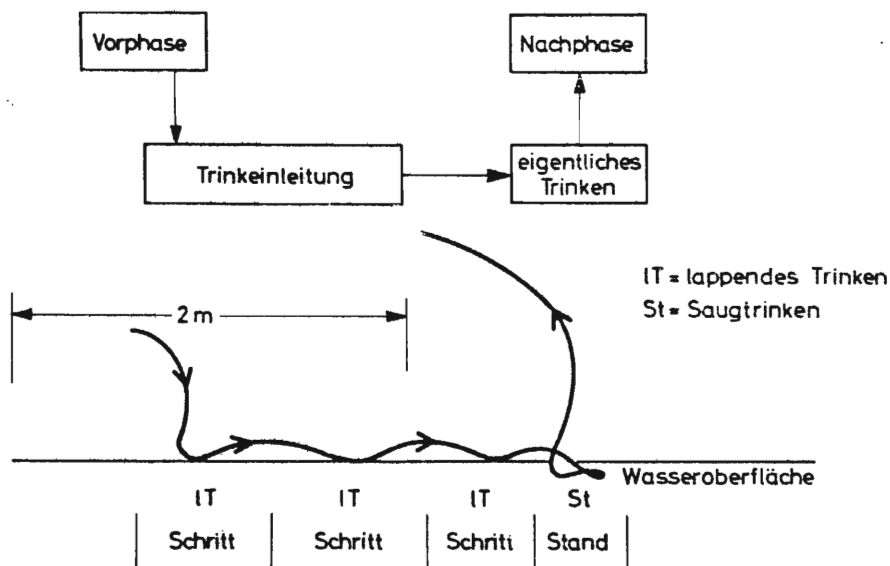


Abb. 15: Bewegung der Maulspitze einer trinkenden Kalbin an einer offenen Wasserfläche (seitliche Ansicht)

Während des eigentlichen Haupttrinkens standen die Tiere mit parallel gestellten, aber etwas seitlich auseinander gespreizten Vorderextremitäten meist seitlich zur Flußrichtung. Nach Beendigung der Wasseraufnahme wurde das noch an den Maulrändern haftende Wasser durch einige gezielte Zungenbewegungen abgeleckt. Oft schloß sich an den ersten Trinkvorgang noch ein zweiter an, der Übergang von der Nachphase des ersten zur Vorphase des zweiten wurde fließend. Das betreffende Tier verharrte dann in seiner Standposition, lappendes Trinken und Saugtrinken waren deutlich als solche zu erkennen, obwohl in der Regel keine räumliche Auftrennung der beiden Trinkbewegungen festzustellen war (Abb. 16).

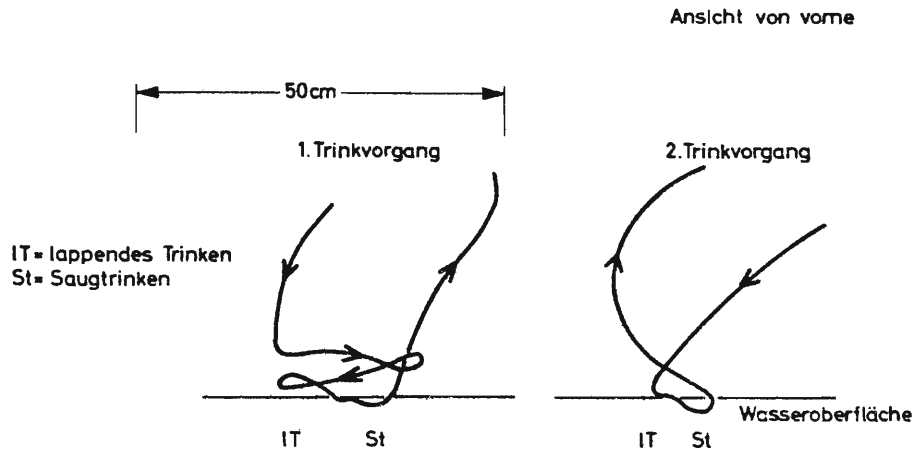


Abb. 16: Bewegungen der Maulspitze einer trinkenden Kalbin an einer offenen Wasserfläche

Um einen Vergleich mit den Daten der nicht domestizierten Rinder durchführen zu können, wurden Trinkdauer je Trinkvorgang, Kopfneigung zur Wasseroberfläche und durchschnittlich benötigte Wasserfläche auf die gleiche Art und Weise ermittelt, wie unter 5.3.1 beschrieben. Bei der Ermittlung der Kopfneigung und der durchschnittlich benötigten Wasserfläche je Trinkvorgang wurden ebenfalls nur Tiere berücksichtigt, die sich während des Trinkens unmittelbar hinter der Rasterwand entweder parallel oder senkrecht zu ihr befanden. In Tabelle 6 sind die so ermittelten Werte zusammengestellt.

Tab. 6: Trinkdauer, Kopfneigung und durchschnittlich benötigte Wasserfläche trinkender Kalbinnen (deutsches Fleckvieh) je Trinkvorgang

Kennwert	Umfang n	Mittelwert $\bar{x}$	Standardabweichung s
Trinkdauer in sec.:			
lappendes Trinken	56	7,7	6,1
Saugtrinken	59	38,3	16,9
Kopfneigung in Grad	28	62,0	5,6
Ø benötigte Wasserfläche in cm ²	23	1057,0	446,9

Betrachtet man zunächst die Trinkdauer der einzelnen Trinkvorgänge, so fällt auf, daß für das einleitende, lappende Trinken im Mittel nur 16,8 % der Gesamttrinkdauer benötigt wird. Ein Vergleich der beiden Standardabweichungen zeigt zudem die größere Schwankungsbreite der Trinkeinleitung auf, sicherlich auch dadurch bedingt, daß bei der Feststellung der Trinkdauer sowohl der erste Trinkvorgang als auch eventuelle Wiederholungen erfaßt wurden, bei denen die Trinkeinleitung in der Regel wesentlich kürzer war.

Die Kopfnäigung zur Wasseroberfläche zeigt sich hierdurch nicht beeinflusst. Auch unterschiedliche Wassertiefen werden durch eine jeweilige Hals-Kopf-Stellung so ausgeglichen, daß die Kopfnäigung nur innerhalb sehr enger Grenzen variiert. Größere Unterschiede weist hingegen die durchschnittlich benötigte Wasserfläche während des Saugtrinkens auf. Die überstrichene Wasserfläche schwankt hierbei während des ersten Trinkvorganges stärker als bei nachfolgenden Wiederholungen (Abb. 16).

Die Beobachtungen trinkender Rinder in Hellabrunn und in der Brandau weisen gemeinsam das Trinken an der offenen, unbegrenzten Wasserfläche auf. Auftretende Unterschiede innerhalb gleicher Kenngrößen sind durch die Domestikation des Rindes bedingt. Auf sie soll in einem später nachfolgenden Vergleich näher eingegangen werden (vergl. Kap. 5.3.4).

Neben der Prägung durch den Mensch stellt die Umwelt die zweite Einflußgröße auf Trinkverhalten und -bewegung dar. Zur Gestaltung einer tiergemäßen Tränkeinrichtung ist demzufolge in einer anschließenden Beobachtungsreihe festzustellen, inwieweit die das Trinken charakterisierenden einzelnen Kennwerte durch die veränderte Umwelt einer künstlich begrenzten Wasserfläche beeinflusst werden.

5.3.3 Beobachtungen zum Trinkverhalten an begrenzter Wasserfläche

Die in dieser Beobachtungsreihe zur Verfügung stehende Wasserfläche wurde durch die Abmessungen des Versuchstroges begrenzt. Sie schwankte aufgrund der Trogform (Abb. 17) je nach Wasserstand zwischen $2\,500\text{ cm}^2$ und $1\,430\text{ cm}^2$. Die maximale Wassertiefe betrug 30 cm.

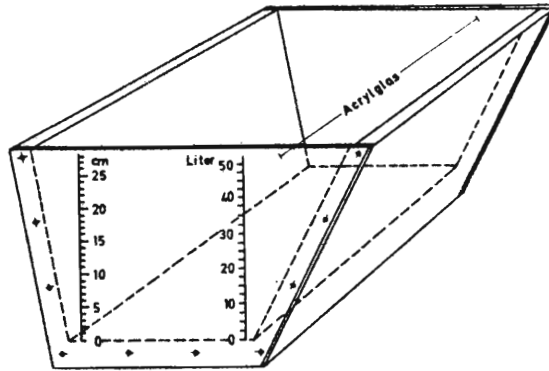


Abb. 17: Versuchstrog

Die beiden Stirnseiten des Troges bestanden aus Acrylglas. Hierdurch konnten der Bewegungsablauf der Wasseraufnahme und die Eintauchtiefe des Flotzmaules genau verfolgt werden. Auf der dem Beobachter zugewandten Acrylscheibe war eine Litereinteilung und eine Markierung des Wasserstandes in cm aufgetragen, so daß auch die aufgenommene Wassermenge je Trinkvorgang erfaßt werden konnte. Nach jedem abgeschlossenen Trinkvorgang - einschließlich Wiederholungen - wurde der Trog wieder bis zur 50 ltr Markierung aufgefüllt. Unmittelbar vor dieser Stirnseite stand zusätzlich eine Rasterwand (130 x 130 cm), so daß auch Bewegungsabläufe oberhalb des Troges maßstabsgerecht ausgewertet werden konnten. Außerdem wurde durch die Rasterwand verhindert, daß sich die Versuchstiere während der Wasseraufnahme zwischen Beobachter und Trog stellten. Für die Auswertung der Kopfneigung zur Wasseroberfläche und der durchschnittlich benötigten Wasserfläche wurden wiederum nur Tiere berücksichtigt, die parallel bzw. auch senkrecht zur Rasterwand standen.

Zur Aufzeichnung der Trinkbewegungen wurde auf eine 16 mm Bolex-Filmkamera zurückgegriffen. Für ihre Auswahl war neben der Objektivstärke die hohe Aufnahme- und Aufnahmegeschwindigkeit (16 Bilder/sec.) entscheidend, die eine verbesserte Auflösung der Bewegungsabläufe für die Auswertung garantierte.

Die Auswertung der Filme erfolgte durch einen Filmprojektor mit Einzelbildschaltung. Das Einzelbild wurde über zwei entsprechend angeordnete Spiegel

Berücksichtigung des durch die Rasterung bekannten Umrechnungsfaktors exakt angeben. Die einzelnen Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengefaßt.

Tab. 7: Trinkdauer, Kopfneigung, durchschnittlich benötigte Wasserfläche und Eintauchtiefe trinkender Kühe

Kennwert	Umfang n	Mittelwert $\bar{x}$	Standardabweichung s
Trinkdauer in sec.:			
lappendes Trinken	36	6,2	3,42
Saugtrinken	36	29,3	11,56
Neigungswinkel in Grad	17	57,2	3,03
Ø benötigte Wasserfläche in cm ²	20	608,5	158,16
Eintauchtiefe in cm	14	3,0	0,66

Aus Tabelle 7 geht hervor, daß die mittlere Trinkdauer insgesamt 35,5 sec. beträgt, wovon rund 17 % auf die Trinkeinleitung entfallen. An den ersten Trinkvorgang schlossen sich mehrfach Wiederholungen an, in einem Ausnahmefall konnten 5 aufeinanderfolgende, in sich abgeschlossene Trinkvorgänge beobachtet werden. Diese Perioden lagen mit jeweils 8 sec. Gesamtdauer deutlich unter der mittleren Trinkdauer.

Für eine artspezifische Wasseraufnahme ist eine bestimmte Kopfneigung zur Wasseroberfläche notwendig. Diese in der Literatur aufgestellte Vermutung (101) wird durch die geringen Abweichungen zwischen den Neigungswinkeln bestätigt. Der unterschiedliche Wasserstand, der in erster Linie bei Wiederholungen eines Trinkvorganges auftrat und eine größere Schwankungsbreite der Standardabweichung bedingen müßte, wurde offensichtlich durch die beiden Drehpunkte D_1 und D_2 (Abb. 6) und eine entsprechende Halskrümmung ausgeglichen.

Der niedrige Mittelwert und die geringe Schwankungsbreite bei der durchschnittlich benötigten Wasserfläche lassen zwei Schlußfolgerungen zu:

Einmal handelt es sich bei dem eigentlichen Trinkvorgang, dem Saugtrinken, um einen sehr gezielten Bewegungsvorgang. Unentschlossenheit bzw. geringe Trinkmotivation oder Trinkstimmung drücken sich dagegen bereits in der Vorphase durch unruhigere Kopfbewegungen aus (Abb. 19), meist wird die Trinkeinleitung dann nach einigen leckenden Zungenbewegungen abgebrochen.

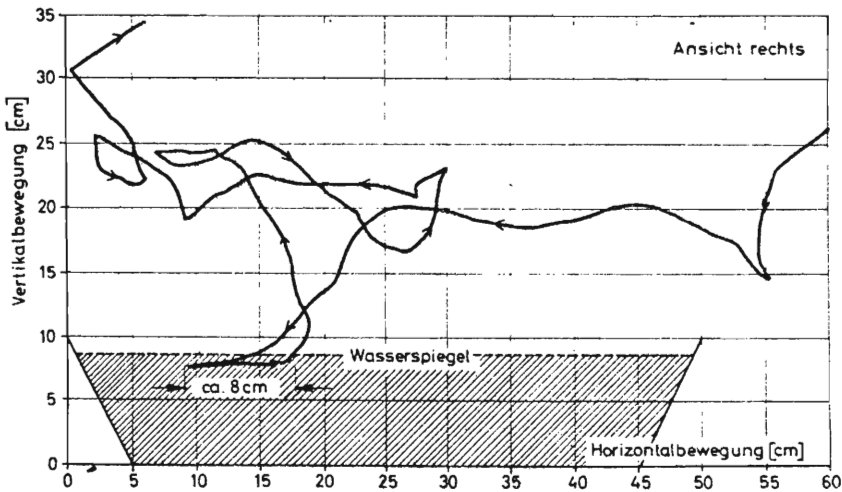


Abb. 19: Trinkvorgang mit geringer Trinkmotivation, Saugtrinken selbst jedoch gezielt und auf eine Fläche von ca. 625 cm² beschränkt (ganze Maulbreite)

Neben die gezielte Bewegung scheint eine zusätzliche Steuerung durch die vorgegebenen Abmessungen des Versuchstroges zu treten. Als Hinweis hierzu ist die niedrige Standardabweichung zu werten.

Die im Mittel mit 3 cm erstaunlich geringe Eintauchtiefe, wobei aufgrund der Standardabweichung größere individuelle Unterschiede ausgeschlossen werden müssen, bedingt während des Saugtrinkens eine fast völlig geschlossene Lippenstellung, soll seitlich einströmende Luft und damit Behinderung des Trinkvorganges ausgeschlossen werden.

Nachdem auch die durch eine künstlich begrenzte Wasserfläche beeinflussten Kennwerte eines Trinkvorganges vorliegen, mußte in einem nachfolgenden Vergleich Größe und Richtung der wirkenden Faktoren Domestikation und künstliche Umwelt Trog bestimmt werden. Diese Einflußbestimmung bildet die Voraussetzung für die Abgrenzung grundsätzlicher Anforderungen des Rindes an die Tränkeeinrichtung aufgrund seines Trinkverhaltens.

5.3.4 Vergleich der Beobachtungsreihen zum Trinkverhalten des Rindes

Die durchgeführten Beobachtungsreihen zum Trinkverhalten weiblicher Rinder umfaßten zum einen die Wildtierform (*bos primigenius*) und das Hausrind (*bos taurus*) an einer offenen Wasserfläche, zum anderen das Hausrind an einer offenen und an einer begrenzten Wasserfläche. Der Vergleich der hier aufgetretenen Verhaltensmuster und Bewegungsabläufe während des Trinkens und der dabei besonders berücksichtigten Kriterien wie Trinkdauer, Stellung des Kopfes zur Wasserfläche und durchschnittlich benötigte Wasserfläche soll aufzeigen, ob Unterschiede auftreten und wenn ja, ob sie zufälliger Natur sind oder nicht.

Da aufgrund des bisherigen Wissensstandes keine Angaben vorliegen, inwieweit sich die den Gesamtwasserbedarf beeinflussenden Faktoren wie Alter, Laktationsstand, Wassertemperatur oder Klimabedingungen auch auf Verhaltensmuster und Bewegungsablauf des Trinkens auswirken, soll bei diesem Vergleich zunächst davon ausgegangen werden, daß derartige Faktoren den Trinkvorgang selbst nicht beeinflussen.

Bei dem Verhaltensmuster des Trinkens konnten in allen drei Beobachtungsreihen Vorphase, Trinkeinleitung, eigentliches Trinken und Nachphase deutlich voneinander unterschieden werden. Spezifische Bewegungen, wie Ablecken des Flotzmaules und der Nüstern, lappende Zungenbewegungen oder das Einsaugen des Wassers, weisen in den verschiedenen Beobachtungen keine Unterschiede auf. Auch die während des eigentlichen Saugtrinkens typische Stellung der Vorderextremitäten ist gleich. Durch ihre leicht vorwärts-seitwärts gespreizte Stellung wird sowohl ein sicherer Stand als auch eine verkürzte Entfernung Rumpf-Wasseroberfläche erreicht. Differierende Bewegungslinien der Maulspitzen während des Trinkens, wie sie schon innerhalb einer Beobachtungsreihe auftraten, müssen als Ausdruck unterschiedlicher Trinkstimmung und Eigenart des Einzeltieres gedeutet werden. Hierdurch nicht zu erklären ist die häufigere Aneinanderreihung von Trinkwiederholungen in der Serie Trog. Jedoch bestätigt eine statistische Überprüfung (Tab. 8) den naheliegenden Schluß einer kürzeren Trinkdauer.

Tab. 8: Kennwerte zum Trinkverhalten weiblicher Rinder an offenen und begrenzten Wasserflächen

Kennwert	Versuchs- serie	Umfang n	Mittelwert $\bar{x}$	Standardabweichung s
Trinkdauer in sec.:				
lappendes Trinken	a	17	12,6	7,72
	b	56	7,7	6,13
	c	36	6,2	3,42
Saugtrinken	a	17	133,6	48,36
	b	59	38,3	16,36
	c	36	29,3	11,56
Kopfneigung in Grad	a	8	63,6	9,12
	b	28	62,0	5,60
	c	17	57,2	3,03
Ø benötigte Wasser- fläche in cm ²	a	5	1391,4	651,86
	b	23	1057,0	446,90
	c	20	608,5	158,16

a) Wildtierform/offene Wasserfläche
c) Hausrind/begrenzte Wasserfläche

b) Hausrind/offene Wasserfläche

Für das Saugtrinken lassen sich sowohl die Unterschiede zwischen Serie a und b als auch zwischen b und c hochsignifikant absichern. Offensichtlich hat zunächst einmal während der Domestikation des Rindes eine Adaption in der Weise stattgefunden, daß sich die Dauer des Saugtrinkens verkürzte.

Zusätzlich übt auf die Trinkdauer offenbar die Begrenzung der Wasserfläche einen Einfluß aus. Dieser Einfluß läßt sich nicht für die Dauer der Trinkeinleitung (lappendes Trinken) nachweisen. Wohl aber besteht ein signifikanter Unterschied in der Dauer der Trinkeinleitung zwischen Wildform und Hausrind.

Die mittlere Kopfneigung der Urrinder zur Wasseroberfläche war mit 63,6° gegenüber 62° der Hausrinder an einer offenen Wasserfläche geringfügig steiler,

diese Differenz ließ sich jedoch nicht absichern. Die im Durchschnitt flachere Kopfreigung beim Trinken aus dem Trog unterscheidet sich dagegen hochsignifikant von den Werten der Serien a und b. Das Ergebnis erstaunt insofern, als bei Beobachtungsserie b die Tiere während des Trinkens der Troghöhe entsprechend tief im Wasser standen und somit der Höhenunterschied Wasseroberfläche - Rumpf gleich war.

Die steuernde Wirkung des Versuchstroges äußert sich noch deutlicher in der durchschnittlich benötigten Wasserfläche der einzelnen Versuchsserien. Während an offenen Wasserstellen zwischen Wildform und Hausrind kein Unterschied abzusichern ist, liegt die durchschnittlich benötigte Wasserfläche am Trog weit unter der Hälfte der am Wassergraben benötigten Fläche. Die Standardabweichung weist daneben eine wesentlich geringere Schwankungsbreite auf. Die Unterschiede zwischen Serie a und c bzw. b und c sind hochsignifikant.

Zusammengefaßt kann also festgestellt werden:

- a) Verhaltensmuster und Bewegungsablauf des Trinkens stimmen in den drei Beobachtungsreihen überein. In dieser Hinsicht erfolgte somit weder durch die Domestikation eine Beeinflussung, noch konnte durch die Wasservorgabe in einem Gefäß eine Veränderung erzielt werden.
Auf Kurzstandverhältnisse übertragen ergibt sich hieraus die Anforderung, die Tränkeeinrichtung zur Vermeidung nasser Liegeflächen über dem Krippenbereich anzubringen, da unabhängig von der Ausformung der Tränkeschale während der Trinkeinleitung mit einem lappenden Trinken und hierdurch verursachten Spritz- und Tropfwasser zu rechnen ist.
- b) Durch die Verwendung eines Versuchstroges werden Kopfstellung und durchschnittlich benötigte Wasserfläche gegenüber einer offenen Wasserfläche verändert. Die durchschnittlichen Neigungswerte verringern sich hierdurch jedoch von 62 auf 57 Grad nur gering und unterstreichen damit die dominierende Bedeutung der endständigen Anlage und gegenseitigen Zuordnung von Maul- und Nasenöffnungen für die Kopfstellung während der Wasseraufnahme. Um dieser artspezifischen Kopfstellung entsprechen zu können, müssen die bei Kurzstandhaltung eingesetzten Tränkeeinrichtungen weit und flachschalig ausgebildet sein. Tiefer ausgeformte Tränkeschalen erbringen aufgrund der

festgestellten, geringen Eintauchtiefe des Flotzmaules keine weiteren Vorteile. Die Weite der Tränkeschale ist durch die durchschnittlich benötigte Wasserfläche festgelegt und ergibt sich aufgrund der tierischen Anpassungsfähigkeit in diesem Punkt zu rund 610 cm^2 .

- c) Die Trinkdauer liefert mit ihren Kennwerten weitere Aussagen zum Trinkverhalten; im Hinblick auf die Entwicklung tiergemäßer Tränkeinrichtungen kann sie im Zusammenhang mit dem notwendigen Wasserzufluß nur begrenzt weiterhelfen, da die Dauer des eigentlichen Trinkens sowohl von der Aufnahmemenge pro Zeiteinheit abhängt, als auch von der aufgenommenen Gesamtmenge.

Angaben über Aufnahmegeschwindigkeit und -menge sind jedoch erforderlich, um durch die vollständige Kenntnis grundsätzlicher Anforderungen des Rindes an die Tränkeinrichtung die Voraussetzung zur Entwicklung tiergemäßer Kurzstandtränken zu schaffen und hierdurch eine artspezifische Wasseraufnahme zu ermöglichen.

5.4 Aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang

Im Gegensatz zur Aufnahmegeschwindigkeit liegen über die Aufnahmemenge pro Tier und Tag eine Reihe von Untersuchungen vor. Da bereits sehr früh die Bedeutung eines ausreichenden Trinkwasserangebotes im Hinblick auf Wohlbefinden und Leistungsbereitschaft unserer Nutztiere erkannt wurde, konzentrieren sich die bisher durchgeführten Untersuchungen in erster Linie auf den Gesamtwasserbedarf des Rindes und auftretende Einflußgrößen. Durch die Vielfalt wirkender Einflußgrößen erklärt sich die Schwankungsbreite des in der Literatur angegebenen Wasserbedarfes. So erhöhen Leistungen jeder Art, wie Wachstum, Trächtigkeit und besonders Arbeit, Milch- und Eibildung die Wasseraufnahme (122). In gleicher Richtung wirken hohe Protein-, Mineralstoff- und Rohfaserzufuhr (58, 73, 81, 101).

PANKRATH (80) kann eine Beeinflussung durch die Tränkeart, TSCHIRCH (108) Abhängigkeiten von der Aufstallungsform insgesamt feststellen. Beziehungen zur Lufttemperatur und -feuchte lassen sich ebenfalls nachweisen.

Derartige Untersuchungen eventueller Einflußgrößen sind in Bezug auf den Gesamtwasserbedarf und damit für Tierhygiene und Tierernährung von zentraler Bedeutung. Sie können aber bei landtechnischen Fragestellungen nur Anregung und Hilfestellung bieten. Hier interessieren vielmehr die erforderlichen Wassermengen je Zeiteinheit bzw. die Mindestnachflußmengen der Tränkeeinrichtungen. Weiterhin muß schwerpunktmäßig nach Lösungsmöglichkeiten für Tränken gesucht werden, die ökonomisch in die Praxis umzusetzen sind und neben arbeitswirtschaftlichen Vorstellungen des Tierhalters den artspezifischen Anforderungen des Rindes entsprechen.

Durch die Einführung von Selbsttränkebecken konnte das arbeitswirtschaftliche Problem der hohen anfallenden Wassertransportmengen (Abb. 20) bei gleichzeitig geringen finanziellen Mehraufwendungen gelöst werden.

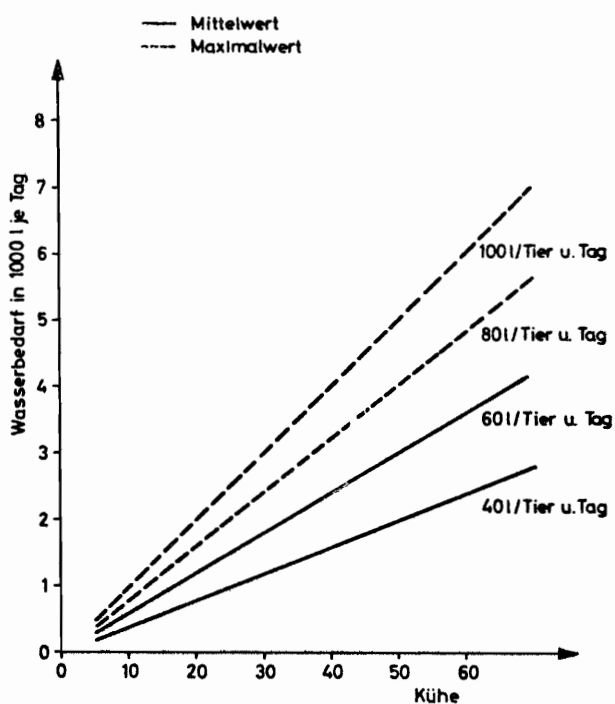


Abb. 20: Anfallender Trinkwasserbedarf eines Milchviehbetriebes bei unterschiedlicher Herdengröße und Aufnahmemenge je Tier (ohne Nachzucht) nach Literaturangaben (56, 80, 106, 108)

Zudem bieten die Selbsttränkeeinrichtungen ständig Trinkwasser an. Inwieweit jedoch die nachfließenden Mengen und damit die Dimensionierung des Zuflusses den artspezifischen Anforderungen des Rindes genügen können, ist aufgrund

der wenigen, bisher vorliegenden Untersuchungen nicht eindeutig zu beurteilen. So gibt SCHÖNHOLZER (101) an, daß Rinder befähigt sind, pro Trinkzug über 500 ccm Wasser aufzunehmen (im Zoo gemessen am Watussi). THOMAS (106) stellt bei aus Trögen trinkenden britischen Frisians Aufnahmegeschwindigkeiten um 18 ltr/min fest.

Weitere genaue Angaben über die durchschnittlich aufgenommenen Wassermengen je Trinkvorgang und Aufnahmegeschwindigkeiten des Hausrindes fehlen in der Literatur. Diese Kenntnis ist aber Voraussetzung, um Tränkebeckenschale und Wasserzulauf den tierischen Anforderungen entsprechend zu dimensionieren.

5.4.1 Frei aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang

Um die artspezifischen Anforderungen des Rindes im Hinblick auf einen ausreichenden Wassernachfluß bestimmen zu können, wurde die freie Aufnahme einer beliebig großen Wassermenge je Trinkvorgang als entscheidendes Kriterium herangezogen. Hierbei war unter freier Aufnahme das Trinken an einer offenen bzw. nur räumlich begrenzten Wasserfläche zu verstehen, die das Trinkwasser direkt und ohne störenden Einfluß irgendwelcher Bedienungselemente in einer durch einen Trinkvorgang nicht zu erschöpfenden Menge anbot.

Unter diesen Voraussetzungen schien der in 5.3.3 beschriebene Versuchstrog geeignet. Er wurde wieder auf der Weide aufgestellt und stand neun Kühen der deutschen Fleckviehrasse zur Verfügung. Da die Tiere an diesen Trog durch vorausgehende Untersuchungen gewöhnt waren, konnte auf eine Eingewöhnung verzichtet werden. Die Ermittlung der aufgenommenen Wassermengen erfolgte an drei aufeinanderfolgenden Tagen im August 1974. Die Beobachtungsperson konnte die aufgenommene Wassermenge je Trinkvorgang direkt an der auf einer Trogseite aufgetragenen Litereinteilung ablesen. Gleichzeitig wurde die Dauer des eigentlichen Saugtrinkens gestoppt. Ein Beobachtungsprotokoll hielt diese beiden Werte fest. Störgrößen, wie etwa gegenseitiges Verdrängen der Tiere, wurden ebenfalls erfaßt und die hierdurch betroffenen Werte bei der späteren Auswertung eliminiert. Nach einem abgeschlossenen Trinkvorgang füllte die Beobachtungsperson den Trog wieder bis zur 50-ltr-Marke auf. Die Auswertung der durch andere Tiere nicht beeinflussten Trinkvorgänge brachte folgendes Ergebnis (Tab. 9):

Tab. 9: Wassermenge und Trinkdauer je Trinkvorgang bei freier Aufnahme
(Stichprobenumfang $n = 46$)

Element	Mittelwert $\bar{x}$	Standardabweichung s
aufgenommene Wassermenge ltr	10,0	4,98
Trinkdauer sec. (Saugtrinken)	30,5	17,60
$\frac{\text{Menge}}{\text{Zeit}} \quad \frac{\text{ltr}}{\text{sec.}}$	0,3 (0,31-0,34)	0,13 (0,12-0,14)

Bei der aufgenommenen Wassermenge müssen Meßfehler im Bereich von ca. 5 % angenommen werden, bedingt durch die vom Versuchstrog vorgegebene Ablesegenauigkeit. Für den Mittelwert $\bar{x}$ der Wassermenge pro Zeiteinheit ergibt sich somit ein Schwankungsbereich von 0,31 - 0,34 ltr/sec bei einer gleichzeitigen Schwankung der Standardabweichung s von 0,12 - 0,14. Die in Tabelle 9 angeführten statistischen Maßzahlen lassen sich durch eine rechnerische Zuordnung der Tränkmenge zu der hierfür benötigten Trinkdauer näher erläutern.

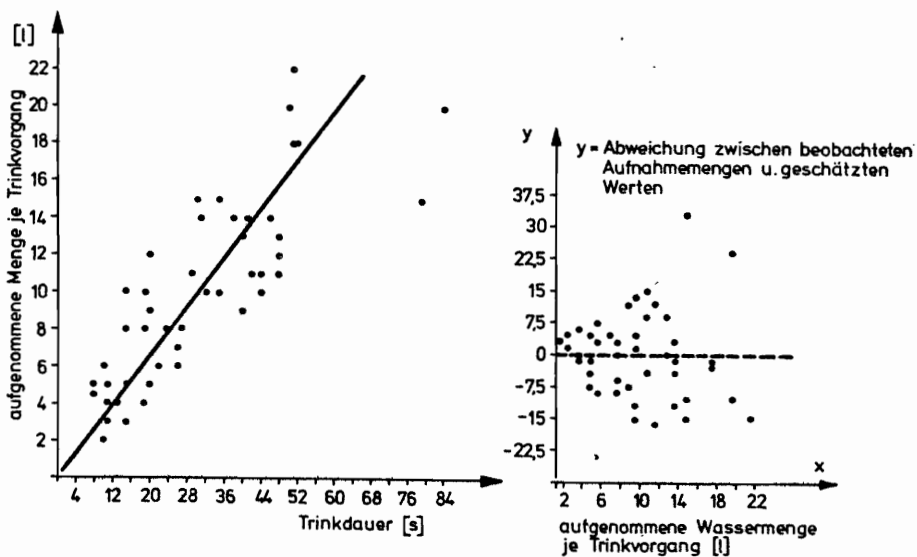


Abb. 21: a) Aufgenommene Wassermengen je Zeiteinheit und Trinkvorgang bei freier Aufnahme (Trog)
b) Abweichung zwischen beobachteten Aufnahmemengen und geschätzten Werten

In Abb. 21, linke Darstellung, sind alle beobachteten Trinkvorgänge in Form eines Punktes festgehalten. Jeder Punkt steht für ein Wertepaar, das sich aus der auf der Abszisse aufgetragenen Trinkdauer und der auf der Ordinate angegebenen aufgenommenen Wassermenge je Trinkvorgang zusammensetzt. Der aufgrund der Punktwolke vermutete Zusammenhang zwischen Trinkdauer und aufgenommener Wassermenge läßt sich durch eine Regressionsberechnung bestätigen. Die Regressionslinie, die sich aus der Summe der kleinsten Abweichungsquadrate aller Beobachtungspunkte bestimmt, ist durch die Beziehung gekennzeichnet

$$(3) \quad y = 3,03 \cdot x$$

und zeigt somit einen linearen Verlauf mit dem Ausgangspunkt $P_0 0/0$. Die nachgewiesene Beziehung berechtigt letztlich erst zur Angabe einer mittleren Aufnahmegeschwindigkeit je Trinkvorgang.

In der rechten Darstellung ist der Zusammenhang zwischen der Trinkdauer (x) und der Abweichung (y) zwischen geschätzten und beobachteten Aufnahmemengen angegeben. Es zeigt sich, daß mit zunehmender Trinkdauer auch die Abweichung zwischen den durch die Regression geschätzten Werten und den tatsächlichen Aufnahmemengen wächst. Die Beziehung verliert somit an Schärfe und weist zunehmende individuelle Unterschiede auf.

Aus den Ergebnissen der freien Wasseraufnahme am Trog ist der Schluß zu ziehen, daß tiergemäße Tränkeeinrichtungen den Rindern pro Trinkvorgang mindestens 10 ltr Wasser zur Verfügung stellen bzw. pro Sekunde rund 0,3 ltr nachliefern müssen. Eine Auslegung des Wassernachflusses auf maximale Trinkgeschwindigkeiten erscheint für ein ungestörtes, artspezifisches Trinkverhalten nicht erforderlich.

Aufgrund der nun vorliegenden Kennwerte stellte sich die Frage, inwieweit die heute zu fast 100 % verwendeten Selbsttränkeeinrichtungen diesen Anforderungen genügen können. Wie reagiert das trinkende Rind auf einen zu geringen Wassernachlauf? Ist das häufig zu beobachtende, rein lappende Trinken mit seinen Folgeproblemen nicht allein auf eine schlechte Erreichbarkeit der Tränkeeinrichtung zurückzuführen, sondern auch durch einen zu geringen Wasserzufluß bedingt?

5.4.2 Aufgenommene Wassermengen je Trinkvorgang an Selbsttränken

Zur Klärung der aufgeworfenen Fragen mußten die an heute üblichen Selbsttränkeeinrichtungen aufgenommenen Wassermengen bestimmt werden. Hierfür wurden zwei Ventiltränkebecken ausgewählt, die sich sowohl in der Ausführung der Bedienungselemente und Tränkeschalen unterscheiden, als auch eine differierende Auslegung des Fassungsvermögens und der Zulaufgeschwindigkeit aufweisen (Tab. 10). Es sollte hierdurch gewährleistet werden, daß eine eventuelle konstruktionsbedingte Eigenheit eines Tränkebeckens in ihrem Einfluß auf die aufgenommene Wassermenge je Trinkvorgang erkannt und bei der Wertung der Versuchsergebnisse berücksichtigt werden konnte.

Tab. 10: Ausführung der eingesetzten Ventiltränkebecken

Merkmal	Typ I			Typ II	
Bedienungselement	Stempel			Mittelhebel	
Form	rund, tief			oval, flachschalig	
Ausladung v. d. Wand	245	mm		270	mm
Breite	295	mm		320	mm
Höhe	105	mm		90	mm
Fassungsvermögen Wasserstand 4 cm ¹⁾	0,5	ltr		0,9	ltr
Zulaufgeschwindigkeit ²⁾ bei ...	0,49	1,5	ltr/min	3,6	ltr/min
	0,98	1,9	ltr/min	5,7	ltr/min
bar Druck	1,96	2,9	ltr/min	8,4	ltr/min
	2,94	3,6	ltr/min	10,0	ltr/min
	3,92	4,1	ltr/min	12,3	ltr/min
	4,90	4,4	ltr/min	13,5	ltr/min
	5,88	4,7	ltr/min	14,4	ltr/min

1) vergleiche Kap. 5.3.3

2) Durch mechanische Betätigung des Bedienungselementes öffnet sich das federbelastete Ventil und gibt den Wasserzulauf frei. Die Zulaufgeschwindigkeit hängt dabei im wesentlichen vom Querschnitt der Ventildüse und dem herrschenden Wasserdruck ab.

Um individuelle Eigenheiten im Trinkverhalten eines Einzeltieres auszuschließen, wurden zwei hochtragende Kalbinnen der deutschen Fleckviehrasse, die somit nicht dem Tagesrhythmus des Melkens und dem damit verbundenen Flüssigkeitsentzug unterlagen, in den Versuch einbezogen, und nacheinander in dem selben Versuchsstand aufgestellt. Der gegenseitige Austausch der Tränkebecken erfolgte frühestens nach drei Versuchstagen und richtete sich hierbei nach der Anzahl der registrierten Trinkvorgänge.

In einem achttägigen Vorversuch gewöhnten sich die beiden Kalbinnen an die Versuchstränkebecken, gleichzeitig diente dieser Zeitraum zur Überprüfung der eingesetzten Versuchstechnik. So bot es sich von der Meßtechnik her zunächst an, an die Wasserleitung eine Wasseruhr anzuschließen. Ein an das Bedienungselement des Tränkebeckens eingebauter Fremdsignalgeber sollte am Anfang und Ende eines Trinkvorganges eine Filmkamera mit Einzelbildschaltung und parallel geschaltetem Blitzgerät auslösen, um Wasserverbrauch und durch eine zusätzliche aufgestellte Uhr auch Zeitpunkt des Trinkvorganges festzustellen. Dieses Vorhaben scheiterte aus zwei Gründen:

- a) Da die kleinste vorhandene Wasseruhr für einen maximalen Meßbereich von $6 \text{ m}^3/\text{Std}$ ausgelegt war, erreichte der durch die Tränkebecken und den herrschenden Wasserdruck vorgegebene Wasserdurchlauf nur 2,9 bzw. 8,4 % und lag damit unter der 10 % Grenze, ab der derartige Wasserzähler zuverlässig arbeiten.
- b) Es gelang nicht, die durch Blitzlicht und konvexe Glasscheiben hervorgerufenen Spiegelungen an Wasser- und Zeituhr zu beseitigen.

Aus diesem Grunde mußte auf eine fotografische Registrierung verzichtet und Anzahl der Trinkvorgänge, aufgenommene Wassermenge und Trinkdauer auf mechanisch-elektrischem Wege aufgezeichnet werden (Abb. 22).

Hierzu hing ein gut gereinigtes und geschmacksneutrales 100 ltr Aluminiumfaß an einem Zugkraftgeber (Auslegung 981 N; Auflösung $1^0/100$). Den für die Wasserleitung nötigen Druck lieferte eine an das Faß angeschlossene Druckluftflasche mit 1,96 bar. Bei der Eichung des Systems und dem Abgleich der Meßinstrumente erwies es sich als sinnvoll, für das leere, aber an Druckluft- und

Wasserleitung angeschlossene Faß den Meßwert 0 anzunehmen. So ließ sich nach dem Befüllen mit Wasser der Verbrauch direkt als Gewichts-differenz über Zugkraftgeber und Meßverstärker auf den Meßschreiber übertragen und unmittelbar ablesen. Der mögliche Meßfehler des Systems lag unter 1 %. Als weiterer Vorteil konnte gelten, daß durch den eingestellten Papiervorschub des Meßschreibers eine gleichzeitige zeitliche Bestimmung des Trinkvorganges und der Trinkdauer auf dem selben Schrieb möglich wurde. Überprüfung des Luftdruckes und der Meßapparatur, sowie das Auffüllen des Wasserfasses erfolgten täglich um 8.00 Uhr. Der Versuch selbst erstreckte sich von Mitte August bis Mitte September 1974.

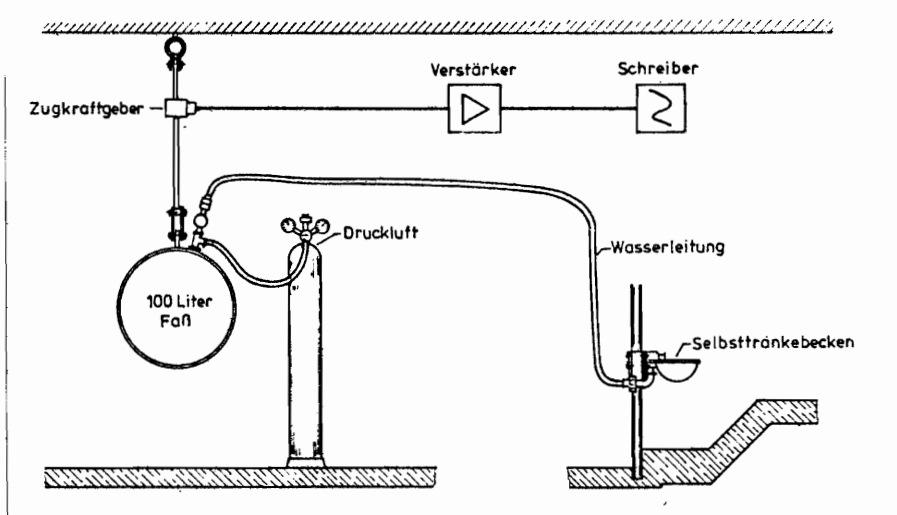


Abb. 22: Versuchsanordnung zur Ermittlung der aufgenommenen Wassermengen pro Trinkvorgang

Betrachtet man zunächst die tageszeitliche Verteilung der einzelnen Trinkvorgänge unter Kurzstandbedingungen (Abb. 23), so geht im Gegensatz zur Weidehaltung mit freier Aufnahme an offenen Wasserstellen die zeitlich eng begrenzte Blockbildung der Wasseraufnahme verloren (Abb. 14). Die einzelnen Trinkvorgänge ziehen sich über weite Teile des Tages auseinander, allerdings bleibt auch hier die Wasseraufnahme während der Nachtstunden in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von HIMMEL (49) die Ausnahme.

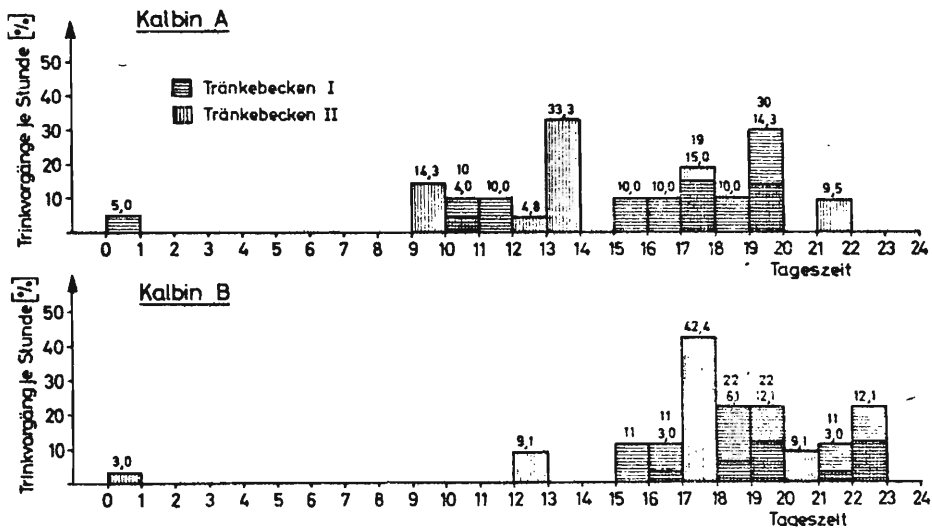


Abb. 23: Tageszeitliche Verteilung der Trinkvorgänge

Die in Abbildung 23 festgehaltenen häufigen Trinkwiederholungen lassen erkennen, daß das momentane Wasserangebot der verwendeten Selbsttränken nicht ausreichte, die Rinder in den ihnen eigenen, tiefen Zügen trinken zu lassen, also ihrem artspezifischen Trinkverhalten nicht entsprach. Diese Beobachtung wurde durch die niedrigen, durchschnittlichen Aufnahmemengen der einzelnen Trinkvorgänge von 1,33 bis 1,44 ltr bestätigt (Tab. 11).

Tab. 11: Statistische Maßzahlen der aufgenommenen Wassermengen je Trinkvorgang
(2 Kalbinnen, 2 Selbsttränkebecken)

		Kalbinnen								
		A			B			Σ A+B		
		n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s
I	n	20			9			29		
	$\bar{x}$	1,44			1,33			1,41		
	s		0,72			0,83			0,74	
II	n	21			33			54		
	$\bar{x}$	1,36			1,37			1,37		
	s		1,32			1,26			1,29	
ΣI+II	n	41			42			83		
	$\bar{x}$	1,42			1,36			1,39		
	s		1,09			1,17			1,12	

n = Umfang
 $\bar{x}$ = Mittelwert
 s = Standardabweichung

der Stichprobe

Vergleicht man die statistischen Maßzahlen in den verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten zwischen den beiden Kalbinnen und den zwei Selbsttränkebecken bzw. deren Summen Σ , so fällt der geringe Unterschied zwischen den einzelnen Mittelwerten auf. In einem einfachen, statistischen Testverfahren läßt sich nachprüfen, ob diese Schwankungen zufälliger Natur oder durch einen bestimmten Einfluß bedingt, also signifikant sind. Es ergaben sich jedoch für keine der aufgetragenen Kombinationsmöglichkeiten Kalbin/Tränkebecken signifikante Unterschiede. Das bedeutet zum einen, daß die zwischen beiden Kalbinnen auftretenden Unterschiede zufällig sind, also keine individuellen Eigenarten die Wasseraufnahme bestimmten. Zum anderen läßt sich für die beiden Tränkebecken folgern, daß die Kalbinnen mit Hilfe der unterschiedlich konstruierten Bedienungselemente die Ventile nicht gleichmäßig weit öffnen konnten. Aufgrund der sich in ihren Kennlinien ausdrückenden verschiedenen Zulaufgeschwindigkeiten - Typ II erreichte fast den dreifachen Betrag von Typ I - und der in Tabelle 11 angegebenen Aufnahmemengen ließ sich schließen, daß der Mittelhebel des Tränketyps II für die Kalbinnen zu schwergängig war und nicht voll zurückgedrückt werden konnte. Wäre dagegen am Stempelventil des Typs I eine Behinderung aufgetreten, hätte die Differenz der Aufnahmemenge das Dreifache übersteigen müssen.

Die Wirkung des geringen Wasserzuflusses bei beiden Selbsttränken auf zeitlichen Ablauf und aufgenommene Wassermengen zusammenhängender Trinkvorgänge ist in Abbildung 24 an zwei typischen Beispielen dargestellt.

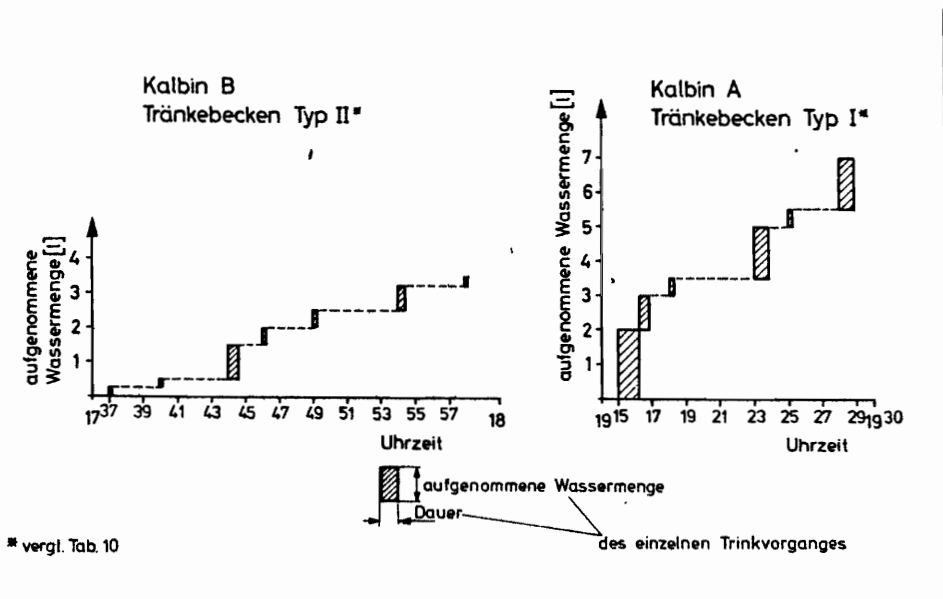


Abb. 24: Einfluß von 2 Selbsttränkebecken auf Trinkrhythmus und aufgenommene Wassermengen zusammenhängender Trinkvorgänge (2 Kalbinnen)

Es handelte sich dabei jeweils um eine Kette aufeinander folgender Trinkvorgänge. Die Trinkdauer schwankte in den dargestellten Beispielen zwischen ca. 7 und 60 sec und lag damit im gleichen Bereich wie bei freier Wasseraufnahme. Die während dieser Zeitspannen in die Tränkebecken nachlaufenden Wassermengen lagen nur zwischen 0,25 und 2 ltr und entsprachen damit dem saugtrinkenden Rind schlecht, da dieses nach SCHÖNHOLZER (101) bereits pro Trinkzug über 500 cm^3 Wasser aufnimmt. Die Folge sind häufige Trinkunterbrechungen. Die aufgenommene Gesamtwassermenge (Abb. 24: Beispiel Kalbin B, Tränkebeckentyp II) entspricht mit 3,5 ltr bei 7 Wiederholungen der Aufnahme einiger weniger Trinkzüge eines einzigen Trinkvorganges bei freier Aufnahme.

5.4.3 Vergleich der Ergebnisse und Wertung

Wie die Beobachtungen der freien Wasseraufnahme am Trog zeigten, sind Rinder in der Lage, 22 ltr Wasser während eines Trinkvorganges in weniger als 1 Minute aufzunehmen. Sie erreichten damit eine Aufnahmegeschwindigkeit von rund 0,4 ltr/sec. Für die Durchschnittswerte ergab sich nach Abzug eines maximal 5 %igen Ablesefehlers eine Aufnahmemenge von 9,5 ltr je Trinkvorgang bei einer mittleren Aufnahmegeschwindigkeit von 0,31 ltr/sec. bzw. 18,6 ltr/min. Somit wird die von THOMAS (106) festgestellte Aufnahmegeschwindigkeit von 18 ltr/min. bestätigt. Die verwendeten Selbsttränkebecken lassen aufgrund ihrer Kennwerte aber nur eine Zulaufgeschwindigkeit von 2,9 ltr/min. bzw. 8,4 ltr/min. bei 1,96 bar zu. Diese Werte gelten weiterhin nur unter der Voraussetzung, daß durch die Tiere das Ventil vollständig geöffnet wird. Da an den Selbsttränkebecken keine längeren Trinkzeiten je Trinkvorgang festgestellt werden konnten als am Trog, mußte sich die reduzierte Aufnahmegeschwindigkeit auf die aufgenommene Menge je Trinkvorgang auswirken.

Somit bleibt also festzuhalten, daß die heute meist üblichen Selbsttränkebecken (130, 131, 132, 133) die von den Rindern geforderten Wassermengen nicht nachliefern können und deshalb nur bedingt funktionsgerecht sind. Das artspezifische tiefe Einsaugen des Wassers ist gestört. Die aneinander gereihten, häufigen Wiederholungen stellen einen Notbehelf dar. Inwieweit sich hierdurch Störungen des tierischen Organismus und damit Auswirkungen auf die Leistungsbereitschaft ableiten lassen, ist bisher ungeklärt.

Soll der Wasserzufluß der Selbsttränken deshalb an die Aufnahmegeschwindigkeit des Rindes angeglichen werden, so ist

- a) zu überprüfen, inwieweit aufgrund der durch das vorliegende Wasserleitungssystem bedingten Größen, wie Leitungsquerschnitt und -druck, die erforderliche Strömungsmenge bzw. Wassernachlauf erreicht werden kann. Zu geringe Strömungsmengen lassen sich hierbei durch eine Querschnitt- bzw. Druckvergrößerung erhöhen.
- b) Die Ventilöffnungen müssen in Abhängigkeit vom herrschenden Wasserdruck größer dimensioniert werden.

Unterstellt man nun die Daten der freien Wasseraufnahme als den für das Rind günstigen Normalfall, so errechnen sich für eine geforderte Aufnahmegeschwindigkeit von 0,31 ltr/sec. die entsprechenden Strömungsgeschwindigkeiten für verschiedene Rohrdurchmesser der Wasserleitung nach der Formel

$$(4) \quad w = \frac{V_s}{F} = \frac{4 V_s}{d^2}$$

Es bedeuten:

w	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in m/sec.
V_s	Strömungsmenge in m ³ /sec.
F	Fläche in m ²
d	Rohrdurchmesser in m

Die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten sind in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser (lichte Weite) in Abb. 25 aufgezeigt.

Unberührt hiervon bleiben die Auswirkungen auf die Druckverhältnisse in einem vorgegebenen Wasserleitungssystem. Abb. 26 stellt die Abhängigkeit des Wasserdrucks von verschiedenen Rohrdurchschnitten (lichte Weiten) bei fest vorgegebener Strömungsmenge unter idealen Bedingungen dar, bei denen Rohrwiderstände, Temperatur des Mediums etc. zunächst unberücksichtigt bleiben.

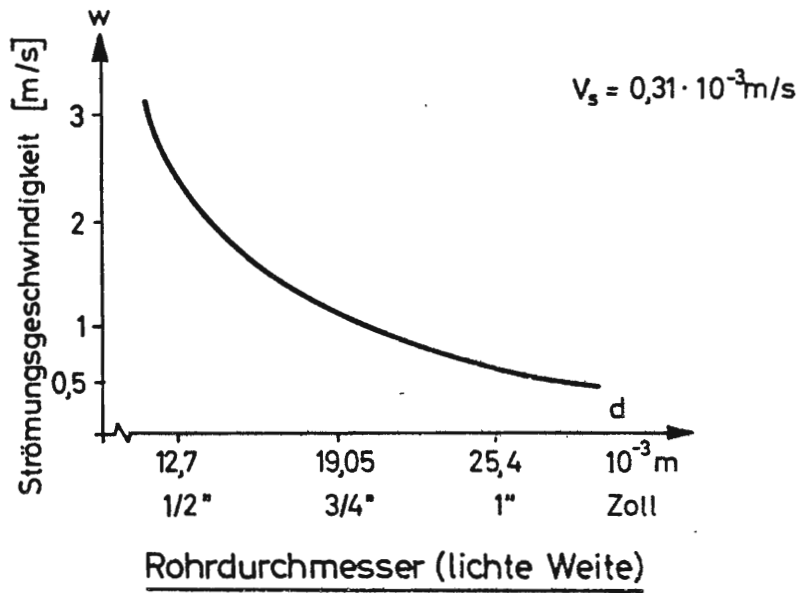


Abb. 25: Einfluß des Rohrdurchmessers d auf die mittlere Strömungsgeschwindigkeit w

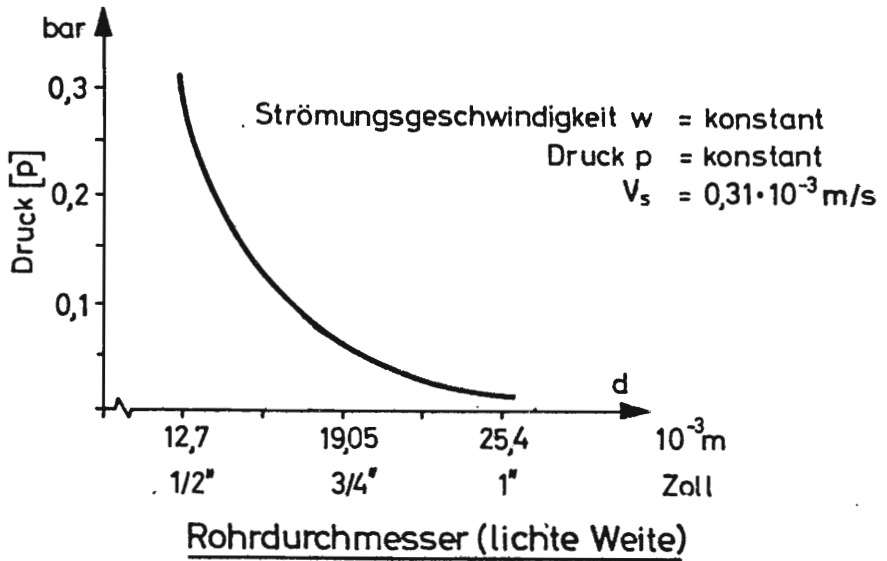


Abb. 26: Notwendiger Druck p bei vorgegebener Strömungsmenge V_s und verschiedenen Rohrdurchmessern d (ideale Bedingungen)

Hierbei gilt: (5) $p = s \cdot h$ $s_{H_2O} = 1$

$$(6) \quad V_s = F \cdot 2gh = \frac{d^2}{4} 2gh$$

$$(5) \text{ in } (6) \quad p = \frac{8 \cdot s \cdot V_s^2}{d^4 \cdot g} \quad (33,64)$$

Es bedeuten:

- p Druck in bar bzw. kp/cm^2
- s spezifisches Gewicht in kp/m^3
- h Druckhöhe in m
- V_s Strömungsmenge in $\text{m}^3/\text{sec.}$
- F Fläche in m^2
- g Fallbeschleunigung in m/sec.^2
- d Rohrdurchmesser in m

In Wirklichkeit können aber die in der Praxis auftretenden Einflußfaktoren auf den Strömungsvorgang, wie Leitungslänge, Reibung bzw. Rauigkeit des Materials, Anzahl der eingebauten Bögen, Winkel, T-Stücke und Ventile, Steigung und Temperatur des Mediums, nicht vernachlässigt werden. Sie würden bei konstant zu haltender Strömungsmenge eine Veränderung des Wasserdruckes erfordern.

Im Einzelfall erfolgt deshalb die Berechnung des erforderlichen Leitungsquerschnittes bzw. Druckes mit Hilfe der in der DIN 1988 (137, 138) zusammengestellten Tabellenwerte, da hier die aufgezählten Einflußfaktoren bereits berücksichtigt sind. Der erforderliche Leitungsquerschnitt ergibt sich für 2 praktische Beispiele nach DIN 1988 wie folgt:

Anbindehaltung, 2reihige Aufstallung

	Stall I	Stall II
Anzahl der Milchkühe	20	50
maximale Wasserleitungslänge in m (Stahlrohre)	17	33,5
Anzahl der Selbsttränken pro Standreihe	6	13
geforderte Durchflußmenge in ltr/sec.	0,3	0,3
Belastungswerte* BW	38	255
Druckverluste in bar bei lichten Rohrweiten von		
32 mm	0,6	-
40 mm	0,2	-
50 mm	-	0,9
erforderlicher Leitungs- querschnitt in mm	32	50

* Belastungswert = Bezugswert zur Durchflußmenge eines 3/8 "-Auslaufventils mit 0,25 ltr/sec.

Nach der Berechnungsanleitung zur DIN 1988 ist die lichte Weite bzw. der Leitungsquerschnitt so zu wählen, daß der Druckverlust von dem Anschlußpunkt bis zur letzten Entnahmestelle den verfügbaren Druck nicht überschreitet, ihm aber doch möglichst nahe kommt. Hierbei muß der Mindestfließdruck an den Auslaufventilen noch 0,5 bar betragen. Die geforderte Durchflußmenge von 0,3 ltr/sec. wird aufgrund der vorliegenden Belastungswerte somit nur durch Verwendung der Mindestrohrdurchmesser (lichte Weiten) 32 mm für Stall I und 50 mm für Stall II erreicht. Auf praktische Verhältnisse übertragen bedeutet dies, daß die in den landwirtschaftlichen Betrieben meist verwendeten 1/2-Zoll-Nebenleitungen für eine Durchflußmenge von 0,3 ltr/sec. zu schwach ausgelegt und deshalb größer zu dimensionieren sind. Dies geht auch aus Abb. 27 hervor, in der die Abhängigkeit zwischen dem notwendigen Mindestdruck und den lichten Rohrweiten der Wasserleitungen in verschiedenen Anbindestallgrößen aufgezeigt ist. So empfiehlt es sich z. B. in Bestandsgrößen von mehr als 20 Kühen bei zweireihiger Aufstallung auf lichte Rohrweiten von 40 bzw. 50 mm auszuweichen, um die geforderte Durchflußmenge von 0,3 ltr/sec. problemlos zu erreichen.

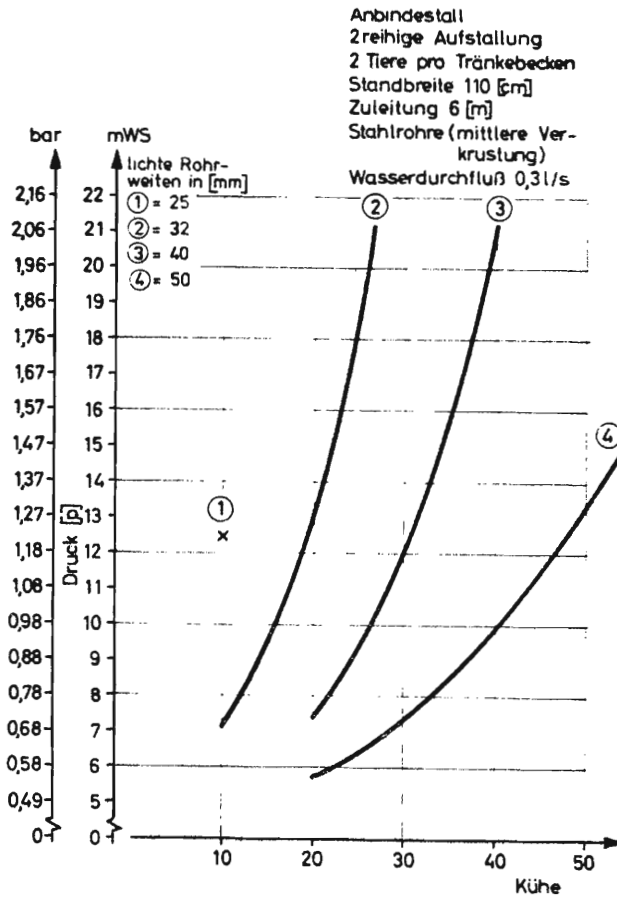


Abb. 27: Einfluß der lichten Rohrweite auf den notwendigen Mindestdruck der Wasserleitungen in unterschiedlich großen Anbindeställen

Hierbei bleibt offen und Aufgabe künftiger Untersuchungen, inwieweit die bisher üblichen Tränkebeckenformen und Ventilausführungen weiter verwendet werden können oder aber entscheidende Veränderungen vorgenommen werden müssen. In diesem Zusammenhang ist auch grundsätzlich eine Veränderung des gesamten Tränkesystems zu diskutieren:

Denkbar wäre z. B. bei Einzeltierhaltung ein offenes Wasserleitungssystem, das an einem zentralen Hauptbehälter unter der Stalldecke angeschlossen ist, oder aber für jedes Selbsttränkebecken einen gesonderten Behälter aufweist. Eine abnehmbare Abdeckung könnte die Verschmutzung des Trinkwassers durch Staubablagerungen verhindern.

Die Steuerung des Wasservorrates könnte durch ein Schwimmerventil erfolgen, der nötige Wasserdruck würde durch die Höhendifferenz zwischen Behälter und

Tränkebecken erreicht. Die Wasserleitungen zu den Selbsttränken könnten aufgrund der geringen Entfernung ohne zusätzlichen finanziellen Aufwand größer dimensioniert werden. Dieses System hätte folgende Vorteile:

- größere Aufnahmemengen pro Trinkvorgang
- temperiertes Wasser
- möglicher Seuchenschutz durch Trinkwasservaccination
- große Funktionssicherheit

5.5 Horizontale Zuordnung der Selbsttränken zum Tier

Neben den ausreichenden Wassernachlauf tritt als gleichwichtige tierische Anforderung eine gute Erreichbarkeit der Tränkebecken sowie eine einfache Betätigung der Bedienungselemente. Grundsätzlich erlernen die Rinder den Mechanismus von Selbsttränken innerhalb kurzer Zeit. PORZIG (83) vermutet deshalb, daß der zur Bedienung erforderliche Stoß mit der Nase auf das Ventil, die seitlichen Pendelbewegungen wie auch die nickenden Kopfbewegungen bei den Rindern eine dem Verhaltensinventar zuzuordnende Verhaltensweise ist.

Diese Verhaltensweise nutzt das Prinzip der Wasserversorgung über Selbsttränken. Um aber tier- und damit auch funktionsgerecht zu sein, müssen der Bewegungsablauf während eines unbehinderten Trinkvorganges und die Bewegungsmöglichkeiten der in der Stallumwelt gehaltenen Tiere berücksichtigt werden. Beobachtungen des Trinkvorganges im Stall verdeutlichen, daß die Selbsttränkebecken aufgrund der bisher im Kurzstand üblichen Zuordnung von den Rindern oft nur unter Schwierigkeiten erreicht und bedient werden können. Hinweise hierzu geben zum einen die Wasseraufnahme über lappende Zungenbewegungen – im Normalfall an einer offenen Wasserfläche Kennzeichnung einer Trinkeinleitung – zum anderen starke Schlürfgeräusche während der Aufnahme. Die Folgen können verminderte Wasseraufnahme und starke Vernässung von Futterkrippe und Standplatz sein.

Ziel der nachfolgenden Untersuchungen war es daher, für das in der Einzelhaltung auf seinem Standplatz fixierte Tier eine Zuordnung der Selbsttränke und eine Ausformung der Schale sowie der Bedienungselemente zu finden, die eine leichte Zugänglichkeit und eine durch Bedienungselemente nicht beeinträchtigte Wasseraufnahme garantiert.

5.5.1 Methodisches Vorgehen und Versuchsdurchführung

Eine den tierischen Anforderungen entsprechende Zuordnung des Selbsttränkebeckens im Kurzstand bzw. Anordnung seiner Bedienungselemente war am leichtesten dann zu finden, indem den Tieren über einen Wahlversuch die Möglichkeit geboten wurde, sich für einzelne der Zuordnungsvarianten frei zu entscheiden. Um echte Alternativen der Zuordnung anbieten zu können, muß das Tränkebecken für die freibeweglichen Tiere von allen Seiten gleich gut zugänglich sein. Dabei war zu berücksichtigen, daß auf die Standplatzwahl neben den Tränkeinrichtungen zusätzliche Einflußfaktoren einwirken, wie z. B. das Individualverhalten und die in Abb. 28 aufgeführten Umwelteinflüsse.

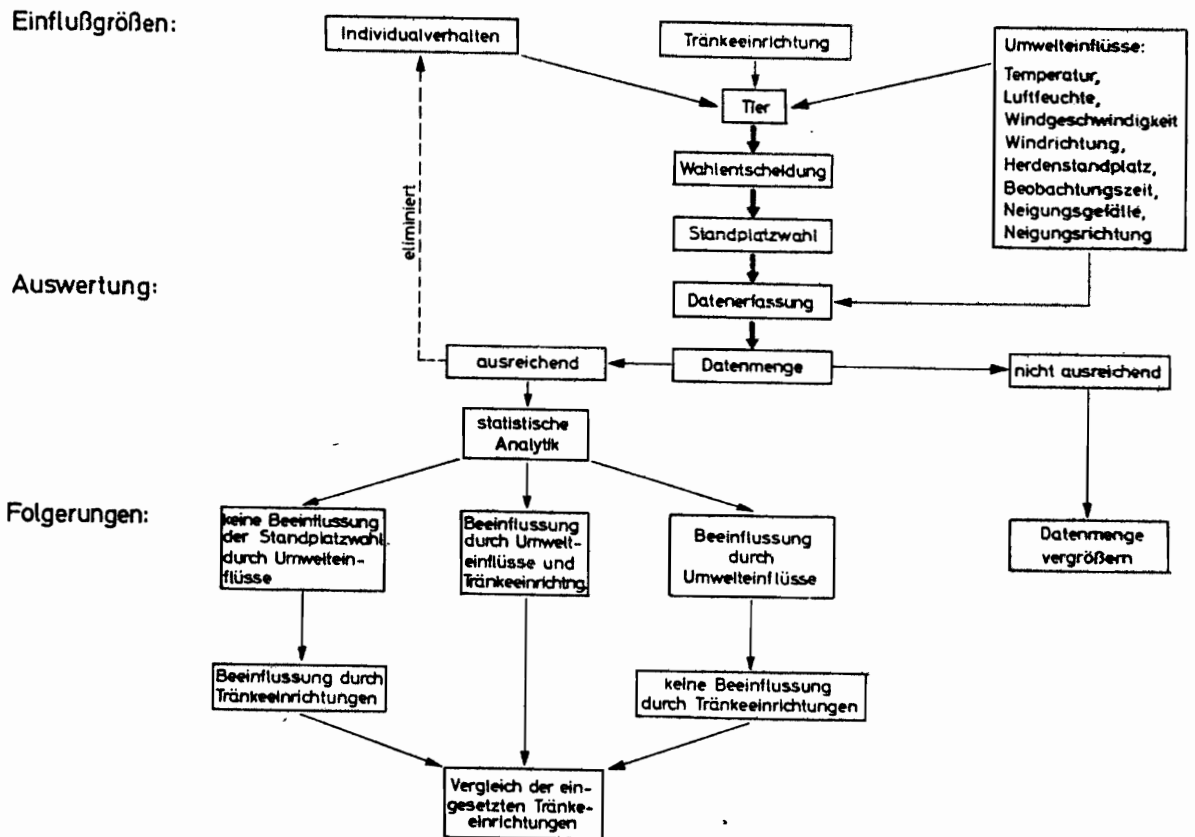


Abb. 28: Einfluß von Tränkeinrichtungen auf die Standplatzwahl trinkender Rinder

Damit der Grund der einzelnen Wahlentscheidungen leichter erkannt werden konnte, war es ratsam, die Anzahl der Einflußfaktoren so gering wie möglich zu halten. So ließ sich das Individualverhalten des Einzeltieres als Einfluß-

größe eliminieren, indem die Datenmenge von einer größeren Anzahl an Versuchstieren gewonnen wurde. Dagegen können die bei einem Freilandversuch durch Witterung oder natürliche Geländegegebenheiten bedingten Einflußfaktoren nicht gesteuert werden. Die Durchführung als Freilandversuch war dennoch zweckmäßig, da hier der von allen Seiten unbehinderte Zutritt zur Tränke am ehesten möglich ist. Die verbleibenden Einflußgrößen mußten somit bei jeder Wahlentscheidung berücksichtigt werden und gemeinsam mit der Standplatzwahl in die Datenerfassung eingehen. Erst die statistische Analytik ließ die Beurteilung zu, ob im Einzelfall die Wahlentscheidung durch einen oder mehrere Einflußfaktoren erklärt werden kann oder nicht.

Um den Einfluß unterschiedlicher Bedienungselemente und ihrer Anordnung beurteilen zu können, wurden verschiedenartige Selbsttränken und zum Vergleich ein Versuchstrog in aufeinanderfolgenden Versuchsserien eingesetzt. Auf einen gleichzeitigen Einsatz der Tränkeeinrichtungen wurde verzichtet, um eine zu starke Überlagerung verschiedener Einflüsse zu vermeiden.

Spielt das Tierverhalten bei einer Versuchsdurchführung die ausschlaggebende Rolle, so muß dafür Sorge getragen werden, daß durch die Beobachtung der Tiere bzw. ganz allgemein durch die Versuchstechnik jede Beeinflussung des tierischen Verhaltens vermieden wird. EIBL (zitiert nach SCHOLZ, 102) weist darauf hin, daß morphologische Merkmale oder chemische und optische Wirkungen für bestimmte Verhaltensarten Auslösemechanismen sein können. Deshalb schlagen verschiedene Autoren vor (59, 102), diese Art der Beeinflussung durch die Beobachtungsperson mit Hilfe von Beobachtungskabinen oder durch den Einsatz von Kleinbussen bzw. die Errichtung von Hochsitzen auszuschalten.

Diese Beobachtungshilfen erübrigten sich durch das vorgegebene hängige Gelände des Versuchsbetriebes (Betrieb Huber, Kleinviecht), da sich die Beobachtungsperson bei gutem Überblick außerhalb der Weide in ca. 20 m Entfernung von der Tränkestelle aufhalten konnte, ohne daß die Tiere in ihrem Verhalten beeinflusst wurden. Das Wasser wurde von einem Brunnen des erhöht liegenden Gehöftes durch aneinandergeschlossene Gartenschläuche zum Selbsttränkebecken im Weidegrund geleitet (Abb. 29). Durch die Schlauchleitung war das Tränkebecken auf der Weide frei versetzbar und von allen Seiten gut zugänglich.

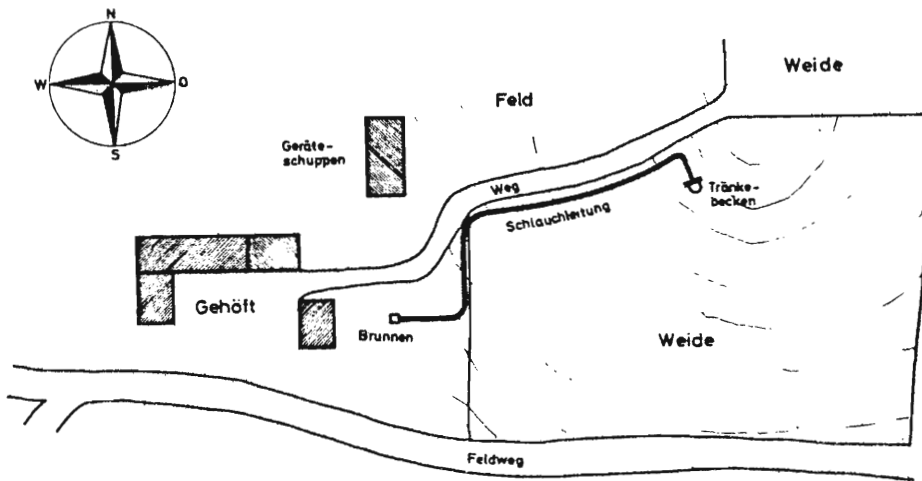


Abb. 29: Standortbedingungen des Wahlversuches

Die 10 Versuchskühe, 9 Tiere der Deutschen Fleckviehrasse und 1 Tier der Schwarzbunten Niederungsrasse, waren mit dieser üblichen Art der Wasserversorgung vertraut. Die Gewöhnung an die verschiedenen Selbsttränkebecken und den Versuchstrog in der Kontrollserie erfolgte innerhalb von 8 Tagen. In das Fell eingeschorene Nummern kennzeichneten die einzelnen Tiere.

Der Wahlversuch erstreckte sich über 29 Tage in der Zeit von April bis August 1974. Die herrschenden Witterungsverhältnisse wurden als mögliche Einflußfaktoren täglich mehrfach erfaßt (Tab. 9/1 im Anhang). Dabei erfolgte die Temperaturnahme zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Beobachtungszeit in der den Tieren entsprechenden Höhe von 1 m mit Hilfe eines Psychrometers, mit dem gleichzeitig auch die Luftfeuchte festgestellt werden konnte. Der Durchschnitt der jeweiligen Werte ging in die Tabelle ein. Bei der Windrichtung wurde die Hauptrichtung angegeben. Schwankte die Windrichtung stärker, wurde der gesamte Bereich aufgeführt. Ein auf eine Windfahne aufgesetztes Schalenanemometer bestimmte die Windgeschwindigkeit, Windfahne und Kompaß legten die Windrichtung fest. Die Hangneigung an der Tränkestelle ließ sich mit einem Neigungsmesser bestimmen und in Gefälle-Prozent angeben. Um falsche Meßwerte infolge von Bodenunebenheiten zu vermeiden, wurde jeweils ein 4 m langes Brett untergelegt. Die Messung erfolgte in den acht Haupthimmelsrichtungen.

Während der Versuchsdurchführung kamen hintereinander drei Selbsttränkebecken und ein Versuchstrog (Kontrollserie) zum Einsatz (Abb. 30).

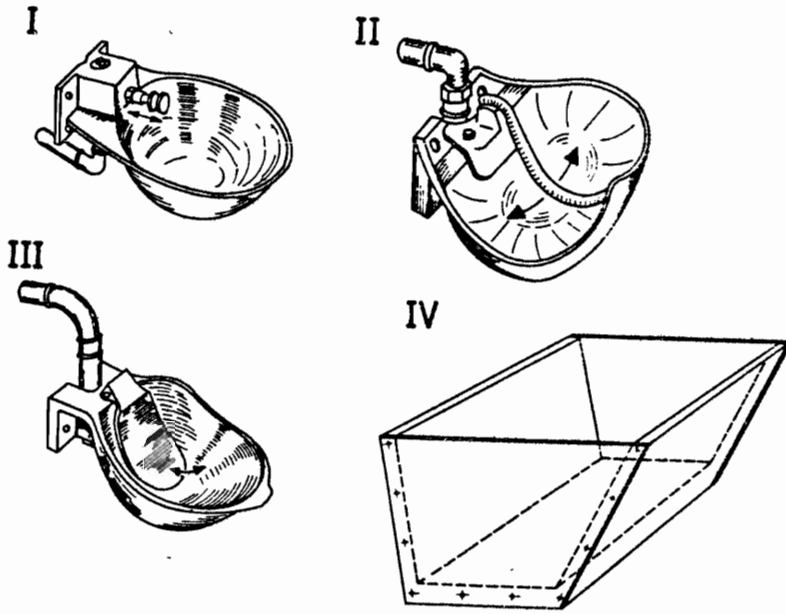


Abb. 30

- I Selbsttränkebecken mit Stempelventil
- II Doppeltränkebecken mit seitlich schwenkbarem Mittelhebel
- III Selbsttränkebecken in konventioneller Bauart mit Zungenventil
- IV Versuchstrog

Die frei auf der Weide versetzbaren Tränken wurden als Mittelpunkt eines gedachten Kreises angenommen, der durch Sägemehllinien in die vier Sektoren "vorne", "hinten", "links" und "rechts" unterteilt wurde. Pro Versuchsperiode, sie umfaßte mindestens 80 Wahlentscheidungen, stand den Tieren nur jeweils eine Tränkeeinrichtung zur Verfügung.

Für die Protokollierung der Beobachtungen standen vorgedruckte Formblätter zur Verfügung (s. Anhang). Neben der Angabe des Datums und des Namens der beobachtenden Person wurden im Kopf des Formblattes Tierzahl, Tränketyp, Geländebeschaffenheit und Klimadaten festgehalten. Die beiden letzten Angaben und der Herdenstandplatz wurden auf einem Beiblatt jeweils noch genauer ausgeführt.

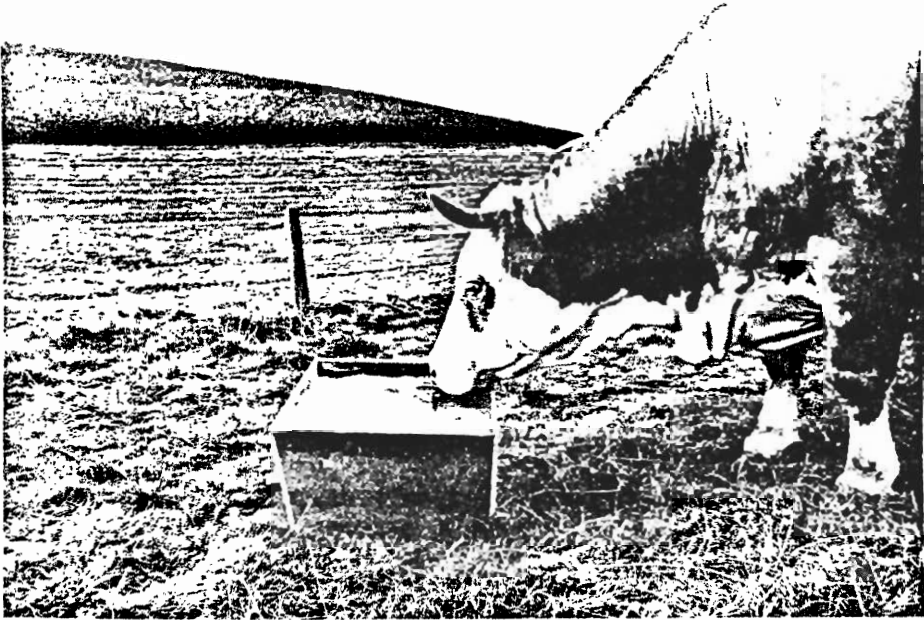


Abb. 31: Serie Versuchstrog: Wahlentscheidung "rechts"

Den Hauptteil eines Protokollblattes nahmen jedoch die sechs Spalten "Zeit", "vorne", "links", "hinten", "rechts" und "sonstige Beobachtungen" ein.

Trank nun ein Tier, so wurde der Zeitpunkt festgehalten und in die entsprechende Sektorenspalte, die seinem Standplatz entsprach, die Tiernummer eingetragen. Stand das Tier zufällig auf der Sägemehllinie zwischen zwei Sektoren, so wurde in den beiden entsprechenden Spalten die Tiernummer aufgeführt. In die Spalte "sonstige Beobachtungen" wurden Trinkunterbrechungen, Standortwechsel, Störung durch andere Kühe etc. aufgenommen.

5.5.2 Versuchsauswertung und Ergebnisse

Die Daten der einzelnen Versuchsperioden mit den Tränken I bis IV wurden jeweils auf eigene Datenablochlisten übertragen und nach der sich anschließenden Aufbereitung über Lochkarten in der EDV getrennt gerechnet. Um die Richtungsangaben für Wahlentscheidung, Herdenstandplatz, Windrichtung und Hangneigung auflisten zu können, mußte eine numerische Zuordnung unter Berücksichtigung der jeweiligen Tränkeposition durchgeführt werden (Abb. 32).

Die für eine statistische Auswertung notwendige gleichmäßige Beachtung aller auftretenden richtungsabhängigen Einflußfaktoren erforderte hierbei die vier verschiedenen Tränkepositionen in jeder Versuchsperiode. Dadurch ergaben sich neben der Tränke selbst insgesamt 29 mögliche Einflußfaktoren.

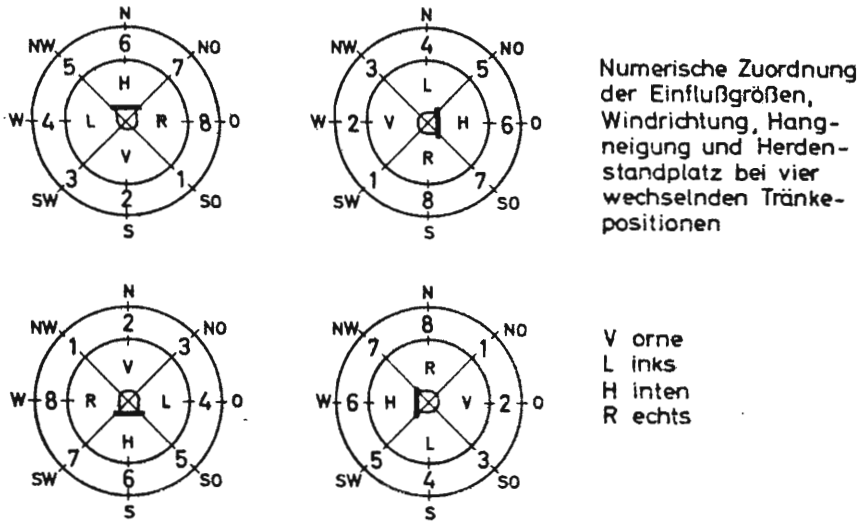


Abb. 32

Sie sind in Tab. 9/3 im Anhang aufgeführt. Da sie nicht konstant gehalten werden konnten, um den Einfluß einzelner Faktoren nacheinander abzusichern, schied die Varianzanalyse als statistische Rechenhilfe aus. Es mußte deshalb auf die aufbauende multiple Regression (AUFMUR, 5) zurückgegriffen werden, die alle Einflußfaktoren als Variable erfaßt, Zusammenhänge untereinander und in Bezug auf die Zielgröße herstellt und diese Zusammenhänge erklärt. Die einzige Zielgröße bildete in jedem Rechenvorgang ein Block gleicher Wahlentscheidungen, also z. B. Standplatzwahl "vorne" Tränke I, so daß insgesamt für die 16 möglichen Zielgrößen aufgrund des Rechenprogrammes 16 Rechengänge erforderlich waren.

Die prozentuale Verteilung der Wahlentscheidungen zugunsten der einzelnen Standplätze ist in Abb. 33 gezeigt. Die Differenz zwischen 100 % und der Summe der Wahlentscheidungen innerhalb einer Versuchsperiode erklärt sich durch auftretende Ausreißerwerte, die zur Recheneinleitung eliminiert wurden. Weiterhin blieben die im Rechenvorlauf als nicht wirksam erkannten Restfaktoren bei den sich anschließenden Rechenhauptläufen unberücksichtigt. Wie das Histogramm (Abb. 33) zeigt, weichen bei allen vier Tränkebecken die Wahlentscheidungen zugunsten eines Sektors sehr stark voneinander ab.

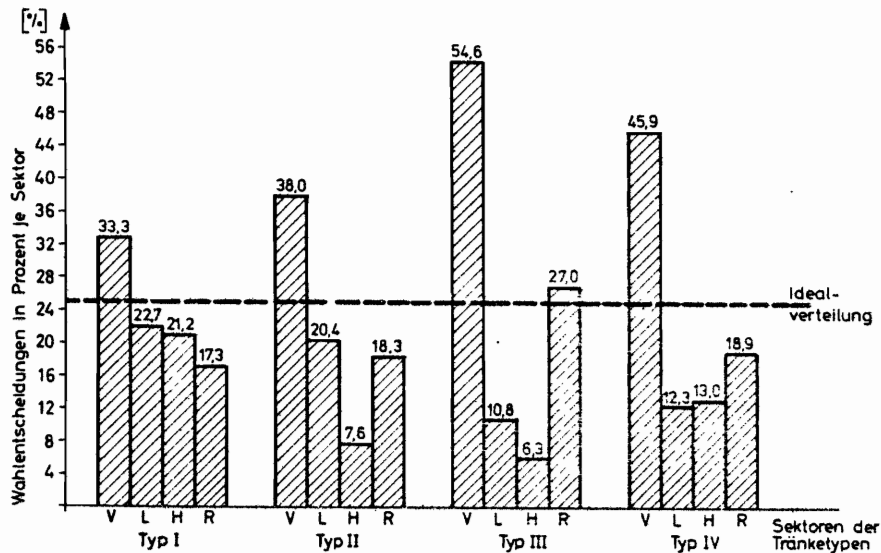


Abb. 33: Verteilung der Wahlentscheidungen "Standplatz" bei verschiedenen Tränkeeinrichtungen

Der theoretische Idealfall einer gleichmäßigen Verteilung von je 25 % pro Sektor, der eine Beeinflussung durch Tränke und Restfaktoren ausschließen würde, ist zur Verdeutlichung der Unterschiede gestrichelt eingezeichnet. Zur Erklärung der auftretenden Differenzen wird eine genaue Analyse der einwirkenden Faktoren notwendig.

Als erste Einflußgröße ist in Abb. 28 das Individualverhalten der Tiere aufgeführt. Es kann aufgrund der Datenmenge - erfaßt wurden 10 Versuchstiere mit mindestens 80 Wahlentscheidungen - ausgeschlossen werden. So bleiben als Auslösemechanismen für eine bestimmte Wahlentscheidung die Tränkeeinrichtung selbst und die zukünftig als Restfaktoren bezeichneten Umwelteinflüsse. Letztere können einzeln wirksam sein oder aber sich gegenseitig verstärken bzw. abschwächen. Mit Hilfe der statistischen Analytik läßt sich nun beurteilen, inwieweit die Wahlentscheidungen für einen bestimmten Sektor durch Restfaktoren ausgelöst sind. Ist hierdurch keine oder nur eine teilweise Beeinflussung nachweisbar, bliebe als einzig auslösendes Moment der Einfluß der Tränkeeinrichtung selbst, so daß aufgrund der Standplatzwahl eine unter Kurzstandsbedingungen tiergemäße Zuordnung der Tränkeeinrichtungen abzuleiten wäre. Lassen sich die Wahlentscheidungen jedoch vollständig durch die wirkenden Restfaktoren erklären, so unterliegt die Zuordnung der Tränken bzw. die Anordnung der Bedienungselemente zum Tier keinen artspezifischen Anforderungen des Rindes.

In Abb. 34 ist nun der prozentuale Zusammenhang zwischen der Standplatzwahl und den Restfaktoren festgehalten, die während der einzelnen Versuchsperioden Typ I, II, III oder IV vorkamen und einen Einfluß auf eine der jeweils 4 möglichen Wahlentscheidungen ausübten. Die über einem Sektor aufgetragene Säule kann einen einzigen Restfaktor kennzeichnen, oder aber auch die additive Wirkung mehrerer Restfaktoren durch Höhe und Anzahl der Unterteilungen angeben. Die über den Säulen befindlichen Zahlen beziehen sich auf den nachweisbaren Gesamtzusammenhang. Die einzelnen Faktoren weisen eine unterschiedliche Kennzeichnung auf. Richtungsabhängige Einflüsse sind zusätzlich mit der entsprechenden Richtungsnummer versehen.

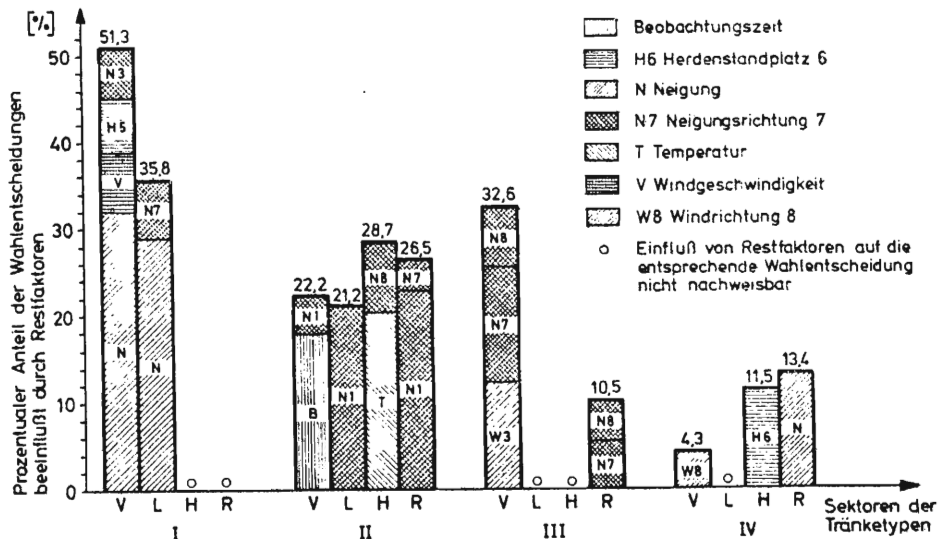


Abb. 34: Durch Restfaktoren beeinflusster, prozentualer Anteil der Wahlentscheidungen innerhalb einer Versuchsperiode

Die Beeinflussung der Wahlentscheidung durch die Restfaktoren soll stellvertretend für die restlichen 15 Rechengänge am Beispiel der Standplatzwahl "Vorne" Versuchsperiode Tränketyp I aufgezeigt werden.

In rund 33 % aller Trinkbeobachtungen nahmen die Kühe vom Sektor "Vorne" das Wasser auf (Abb. 33). Hierbei können 51,3 % dieser Wahlentscheidungen durch Restfaktoren erklärt werden (Abb. 34). Die 11 %ige Hangneigung weist zur Zielgröße Wahl "Vorne" mit 0,57 die höchste Korrelation auf; dementsprechend werden allein durch sie bereits 32 % der Wahlentscheidungen erklärt. Den Zusammenhang zwischen Hangneigung und den übrigen Restfaktoren

geben die einfachen Korrelationen der Variablen untereinander an. So steht einer positiven Beziehung mit 0,55 zu Neigungsrichtung 3 eine negative von -0,56 zu Neigungsrichtung 8 gegenüber. Weitere Zusammenhänge der Restfaktoren untereinander enthält Tab. 9/4 im Anhang.

Neben die Hangneigung tritt als zweite Einflußgröße die Windgeschwindigkeit mit 1,18 m/sec. Beide Variable erklären zusammen 39,2 % der Wahlentscheidung "Vorne". Die Windgeschwindigkeit, die hier in transformierter Form vorliegt und damit einen nicht linearen Zusammenhang kennzeichnet, weist zur Zielgröße eine negative Korrelation von -0,43 auf. Bei zunehmender Windgeschwindigkeit ist also eine Abnahme der Wahl "Vorne" festzustellen.

Inwieweit hier andere Restfaktoren mitwirken, wird durch ihre Korrelation zur Windgeschwindigkeit deutlich (vergl. Tab. 9/4 Anhang). So besteht zur Neigungsrichtung 5 z. B. mit -0,79 eine große negative Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit. Liegt also bei einer Wahlentscheidung "Vorne" eine niedrige Windgeschwindigkeit vor, so ist auch überwiegend das Gelände in Richtung 5 geneigt. Der Herdenstandplatz in Richtung 5 stellt den dritten nachweisbaren Einflußfaktoren auf die Wahl "Vorne" dar. Zusammen mit den beiden vorhergehenden Faktoren werden 45,4 % der Standplatzwahl "Vorne" begründet. Der vierte Faktor Hangneigung-Richtung 3 erhöht schließlich den nachweisbaren Zusammenhang auf 51,3 %. Auch diese beiden letzten Variablen sind in ihrer Wirkung auf die Zielgröße durch andere Restfaktoren beeinflusst. Besonders eng ist mit 0,82 jedoch der Zusammenhang der beiden Faktoren untereinander (vergl. Tab. 9/4 Anhang). In gleicher Weise ermittelt sich für die restlichen Wahlentscheidungen der Zusammenhang zu den einwirkenden Restfaktoren.

Nachdem die aufgetretenen Restfaktoren die Wahlentscheidungen nur zum Teil erklären konnten und eine Beeinflussung der Standplatzwahl sowohl durch das Individualverhalten als auch durch mögliche, aber nicht aufgetretene Restfaktoren ausgeschlossen war, blieb als einzige Ursache der Einfluß der Tränkeinrichtung selbst (Abb. 35). Hierbei sollen die Verhältnisse für den Tränketyp IV zunächst unberücksichtigt bleiben, da er für den Kurzstand selbst keine Bedeutung besitzt.

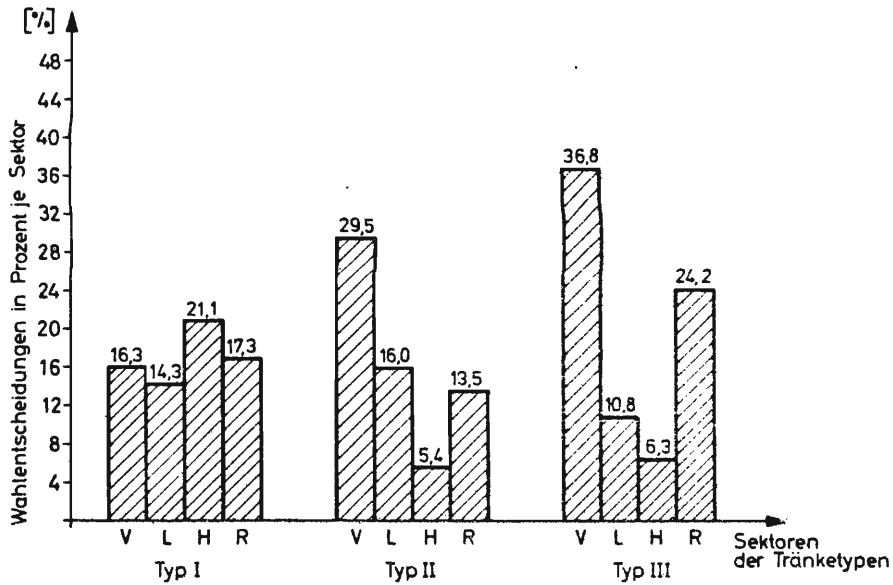


Abb. 35: Durch die Tränkeeinrichtungen beeinflusster prozentualer Anteil der Wahlentscheidungen innerhalb einer Versuchsperiode

Er ist im Vergleich zum Einfluß der Restfaktoren von entscheidender Bedeutung. Addiert man die Prozentwerte der vier Sektoren einer Versuchsperiode zusammen, erweist sich nämlich, daß die Tränke Typ II 64,5 % der Wahlentscheidungen beeinflusst hat, die anderen zwei Selbsttränken durch ihren Einfluß sogar 69,0 % (Typ I) und 78,1 % (Typ III) der Wahlentscheidungen erklären. Weiterhin zeigt sich zwischen den drei Selbsttränkebecken der aufgrund der verschiedenartigen Ausführung der Tränkebeckenformen und der Bedienungselemente zu erwartende starke Unterschied in der Wahlentscheidung zugunsten einzelner Standplatzsektoren:

Das Selbsttränkebecken der Versuchsperiode I (Abb. 30) weist als charakteristische Merkmale eine für ein Flotzmaul enge, runde Schale mit tiefer Auswölbung und ein Stempelventil auf. Die Schalenform zwingt das trinkende Rind zu einer steilen Kopfhaltung, die von der Position des Tieres zur Tränke unabhängig ist. Der geringe Durchmesser der Schale läßt dem eintauchenden Flotzmaul keinen Bewegungsspielraum und steuert es in jedem Fall gegen das kurze Stempelventil, wodurch der Wasserzulauf geöffnet wird. Eine spezielle Stoß- oder Pendelbewegung des Kopfes zur Öffnung des Ventils entfällt. Die Zuordnung der Tränke zum Tier wird damit zunächst zweitrangig. Das Ergebnis des Wahlversuches Periode I bestätigte dies. Die Wahlentscheidungen für die einzelnen

Sektoren schwanken mit maximal 4 % um ihren gemeinsamen Mittelwert und lassen damit keine bevorzugte Zuordnung der Tränke zum Tier erkennen. Größere Unterschiede in der durch den Tränkeeinfluß zu begründenden Standplatzwahl treten in Versuchsperiode II auf. Der Sektor "vorne" wird von den Kühen mit ca. 29,5 % eindeutig gegenüber den nachfolgenden Sektoren "links" (ca. 16 %) und "rechts" (ca. 13,5 %) bevorzugt. Sektor "hinten" nimmt mit ca. 5,5 % den letzten Rang ein. Die Anordnung des Bedienungselementes und die flache, ovale Schale des Tränketyps II – ein Doppeltränkebecken mit seitlich schwenkbarem Mittelhebel – lassen zunächst eine Bevorzugung der Sektoren "links" bzw. "rechts" vermuten. Die Diskrepanz zwischen dieser Annahme und dem Ergebnis des Wahlversuches läßt zwei mögliche Deutungen zu. Zum einen scheint sie in Anlehnung an die bereits zitierten Vermutungen PORZIG'S (83) zu bestätigen, daß die hier auftretenden seitlichen Pendelbewegungen zur Bedienung des Mittelhebels eine dem Verhaltensinventar der Rinder zuzuordnende Verhaltensweise sind. Zum zweiten läßt sich aufgrund anschließender Beobachtungen und einer Überprüfung des Tränketyps II vermuten, daß der schwergängige Mittelhebel durch seine Anordnung und Form bei frontaler Bedienung zum Teil die Atmung behindert, und die Tiere auch deshalb zu seitlichen Schwenkbewegungen des Kopfes übergehen. Das schlechte Abschneiden des Sektors "hinten" ist durch die höhere Rückwand und den hier vorgenommenen Wasseranschluß bedingt.

Tränketyp III, ein Selbsttränkebecken in konventioneller Bauart mit Zungenventil, bewirkt gegenüber den vorangegangenen Tränketypen noch größere Unterschiede in den Wahlentscheidungen zugunsten eines Standplatzes. Wie aufgrund der Bewegungseinrichtung des Zungenventils zu erwarten, liegt hierbei der Sektor "vorne" mit rund 37 % aller Wahlentscheidungen an der Spitze. Die Sektoren "rechts, links und hinten" folgen mit rund 24 %, 11 % und 6 % nach. Aus diesem Ergebnis kann geschlossen werden, daß die frontale, stoßende Kopfbewegung auf einem Bedienungshebel gegenüber seitlichen Pendelbewegungen so lange bevorzugt wird, so lange hierdurch nicht Nachteile wie z. B. die Behinderung der Atmung entstehen. Die wenigen Wahlentscheidungen für den Standplatz "hinten" deuten darauf hin, daß die Betätigung des Bedienungshebels durch Drücken mit dem Unterkiefer oder Nickbewegungen des Kopfes in Richtung Körper keine dem Verhaltensinventar zugehörige Verhaltensweise darstellt.

Der in der Kontrollserie, Versuchsperiode VI, eingesetzte Versuchstrog zeigt eine überraschend starke Einflußnahme auf die Wahlentscheidungen zugunsten

eines Standplatzes. Während die Sektoren "links, hinten und rechts" mit ca. 12,3 %, 11,5 % und 16,3 % nur gering differieren, was aufgrund der direkten Wasseraufnahme zu erwarten ist, weicht der Sektor "vorne" mit rund 44 % aller durch den Versuchstrog beeinflussten Wahlentscheidungen stark ab.

Ob diese Differenz in den Wahlentscheidungen allein durch die ungleichmäßige Form, die für die Seitenwände verwendeten Acrylglasscheiben oder aber durch die Befestigung des Wassertroges auf der Weide hervorgerufen wird, läßt sich aufgrund des vorliegenden Datenmaterials nicht klären.

Insgesamt verdeutlicht der Wahlversuch folgende Anforderungen des Rindes an ein Selbsttränkebecken:

- eine zu enge und tiefe Schale führt das Flotzmaul zwangsläufig gegen das Bedienungselement, dessen Zuordnung zum Tier damit an Bedeutung verliert. Diese Tränkebeckenform erzwingt aber gleichzeitig eine zu steile und verhaltensatypische Kopfneigung (vergl. Kap. 5.3.4) und entspricht damit nicht den tierischen Anforderungen.
- Bei einer flacheren und damit tiergemäßerer Schalenform bevorzugt das Rind eine Anordnung des Bedienungselementes, bei der durch eine frontale, stoßende Kopfbewegung der Wasserzufluß ausgelöst werden kann.
- Führt das frontale Anstemmen des Flotzmaules gegen den Bedienungshebel zu einer Behinderung der Atmung während des Trinkens, behelfen sich die Tiere durch seitliche Pendelbewegungen des Kopfes und sorgen so für den nötigen Wassernachlauf.

5.6 Visuelle und geschmackliche Beeinflussung der Trinkwasseraufnahme - Zielstellung

Zur Verwirklichung tiergerechter Tränkeeinrichtungen reichen die Kenntnis und Berücksichtigung des Trinkverhaltens und der dabei auftretenden, artspezifischen Bewegungsabläufe nicht aus. Vielmehr müssen in zwei weiteren Schritten zum einen die quantitativen und zum anderen die qualitativen Anforderungen

des Rindes an das Wasserangebot ermittelt werden. Nachdem in Kap. 5.4.1 die zur Dimensionierung von Tränkeeinrichtungen aufgenommenen Wassermengen je Trinkvorgang erfaßt sind und in Kap. 5.5 Zuordnung, Form und Bedienungstechnik der Tränkeeinrichtungen im Hinblick auf eine unbehinderte Wasseraufnahme dargestellt wurden, sollen im folgenden die qualitativen Anforderungen des Rindes an das Trinkwasser im Mittelpunkt der Überlegungen stehen.

In diesem Zusammenhang interessieren vor allem Fragen, die sich durch die Verschmutzung der Tränkeeinrichtungen und die darauf einsetzende tierische Reaktion ergeben. Verschmutztes Tränkewasser stellt hierbei nicht nur ein hygienisches Problem dar, sondern läßt auch eine insgesamt verminderte Wasseraufnahme vermuten. Letztere würde jedoch zu einer unmittelbaren Beeinträchtigung der tierischen Leistungsbereitschaft führen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, nachzuweisen, ob und in welchem Umfang Farb- oder Geruchs- bzw. Geschmacksunterschiede gegenüber reinem Tränkewasser die Aufnahmemenge beeinflussen. Ist eine hierdurch verminderte Aufnahme abzusichern, sind im Anschluß daran landtechnische Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen, wie einer Veränderung und Beeinträchtigung des Tränkewassers entgegengewirkt werden kann.

5.6.1 Bisheriger Wissensstand

Eine Sichtung der zu den aufgeworfenen Fragen vorhandenen Literatur läßt rasch erkennen, daß vor allem von Seiten der Tierhygiene frischem und hygienisch einwandfreiem Tränkewasser eine ausschlaggebende Bedeutung beigemessen wird (56).

Dabei sind nach HIMMEL (49) an die Beschaffenheit des Tränkewassers die gleichen Anforderungen zu stellen wie an das menschliche Trinkwasser. Es muß also vor allem frei von organischen Verunreinigungen sein, da diese den Nährboden apathogener und pathogener Mikroorganismen bilden. Da das Tränkewasser auch in ländlichen Gemeinden mehr und mehr von einem zentralen Versorgungsnetz geliefert wird, können die Verunreinigungen, von seltenen Fällen abgesehen, nur sekundär im Bereich der Tränkeanlage vorkommen. Hierbei herrscht Uneinigkeit darüber, ob Trog- oder Selbsttränken eher zur Verschmutzung und damit zu höheren Keimzahlen neigen. So findet KALICH (56)

in seinen Untersuchungen die höchsten Gesamtkeimzahlen in Trogtränken, während in den vergleichenden Untersuchungen von OEHEN (77) zwischen Brunnen-trögen und Selbsttränken letztere weit mehr Keime aufweisen. Nicht zuletzt aufgrund derartiger Untersuchungen und der Gefahr der Krankheitsübertragung auf den Menschen wird in Art. 40 des Schweizerischen Milchlieferungsregulativs gefordert, daß "zum Tränken nur gesundes und frisches Wasser in sauberen Trögen oder Gefäßen verwendet werden dürfe. Selbsttränken sind wegen der erschwerten Reinhaltung nicht zu empfehlen. Wo sie vorhanden sind, ist auf ihre sorgfältige Reinhaltung zu achten".

In der Infektionsgefahr durch verschmutztes Tränkewasser wird jedoch nicht die einzige Gefahr gesehen. So schätzt DÖRRIE (25), daß verschmutztes Tränkewasser ebenso wie Wassermangel bei Milchkühen einen Leistungsabfall von wenigstens 10 % zur Folge hat.

Aufgrund derartig schwerwiegender Auswirkungen auf die tierische Gesundheit und Leistungsfähigkeit stellt sich die Frage, welche Kontrollmöglichkeiten das Rind selbst gegenüber den aufgenommenen Futtermitteln besitzt, zu denen nach ZUCKER (128) auch das Wasser zu zählen ist. Weiterhin ist zu fragen, welchen Einfluß die Kontrollorgane auf das tierische Verhalten ausüben.

Aus Beobachtungen über das Weideverhalten des Rindes ist bekannt, daß die vorhandenen Pflanzenarten sehr sorgfältig nach Wohlgeschmack und Bekömmlichkeit unterschieden werden. Beispiele hierfür liefern Beobachtungen von CASTLE et al (23), nach denen bei einer guten Weide die Tiere kürzere Zeit fressen und weniger laufen als bei einer schlechten Weide. Wie empfindlich hierbei Rinder auf Verschmutzungen durch eigenen Kot reagieren, läßt sich an dem sorgfältig gemiedenen Geilstellengras erkennen.

Die Ursache für derartig feine Wahrnehmungen liegt in dem unter anderen von KOLB (60) beschriebenen, überaus hoch entwickelten Geruchs- und Geschmacks-sinn. Die für den Geruchssinn verantwortlichen Geruchsrezeptoren sind in der Riechschleimhaut (REGIO olfactoria) lokalisiert, die sich im Grunde der Nasenhöhle befindet. Diese Rezeptoren stellen Riechzellen dar, deren peripherer Fortsatz mit Riechhärchen besetzt ist. Die Riechhärchen werden von einer

dünnen Flüssigkeitsschicht, dem Sekret der Bowmanschen Drüsen, bedeckt. Die Geruchspartikelchen sammeln sich in dieser Flüssigkeitsschicht an, so daß schließlich auch bei geringen Konzentrationen der zur Wahrnehmung erforderliche Schwellenwert erreicht wird. Den verschiedenen Geruchsstoffen entsprechen unterschiedliche Geruchsempfindungen. Die Empfindlichkeit ist hierbei unter anderem tageszeitlich beeinflußt und verringert sich weiterhin mit zunehmender Sättigung.

Neben dem Geruchssinn ist der Geschmackssinn für das Tier zur Unterscheidung von genießbaren und ungenießbaren Substanzen von Bedeutung. Die entsprechenden Geschmacksrezeptoren liegen in den Geschmacksknospen mancher Zungenpapillen, so in den Papillae vallatae und foliatae und in dem größten Teil der Papillae fungiformes. Zusätzlich können Gaumensegel, Schlund und Kehlkopf Geschmacksknospen besitzen. Von den Geschmacksknospen werden in der Regel die vier Geschmacksqualitäten süß, sauer, bitter und salzig vermittelt, indem bei einer chemischen Reizung der für diese Geschmacksempfindung zuständigen Rezeptoren charakteristische, bioelektrische Impulse (Erregungsmuster) an den zugehörigen Nervenfasern ausgelöst werden. Die große Anzahl von über 25 000 Geschmacksknospen beim jungen Rind - bei älteren Tieren ist diese Anzahl rückläufig - spiegelt die Bedeutung des Geschmackssinnes für diese Spezies wieder.

Bei Untersuchungen über die Wirkung von Licht und Farbe und damit über den Einfluß des Gesichtssinnes auf die Futteraufnahme kommt STRÄSSER (104) zu negativen Ergebnissen. Auch gegenüber Verschmutzungen im Futter stellt er trotz des gut ausgebildeten Geruchs- und Geschmackssinnes des Rindes eine weitgehende Unempfindlichkeit fest. Ähnliches wird auch für die Wasseraufnahme beobachtet. So berichtet SCHÖNHOLZER (101), daß Rinder trübes und gefärbtes Wasser aufnehmen. Die von Rindern gegenüber Schmutz geübte Toleranz wird bei Veränderungen der Wassertemperatur nicht aufrechterhalten. Dies geht aus Untersuchungen von HIMMEL (49) hervor, in denen Milchkühen während der Sommerperiode im Stall Wasser mit unterschiedlichen Temperaturen angeboten wird. Mit zunehmenden Temperaturen sinkt die durchschnittlich aufgenommene Menge:

+ 9 °C	: 32,8 kg
+ 15 °C	: 30,2 kg
+ 20 °C	: 29,2 kg
+ 25 °C	: 26,6 kg

PORZIG (83) berichtet dagegen, daß Rinder gestandenes und nicht ganz frisches Wasser bevorzugen. Weiterhin verweist er auf Untersuchungen von Mc DONALD/BELL und KELLY/BOND, die bei kühlerem Trinkwasser eine geringfügig verminderte Aufnahme finden.

5.6.2 Methodisches Vorgehen und Versuchsdurchführung

Die bisher vorliegenden Untersuchungen und Beobachtungen über Verschmutzungen des Tränkewassers in geschmacklicher wie auch farblicher Hinsicht und die daraufhin veränderte Wasseraufnahme als entsprechende Reaktion des Rindes lassen noch keine quantitativen Aussagen zu.

Zudem haben Untersuchungen von FISCHER, FORD und HUXLEY sowie CHIARELLI (zitiert nach JÖRGENSEN 53) gezeigt, daß der Polymorphismus des Schmeckens nicht nur beim Menschen vorkommt, sondern sich auch bei Primaten nachweisen läßt. In eigenen Untersuchungen kann JÖRGENSEN (53) auch unter Kaninchen Schmecker und Nichtschmecker nachweisen. Da sich nach dem bisherigen Erkenntnisstand nicht ausschließen läßt, daß auch unter Rindern vereinzelt Nichtschmecker auftreten, empfiehlt es sich, bei der Lösung der anstehenden Fragen diese durch individuelle Eigenheiten bedingten Schwierigkeiten durch Verwendung einer großen Anzahl von Versuchstieren zu begegnen. Ein weiterer Vorteil liegt hierbei in der erleichterten statistischen Absicherung der Versuchsergebnisse.

Grundsätzlich stehen zur Lösung des aufgeworfenen Problems zwei Möglichkeiten offen. Im 1. Fall wird den Versuchstieren bei sonst gleichen Randbedingungen nacheinander Wasser unterschiedlicher Qualität angeboten und die aufgenommene Menge miteinander verglichen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil einer einfachen Versuchsausstattung - z. B. nur ein Vorratsbehälter und keine Bindung an eine bestimmte Stallhaltung -, weist aber als gravierenden Nachteil die fehlende Alternative einer Wahlmöglichkeit auf, so daß die Tiere in der entsprechenden

Versuchsperiode nur unter Zwang von dem angebotenen Wasser trinken, es bei freier Wahl aber meiden würden. Ein weiterer Nachteil besteht in der fehlenden Möglichkeit, über die Hilfsgröße der sozialen Rangordnung Rückschlüsse auf das zu bevorzugende Wasserangebot zu ziehen.

Aus diesen Gründen empfiehlt sich der 2. Lösungsweg, der den Versuchstieren gleichzeitig die Möglichkeit bietet, unter verschiedenen Wasserangeboten auszuwählen. Als Nachteil sind hierbei die wesentlich aufwendigere Versuchsanstellung und die Bindung an ein Laufstallsystem oder eine Weidehaltung zu nennen. Diese Nachteile verlieren aber gegenüber den erweiterten, statistischen Auswertungsmöglichkeiten an Bedeutung, da neben den aufgenommenen Wassermengen jedes Angebotes gleichzeitig die hier registrierten Trinkvorgänge der rangmäßig unterschiedlichen Versuchskühe berücksichtigt werden können.

Der Wahlversuch fand auf einem landwirtschaftlichen Betrieb statt, der aufgrund seiner offenen Laufstallhaltung den methodischen Anforderungen weitgehend entsprach (Staatsbetrieb Veitshof, Freising). Während der Versuchszeit bestand die dort gehaltene Milchviehherde aus 29 Braunviehkühen, so daß sich ein typisches Herdenverhalten mit einer festen sozialen Rangordnung ausgebildet hatte. Eine Versuchsdurchführung mit Braunviehkühen bringt keine Nachteile, da nach dem bisherigen Kenntnisstand in den für den Wahlversuch bedeutsamen Eigenschaften keine Unterschiede zu Fleckviehkühen auftreten.

Von der Versuchstechnik her war es am einfachsten, die vier vorgesehenen Flüssigkeiten (Kot- und Harnwasser, angefärbtes und reines Trinkwasser) in Weidetankwagen einzufüllen und die Wagen auf dem Laufhof nebeneinander aufzustellen. Um den Kühen keine zusätzlichen Wahlmöglichkeiten zu bieten und eine Ergebnisverfälschung auszuschließen, wurde der Wasserzulauf zu den stationären, sonstigen Selbsttränken abgesperrt,

Mit Hilfe von vier gleichen Wasseruhren (maximaler Meßbereich $3 \text{ m}^3/\text{Std}$) konnte der Wasserverbrauch pro Zeiteinheit an jedem Tank festgestellt werden. Der Einbau der Wasseruhren erfolgte in der Zuleitung vom Tank zu dem jeweils gleichen Selbsttränkebecken.

Neben der Aufnahmemenge pro Weidetankwagen und Zeiteinheit interessierte auch die Trinkhäufigkeit. Da davon auszugehen war, daß die Anzahl der Trinkvorgänge von Tier zu Tier schwankt, mußten die Kühe zu ihrer Identifizierung markiert werden. Aufgrund der großen Tierzahl und der für den eigentlichen Versuch geplanten Beobachtungsmethode der fotografischen Registrierung kam nur eine große, gut aufzulösende Numerierung auf beiden Körperseiten in Frage. Hierbei zeigte sich, daß von allen ausprobierten Tiermarkierungs-, Haar- und Fleischstempelfarben keine der mechanischen und chemischen Beanspruchung durch die Rinderzunge widerstehen kann. Die Kennziffern wurden aus diesem Grunde in das Fell eingeschoren.

Nachdem die Einzeltiere identifiziert werden konnten, mußte ihr sozialer Rang innerhalb der Herde ermittelt werden, da seine Kenntnis erst eine entsprechende Beurteilung der an den einzelnen Weidetankwagen beobachteten Trinkvorgänge ermöglicht. Die in vierzehntägigen visuellen Beobachtungen zur Ermittlung der Rangordnung angewandte Methode folgte im wesentlichen dem von BRANTAS (17) vorgeschlagenen und von GABR (32) durchgeführten Verfahren. Danach kommen als Parameter der Hierarchie in Kuhherden folgende Sozialkontakte in Frage:

- Die Annäherung (approach); die aktive Annäherung erfolgt absichtlich und ist für die Methode bedeutsam, da die ausgelöste Reaktion Flucht, Drohen oder Stoßen sein kann.
- die Drohung (threat)
- das Stoßen (thrust)

Aufgrund des Ausganges dieser aggressiven Sozialkontakte ließ sich folgendes Rangschema der beobachteten Herde aufstellen (Abb. 36).

An der linken und oberen Quadratseite werden die den Kühen zu Beginn der Beobachtung zugeteilten Kennziffern aufgeführt. Waagrecht werden alle Unterlegenheitssituationen, senkrecht alle Überlegenheitssituationen eingetragen. Somit stellt jedes quadratische Feld die Dominanzverhältnisse zweier Tiere dar. Aus diesem Rangschema läßt sich dann die Rangfolge der beobachteten Tiere ableiten.

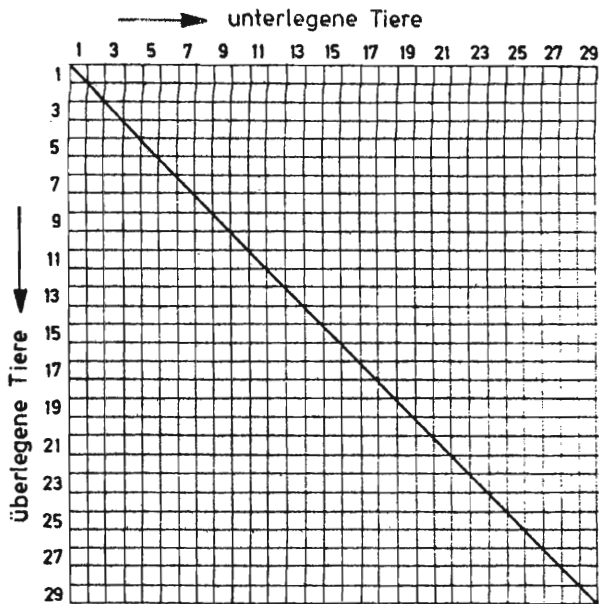


Abb. 36: Rangschema zur Unterteilung der Herde in soziale Ranggruppen

Die Beobachtung der Trinkvorgänge selbst erfolgte über eine fotografische Registrieranlage. Entscheidend für ihren Einsatz waren:

- die zeitliche Verteilung der Trinkwasseraufnahme mit den dadurch bedingten langen Beobachtungspausen
- die entfallende Beeinflussung durch eine Beobachtungsperson
- die Einsparung von mehreren, verfügbaren Beobachtungspersonen
- ein geringer finanzieller und technischer Aufwand
- eine in der Regel gute Identifizierung der trinkenden Tiere

Als Nachteil erwies sich die beschränkte Aufnahmekapazität der Motorkamera und die Tatsache, daß vereinzelte Tiere, die mit ihrer Körperlängsachse parallel zur Objektivachse standen, nicht identifiziert werden konnten.

In die Selbsttränkebecken eingebaute Kontaktgeber lösten bei niedergedrücktem Zungenventil und nach einer eingestellten Verzögerung von 3 sec. die automatische Motorkamera zu einem Einzelbild aus. Die Kamera war hierbei so

postiert, daß die Trinkvorgänge an allen Weidetankwagen erfaßt werden konnten (Abb. 37). Die vorgesehene Verzögerung trug dem Spieltrieb der Kühe Rechnung und verhinderte eine Verschwendung an Fotoaufnahmen. Die Fernauslösung von Einzelbildern erforderte eine elektronische Fotokamera mit Motorantrieb und einer automatischen Belichtungssteuerung. Weiterhin erwiesen sich die 17 m Magazine mit 450 Einzelaufnahmen als vorteilhaft, da sie gerade für den beobachteten Zeitraum von 12 Stunden je Tag ausreichten. Aufgrund der vorgegebenen Lichtverhältnisse und der vorwiegenden Wasseraufnahme am Tag (vergl. Kap. 5.2 und 5.3.2) wurde die Fotokamera in der Zeit von 19.00 bis 7.00 Uhr abgeschaltet.

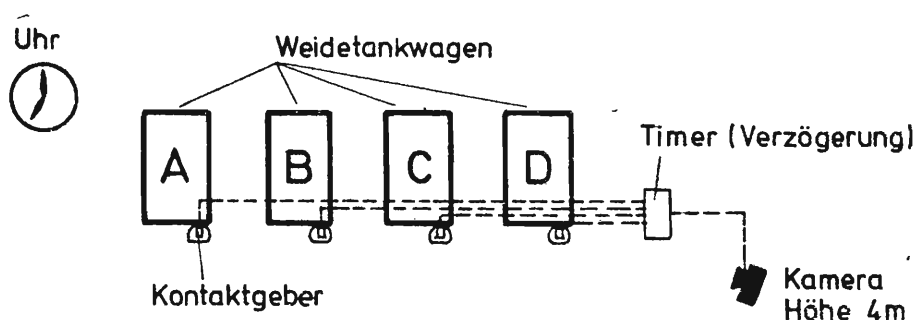


Abb. 37: Versuchsanordnung

Der Wahlversuch erstreckte sich über einen Zeitraum von zweimal acht Tagen mit jeweils vier zweitägigen Perioden. Diese Zeitaufteilung ergab sich durch den unterschiedlichen Standort und die verschiedenartige Bauausführung der zur Verfügung stehenden vier Weidetankwagen. Der Einfluß des Standortes konnte durch einen Positionswechsel der Wagen A, B, C und D nach jeweils gleichen Zeitabschnitten entsprechend Abb. 38 ausgeschaltet werden.

Die Beeinflussung durch die verschiedenartige Bauart der zur Verfügung stehenden Wagen ließ sich bei vertretbarem Aufwand nicht eliminieren. Bevor daher die unterschiedlichen Flüssigkeiten in ihrer Auswirkung verglichen werden konnten, mußten erst Art und Umfang des jeweiligen Einflußfaktors "Wagen"

bekannt sein. Hierzu diene der achttägige Vorversuch, in dem alle Tanks mit reinem Wasser befüllt waren und entsprechend dem in Abb. 38 aufgezeigten Schema nach jeweils 2 Tagen umrangierte wurden. Da alle Tankwagen mit dem gleichen Selbsttränkebecken ausgerüstet waren, mußte der Unterschied an aufgenommener Wassermenge und Anzahl der Trinkvorgänge durch die Bauart der Wagen selbst hervorgerufen sein.

		Standposition			
		1	2	3	4
Versuchstag	0	A	B	C	D
	2	D	A	B	C
	4	C	D	A	B
	6	B	C	D	A
8					

Abb. 38: Positionswechsel der Weidetankwagen (schematisch)

Für den ebenfalls achttägigen Hauptversuch wurden als Zusatzstoffe zum Trinkwasser Rinderkot, Rinderharn und eine geruchs- und geschmacksfreie "Speisefarbe gelb" (Firma Brauns-Heitmann, Warburg) ausgewählt, so daß den Kühen Kot- und Harnwasser, sowie angefärbtes und reines Trinkwasser zur Verfügung stand. Die Auswahl der Zusatzstoffe ergab sich aufgrund folgender Überlegungen:

Die verwendete "Speisefarbe gelb" ist geruchs- und geschmacksfrei (Angabe des Herstellers). Eine Differenz in Aufnahmemenge und Trinkhäufigkeit gegenüber reinem Trinkwasser kann daher auf eine alleinige visuelle Beeinflussung der Versuchstiere zurückgeführt werden. Die Farbwahl entspricht darüber hinaus einer Verfärbung des Tränkewassers durch Rinderharn, so daß unterschiedliche Auswirkungen zwischen Farb- und Harnprobe allein auf eine geruchliche bzw. geschmackliche Beeinflussung schließen lassen.

Die empfindliche Reaktion der Rinder auf eigenen Harn- und Kotgeruch bzw. -geschmack ist aus Untersuchungen von SAMBRAUS, HAFEZ, KOCH und ZEEB (zitiert nach REINER 87) bzw. STRÄSSER (104) und PORZIG (83) bekannt. Ein 1 %iger Zusatz von Harn und Kot zum Trinkwasser muß daher den Versuchstieren als eine grobe Veränderung der Wasserqualität erscheinen. Wurde eine abzusichernde Reaktion in Aufnahmemenge und Trinkhäufigkeit nachgewiesen, so konnte in nachfolgenden Versuchen die Reaktion auf feinere Qualitätsveränderungen, wie sie z. B. durch Futterverschmutzungen gegeben sind, untersucht werden. Im anderen Falle erübrigte sich dieser Nachfolgeversuch. Ein weiterer Grund für die Auswahl von Harn und Kot als Zusatzstoffe bildete die häufige Verschmutzung von Selbsttränkebecken im Laufstall mit diesen Ausscheidungsstoffen und die hierdurch auftretende Frage nach etwaigen Auswirkungen auf die Aufnahme.

Harn- und Kotproben stammten von den Versuchstieren selbst. Um den Kot feinverteilt dem Tränkwasser zusetzen zu können, mußte er erst getrocknet und mit einer Brabendermühle (Siebgröße 1 mm $\varnothing$) gemahlen werden. Die Weidetanks wurden täglich mit Wasser aufgefüllt und während des Hauptversuchs die entsprechenden Zusatzstoffe anteilig beigemischt. Der Wasserverbrauch wurde jeweils um 7.00 und um 19.00 Uhr notiert. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die Motorkamera an- bzw. ausgeschaltet und die Filmmagazine gewechselt. Um die Weidetankwagen nach jeweils zwei Tagen umrangieren zu können, mußte an dem entsprechenden Vormittag die Reinigung des Laufhofes abgewartet werden, da die Tiere während dieser Zeit in den Tieflaufstall eingesperrt wurden.

Die Auswertung der gewonnenen Daten über aufgenommene Wassermenge und Anzahl der Trinkvorgänge an den vier verschiedenen Weidetankwagen erfolgte für Vor- und Hauptversuche mit Hilfe der beurteilenden Statistik. Zur Vereinfachung der Auswertung war es zweckmäßig, die Tiere entsprechend ihrer Rangziffer in drei Gruppen unterschiedlicher Ranghöhe einzuordnen. Durch diese Maßnahme ließ sich für die Trinkhäufigkeit eine zweifaktorielle Varianzanalyse aufstellen mit den Faktoren sozialer Rang und Tankwagen im Vorversuch und sozialer Rang und Tränkwasser/Tankwagen im Hauptversuch. Unterschiedliche Trinkhäufigkeiten am gleichen Wagen zwischen Vor- und Hauptversuch wurden durch den Student-Test überprüft. Die unterschiedlichen Aufnahmemengen zwischen

den einzelnen Wagen im Vor- und Hauptversuch ließen sich durch eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit mehrfacher Besetzung bei gleicher Gruppengröße beurteilen.

5.6.3 Ergebnisse und Diskussion

Die an den einzelnen Wagen aufgenommenen Wassermengen sind in Tab. 12 für Vor- und Hauptversuch angegeben.

Tab. 12: Wasseraufnahme in Abhängigkeit von Weidetankwagen und Zusatzstoffen (29 Kühe, jeweils 8 Tage)

Vorversuch:

Wagen	Zusatzstoff	Menge in ltr	Beliebtheitsgrad*
A	-	4432	1
B	-	3049	2
C	-	2135	3
D	-	2082	4
		11698 ltr	Gesamtwasseraufnahme

Hauptversuch:

Wagen	Zusatzstoff	Menge in ltr	Beliebtheitsgrad*
A	Kot	2156	4
B	Harn	3161	2
C	Farbe	2930	3
D	-	3696	1
		11943 ltr	Gesamtwasseraufnahme

* abnehmende Beliebtheit von 1 nach 4

Als erstes Ergebnis kann Tab. 12 entnommen werden, daß die Gesamtwasseraufnahme in Vor- und Hauptversuch praktisch gleich bleibt. Der auftretende Unterschied ist statistisch gesehen zufälliger Natur. Anders verhält es sich mit den an den einzelnen Wagen aufgenommenen Wassermengen. Bei gleichem

Wasserangebot (Vorversuch) fällt aufgrund des Wageneinflusses der Beliebtheitsgrad eindeutig von Wagen A bis D ab. Nach Zugabe der Zusatzstoffe im Hauptversuch rochiert Wagen A mit Wagen D in der Beliebtheit und fällt auf Platz 4 zurück, während an dem bisher am wenigsten frequentierten Wagen jetzt aufgrund des unveränderten Tränkewassers die höchst Aufnahmemenge festzustellen ist. Die Beeinträchtigung der Wasseraufnahme durch den Kotzusatz kann hochsignifikant abgesichert werden. Ebenso ist aufgrund der Zusatzstoffe die Aufnahme an reinem Wasser bei Wagen D signifikant erhöht. Durch die Zugabe von Harn und Lebensmittelfarbe wird die Aufnahmemenge nicht signifikant beeinflusst. Dementsprechend stehen Wagen B und C auch im Hauptversuch an 2. und 3. Stelle der Beliebtheitsskala.

Wie wirkt sich die Veränderung des Trinkwassers nun auf die Trinkhäufigkeit sozial unterschiedlich hoher Kühe aus? Tab. 13 gibt einen Überblick über die an den einzelnen Weidetankwagen beobachteten Trinkvorgänge der in der sozialen Rangordnung hoch-, mittel- und niedrigstehenden Tiere.

Tab. 13: Anzahl der Trinkvorgänge in % in Abhängigkeit von Weidetankwagen und Zusatzstoffen bei sozial unterschiedlich hochstehenden Milchkühen

Vorversuch:

sozialer Rang in der Herde	Wagen	A	B	C	D	= 100 %
	Zusatzstoff	-	-	-	-	
hoch		33	20	24	23	
mittel		29	27	21	22	
niedrig		23	18	35	24	

Hauptversuch:

sozialer Rang in der Herde	Wagen	A	B	C	D	= 100 %
	Zusatzstoffe	Kot	Harn	Farbe	-	
hoch		19	23	22	36	
mittel		22	30	23	26	
niedrig		22	21	30	26	

Danach trinken die sozial hochstehenden Kühe im Vorversuch auch in 33 % aller Fälle an dem beliebtesten Wagen A. Für die restlichen Wagen ist keine deutliche Bevorzugung durch diese Gruppe festzustellen. Die Anzahl der Trinkvorgänge der sozial mittleren Gruppe zeigt sich der Beliebtheit der einzelnen Wagen entsprechend gestaffelt. Die Tiere der untersten sozialen Stufe trinken überwiegend an den auf Platz 3 und 4 rangierenden Wagen C und D. Betrachtet man die Gesamtheit aller Trinkvorgänge, so sind die Unterschiede zwischen den sozialen Gruppen, wie auch zwischen den einzelnen Wagen, nicht signifikant.

Im Hauptversuch trinken entsprechend der unveränderten Wasserqualität die sozial hochstehenden Kühe in 36 % aller Fälle an dem Wagen D, während Wagen A deutlich gemieden wird und nur noch 19 % der Trinkvorgänge dieser Gruppe aufweist. Von den Tieren der mittleren Gruppe wird in 30 % aller Fälle Wagen B mit Harnzusatz aufgesucht. Auch für sie lassen sich die wenigsten Trinkvorgänge (22 %) an Faß A festhalten. Von den Tieren der untersten sozialen Stufe wird mit 30 % am häufigsten das angefärbte Wasser aufgenommen, gefolgt von dem reinen Wasser mit 26 %. Auch für den Hauptversuch kann bei Berücksichtigung aller Trinkvorgänge kein signifikanter Unterschied zwischen den sozialen Gruppen bzw. zwischen den unterschiedlichen Inhalten der vier Wagen abgesichert werden. Im Vergleich zu den deutlichen Unterschieden zwischen den aufgenommenen Wassermengen verschiedener Qualität überraschen zunächst die Ergebnisse der Trinkhäufigkeiten. Ebenso bleibt auf den ersten Blick unklar, wieso die Kühe der mittleren und unteren sozialen Rangstufe nicht ebenfalls das unveränderte reine Wasser bevorzugen.

Diese Ereignisse werden verständlich, wenn die an einem Wagen beobachteten Trinkvorgänge auf die einzelnen sozialen Rangstufen aufgespalten werden. Hieraus ergibt sich z. B., daß Wagen D in 71 % der Fälle durch ranghöhere Tiere blockiert ist und die Kühe der untersten sozialen Stufe nur in 29 % hier trinken können. Da sich die Trinkvorgänge am Wagen A in 31 %, 35 % und 34 % aufteilen, das mit Kot versetzte Wasser also von den Tieren aller sozialen Gruppen in gleicher Weise gemieden wird, müssen daher an Wagen B bzw. C höhere Trinkhäufigkeiten von Tieren der mittleren und unteren Stufe auftreten.

Unabhängig von dem Einfluß der sozialen Rangordnung zeigen sich Wirkung und Bedeutung der angesprochenen Sinnesorgane. Aus Untersuchungen von KRZYWANEK und GLAUB weiß man, daß Rinder keine Augentiere sind, obwohl sie farbliche Unterschiede gut wahrnehmen (ANDREJEW zitiert nach PORZIG 83). Dementsprechend kann in Untersuchungen von STRÄSSER (104) die Futteraufnahme durch farbliche Effekte nicht beeinflußt werden. Durch die Anfärbung des Trinkwassers läßt sich ebenfalls keine visuelle Beeinflussung erzielen. Vielmehr ist aufgrund der Wechselwirkungen zu den restlichen Wagen und deren Inhalten die Aufnahme an Wagen C um 8 % erhöht.

Der Hinweis von TRIBE (zitiert nach PORZIG 83), daß Rinder mit ihrem Geruchssinn eine erste, wenn auch nicht entscheidende Vorauswahl des Futters treffen, gilt - wie die Ergebnisse dieses Wahlversuches zeigen - auch für die Aufnahme von Trinkwasser. Das beweist die Tatsache, daß sich zwischen den Trinkhäufigkeiten an den einzelnen Wagen keine Unterschiede absichern lassen, die Aufnahmemenge des mit Kot vermischten Wassers aber hochsignifikant abnimmt bzw. die Aufnahme des reinen Wassers signifikant zunimmt. Die Feinanalyse erfolgt also über die Geschmackskontrolle.

Zusammenfassend ergibt sich hieraus, daß die Wasseraufnahme durch visuelle Effekte nicht beeinflußt wird, eine vor allem starke geschmackliche Beeinträchtigung - wie sie durch Kot gegeben ist - jedoch die Aufnahmemenge reduziert, und dadurch mit einer verminderten Milchleistung zu rechnen ist. Über die Art und Höhe der zur Auslösung einer Geschmacksbeeinträchtigung notwendigen Substanzen lassen sich aufgrund der bisher vorliegenden Ergebnisse keine Aussagen machen.

5.7 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Trinkwasserversorgung von Rindern und Verbesserungsvorschläge für Tränkeeinrichtungen

Die bisherige Entwicklung der Selbsttränkebecken für die Rinderhaltung diente in erster Linie der Arbeitserleichterung. Dementsprechend wurden die Anforderungen der zu tränkenden Tiere zu wenig berücksichtigt. Gründe hierfür liegen in der unzureichenden Kenntnis dieser Anforderungen wie auch in der meist zu niedrigen Einschätzung ihrer Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Tieres.

Der Ermittlung dieser Anforderungen dienten zunächst drei vergleichende Beobachtungsreihen trinkender Rinder an offenen Wasserflächen. Verglichen wurden hierbei nicht an die Stallumwelt angepaßte Tiere (Urrinder) und domestizierte Tiere (Deutsches Fleckvieh), um etwaige Adaptionen bzw. vorhandene Anpassungsmöglichkeiten festzustellen. Weiterhin wurde der Einfluß einer begrenzten offenen Wasserfläche auf trinkende Hausrinder untersucht. Neben Trinkverhalten und Bewegungsablauf waren Trinkdauer, Kopfneigung zur Wasseroberfläche und durchschnittlich benötigte Wasserfläche Kriterien für eine vergleichende Beurteilung.

Verhaltensmuster und spezifische Bewegungen des Trinkens stimmten in den drei Beobachtungsreihen überein. In der Dauer des Saugtrinkens traten zwischen nicht domestizierten und Hausrindern hochsignifikante Unterschiede auf. Ebenso war die Dauer des Saugtrinkens beim Hausrind durch eine Begrenzung der offenen Wasserfläche signifikant beeinflusst. Auch die Dauer der Trinkeinleitung zwischen Urrind und Hausrind war signifikant verschieden.

Während der Wasseraufnahme bevorzugten die Kühe eine Kopfneigung zur Wasseroberfläche, die zwischen Wildform ($63,6^{\circ}$) und Hausrind (62°) weitgehend übereinstimmte. Der Einfluß eines Troges bewirkte eine hochsignifikant flachere Kopfhaltung. Seine steuernde Wirkung und die Anpassung der Tiere zeigten sich noch deutlicher in der durchschnittlich benötigten Wasserfläche. Der Unterschied zu den nicht begrenzten offenen Weideflächen konnte hochsignifikant abgesichert werden. Die zusätzlich an Fleckviehkühen ermittelte Eintauchtiefe des Flotzmaules während des Trinkvorganges betrug im Mittel rund 3 cm. Zu den vergleichenden Beobachtungen trinkender Rinder traten ergänzend drei Versuchsreihen, die weitere Kennwerte zur Gestaltung einer tiergerechten Tränkeeinrichtung lieferten. Hierbei interessierten die Wasseraufnahme in der Zeiteinheit, die Zuordnung der Tränkeeinrichtung zum Tier in Zusammenhang mit Form und Ausbildung der Bedienungselemente und schließlich die qualitative Beeinflussung von Aufnahmemenge und Trinkhäufigkeit.

Bei freier Wasseraufnahme aus einem Trog ergab sich eine mittlere typische Aufnahmemenge pro Zeiteinheit von ca. 0,3 ltr/sec bzw. 18,6 ltr/min. Die Aufnahmegeschwindigkeit zeigte sich bei den zwei verwendeten Selbsttränkebecken unter den vorliegenden Versuchsbedingungen deutlich reduziert. Häufige Trinkunterbrechungen und -wiederholungen waren die Folge.

Die Zuordnung der Tränkeeinrichtung zum Tier wurde in entscheidendem Maße von der Form der Tränkeschale und der Ausbildung und Anordnung der Bedienungselemente beeinflusst. Setzt man eine Schalenform voraus, die die typische Kopfneigung des Rindes ermöglicht, bevorzugte das Tier eine Anordnung des Bedienungselementes, bei der durch eine frontale, stoßende Kopfbewegung der Wasserzufluß ausgelöst werden kann.

Die Zugabe von geruchs- und geschmacksneutraler Lebensmittelfarbe bzw. 1 % Harn zum Tränkwasser zeigte keinen Einfluß auf Aufnahmemenge und Trinkhäufigkeit. Eine starke geschmackliche Beeinträchtigung durch den Zusatz von 1 % Kot reduzierte die Aufnahmemenge hochsignifikant, während sich der Einfluß auf die Trinkhäufigkeit nicht absichern ließ. Aus den Ergebnissen darf geschlossen werden, daß keine visuelle Kontrolle des Trinkwasserangebotes erfolgte, sondern eine grobe Vorprüfung durch den Geruchssinn stattfand, während die eigentliche Feinanalyse dem Geschmackssinn vorbehalten blieb.

Wie die vorliegenden Untersuchungen über das artspezifische Trinken des Rindes in ihren Ergebnissen verdeutlichen, können den tierischen Anforderungen die bisher im Kurzstand verwendeten Selbsttränkeeinrichtungen nur ungenügend entsprechen. Entscheidende Mängel sind zu sehen in

- dem unzureichenden Wasserzulauf,
- den zu klein und eng ausgebildeten Tränkeschalen,
- der Anordnung der vom Tier wegweisenden Bedienungselemente,
- der Montagehöhe und Zuordnung der Tränkeeinrichtung zum Tier.

Eine verbesserte Tränketechnik im Kurzstand hat deshalb unter Beibehaltung der arbeitswirtschaftlichen Vorteile von Selbsttränken verstärkt auf die bisher bekannten tierischen Anforderungen an die Trinkwasserversorgung einzugehen. Hierbei sind zur Beseitigung der aufgezeigten Mängel eine Reihe technischer Lösungsmöglichkeiten denkbar.

Bereitstellung des Trinkwassers

Geht man von der Tatsache aus, daß Rinder abgestandenes und temperiertes Trinkwasser bevorzugen (83), so scheint die direkte Versorgung aus dem Wasserleitungsnetz wenig geeignet zu sein. Um diesen Qualitätsanforderungen gerecht

zu werden, sollte das Wasser vielmehr in einem Zwischenbehälter gelagert werden. Den Zufluß zum Zwischenbehälter kann ein für verschiedene Zulaufgeschwindigkeiten einstellbares Schwimmerventil regulieren. Das offene Niederdrucksystem im Kurzstandstall wäre somit von den Druckverhältnissen der öffentlichen Wasserversorgung unabhängig, der herrschende Druck hinge jetzt von der Höhendifferenz des Behälters zu den Tränkeeinrichtungen ab. Um einen den Rindern entsprechenden Wasserzulauf von 0,3 ltr/sec zu erreichen, mußten Ventilöffnung und Leitungsquerschnitt mit der Höhendifferenz und dem Druckverlust zwischen Behälter und Selbsttränkebecken abgestimmt werden (vergl. Kap. 5.4.3).

Neben einem qualitativ entsprechenden und in ausreichender Menge zufließenden Wasserangebot läge ein weiterer entscheidender Vorteil dieses Systems in der Möglichkeit einer Trinkwasservaccination bzw. dem Zusatz von Heilstoffen und Nährlösungen.

Ausformung der Tränkeschalen

Ein Überblick über die bisher vorliegenden Kenntnisse zum Trinkverhalten des Rindes zeigte, daß das Prinzip der Selbsttränken von den tierischen Anforderungen an eine Tränkeeinrichtung nicht in Frage gestellt wird. Die hierbei aus hygienischer Sicht unbedenklicher erscheinenden Ventilselbsttränken nutzen die im Verhaltensinventar enthaltenen Verhaltensweisen und Bewegungsabläufe aus. Voraussetzung für eine ungestörte Trinkwasseraufnahme ist jedoch eine Anpassung der Schalenform und der Bedienungselemente an das Rind. Um eine Vernässung der Liegefläche durch eventuell auftretendes Tropf- oder Spritzwasser zu vermeiden, wird die Selbsttränke über die Futterkrippe an der Seitentrennwand montiert. Die durch die Anbindevorrichtung an ihren Standplatz fixierte Kuh muß zur Wasseraufnahme daher mit dem Kopf seitlich schwenken. Um in der den Rindern typischen Kopfneigung trinken zu können, sollte die oval bis nierenförmige Schale flach ausgebildet sein und eine Öffnung von ca. 600 bis 650 cm² aufweisen. Dem nach der beobachteten Eintauchtiefe des Flotzmaules ausgerichteten Wasserstand von 4 cm entspricht bei dieser vorgeschlagenen Form ein Inhalt von ca. 1 ltr.

Anordnung der Bedienungselemente

Die Bedienungselemente müssen nun so angeordnet sein, daß durch das von der Seite in die Schale eintauchende Maul das Ventil ohne Zusatzbewegung geöffnet

werden kann. Dies ist zum Beispiel durch einen nach unten gebogenen, seitlich schwenkbaren Mittelhebel möglich, der aus der Normallage nach links oder rechts gedrückt den Wasserzulauf freigibt. Diese Anordnung des Mittelhebels hat jedoch den Nachteil, daß die Kühe während des Saugtrinkens in der Atmung behindert werden können und die Reinigung der Selbsttränke erschwert wird.

Günstiger ist es daher, einen flach gewölbten und seitlich schwenkbaren Mittelbügel nach oben anzuordnen (Abb. 39), so daß sich der Bügel durch die schräge Kopfstellung über den Nasenrücken schiebt. In der angehobenen Stellung wird der Wasserzufluß ausgelöst.

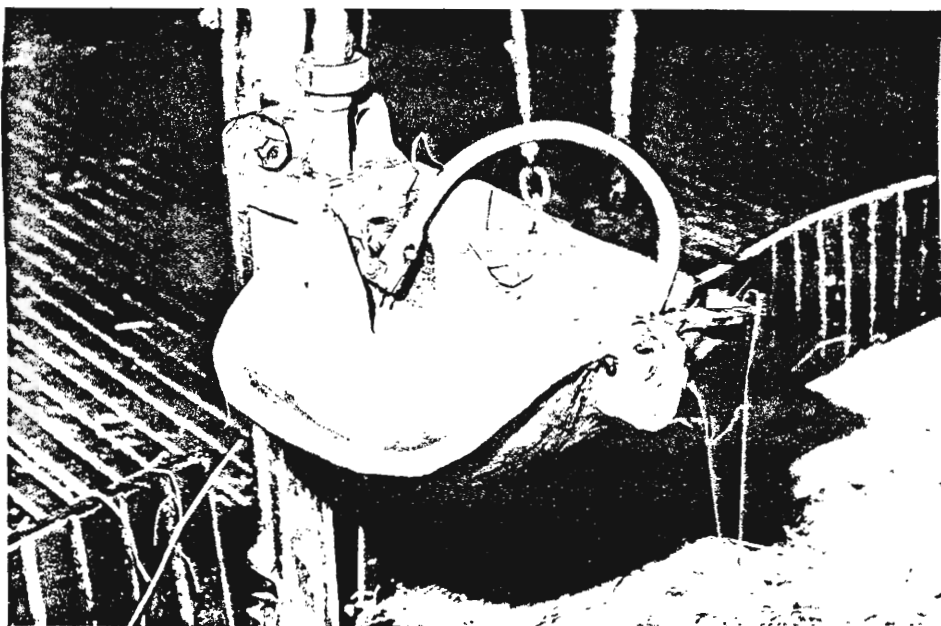


Abb. 39: Vorschlag für ein flachschaliges Selbsttränkebecken mit nach oben gewölbtem Mittelhebel

Ein zusätzlicher Bewegungsablauf oder eine Kraftaufwendung zur Ventilöffnung entfallen. Als nachteilig - dies müssen zukünftige Einsatzversuche zeigen - könnte sich der nach oben gewölbte Mittelhebel erweisen, wenn er die Kühe zum Spielen animieren sollte. In einer weitergehenden Verbesserung erscheint es deshalb folgerichtig, auf ein spezielles Bedienungselement ganz zu verzichten und der flachen Tränkeschale die Funktion des Bedienungselementes zusätzlich zu übertragen. In der Normallage befänden sich die als Waagearme zu denkende Schale und ein Gegengewicht im Gleichgewicht; das Ventil wäre geschlossen. Trinkende Tiere drücken die Schale etwas nach unten und würden hierdurch das Ventil öffnen. Zusätzlich würde die Reinigung der Tränkeschalen erheblich erleichtert werden.

Montagehöhe der Selbsttränkebecken

Eine durch Schalenform und Anordnung des Bedienungselementes erleichterte Reinigung der Selbsttränke kann aber nur eine sekundäre Maßnahme bilden, da von vielen Tierhaltern nicht die notwendige Zeit für diesen zusätzlichen Arbeitsaufwand aufgebracht wird. Eine Verschmutzung der Tränkeeinrichtung und eine hierdurch unter Umständen beeinträchtigte Wasseraufnahme erfolgt bei Kurzstandhaltung ausschließlich durch Futterreste und zwar in der Form, daß die Kühe in erster Linie Langgutfutter während des Fressens seitlich verschleudern. Dementsprechend kann einer derartigen Verschmutzung durch eine höhere Montage der Selbsttränke begegnet werden. Hierbei ist zu beachten, daß eine gute Erreichbarkeit der Tränke und unbehinderte Wasseraufnahme gewährleistet bleiben. Dies ist der Fall, wenn die Montagehöhe die Buggelenkhöhe des Einzeltieres nicht überschreitet (vergl. Abb. 4 und Tab. 1), sich die Oberkante der Tränkeschale also in der Regel nicht höher als 80 cm über Standniveau befindet.

6. Ermittlung von Kennwerten für eine tiergerechte Kurzstandkrippe

Die Ermittlung von Kennwerten für eine tiergerechte Kurzstandkrippe setzt zunächst eine Klärung der Begriffe "tiergerecht" und "Kurzstandkrippe" voraus.

Nach SCHENK (94) ist tiergerecht als "zum Tier passend" zu definieren. Diese Anpassung bezieht sich nicht nur auf Körperabmessungen und notwendige Bewegungsspielräume, sondern sie muß in gleichem Maße das artspezifische Verhalten und die für die arteigenen Lebensbedürfnisse erforderlichen Faktoren berücksichtigen. Ist dies gewährleistet, befindet sich das Tier mit seiner Umwelt in Einklang. Wird dieses Gleichgewicht aber gestört, indem z. B. durch ein Haltungssystem an das tierische Anpassungsvermögen unerfüllbare Anforderungen gestellt werden, so reagiert das Nutztier mit Verhaltensstörungen, Verletzungen und Leistungsabfall. Es befindet sich mit seiner Umwelt im Ungleichgewicht.

Einen entscheidenden Teil dieser Umwelt bildet im Kurzstandstall die Krippe. Aufgrund der räumlichen Konzentration der einzelnen Funktionsbereiche, wie z. B. Fütterung, Ausruhen und Produktion, dient die Krippe hier nicht allein

der Futtervorlage und -aufnahme, sondern wird in ihrem Freiraum auch ständig von dem ruhenden oder sich bewegenden Tier beansprucht. Somit ergeben sich folgende Anforderungen an die Kurzstandkrippe:

- Anpassung an den Freßbereich
- ausreichender Freiraum für Abliege- und Aufstehvorgänge
- richtig dimensioniertes Fassungsvermögen
- Verhinderung von Futterverlusten
- Berücksichtigung der Fütterungstechnik
- Haltbarkeit und Preiswürdigkeit

Bei der Fütterungstechnik im Anbindestall haben sich heute weitgehend der überfahrbare Futtertisch und eine entsprechend mobile Verteilung als beste Lösung durchgesetzt. Da diese Fütterungstechnik mehr die Ausführung des Futtertisches und die gesamte Stallhöhe betrifft, soll sie bei den Überlegungen zur Krippengestaltung selbst zunächst unberücksichtigt bleiben und in ihren Auswirkungen erst später besprochen werden.

6.1 Bisheriger Wissensstand

Die verschiedenen, teils einander widersprechenden Anforderungen an die Kurzstandkrippe führten in der Praxis zu vielen, oft sehr unzureichenden empirischen Lösungen. Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation ermittelten zuerst OBER (75) und dann RIST (89) die Reichweiten einzelner Tiere (vergl. auch Kap. 2 ff.). Ziel war es hierbei, eine Zuordnung der Krippe zu finden, bei der die Kühe in natürlicher Haltung und ohne Anstrengung das Futter aufnehmen konnten. Mit der von OBER entwickelten Methode lassen sich aus den Reichweiten in unterschiedlicher Höhe die Freßbereiche der einzelnen Tiere feststellen. Gleichzeitig legen die Kühe durch ihren Freßbereich das nutzbare Fassungsvermögen der Krippe fest.

Weitere Hinweise über die Anforderungen des fressenden Rindes an die Krippe und hiervon abgeleitete Anregungen zur Krippengestaltung kamen von ZEEB (121 bis 124). Er macht darauf aufmerksam, daß die auf der Weide zu beobachtende Futteraufnahme vom Standniveau nicht auf Stallverhältnisse übertragen werden darf, da das Rind in seinem natürlichen Lebensraum während des Fressens

schrittweise vorwärts zieht. Es belastet dabei abwechselnd die linke und die rechte Vorderhand und erreicht durch die Grätschstellung eine Senkung seines Rumpfes. Hierdurch verringert sich gleichzeitig die Entfernung zwischen Maul und Standebene, so daß das Rind in dieser Stellung mühelos Futter vom Boden aufnehmen kann. Im Kurzstandstall ist der Kuh dieser Ausfallschritt durch die ihr vorgelagerte Krippe verwehrt. Um nun das Futter in der Krippe genauso leicht erreichen zu können, muß das Krippenniveau gegenüber der Standebene angehoben werden.

Die Frage der Höhendifferenz zwischen Krippenniveau und Standebene versuchte ZEEB durch Beobachtungen fressender Hausrinder am Fahrsilo zu klären. Anhaltspunkte lieferten die Freßprofile, die hinter einem Palisadenfreßgitter durch die fressenden Tiere an der Silowand entstehen.

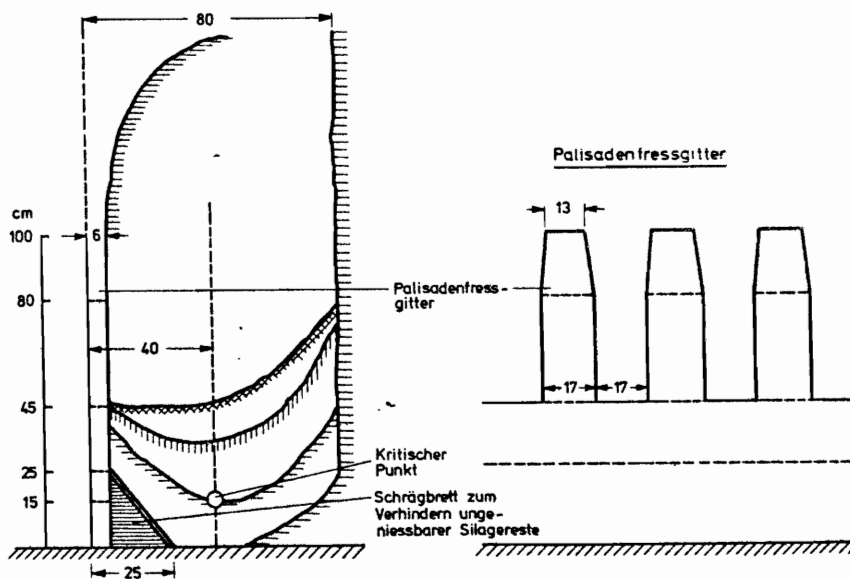


Abb. 40: Freßprofile von Hausrindern am Palisadenfreßgitter
(nach ZEEB)

In Abbildung 40 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. Diese Beobachtungsergebnisse waren Ausgangspunkt für eine neu zu entwickelnde Kurzstandkrippe. Zusätzlich mußte aber darauf geachtet werden, die durch die Freßbewegungen und die Futter-

selektion bedingten Futterverluste mit Hilfe der Krippenform so niedrig wie möglich zu halten.

Das Selektieren der Futterstoffe wird besonders durch Futter unterschiedlicher Qualität gefördert. Da sich ausgebreitetes Futter leichter überprüfen läßt, ziehen Rinder es angehäuften Futter vor (104, 83). Die Größe des Futterhaufens spielt hierbei keine Rolle (83). Dieses Verhalten erklärt das häufig zu beobachtende Auseinanderwühlen eines vorgesetzten Futterberges und das Verschleudern weniger beliebter Futterteile.

Die Vermeidung von Futterverlusten und ein ausreichendes Fassungsvermögen der Krippe zwingen so dazu, diese zur Standseite hin durch eine Krippenwand zu begrenzen, deren Mindesthöhe nach den bisherigen praktischen Erfahrungen 15 cm über Krippenniveau betragen sollte. Setzt man den von ZEEB, wie auch OBER und RIST geforderten, tiefsten Krippenpunkt auf eine Höhe von 15 cm an, bedeutet dies für die Krippenwand eine Mindesthöhe von 30 cm über Standniveau (Abb. 41).

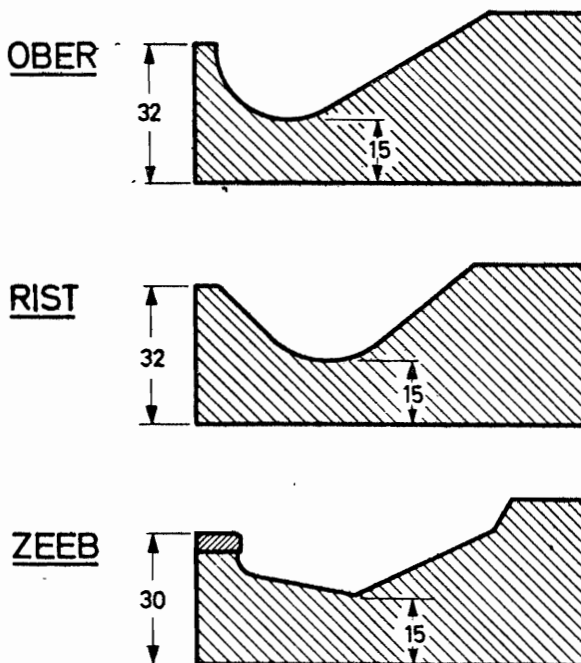


Abb. 41: Krippenformen nach OBER, RIST und ZEEB

Die in Abb. 41 dargestellten Krippenvorschläge berücksichtigen zwar die Anforderungen des fressenden Tieres, bringen aber aufstehende und abliegende Kühe in erhebliche Schwierigkeiten. Legt man hierbei die Untersuchungen von SCHNITZER (98) über "Abiegen, Liegestellungen und Aufstehen beim Rind" zugrunde, so ist den Kühen der z. B. zum Aufstehen benötigte Freiraum durch derartige Krippenrückwände verbaut. Kühe richten nämlich die Nachhand nicht allein durch Anwendung von Muskelkraft auf, sondern benötigen eine weitere, unterstützende Maßnahme. Hierbei schleudern die Tiere den Kopf nach vorwärts - abwärts, um dann durch Kontraktion der Rumpfstrecker, durch die der Kopf wieder nach oben schnellt, gleichzeitig die Nachhand anzuheben. Ellenbogen- und Karpalgelenke stellen hierbei die Drehpunkte des Hebels dar (Abb. 42).

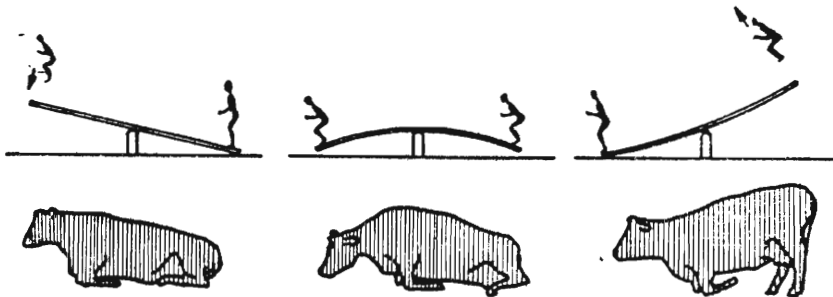


Abb. 42: Aufstehvorgang des Rindes in der "Schleuderbrettphase"
(nach SCHNITZER)

Beim Vorwärts-Abwärtsschwingen nähert sich der Kopf bis auf wenige Zentimeter dem Boden. Im Kurzstand verhindert eine zu hohe Krippenwand diese sogenannte "Schleuderbrettbewegung". Den Kühen bleiben daher zum Aufstehen drei Möglichkeiten, von denen jede Verletzungsgefahren in sich birgt:

- 1) Die Tiere verhalten sich wesensfremd oder atypisch, indem sie pferdeähnlich aufstehen. Hierbei erheben sie sich zuerst mit der Vorhand und versuchen dann mit nervösen, schnellen Bewegungen der Hinterbeine das schwere Gewicht der Hinterhand hochzuheben. In diesen schnellen Beinbewegungen sehen MATZKE und KOLLER (69) die Ursache für häufige Selbstverletzungen am Euter.

- 2) Die Kühe versuchen artspezifisch aufzustehen. Hierbei besteht die Möglichkeit, daß sie mit Hals- und Brustpartien gegen die Krippenkante schlagen. Prellungen und Blutergüsse in diesen Bereichen sind meist die Folge. Um derartige Verletzungen zu vermeiden, versuchen die Tiere
- 3) häufig vor dem Aufstehen von der Krippe wegzurobben. Nicht selten kommt es hierbei zu Eigen- oder Fremdverletzungen am Euter durch Klauentritte.

GROMMERS und Mitarbeiter (36) weisen in ihren Untersuchungen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Krippenhöhe und Häufigkeit der Trittverletzungen am Euter nach. Die Zitzenverletzungen nehmen hiernach erst entscheidend ab, wenn die gesamte Krippenhöhe weniger als 13 cm beträgt.

Diese Forderungen können auch die sogenannten Flachkrippen nicht erfüllen, da sie eine Krippenwandhöhe von 15 bis 25 cm bei einem Krippenniveau von 0 bis 5 cm aufweisen (Abb. 43).

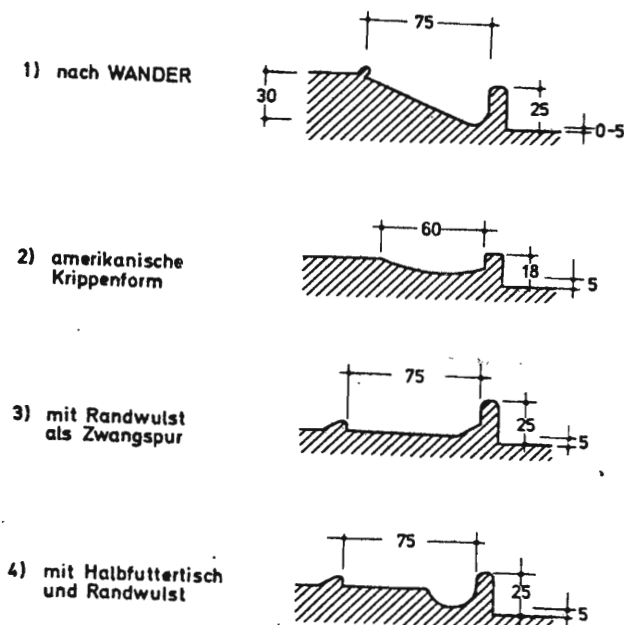


Abb. 43: Flachkrippen

Sie sind weiterhin noch mit dem Nachteil behaftet, daß die Tiere nur unter starker Belastung der Vorderbeine Futter aufnehmen können. Dies gilt in besonderem Maße für Fleckviehkühe, die mit einem kürzeren und stärker bemuskelten Hals als Tiere des Schwarzbunten Niederungsviehs ausgestattet sind. Flachkrippen führen daher besonders in Verbindung mit höheren Krippenwänden zu Verletzungen im Bereich der Karpalgelenke, zu Hautschwielen und Schleimbeutelentzündungen (68). Bei wachsenden Tieren sind in diesem Zusammenhang auch Carp-Arthrosen nicht auszuschließen.

Wie der Überblick über die wichtigste einschlägige Literatur zeigt, reichen die bisher durchgeführten Untersuchungen zur Gestaltung einer tiergerechten Kurzstandkrippe nicht aus. Und zwar aus mehreren Gründen:

- Die von OBER und RIST durchgeführten Reichweitenmessungen können nur einen methodischen Lösungsvorschlag zur Freßbereichsermittlung darstellen, da die Untersuchungen an Einzeltieren durchgeführt wurden. Die beiden verwendeten Versuchskühe entsprachen in den hierbei wichtigen Körpermaßen (Hals-Kopf-Zungenlänge) nicht dem Populationsdurchschnitt. Eine von RIST deshalb an dem Versuchstier ermittelte 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 geht zusätzlich der wichtige Einfluß der Anbindevorrichtung verloren, da die Untersuchungen ausschließlich am Freßgitter durchgeführt wurden. Aus diesem Grunde sind auch die Beobachtungsergebnisse von ZEEB nur teilweise auf den Kurzstandstall übertragbar. Weiterhin läßt sich nicht ausschließen, daß die von ZEEB unter den Tieren beobachtete Unruhe nicht allein durch eine zu niedrige Freßebene, sondern auch durch ein qualitativ schlechter werdendes Futter aufgrund verstärkter Beatmung und Futterselektion bedingt ist. Die an der Vorhand auftretenden Belastungen bei unterschiedlichen Freßhöhen wurden nicht erfaßt.

- Die Beobachtungen des abliegenden, liegenden und aufstehenden Rindes führte SCHNITZER auf der Weide durch. Die von ihm gefundenen Bewegungsabläufe können daher nicht direkt auf Stallverhältnisse übertragen werden. Sie helfen aber bei der Bewertung und Einordnung von Bewegungsabläufen, die zum einen durch die Beeinträchtigung bestehender Stalleinrichtungen bedingt sind und zum anderen durch das Anpassungsvermögen des Tieres bestimmt werden.
- Es liegen keine Untersuchungen vor, die die Anforderungen des fressenden und des abliegenden bzw. aufstehenden Tieres in gleicher Weise berücksichtigen.

Somit kann das sicher wertvolle Material zwar als Grundlage dienen, nicht aber zu direkten Aussagen verhelfen. Dieser Tatbestand bildete die Anregung und den Ausgangspunkt für weitergehende Untersuchungen.

6.2 Ziel der Untersuchungen

Aus den bisherigen Untersuchungen läßt sich ableiten, daß eine Kurzstandkrippe erst in dem Moment tiergerecht wird, in dem die aus den einzelnen Funktionskreisen, wie Ernährung, Ausruhen und Lokomotion resultierenden Anforderungen des Tieres in gleicher Weise berücksichtigt werden. Diese Untersuchungen müssen folglich das Ziel haben, diese unterschiedlichen artspezifischen Anforderungen in ihrer Gesamtheit zu erfassen, um hierauf einen Krippenvorschlag aufbauen zu können, der es den Kühen ermöglicht,

- das vorgelegte Futter in natürlicher Körperhaltung und unter geringer Belastung der Vorderextremitäten zu erreichen und
- aufgrund eines ausreichenden Freiraumes unbehindert abliegen, liegen und aufstehen zu können.

Hierbei sind die durch die Kurzstandhaltung bedingten Einflußfaktoren mit zu berücksichtigen. Dies gilt in besonderem Maße für unterschiedliche Anbindevorrichtungen, da sie die Bewegungsabläufe der Tiere entscheidend steuern.

Eine Kurzstandkrippe muß aber nicht nur tiergerecht, sondern auch funktionsgerecht sein. Hierzu gehört zunächst ein ausreichendes Fassungsvermögen. Weiterhin soll die Krippenform beim Fressen auftretende Futterverluste weitgehend einschränken und zusätzlich für Futtermittel unterschiedlicher Struktur gleich gut geeignet sein.

6.3 Methodisches Vorgehen und Vorversuche

Die Vielzahl der aufgeworfenen Fragen ließ sich nicht mit einer einheitlichen Methode bearbeiten. Deshalb mußte die komplexe Problemstellung zunächst in Teilprobleme aufgegliedert und die gelösten Einzelfragen zu einem Gesamtergebnis zusammengesetzt werden. Hierbei bestehen verschiedene Gliederungsmöglichkeiten. Einmal kann versucht werden, die drei Teilziele Krippenform, -höhe und Krippenweite getrennt für sich zu bearbeiten. Dieser Weg erscheint jedoch nicht sinnvoll, da z. B. Veränderungen in der Form zwangsläufig Änderungen in den Abmessungen mit sich bringen.

Besser ist es daher, zunächst die Anforderungen des fressenden Tieres an die Krippe zu ermitteln, im Anschluß daran die zum Aufstehen und Abliegen nötigen Freiräume zu bestimmen und aus den Ergebnissen der aufeinander folgenden Versuchsreihen einen tier- und funktionsgerechten Krippenvorschlag zu entwickeln.

Um die im Kurzstand auftretenden Nebenbedingungen erfassen zu können, mußte ein Versuchsstand eingerichtet werden, der die entsprechenden Standmaße aufwies (Kap. 6.4) und weiterhin die Möglichkeit bot, in der Praxis häufig verwendete Anbindevorrichtungen in die Versuche einbeziehen zu können.

Das fressende Tier wird nun von vier Faktoren beeinflusst und zwar von

- seinem Individualverhalten
- der verwendeten Anbindevorrichtung
- Art und Vorlage des Futters
- und schließlich von der Versuchskrippe
in ihren unterschiedlichen Variationen.

Der Einfluß dieser Faktoren kann durch Beobachtungen und einfache Freßbereichsbestimmungen nicht analysiert werden. Vielmehr sind empfindliche Parameter notwendig, die ohne zusätzliche Beeinflussung des Versuchstieres erfaßt, gespeichert und verglichen werden können (Abb. 44). Diesen Bedingungen entsprechen die Freßbewegungen des Tieres, deren Aussagekraft durch das gleichzeitige Wahlverhalten gegenüber dem vorgelegten Futter noch erhöht wird.

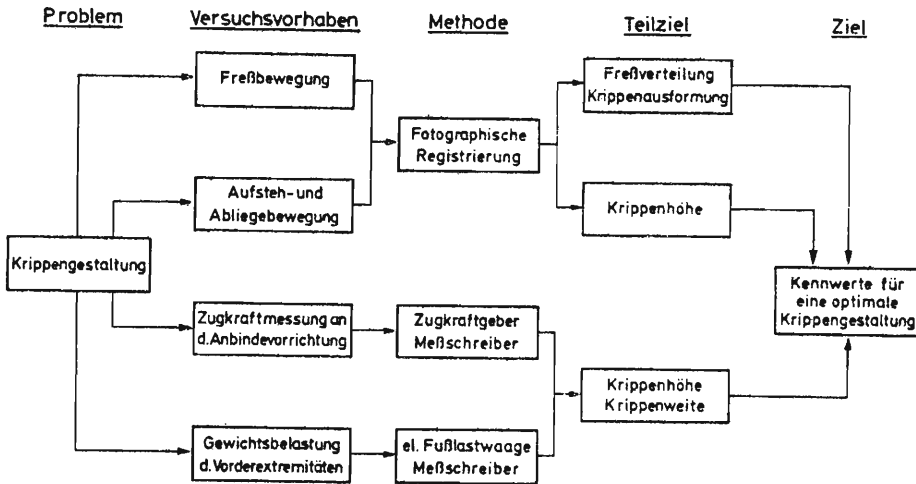


Abb. 44: Ermittlung von Kennwerten für eine optimale Krippengestaltung von Rindern bei Anbindehaltung

Die Freßbewegungen wurden mit Hilfe der fotografischen Registrierung festgehalten, so daß aus der Zuordnung der einzelnen Freßpunkte ein bevorzugter Krippenbereich erkannt werden konnte.

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

Diese Abmessungen waren nun mit den Anforderungen des abliegenden und aufstehenden Rindes abzustimmen, die in der nachfolgenden Versuchsreihe ermittelt wurden. Der für einen reibungslosen Bewegungsablauf notwendige Krippen-

freiraum wird in erster Linie durch eine zunehmende Krippenwandhöhe reduziert. Um den Versuchsaufwand so gering wie möglich zu halten, war es zweckmäßig, bei unbegrenzter Krippenweite nur die Krippenhöhe zu variieren, und die Bewegungskurven für unterschiedliche Anbindevorrichtungen festzuhalten. Veränderungen im Bewegungsablauf und in den gleichzeitig erfaßten Belastungswerten der Vorderextremitäten gaben Auskunft über die Eignung der Krippeneinstellung bei verwendeter Anbindevorrichtung. Die benötigte Krippenweite ließ sich direkt anhand der Bewegungskurven ablesen.

Die endgültigen Kennwerte für eine optimale Kurzstandkrippe ergeben sich als Kompromißmaße aus den Ergebnissen der beiden aufeinanderfolgenden Versuchsserien. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die große Anzahl unterschiedlicher Versuchseinstellungen, die alle durch einen hohen Arbeitsaufwand und einen erheblichen technischen Aufwand gekennzeichnet waren, nur wenige Wiederholungen mit verschiedenen Tieren ermöglichte. Diesem Nachteil wurde zum Teil durch die Auswahl der Versuchstiere begegnet, die sich in dem für die Krippengestaltung wichtigen Körpermaß der gestreckten Hals-Kopf-Zungen-Länge eng an den Mittelwert der betreffenden Stichprobe anlehnten ($n = 46$ Fleckviehkühe; vergl. Kap. 4.2). Trotzdem können die durchgeführten Untersuchungen im Sinne von FEWSON und BISCHOFF (30) lediglich als Vorprüfung gewertet werden. Ihre endgültige Absicherung durch umfangreiche Wiederholungen geht über den Rahmen einer landtechnischen Arbeit jedoch hinaus.

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.

Zur Durchführung der Vorversuche wurden nacheinander drei zweijährige Kalbinnen der Fleckviehrasse in einem zunächst provisorisch hergerichteten Versuchstand aufgestellt. Die Auswahl der Kalbinnen erfolgte nach dem Zufallsprinzip.

Die ersten Verhaltensbeobachtungen und Bewegungsstudien der fressenden Tiere und die gleichzeitigen Messungen mit dem in die Anbindevorrichtung eingebauten Zugkraftgeber ergaben, daß diese ursprünglich allein vorgesehene Kraftmessung nicht ausreichte, um direkte Rückschlüsse auf auftretende Belastungen des Tieres ziehen zu können. Zudem erwies sich der Zugkraftgeber zur Kraftmessung bei Aufsteh- und Abliegevorgängen als unbrauchbar, da die Versuchstiere schon vor dem Einbau aufsprangen bzw. sich nicht mehr ablegten, dem Zugkraftgeber jedoch ein Verbleib in der Anbindevorrichtung außerhalb der Versuchszeit geschadet hätte.

Somit ergab sich für die eigentlichen Hauptversuche die Notwendigkeit, eine Fußlastwaage in den Versuchsstand einzubauen, um hiermit die an den Vorderextremitäten auftretenden Belastungen feststellen zu können. Zur richtigen Dimensionierung der Waagemaße (vergl. Kap. 6.4 bzw. Anhang) wurde während der Vorversuche sowohl die Standposition während des Fressens ermittelt, als auch die Position der Vorderextremitäten während des Abliegens, Liegens und Aufstehens.

Weiterhin führten die Vorversuche zu der Erkenntnis, daß die Registrierung der Freßbewegungen mit einer einzigen motorangetriebenen Kamera nicht ausreicht, sondern die Bewegungsabläufe wirklichkeitsgetreu 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 geringstmöglichem Filmverbrauch. Eine ausreichende Belichtung der Filme wurde durch die Verwendung einer Studio-lampe möglich. Während der Futteraufnahme ließen sich die Tiere hierdurch nicht ablenken, dagegen wurden liegende Tiere durch das Einschalten der Lampe sofort aufgescheucht. Das Aufstehen und Abliegen mußte deshalb mit einer Videokamera aufgezeichnet werden. Sie konnte sowohl den schlechten Lichtverhältnissen als auch den schnelleren Bewegungsabläufen besser entsprechen.

In den Vorversuchen wurden den Tieren zunächst Futtermittel stark unterschiedlicher Struktur vorgelegt, wie Kraftfutter, Grassilage 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 Grürnmehlpellets beschränkt werden. Beide Futtermittel konnten aufgrund ihrer homogenen Struktur gleichmäßig auf der Krippenplatte verteilt werden.

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 Reichweiten-ermittlungen an deutschen Fleckviehkühen eingegrenzt werden (vergl. Kap. 4). Um die Anforderungen des fressenden Rindes zu ermitteln, erschienen danach die Variationen

Krippenhöhe	0, 5, 10, 15, 20	cm
Krippenweite	40, 80	cm
Neigungswinkel	45	Grad

als zweckmäßig und ausreichend.

6.4 Versuchsausstattung

Zum besseren Verständnis der Versuchsdurchführung und der hierbei gewonnenen Ergebnisse sowie aus Gründen einer späteren Reproduzierbarkeit ist es notwendig, auf die wichtigsten Einzelheiten des verwendeten Materials einzugehen. Da jedoch eine längere Beschreibung der Versuchsausstattung, wie sie aufgrund der umfangreichen Untersuchungen und der Vielzahl der eingesetzten Materialien und Meßeinheiten nötig wäre, den gedanklichen Zusammenhang zwischen methodischem Vorgehen und Versuchsdurchführung bzw. -ergebnissen stören würde, soll an dieser Stelle nur auf die Beschreibung der Versuchsausstattung im Anhang (S. 184) hingewiesen werden.

6.5 Versuchstechnik und -durchführung

Die Untersuchungen wurden in der Zeit vom 23.4.1975 bis zum 18.9.1975 durchgeführt. Die in den Freßversuchen und den Beobachtungen des abliegenden und aufstehenden Rindes berücksichtigten Variationen und durchgeführten Wiederholungen sind in Tabelle 9/5 im Anhang zusammengestellt. Die Versuchsdurch-

Führung der einzelnen Variationen bzw. Wiederholungen ist innerhalb einer Versuchsreihe identisch.

6.5.1 Aufzeichnung der Bewegungsabläufe und Filmauswertung

Vorbereitet wurde die Aufzeichnung der Freßbewegungen durch die Einstellung der geplanten Krippenabmessungen und die Auswahl der für diese Variation bestimmten Futterart. Bei einer Vorgabe von ca. 500 g Kraftfutter bzw. Grünmehlpellets konnte die Krippenfläche sowohl bei einer Weite von 40 cm als auch von 80 cm gleichmäßig mit Futter überstrichen werden. Um Verhalten und Bewegungsablauf nicht durch eine zunehmende Sättigung und damit steigende Freßunlust zu beeinflussen, konnte eine Fütterung höchstens sechs Einstellungen umfassen. Gleichzeitig wurde der unter anderem von STRÄSSER (104) beschriebene erhöhte Futteranreiz unterschiedlicher Futtermittel ausgenutzt, indem z. B. nach einer Einstellung mit Kraftfutter in der folgenden Variation Grünmehlpellets verteilt wurden.

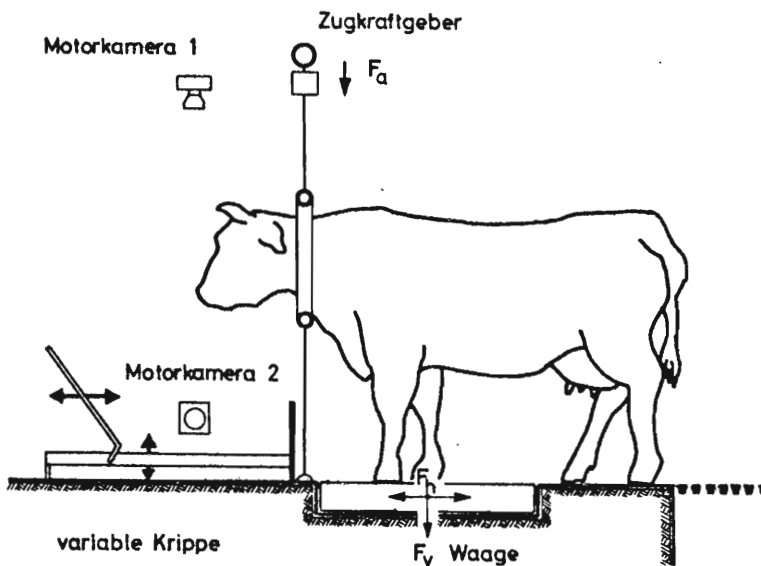


Abb. 45: Versuchsanordnung zur Messung der Kräfte und Ermittlung der Freßverteilung im Anbindestand

Sofort nach der Futtervorlage begannen die synchron laufenden Motorkameras 1 und 2, die auf Höhe der Krippenmitte montiert waren (Abb. 45), die Freßbewegungen von oben und von der Seite im Drei-Sekunden-Takt festzuhalten. Dieser Takt wurde von einem zentralen Fremdsignalgeber vorgegeben. Mit seiner

Hilfe gelang es, die auf Einzelbildschaltung eingestellten Timer und damit die beiden Kameras zum gleichen Zeitpunkt auszulösen und gleichzeitig die Fotoauslösung durch einen Synchronimpuls auf einem Magnetband aufzuzeichnen (Abb. 47). Je nach Freßdauer konnten somit 60 bis 80 Freßpunkte räumlich erfaßt werden. Eine zu Beginn der Einstellung eingeblendete Tafel mit den entsprechenden Variationsangaben diente zur Identifizierung der Filmabschnitte. Die technischen Einzelheiten der verwendeten Motorkameras faßt Tabelle 9/6 im Anhang zusammen.

Während der Aufzeichnung des Abliegens und Aufstehens entfiel der ablenkende Faktor Futter. Die Tiere reagierten somit sehr empfindlich auf Störgeräusche, Veränderungen der Lichtverhältnisse und wahrnehmbare Bewegungen. Aufgrund dieses auch von BÄUMELER (7) geschilderten Verhaltens erwies es sich als zweckmäßig, die Videokamera zwar auf Höhe der Krippenwand (Abb. 46), aber für die Tiere unsichtbar hinter einer getarnten Sichtluke in der Verbindungstür zum Ordinationsraum (vergl. Anhang S. 185) zu postieren. Gründe für die Bevorzugung der Videoanlage gegenüber einer konventionellen Filmkamera lagen in der geräuschlosen Aufzeichnung schneller Bewegungen auch unter ungünstigen Lichtverhältnissen und in der Möglichkeit, diese Aufzeichnungen sofort zu kontrollieren.

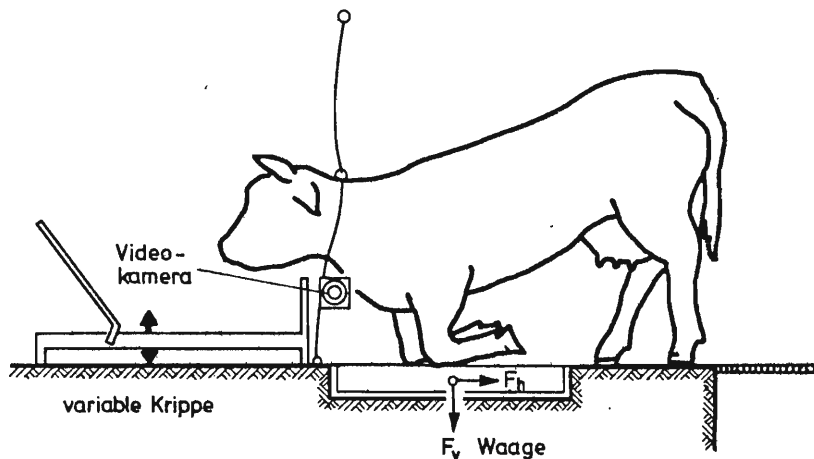


Abb. 46: Versuchsanordnung zur Messung der Kräfte und Ermittlung der zum Abliegen, Liegen und Aufstehen notwendigen Krippenfreiräume

Jede Einstellung wurde analog zu den Freßbewegungen durch die eingeblendeten Variationsdaten gekennzeichnet. Anschließend verfolgte die Beobachtungsperson

die Bewegungen des Tieres über den in der Videokamera eingebauten Kontrollmonitor, der bereits in der Bereitschaftsstellung das Fernsehbild aufbaut. Das nicht zu beeinflussende Abliegen der Tiere war für den hohen Zeitaufwand dieses Versuchsabschnittes verantwortlich und bestimmte entscheidend die Beschränkung auf sechs Wiederholungen je Einstellung. Sobald ersichtlich war, daß sich das Tier zum Abliegen anschickte (vergl. Kap. 6.6.4), wurden die Videoanlage auf Aufnahme geschaltet und die Bewegungsabläufe aufgezeichnet. Mit Hilfe des vorhandenen Tonkanals konnte eine beendete Einstellung sofort kommentiert werden.

Die Auswertung derart aufgezeichneter Bewegungsabläufe erweist sich als sehr schwierig. So werden diese Bewegungskurven in der vorliegenden 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 zu einem großen Teil auf die Bewegungen einwirken, unberücksichtigt bleiben müssen und schließlich
- 3) keine Absicherung der Ergebnisse möglich ist.

Zur Auswertung der Freßbewegungen wurde deshalb eine Methode entwickelt, die es zum ersten Mal 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 auf 35 mm Filmen aufgenommenen Freßbewegungen kommen als Negativbilder aus der Entwicklung. Mit Hilfe eines für diese Zwecke umgebauten Diaprojektors

werden diese Negative einzeln auf die senkrecht geschwenkte Arbeitsplatte eines grafischen Digitalisierers übertragen. Bevor die eigentliche Auswertung beginnt, muß die Entfernung zwischen Diaprojektor und Digitalisierplatte solange korrigiert werden, bis die abgebildete Krippenrasterung einem vorher definierten Maßstab entspricht. Weiterhin ist ein exakter Verlauf der abgebildeten waagrechten Krippennulllinie erforderlich, da bereits geringe Ungenauigkeiten z. B. zu einem Vorzeichenwechsel der Meßdaten führen können. Mit einem als Fadenkreuz ausgebildeten Kontaktelement wird die Entfernung zwischen einem einheitlich definierten Nullpunkt - z. B. ein Krippeneckpunkt - und der Maulspitze abgegriffen und die vermessene Strecke in x- und y-Ordinaten angegeben. Der grafische Digitalisierer arbeitet hierbei mit einer Genauigkeit von 10^{-2} Inch. Die Meßwerte überträgt ein direkt an den grafischen Digitalisierer angeschlossener Kartenlocher (Abb. 47) auf Lochkarten.

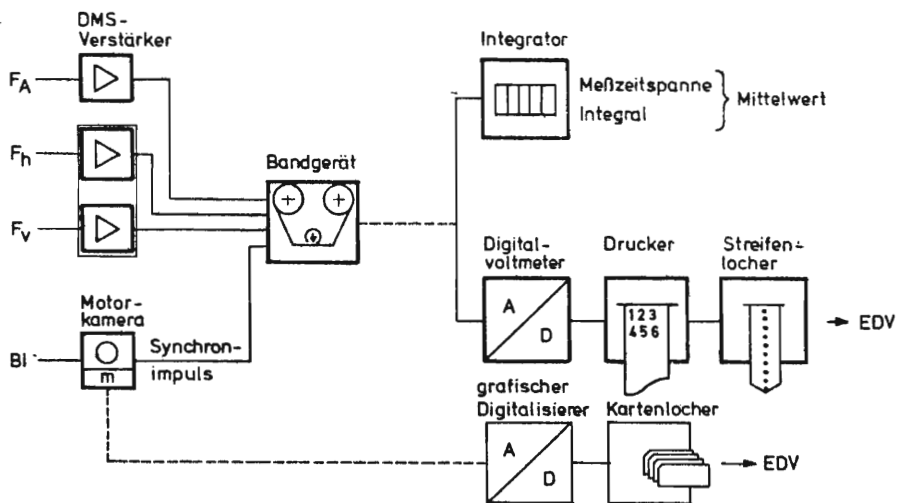


Abb. 47: Messung der Kräfte im Anbindestand
Blockdiagramm zur Datengewinnung

Da nun in der vorliegenden Untersuchung besonders der bevorzugte Krippenbereich interessiert, sollen die in Form von Urdaten erfaßten Bewegungspunkte als Verteilung über einer, der Krippenplatte entsprechenden Grundfläche aufgetragen werden. Hierzu mußte ein Rechenprogramm PLANQU (6) aufgestellt werden, das zunächst die Urdaten in das metrische Meßsystem überführt und auf den Maßstab 1 : 1 umrechnet. Gleichzeitig ließen sich die durch die optische Aufzeichnung und Übertragung bedingten Verzerrungen korrigieren. Abschließend

wurden die korrigierten Datenpaare, die jeweils einen Bewegungspunkt in seinen x- und y-Ordinaten kennzeichnen, zusammen mit den Variablen der betreffenden Einstellung auf je eine Lochkarte umgestanzt und die Kartenblöcke der einzelnen Einstellungen für die EDV aufbereitet (Abb. 48).

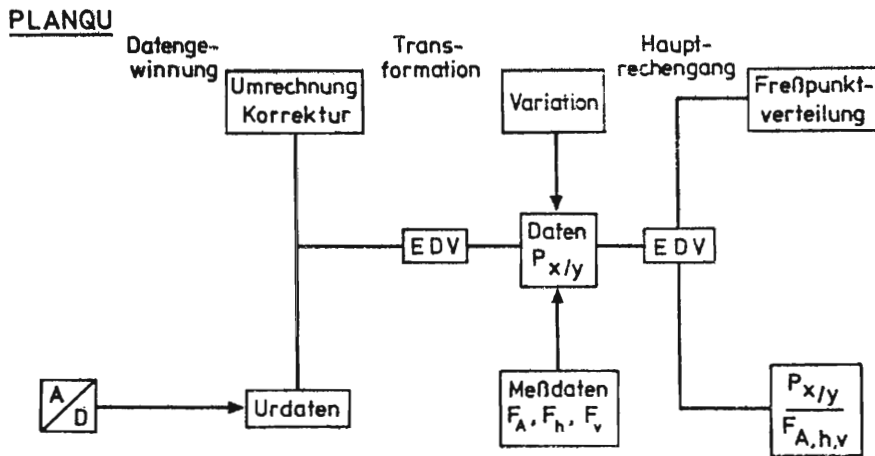


Abb. 48: Statistische Aufbereitung der Bewegungskurven zu einer Verteilungsfunktion

Da die Freßbewegungen jeder Einstellung von der Seite und von oben festgehalten wurden, erhält man für beide Aufnahmeebenen eine Freßpunktverteilung. Die im Output ausgedruckten Planquadrante – sie entsprechen jeweils 10 cm^2 und damit der Krippenrastrung – geben durch ihre Kennzahl die Häufigkeit der für jedes Einzelquadrat registrierten Freßpunkte an. Für jede Spalte und Zeile des Verteilungsfeldes werden die Freßpunkte addiert und ihre Summe sowohl absolut als auch relativ aufgeführt, so daß bevorzugte Krippenbereiche abzugrenzen sind. Ein Vergleich unterschiedlicher Einstellungen kann aufgrund der angegebenen Mittelwerte $\bar{x}$, $\bar{y}$ bzw. $\bar{z}$ und deren Standardabweichungen sowie Variationskoeffizienten abgesichert werden.

Die mit Hilfe der Videoanlage aufgezeichneten Bewegungsabläufe aufstehender und abliegender Rinder erlaubten aufgrund der hier vorliegenden Fragestellung und der nur kurzen Bewegungsvorgänge eine technisch einfachere Auswertung. Die benötigten Freiraumsprüche können direkt aus den Umhüllungslinien des Tieres abgelesen werden. Darüber hinaus ist es speziell zur Bestimmung des nötigen Krippenfreiraumes zweckmäßig, die Bewegungslinien der Maulspitze

aufzuzeichnen und zu vergleichen, da hierdurch direkt erkannt werden kann, inwieweit das aufstehende bzw. abliegende Tier in der Lage ist, den angebotenen Krippenfreiraum zu nutzen. Zu diesem Zweck wurden die auf dem Videoband aufgezeichneten Bewegungen über den Monitor abgespielt und mit Hilfe einer Stillstandprojektion auf Klarsichtfolie übertragen. Der direkte Vergleich der Bewegungslinien war möglich aufgrund

- der gleichen Rasterung
- der fest definierten Kameraposition während der Aufzeichnungen und
- der unveränderten Kameraeinstellung.

6.5.2 Aufzeichnung auftretender Kräfte und Auswertung der Kräftermessungen

Neben der optischen Aufzeichnung der Bewegungsabläufe lieferte die mechanisch-elektronische Messung hierbei auftretende Kräfte weiteres Datenmaterial zur Entwicklung einer tiergerechten Kurzstandkrippe.

In der Versuchsreihe "Freßbewegungen" erfolgten der Start des Fremdsignalgebers und des Magnetbandgerätes gleichzeitig. Erst ab diesem Moment wurden die permanent vorhandenen Kräfte kontinuierlich aufgezeichnet, und zwar auf Kanal 1 des Magnetbandgerätes die vertikal auf die Fußlastwaage 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 (Abb. 47). Die Tonspur des Magnetbandes hielt Nummer und Variable der Meßreihe fest und nahm gleichzeitig die Einstellungsdaten der parallel laufenden Filme auf. Zur Erleichterung der Auswertung empfahl es sich, zusätzlich Start und Ende einer Einstellung anzusagen und sämtliche Beobachtungen zu kommentieren, die etwa die Position der Vorderextremitäten, Störeinflüsse oder Unterbrechungen betrafen.

Die exakte Zuordnung der zum Zeitpunkt eines Freßpunktes ermittelten Kräfte erfolgte über den Fremdsignalgeber. Entsprechend dem Auslöserrhythmus der beiden Motorkameras gab er alle drei Sekunden einen Synchronimpuls auf Kanal 4 des Magnetbandgerätes ab (Abb. 47).

Diese Art der Synchronisation und Zuordnung mußte während der Beobachtung des aufstehenden und abliegenden Rindes entfallen, da die Bewegungsabläufe mit der

Videokamera ebenfalls kontinuierlich aufgezeichnet wurden. Die strenge Zuordnung der an der Waage angreifenden vertikalen und horizontalen Kräfte zu dem entsprechenden Bewegungsabschnitt erfolgte deshalb über ein gemeinsames An- und Abschalten der beiden Aufzeichnungsgeräte. Um Verwechslungen auszuschließen, wurde für jede Einstellung der Stand der Zählwerke notiert. Eine weitere Sicherheitsmaßnahme stellte die Aufnahme der Einstellungsdaten auf die Tonspur des Magnet- und Videobandes dar.

Die Auswertung der von dem fressenden Tier eingebrachten Kräfte war auf verschiedenen Wegen möglich (Abb. 47). Der Gleichstrom- und Gleichfrequenz-integrator verhalf zu Aussagen über die durchschnittlichen Belastungen an Anbindevorrichtung und Vorderextremitäten. Hierzu wurden die auf den Kanälen 1, 2 und 3 des Magnetbandgerätes aufgezeichneten Kräfte einzeln abgefragt und die Summe der auftretenden Elektroimpulse über die Meßzeitspanne integriert. Die so erhaltenen Mittelwerte mußten mit den aus der Kalibrierung der Waage und des Zugkraftgebers bekannten Umrechnungsfaktoren multipliziert werden, um die mittlere Belastung in Newton ausdrücken zu können.

Weitergehende Aussagen sind durch die direkte Zuordnung aufgetretener Kräfte zu den einzelnen Freßpunkten einer Einstellung 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 (Abb. 47). Diese Kennzahlen können direkt von einem Drucker ausgedruckt werden. Günstiger ist es jedoch, sie über einen Streifenlocher für die EDV aufzubereiten. Die Umrechnung der Meßwerte in Newton und ihre gemeinsame Verrechnung mit den zugehörigen Freßpunkten bleibt dann Aufgabe eines entsprechenden Rechenprogrammes.

Die während des Aufstehens und Abliegens auftretenden Belastungsverhältnisse konnten durch eine Mittelwertbestimmung oder ein punktuellles Herausgreifen von Einzelwerten nur unzureichend charakterisiert werden.

Hier war es vielmehr richtiger, die an der Fußlastwaage angreifenden Vertikal- und Horizontalkräfte von dem Magnetbandgerät auf einen Zweikanal-Meßschreiber zu übertragen (Abb. 49) und sowohl aus dem Gesamtverlauf als auch aufgrund typischer Einzelpunkte der Meßkurven zu beurteilen, inwieweit Beeinträchtigungen des Bewegungsablaufes vorliegen.

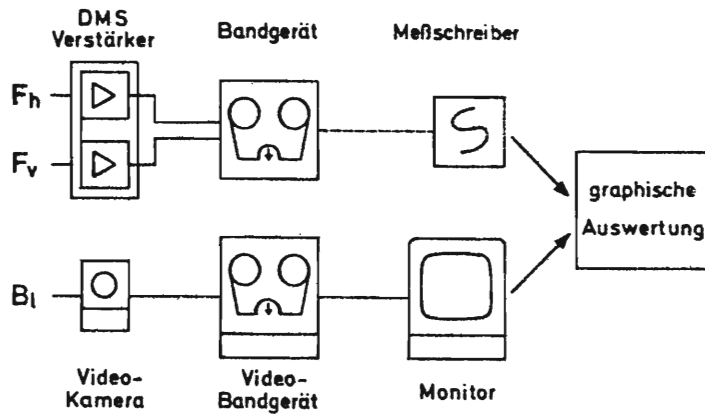


Abb. 49: Aufzeichnung der Kennwerte während des Abliegens und Aufstehens
Blockdiagramm zur Datengewinnung

Ein- und Ausschalten des Magnetbandes – es erfolgte während der Beobachtungen gleichzeitig mit dem der Videokamera – erzeugt auf dem Meßschrieb aufgrund kurzfristiger Induktionsströme charakteristische Zacken. Mit Hilfe dieser Zacken, der bekannten Vorlaufgeschwindigkeit des Meßschreibers (5 mm/sec) und der ebenfalls bekannten Dauer der Videoaufzeichnung war es möglich, die auftretenden Vertikal- und Horizontalkräfte der jeweiligen Bewegungsphase zuzuordnen. Da es sich aufgrund der Waagekonstruktion immer um die gemeinsame Belastung beider Vorderextremitäten handelte, war es unerheblich, ob sich das Tier auf die rechte oder linke Seite ablegte bzw. aus der einen oder anderen Lage aufstand.

6.6 Ergebnisse

In Anlehnung an die Versuchsdurchführung gliedert sich die Darstellung der Ergebnisse in die vier Abschnitte:

- Verteilung der Freßpunkte
- Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme
- Abliege- und Aufstehbewegungen und
- Belastung der Vordergliedmaßen beim Abliegen und Aufstehen.

Die sich aus den einzelnen Abschnitten ergebenden Kennwerte über die Anforderungen des Rindes an eine tiergemäße Kurzstandkrippe bilden in der abschließenden Ergebnisdiskussion die Grundlage für den Vorschlag einer tiergemäßen und funktionsgerechten Kurzstandkrippe.

6.6.1 Verteilung der Freßpunkte

Die Bewegungslinie der Maulspitze richtet sich während der Futteraufnahme in starkem Maße nach der Verteilung und der Struktur des vorgelegten Futters. Die Gründe sind zum einen in dem Auswahlvermögen und Selektionstrieb zu sehen, zum anderen nehmen Rinder unterschiedlich strukturierte Futtermittel auf verschiedene Weise auf. Als Hauptorgan dient ihnen hierzu ihre lange und bewegliche Zunge, wo hingegen die Lippen infolge ihrer begrenzten Beweglichkeit eine nur untergeordnete Bedeutung haben. Während nun Langgut, gleichgültig ob gepreßt oder lose, durch unterstützende Bewegungen des Kopfes und Halses vom Futterhaufen losgerissen wird und diese artspezifischen Schleuderbewegungen erhebliche Futterverluste verursachen, bleibt das Rind bei der Aufnahme von Kurzgut mit dem Kopf dicht über der Krippe und transportiert das Futter durch Zungen- und Lippenbewegungen in die Mundhöhle. Gemahlenes Kraftfutter schlecken die Rinder stets mit der Zunge auf. Sie können hierbei jedoch nur die Menge je Kauakt erfassen, die unmittelbar an der Zunge hängen bleibt. Die Grünmehlpellets lassen sich dagegen auch mit den Lippen greifen, so daß gleiche Mengen in kürzerer Zeit aufgenommen werden. Verteilt man nun beispielsweise Kraftfuttermehl gleichmäßig dünn auf der Krippenplatte, so daß eine Beeinflussung des fressenden Tieres durch lokale Futterkonzentrationen auszuschließen ist, so können die Bewegungslinien der Maulspitze in ihrem Verlauf nur noch durch individuelle Eigenheiten oder durch stalltechnische Faktoren – wie Krippenabmessungen und Anbindevorrichtungen – beeinflußt sein.

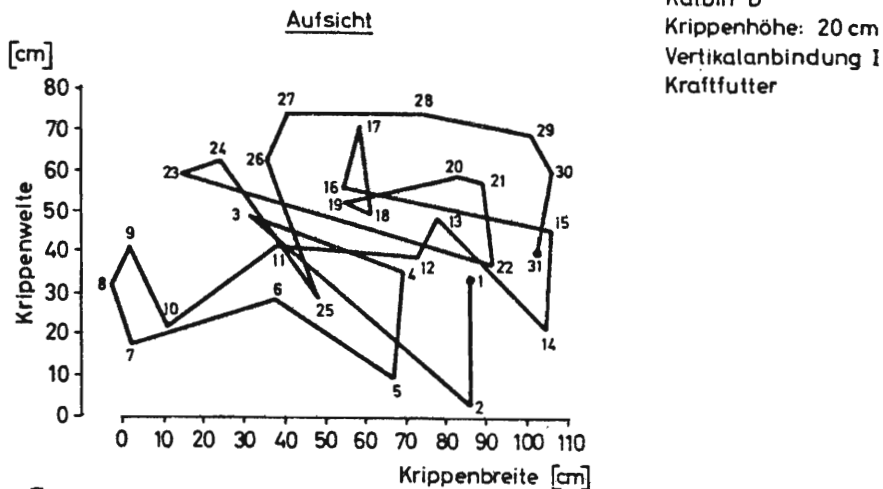


Abb. 50: Bewegungslinie der Maulspitze einer Kalbin während der Futteraufnahme

Wie der durch zwei Freßpausen begrenzte Bewegungsabschnitt in Abb. 50 beispielhaft zeigt, verweilt die Maulspitze nur kurzfristig an der gleichen Stelle. Sie überstreicht vielmehr mit weiten, halbrunden Bewegungen, die an das Grasen erinnern, die ebene Krippenplatte. Der eckige Verlauf der Freßkurven in Abb. 50 ist durch den 3-Sekundenabstand in der Bildfolge bedingt und spiegelt die Bewegungen "gefiltert" wieder. Es ist deutlich zu erkennen, daß das Rind mit dem Fressen zunächst in einem Bereich beginnt, der lediglich ein Absenken des Kopfes erfordert. Trotz der seitlichen Ausflüge verbleibt die Maulspitze schwerpunktmäßig in diesem Bereich, bevor zum Abschluß der Bewegung weiter entferntes Futter aufgenommen wird.

Da die erfaßten Maulpositionen aufgrund der vorgegebenen Bildfolge für eine korrekte Wiedergabe der Freßfrequenz an jedem beliebigen Planquadrat (10 cm^2) der Krippenfläche ausreichen (vergl. Kap. 6.3), ist aus der entstehenden Freßpunktverteilung zu ersehen, ob und wie stark einzelne Krippenbereiche bevorzugt werden.

Stellt man hierbei zunächst die Hypothese auf, daß durch die Variablen Krippenweite, -höhe und Arbindevorrichtung keine Beeinflussung des fressenden Tieres erfolgt und läßt vorerst den Einfluß individueller Eigenheiten unberücksichtigt, so müßte aufgrund der gleichmäßigen Futterverteilung jede beliebige

Stelle des ebenen Krippenbodens eine gleichgroße Häufigkeit an Freßpunkten aufweisen und damit zwischen den einzelnen Versuchseinstellungen kein Unterschied abzusichern sein.

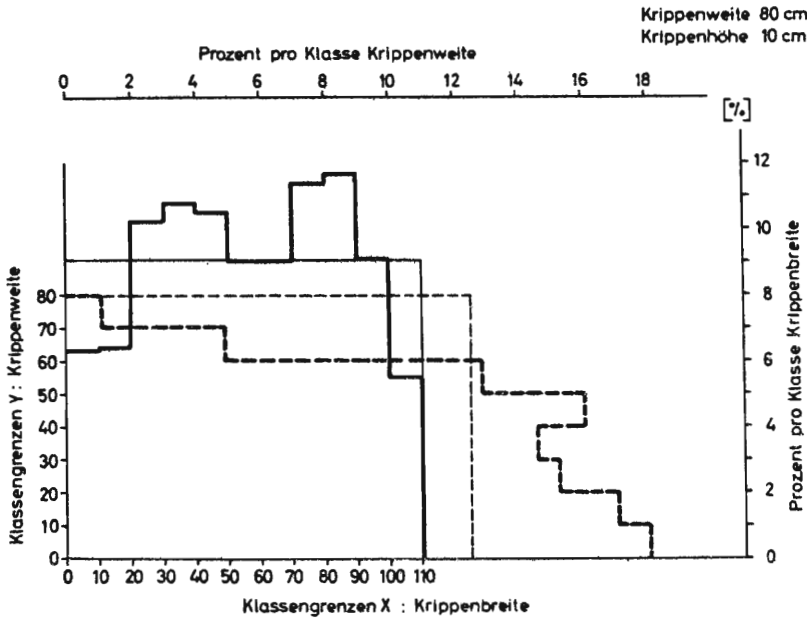


Abb. 51: Freßpunktverteilung (n = 1538)
Histogramme der Stichproben X/Y-10/80

Überträgt man diese Hypothese auf das in Abb. 51 dargestellte Beispiel einer Freßpunktverteilung, die alle Freßpunkte aus den Versuchseinstellungen Krippenhöhe 10 cm und Krippenweite 80 cm in den Histogrammen für die Ordinaten X und Y enthält, so müßten diese Histogramme für die einzelnen Klassen der Krippenbreite bzw. Krippenweite die gleiche Höhe aufweisen und damit den dünn gezeichneten Linien entsprechen. Die tatsächliche Verteilung – sie geht aus den stärkeren Linien hervor – weist jedoch erhebliche Unterschiede auf und zeigt, daß zum Beispiel auf eine Krippenweite zwischen 70 und 80 cm nur noch 1,1 % aller Freßpunkte entfallen (horizontales Skalenband). Eine gleichmäßigere Ausnutzung der Krippenfläche ist bei der vorliegenden Krippenhöhe nur bis zu einer Weite von 60 cm gegeben. Ebenso wird die Krippenfläche in ihrer Breite nicht voll genutzt. So entfallen auf die Bereiche 0 bis 20 cm und 100 bis 110 cm nur rund 6,5 bzw. 5,5 % der Freßpunkte, während die Bereiche 10 bis 30 cm seitlich der Standlängsachse Höchstwerte der Verteilung zwischen 10 und 12 % erreichen (vertikales Skalenband).

Die Verteilungsunterschiede weisen damit eine Steuerung der Futteraufnahme nach, so daß die aufgestellte Hypothese abgelehnt werden muß. Welche Einflußfaktoren nun im einzelnen diese Unterschiede bewirken, sowie die Fragen der Wirkungsgröße und eventueller Wechselwirkungen, soll nachfolgend geklärt werden.

6.6.1.1 Individuell bedingte Verteilungsunterschiede

Bevor die Unterschiede in der Freßpunktverteilung auf exogene Einflüsse zurückgeführt werden, ist zu überprüfen, inwieweit sie aufgrund individueller Eigenheiten der Tiere bedingt sind.

Ansatzpunkte zu einem statistischen Vergleich boten die für jede Freßpunktverteilung vorliegenden Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten der X- und Y-Ordinaten. Die bei dem gleichzeitigen Wirken mehrerer Einflußfaktoren übliche Varianzanalyse schied für den Vergleich aus, da einzelne Faktoren – wie die individuellen Eigenheiten oder die Anbindevorrichtungen – nicht numerisch klassifiziert werden konnten. Es mußte deshalb auf einen zweiseitigen Mittelwerttest zwischen je zwei Tieren innerhalb einer Versuchseinstellung zurückgegriffen werden. Um den Rechenaufwand hierbei in einem vertretbaren Rahmen zu halten, wurde davon ausgegangen, daß die bei einem mittleren Krippenniveau von 10 cm auftretenden Unterschiede zwischen den Tieren auch bei den restlichen Krippenhöhen bestehen bleiben.

Vergleicht man unter diesen Voraussetzungen die Mittelwerte der X- und Y-Ordinate zwischen den Tieren für je einen Testblock (vergl. Tab. 9/7 Anhang), der durch die Variablen Anbindevorrichtung, Futtermittel und Krippenweite gekennzeichnet ist, so ist lediglich für eine einzige Versuchseinstellung (Gelenkhalsrahmen, Kraftfutter, Krippenweite 40 cm) eine Übereinstimmung zwischen den drei Versuchstieren festzustellen. Da in allen 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. Daraus folgt, daß die drei Tiere in ihrem Individualverhalten als ein zufälliges Ereignis der

Gesamtpopulation anzusehen sind, und daher alle Aussagen nicht für das Einzeltier, sondern für die Population gelten. Dementsprechend sind die Freßpunktverteilungen der Einzeltiere zusammenzulegen, bevor anschließend der Einfluß exogener Faktoren analysiert werden kann.

6.6.1.2 Einfluß der Futtermittel

Die exogene Beeinflussung der Freßbewegungen durch Futtermittel kann ihre Ursache sowohl in den stalltechnischen Faktoren Anbindevorrichtung oder Krippe haben, als auch durch die zwei unterschiedlichen Futtermittel Kraftfuttermehl und Grünmehlpellets bedingt sein. Konzentriert sich das Interesse zunächst auf die Futtermittel, so läßt sich aufgrund der gleichmäßigen Vorgabe für beide eine Beeinflussung durch unterschiedliche lokale Futterkonzentrationen ausschließen. Da visuelle Beobachtungen während der Futteraufnahme auch keine Hinweise über eine höhere Beliebtheit eines der Futtermittel lieferten, kann sich nur die unterschiedliche Struktur auf die Freßpunktverteilung auswirken. Wie bereits erwähnt, nehmen die Rinder Futtermittel und Pellets durch voneinander abweichende Zunge- und Lippenbewegungen unterschiedlich schnell auf. So mußte bei Pellets die Aufnahme bereits nach kurzer Zeit unterbrochen werden, um das schon in der Mundhöhle befindliche Futter durchkauen und abschlucken zu können. Das Aufschlecken des Kraftfuttermehls mit der Zunge führt zu geringeren Aufnahmemengen in der Zeiteinheit, so daß hier Aufnahme und Kauvorgang parallel erfolgen können, und die Freßbewegungen dementsprechend selten unterbrochen wurden. Die unterschiedliche Häufigkeit dieser Unterbrechungen ist aus den Freßpunktverteilungen in vertikaler Ebene abzulesen (Abb. 52).

Während in dem dargestellten Beispiel bei der Aufnahme von Kraftfuttermehl 99,5 % aller Freßpunkte eine Position der Maulspitze unmittelbar über der Krippenplatte und damit eine durchgehende Futteraufnahme anzeigen, weist die Freßpunktverteilung bei Grünmehlpellets unter sonst gleichen Versuchsbedingungen rund 10 % der Futterzeit als Aufnahmeunterbrechung aus. Hieraus darf jedoch nicht unmittelbar auf eine 10 % höhere Pausenfrequenz geschlossen werden, da sich aus der Freßpunktverteilung keine Aussagen über die Dauer der Unterbrechung ableiten lassen.

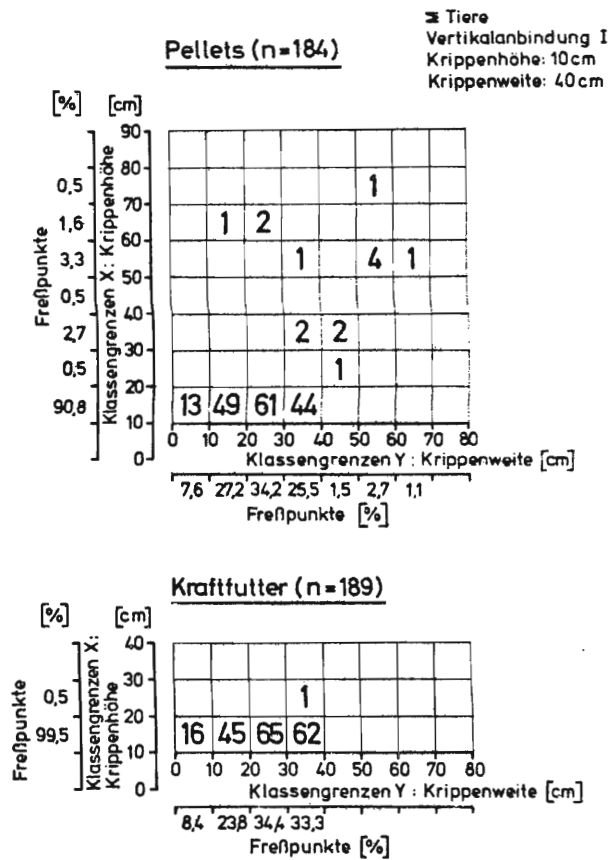


Abb. 52: Einfluß der Futtermittel auf die Freßpunktverteilung (Ansicht)

Die jedoch auf jeden Fall höhere Anzahl an Freßpausen und der damit verbundene Neubeginn der Freßbewegungen rechtfertigen die Annahmen, daß zwischen Mehl- und pelletiertem Futter auch Unterschiede in der horizontalen Freßpunktverteilung bestehen. Der angewendete Mittelwerttest (vergl. Tab. 9/8 Anhang), der sich analog Kap. 6.6.1.1 wiederum auf eine mittlere Krippenhöhe von 10 cm und zusätzlich auf die Ereignissumme aller Versuchstiere bezieht, weist in den einzelnen Testblöcken vor allem hochsignifikante Unterschiede zwischen den X-Ordinaten aus. In den entsprechenden Versuchseinstellungen sind die Mittelwerte bis zu 6,8 cm aus der Standlängsachse verschoben. Signifikante und hochsignifikante Abweichungen der Y-Ordinaten und damit in der Krippenweite bestehen zwischen den beiden Futtermitteln nur in der Versuchseinstellung Vertikalanbindung I, Krippenweite 40 bzw. 80 cm. Die Differenzen bleiben hier jedoch auch bei der höheren Krippenweite unter 5 cm, so daß sich in dieser Richtung relativ geringe Verschiebungen ergeben. Die Ursachen sind sowohl in

der begrenzten Krippenweite, als auch in der steuernden Wirkung der Anbindevorrichtungen zu sehen, die beide die Bewegungsmöglichkeiten der Tiere einschränken.

6.6.1.3 Einfluß der Anbindevorrichtungen

Die steuernde Wirkung der Anbindevorrichtungen ergibt sich auch bei lockerer Einstellung zwangsläufig aus der Funktion der Anbindevorrichtung, das vorwärts drängende, fressende Tier zurückzuhalten und auf dem Standplatz zu fixieren. Wie stark hierbei das Rind während der Futteraufnahme durch die Anbindevorrichtung beeinträchtigt wird, hängt in entscheidendem Maß von deren technischem Bewegungsspielraum und ihrer Entfernung zur Krippe ab. Gleichzeitig werden die Freßbewegungen und damit die Freßpunktverteilung jedoch auch durch die Krippenabmessungen bestimmt. Um die Faktoren in ihrem Einfluß getrennt erfassen zu können, soll zunächst das Krippenniveau wieder auf einer mittleren Höhe von 10 cm gehalten und davon ausgegangen werden, daß durch die Anbindevorrichtungen verursachte Unterschiede in der Freßpunktverteilung auch bei einer Veränderung des Krippenniveaus erhalten bleiben. Dagegen muß sich eine unterschiedliche Krippenweite durch die veränderte Verteilungsfläche direkt auf die Freßpunktverteilung auswirken. Dementsprechend steht einer Erhöhung der Krippenweite von 40 auf 80 cm auch eine Verschiebung der Verteilungsmittelwerte in ihren Y-Ordinaten von 20 auf 30 cm gegenüber. Dieser hochsignifikante Unterschied läßt sich sowohl bei veränderten Krippenhöhen als auch ausgetauschten Anbindevorrichtungen nachweisen (vergl. Tab. 9/9, Anhang). Der Einfluß der Anbindevorrichtungen auf die Freßpunktverteilung ist folglich für die beiden Krippenweiten getrennt aufzuzeigen.

Der hierzu angewendete Mittelwerttest weist für eine Krippenweite von 40 cm hochsignifikante Unterschiede zwischen der Freßpunktverteilung Gelenkhalsrahmen und den durch die drei restlichen Anbindevorrichtungen beeinflussten Verteilungen aus (vergl. Tab. 9/9, Anhang). Die Überprüfung der absoluten Differenzen zwischen den Mittelwerten ergibt, daß die X-Ordinaten maximal um 7,5 cm voneinander entfernt liegen, während sich bei den Y-Ordinaten aufgrund der hohen Stichprobenzahl ($n > 330$) bereits Unterschiede von weniger als 3 cm hochsignifikant absichern lassen. Ebenso treten bei einer Krippenweite von 80 cm zwischen den Verteilungsmittelwerten Vertikalanbindung I und II

bzw. Horizontalanbindung hochsignifikante Unterschiede in den X-Ordinaten auf, die maximal 7,8 cm betragen. Abweichende Y-Ordinate lassen sich lediglich zwischen Vertikalanbindung I und II absichern und beziehen sich auf einen Abstand von 2,8 cm.

Damit erreichen aber die Unterschiede zwischen den Verteilungsmittelwerten eine Größenordnung – und das gilt in besonderem Maße für die Y-Ordinate –, in der die Werte aufgrund von Meßungenauigkeiten und der vergrößernden Zuordnung zu den einzelnen Planquadraten in den Bereich der Fehlergrenze rücken. Für die deshalb notwendige differenziertere Betrachtung unterteilt man zweckmäßigerweise die Verteilungsfläche analog der gerasterten Krippenplatten in 4 bzw. 8 Klassen der Krippenweite und 11 Klassen der Krippenbreite, so daß der Klassenumfang jeweils 10 cm beträgt. Die Freßpunkte der einzelnen Versuchseinstellungen, die sich allein durch ihre Anbindevorrichtungen voneinander unterscheiden, werden entsprechend ihren X- und Y-Ordinaten je einer Klasse der Krippenweite und -breite zugeordnet. Die entsprechenden Histogramme, die wegen der besseren Vergleichsmöglichkeiten die relativen Häufigkeiten je Klasse und Anbindevorrichtung angeben, verdeutlichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Steuerung des fressenden Tieres.

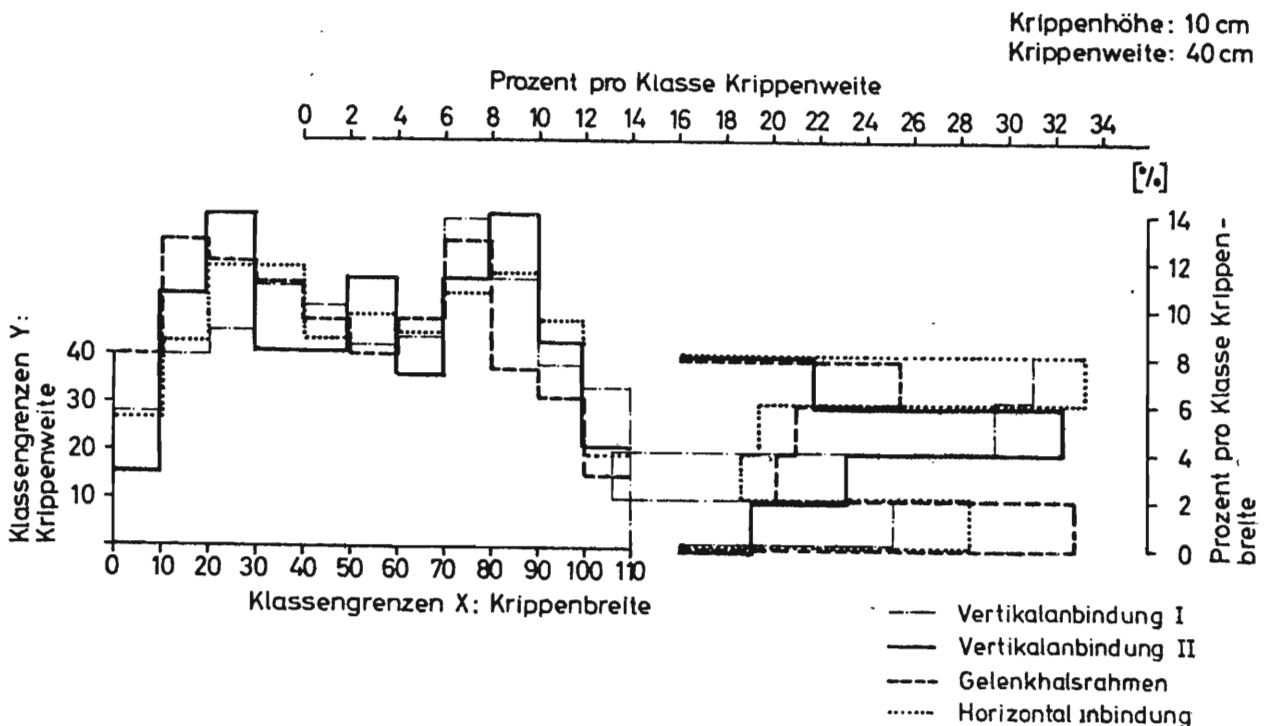


Abb. 53: Steuerung des fressenden Tieres durch die Anbindevorrichtung
Prozentuale Darstellung der Freßpunkte in ihren X- und Y-
Ordinaten (Aufsicht), Beispiel 40 cm Krippenweite

Betrachtet man nun zunächst die Histogramme der Verteilungstichproben für eine Krippenweite von 40 cm (Abb. 53), so zeigt sich für keine Anbindevorrichtung eine klare Steuerungsfunktion in der Weise, daß sich z. B. mit zunehmender Krippenweite der Anteil an Freßpunkten verringert. Gemeinsam ist allen Anbindevorrichtungen weiterhin eine besonders niedrige Häufigkeit in der Klasse Krippenweite 10 bis 20 cm, da hier die Tiere mit stärker gekrümmten Nacken und damit unbequem fressen müssen. Diese Beobachtungen scheinen die höheren Werte in der Klasse Krippenweite 0 bis 10 cm zunächst zu widerlegen, doch ergeben sich die größeren Häufigkeiten aufgrund der Krippenwand, die dem Rind die Aufnahme von Kraftfutter und besonders das Erfassen der Pellets erleichtert.

Auch in der Verteilung der Freßpunkte auf die einzelnen Klassen der Krippenbreite ist allen Anbindevorrichtungen gemeinsam, daß die größten Häufigkeiten mit 10 bis 14 % nicht unmittelbar vor dem Tier, sondern 20 bis 30 cm seitlich der Standlängsachse erreicht werden. An den Krippenrändern - Breitenklasse 0 bis 10 und 100 bis 110 cm - fressen die Tiere nur in 3 bis maximal 8 %, obwohl sie bei allen Anbindevorrichtungen die gesamte vorgegebene Krippenfläche überstreichen können.

Die Verteilung der Freßpunkte auf die einzelnen Klassen der Krippenbreite wird durch die größere Weite von 80 cm nur unwesentlich verändert. Auch hier sind für alle Anbindevorrichtungen wieder die höchsten Freßpunktkonzentrationen 20 bis 30 cm seitlich der Standlängsachse festzustellen (Abb. 54).

Daß bei der höheren Krippenweite die Krippenrandklassen die niedrigsten Häufigkeiten aufweisen, erscheint zunächst durch die fehlenden Reichweiten begründet. Da diese Häufigkeiten jedoch nicht unter den entsprechenden Werten der Krippenweite 40 cm liegen, ist zu folgern, daß die Rinder deutlich zwischen gut und schlecht erreichbarern Futter differenzieren, und letzteres sie nur kurzfristig reizt (104). Dies bestätigen auch die Häufigkeitshistogramme der Freßpunkte für die Klassen Krippenweite 0 bis 80 cm. Während bei geringeren Krippenweiten von allen Anbindevorrichtungen Werte um 16 % in den einzelnen Klassen erreicht werden, gehen die Freßpunkte in den Klassen 60 bis 80 cm bis auf 6 % zurück. Gleichzeitig verdeutlichen die größeren

Krippenweiten die unterschiedlichen technischen Bewegungsspielräume und verschiedenartigen Konstruktionen der einzelnen Anbindevorrichtungen. Wäre nämlich allein die Entfernung zwischen maximalem Auslenkpunkt der Anbindevorrichtung und der Krippenwand entscheidend, müßten die Vertikalanbindung II und der Gelenkhalsrahmen annähernd gleiche Freßpunkthäufigkeiten in den Klassen Weite 70 und 80 cm erreichen. Da sich die Tiere jedoch beim Gelenkhalsrahmen aufgrund der beiden Holme leichter anstemmen können und sicherer in ihrem Gleichgewicht gehalten werden, weisen diese Krippenweiten eine doppelte Freßpunkthäufigkeit gegenüber der Vertikalanbindung II auf. Die Möglichkeit zum Abstützen bietet auch der Nackenbügel der Horizontalanbindung. Hier bewirkt jedoch der geringere technische Bewegungsspielraum gegenüber dem Gelenkhalsrahmen rund 3 % niedrigere Häufigkeiten, so daß in der Klasse Krippenweite 70 bis 80 cm keine Freßpunkte vorkommen.

Krippenhöhe: 10 cm
Krippenweite: 80 cm

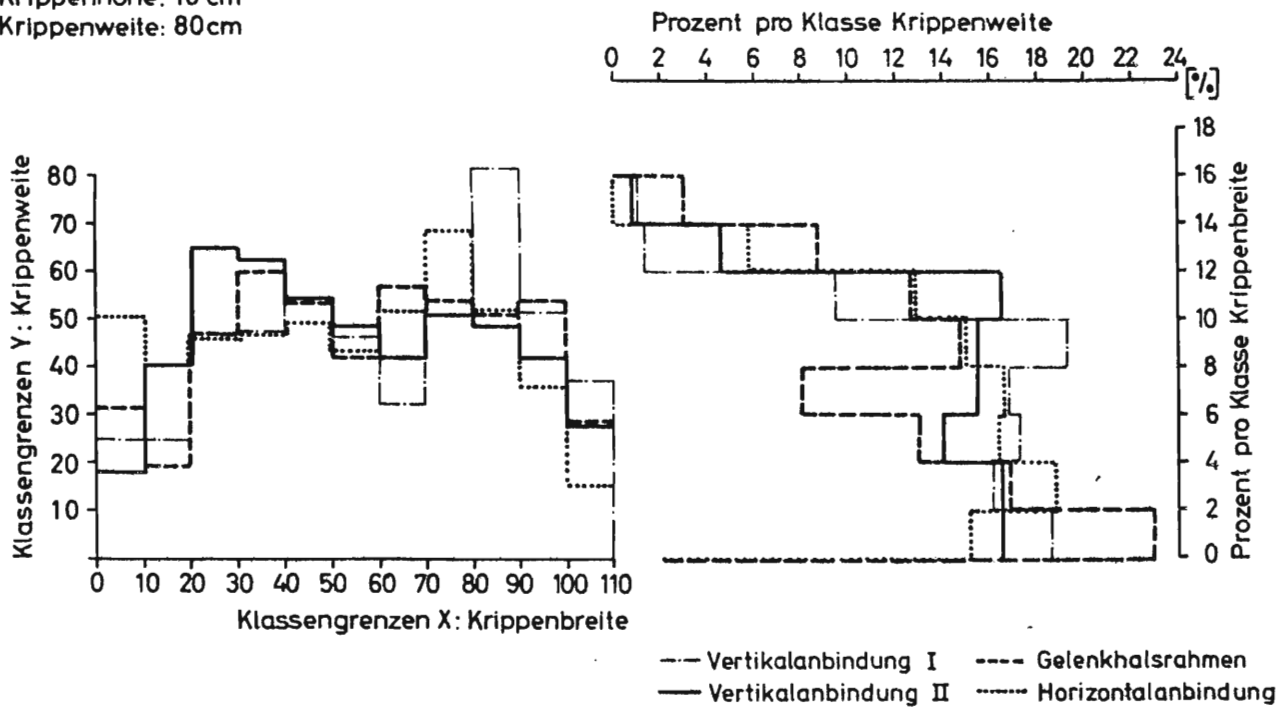


Abb. 54: Steuerung des fressenden Tieres durch die Anbindevorrichtung
Prozentuale Darstellung der Freßpunkte in ihren X- und Y-
Ordinaten (Aufsicht), Beispiel 80 cm Krippenweite

Unabhängig von der Anbindevorrichtung zeigt sich insgesamt jedoch, daß bei der vorliegenden Krippenhöhe von 10 cm Krippenweiten über 60 cm von den fressenden Tieren nicht mehr entsprechend ausgenutzt werden können. Inwieweit

sich hierbei durch unterschiedliche Krippenhöhen Veränderungen ergeben, ist abschließend zu klären.

6.6.1.4 Einfluß der Krippenhöhe

Ein Vergleich der Freßpunktverteilungen unterschiedlicher Krippenhöhen zeigt, daß erst ab einer Krippenhöhe von 15 cm die Klasse Krippenweite 60 bis 70 cm deutlich über 5 % der Freßpunkte aufweist, jedoch eine Häufigkeit von mehr als 10 % von den Klassen 60 bis 80 cm erst ab einer Krippenhöhe von 20 cm knapp überschritten wird (vergl. Tab. 9/10, Anhang). So erscheint allein aufgrund der Freßpunktverteilung selbst bei diesem Krippenniveau eine Krippenweite von mehr als 60 cm als wenig sinnvoll. Obwohl sich der Einfluß der Krippenhöhe, bedingt durch den Stichprobenumfang ($n > 1500$), für eine Krippenweite von 80 cm hochsignifikant absichern läßt, ergeben sich absolut gesehen für die Verteilungen nur geringe Verschiebungen. Sie betragen für die Y-Ordinate der Mittelwerte maximal 3,6 cm. Die seitliche Verschiebung der Verteilung erfolgt in erster Linie aufgrund der zunehmenden Behinderung während des Fressens durch das Tränkebecken, das aus versuchstechnischen Gründen 56 cm über Standniveau montiert war. So ist eine veränderte Häufigkeit in den Randklassen auch für eine Krippenweite von 40 cm festzustellen, wo hingegen signifikante Abweichungen der Gesamtverteilung nur für ein Krippenniveau von 0 cm nachgewiesen werden können (vergl. Tab. 9/9, Anhang).

Werden für eine differenziertere Betrachtung die Freßpunkte wieder den einzelnen Klassen der Krippenbreite und -weite zugeordnet, so läßt sich anhand der erreichten Häufigkeiten erkennen, daß sich durch ein steigendes Krippenniveau kein deutlicher Einfluß auf die Anzahl der Freßpunkte in der bevorzugten Krippenweite 20 bis 40 cm ergibt. Die zunehmende Krippenhöhe bewirkt jedoch eine deutlichere Verschiebung der bevorzugten Krippenbereiche aus der Standlängsachse (Abb. 55).

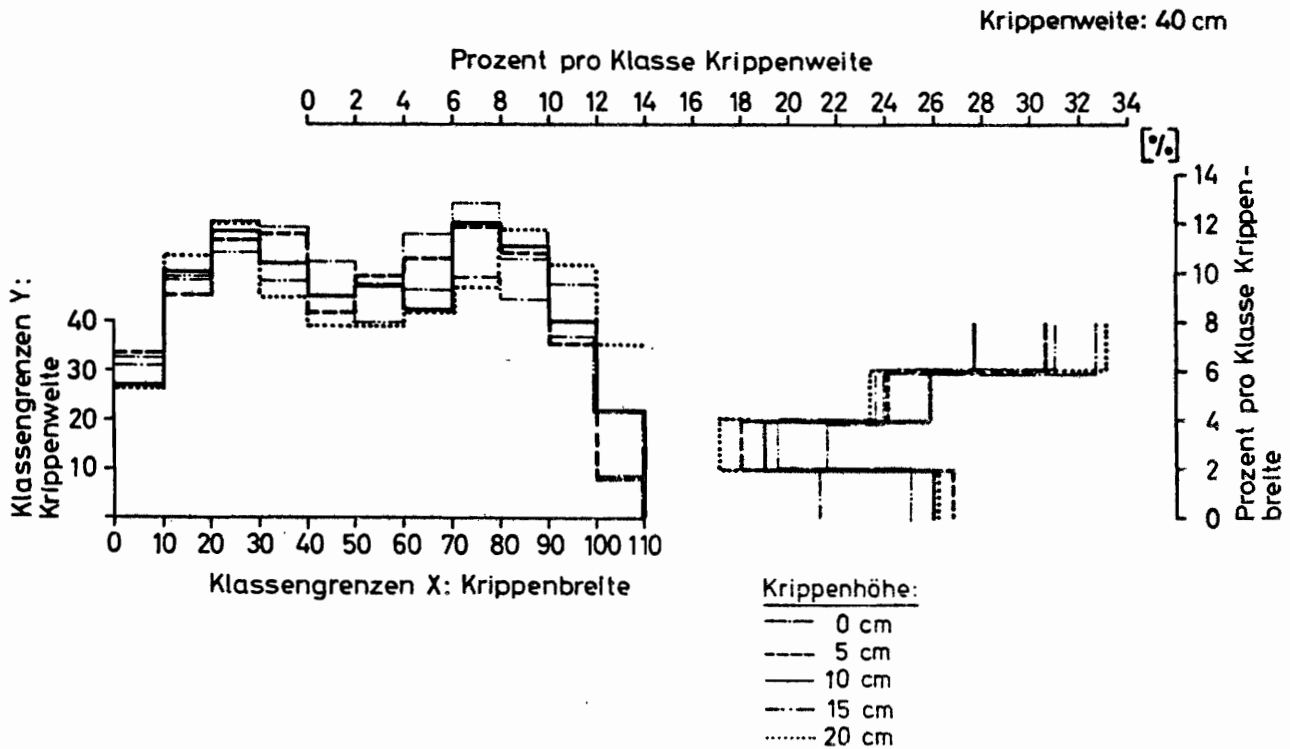


Abb. 55: Einfluß der Krippenhöhe auf die Futteraufnahme
Prozentuale Darstellung der Freßpunkte in ihren
X- und Y-Ordinaten (Aufsicht)

6.6.1.5 Zusammenfassung und Wertung

Mit Hilfe der Freßbewegungen und der sich hieraus ergebenden Freßpunktverteilungen ließen sich bevorzugte Krippenbereiche eingrenzen. Gleichzeitig wurde überprüft, welchen Einfluß hierbei die Faktoren Individualverhalten, Futtermittel, Anbindevorrichtung, Krippenweite und -höhe ausüben. Es zeigte sich, daß die Freßbewegungen in starkem Maße individuell gesteuert sind, jedoch ließen sich auch durch exogene Faktoren bewirkte Unterschiede nachweisen und absichern. So führten unterschiedlich strukturierte, jedoch gleichmäßig verteilte Futtermittel in erster Linie zu Verschiebungen der Verteilungsmittelwerte 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 erhöhte Krippenweite aus, die die Entfernung der Verteilungsmittelwerte zur Krippenwand um rund 10 cm erhöht. Der Einfluß der Krippenweite ließ sich sowohl für Krippenhöhen

Da eine zunehmende Krippenhöhe weder die vom Tier genutzte Krippenweite entscheidend beeinflußt, noch eine Verlagerung der bevorzugten Krippenbereiche erkennen läßt, sind Weiten über 60 cm aufgrund des Freßverhaltens wenig sinnvoll. Zudem weisen die in ihrer Lage stabilen Vorzugsbereiche darauf hin, daß der Krippenboden eben ausgebildet sein kann und zum Tier hin nicht ansteigend verlaufen muß.

6.6.2 Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme

Freßkurven und Verteilung der Freßpunkte bilden jedoch nicht allein den Maßstab für eine gute Erreichbarkeit des in der Krippe vorgelegten Futters. Die entscheidenderen Hinweise hierzu liefern vielmehr die an den Vorderextremitäten auftretenden Belastungen. So kommt es nicht von ungefähr, daß sich Baufehler in der Krippengestaltung vor allem in chronischen Gelenkserkrankungen (Osteoarthrosen) als Folge einer mechanisch einseitigen Überbeanspruchung niederschlagen.

Um die während der Futteraufnahme auf die Vordergliedmaßen einwirkenden Belastungen besser einschätzen zu können, soll als Vergleich und Nulllinie die prozentuale Verteilung des Körpergewichts auf die Vorder- und Hinterextremitäten bei ruhig stehenden Kühen dienen. Tab. 14 faßt hierzu die von mehreren Autoren gefundenen Werte und eigene Ergebnisse zusammen.

Tab. 14: Prozentuale Verteilung des Körpergewichtes auf Vorder- und Hinterextremitäten bei ruhig stehenden Kühen ¹⁾

Autor		Rasse ²⁾	Umfang	Vorhand % KG	Hinterhand % KG
BÄUMELER, R.	1974 (7)	SB	3	56,3	43,3
FESZL, L.	1968 (29)	DF, DB	—	55,1	44,9
OBER, J. KIESL, H. P.	1965 (76)	DF	6	55,4	44,2
SCHLICHTING, M. C.	1970 (95)	—	13	55,0	45,0
WITZMANN, P.	1969 (119)	DB	9	54,6	45,3
		DF	13	54,1	45,6
eigene Untersuchungen ³⁾		DF	3	56,1	43,7

¹⁾ $\varnothing$ Verhältnis Vorhand : Hinterhand = 1 : 0,8

²⁾ mittelschwere Kühe 480 - 600 kg Gesamtgewicht

³⁾ SB Schweizer Braunvieh; DF Deutsches Fleckvieh; DB Deutsches Braunvieh
Mittel aus dem Körpergewicht von 2 Kalbinnen und 1 Kuh

Die Schwankungen innerhalb der Werte lassen sich auf verschiedene Ursachen zurückführen. Neben Rasse, Alter und Gesamtgewicht wirken sich auf die Gewichtsverlagerung auch der Füllungszustand des Pansens, der Stand der Trächtigkeit und die Größe des Euters aus (29). Zudem kann BÄUMELER (7) nachweisen, daß bereits das Senken des Kopfes zu einer rund 2 % höheren Gewichtsbelastung der Vorhand führt.

Die aufgeführten Werte kennzeichnen aber nur die vertikalen Kräfte, also einen Teil der Belastung. Der andere Teil, die horizontalen Kräfte, gewinnt vor allem bei der Futteraufnahme dann besondere Bedeutung, wenn die Vordergliedmaßen parallel gestellt stärker aus der Senkrechten gedrängt werden. Auslösendes Moment für diese Stellung kann einerseits eine ungünstige Krippenform, andererseits die Standposition der vorderen Klauen sein. Visuelle Beobachtungen, wonach die Versuchstiere während des Fressens bevorzugt 10 bis 20 cm hinter der Krippenwand stehen, kann LASSON (62) durch exakte Untersuchungen mit einer Rastertrittplatte bestätigen (Abb. 57).

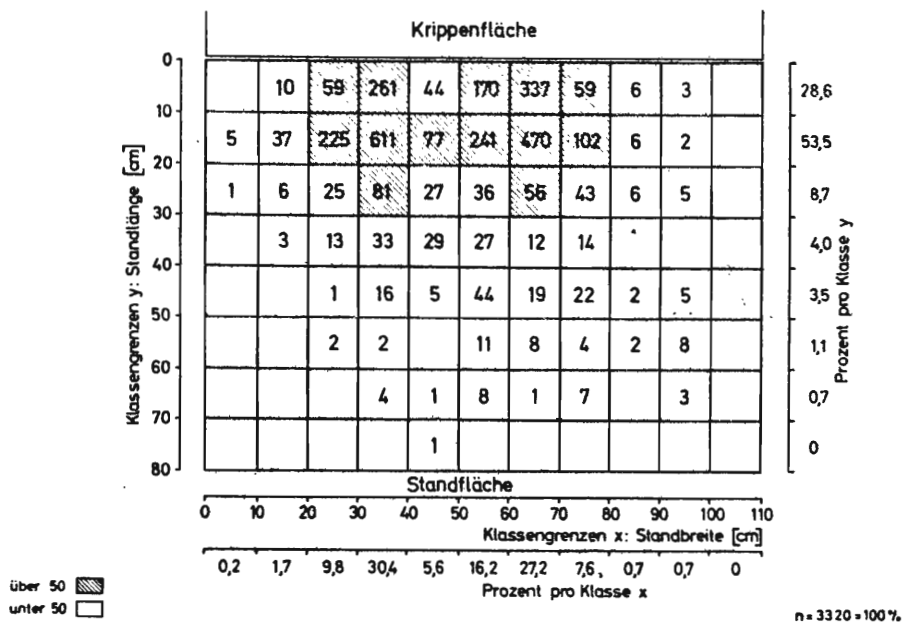


Abb. 57: Verteilung der Klauenpositionen (Tritthäufigkeit der Vorderextremitäten) während des Fressens (nach Untersuchungen von LASSON)

Wie Abb. 57 zeigt, entfallen auf die ersten 10 cm hinter der Krippenwand ca. 29 % aller Standpositionen. Der bevorzugte Standplatz - er umfaßt rund 53 % aller Fälle - schließt sich in einer Entfernung zwischen 10 und 20 cm an.

Weiter von der Krippenwand entfernte Trittstellen - sie sind für ca. 18 % aller Fälle charakteristisch - kennzeichnen entweder eine leichte Grätschstellung der Vorderextremitäten und damit eine Entlastungsphase, oder die Tiere treten insgesamt während einer Freßpause oder zur Futteraufnahme in die Krippenwand nahen Bereich (0 bis 10 cm) zurück, wobei im letzten Fall die Krippenwand zur Standseite hin umgebogen wird. Aus der Verteilung der Trittstellen kann somit geschlossen werden, daß die Kühe von sich aus die günstigste Standposition zum Futter einnehmen. Hohe vertikale und horizontale Kräfte sind demnach die Folge einer zu starken Schwerpunktverlagerung auf die Vordergliedmaßen, die durch nur schlecht zu erreichendes Futter erzwungen wird. Die Belastungen der Vorhand können sich hierbei weiter verstärken, wenn die Anbindevorrichtung ein Anstemmen des Körpers erleichtert und damit zusätzlich der Einfluß aufgewendeter Muskelkraft auf die Vordergliedmaßen übertragen wird.

Bei den im Anschluß aufgeführten Kennwerten, die den Einfluß unterschiedlicher Versuchseinstellungen auf die Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme aufzeigen sollen, handelt es sich um durchschnittliche Vertikal- und Horizontalkräfte aus einer Einstellung. Eine Umrechnung der aufgezeichneten Kräfte in % des jeweiligen Körpergewichtes macht die Ergebnisse zwischen den drei Versuchstieren vergleichbar. Die geringe Anzahl an Wiederholungen reicht für eine endgültige Beweisführung aber nicht aus. Es können jedoch aus den aufgezeigten Tendenzen und umrissenden Größenbereichen Rückschlüsse auf die Eignung der entsprechenden Versuchseinstellung gezogen werden.

6.6.2.1 Einfluß der Krippenweite

Entfällt die Steuerfunktion der Anbindevorrichtung durch eine lockere Einstellung und wird zunächst von gleichen Reichweiten der Kühe ausgegangen, so verbleibt als bestimmende Größe für die Erreichbarkeit des vorgelegten Futters allein die Krippe mit ihren Abmessungen: Höhe und Weite. Um den Einfluß der Krippenweite auf die Belastung der Vordergliedmaßen besser verdeutlichen zu können, soll zunächst die Höhe auf einem Niveau von 10 cm gleichgehalten werden. Verdoppelt sich nun die Krippenweite von 40 auf 80 cm, so steigt bei jeweils gleichmäßiger Futterverteilung die durchschnittliche horizontale Belastung der Vorderextremitäten im Mittel der drei Versuchstiere von 12 auf 16 % an (Abb. 58; vergl. Tab. 9/11 - 9/16 im Anhang).

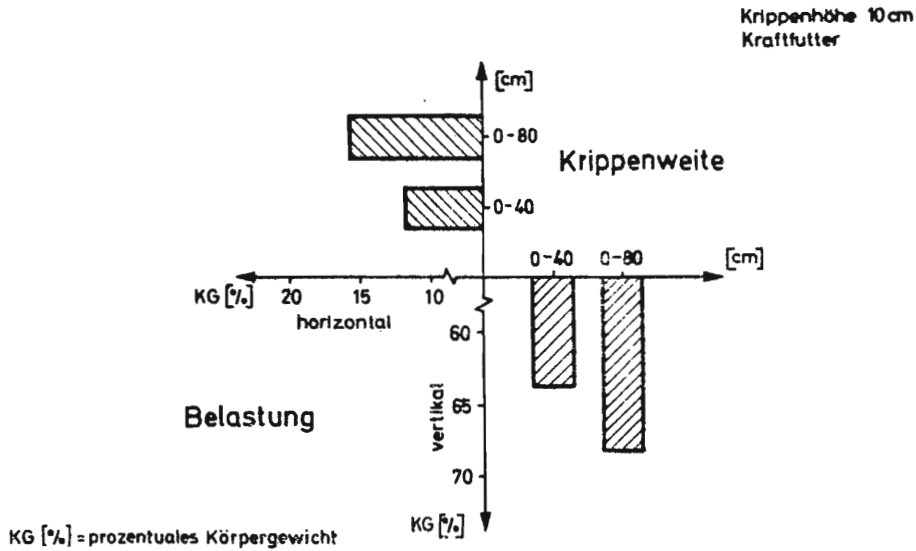


Abb. 58: Durchschnittliche Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme bei unterschiedlicher Krippenweite (3 Versuchstiere)

Gleichzeitig mit der Krippenweite erhöht sich die vertikale Belastung von 63,6 auf 68,2 % des Körpergewichtes, so daß sich insgesamt ein Belastungszuwachs von rund 5,5 % ergibt. Hierbei ist entsprechend den Ergebnissen aus den Freßpunktverteilungen zu berücksichtigen, daß die Krippenbereiche Weite 0 bis 40 cm und Weite 40 bis 80 cm unterschiedlich stark frequentiert werden. Die Belastungsdifferenz ist demnach vor allem als Folge kurzfristiger Kraftspitzen anzusehen, die durch den Versuch der Tiere auch entfernter liegendes Futter zu erreichen, ausgelöst werden (vergl. Kap. 6.6.1). Diesen Kraftspitzen folgen regelmäßige Entlastungsphasen, in denen die Tiere im krippenwandnahen Bereich das Futter aufnehmen.

Aufgrund der erhöhten Belastungen an der Vorwand ist es somit nicht sinnvoll, die Krippenweite über den von den Tieren bevorzugten Krippenbereich auszuweiten. Die aus den Freßpunktverteilungen abgeleiteten Aussagen zur Krippenweite (vergl. Kap. 6.6.1.5) werden hierdurch bestätigt.

6.6.2.2 Einfluß der Krippenhöhe

Im Gegensatz zu den durch die Krippenweite ausgelösten Belastungsdifferenzen beruhen die durch verschiedene Krippenhöhen hervorgerufenen Mittelwerte in erster Linie auf unterschiedlichen Dauerbelastungen. Den Nachweis hierzu lieferte der Kraftverlauf der an den Vordergliedmaßen angreifenden horizontalen und vertikalen Kräfte.

Unabhängig von der Krippenweite löst eine zunehmende Krippenhöhe vor allem einen Rückgang der vertikalen Kräfte aus (vergl. Tab. 9/11 - 9/16 im Anhang). Als typisches Beispiel hierfür können die Versuchseinstellungen mit den Variablen Tier F, Vertikalanbindung I und Kraftfutter gelten, die in Abb. 59 dargestellt sind.

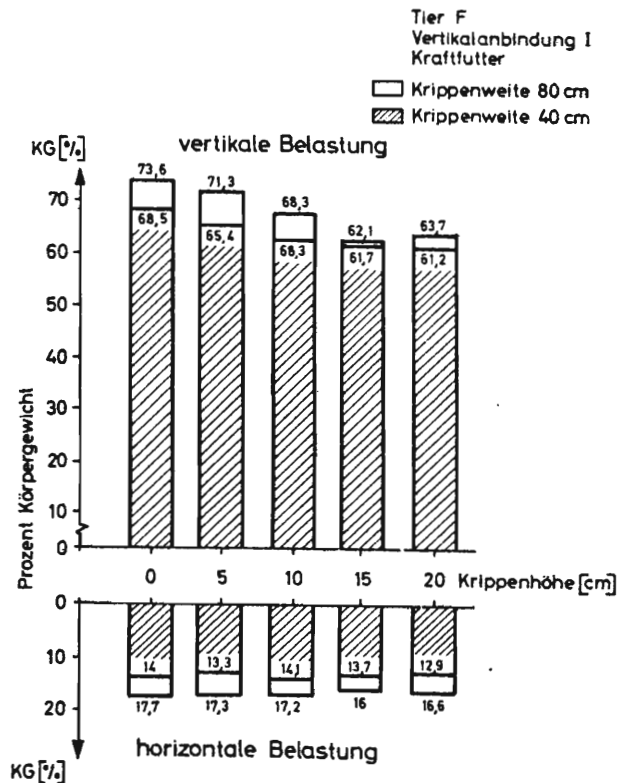


Abb. 59: Mittlere Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme bei unterschiedlicher Krippenhöhe und -weite

Hier reduziert sich die vertikale Belastung der Vordergliedmaßen bei einer Krippenweite von 40 cm und ansteigendem Krippenniveau von 0 auf 20 cm um rund 7 % des Körpergewichtes. Liegt eine Krippenweite von 80 cm zugrunde, verschärft sich der Unterschied aufgrund der additiven Wirkung beider Faktoren um weitere 4 % des Körpergewichtes. Vertikale Belastungen, die deutlich

Über 75 % hinausgehen, sind für Versuchseinstellungen symptomatisch, in denen sich die Versuchstiere zur Erleichterung der Futteraufnahme auf die Karpalge-
lenke aufgestützt haben und dadurch ihr Körpergewicht verstärkt nach vorne
verlagern. Diese atypische Futteraufnahme tritt ausschließlich in den unte-
ren Krippeneinstellungen von 0 und 5 cm Höhe auf.

Im Unterschied zu der vertikalen Belastung zeigen sich die in horizontaler
Richtung wirkenden Kräfte gering durch die Krippenhöhe beeinflusst. Differen-
zen von mehr als 4 % des Körpergewichtes bilden die Ausnahme. Gleichzeitig
ist die Zuordnung steigender Belastungen zu abnehmenden Krippenhöhen weni-
ger streng ausgebildet, was in besonderem Maße für Krippenweiten von 40 cm
zutrifft.

Wird wieder das in Abb. 59 dargestellte Beispiel zugrunde gelegt, so ergeben
sich aus der unterschiedlichen Abhängigkeit vertikaler und horizontaler Be-
lastungen von der Krippenhöhe Differenzen in der Gesamtbelastung, die je nach
Krippenweite 7,4 bzw. 11,6 % des Körpergewichtes betragen.

6.6.2.3 Einfluß der Anbindevorrichtung

Eine ausschließliche Berücksichtigung des Krippeneinflusses auf die Belastun-
gen der Vorhand während der Futteraufnahme würde den tatsächlichen Verhältni-
sen des Kurzstandes jedoch nur unzureichend gerecht werden. Einen wichtigen,
zusätzlichen Faktor stellt in diesem Zusammenhang nämlich die Anbindevorrich-
tung dar, die sich in ihrem Einfluß auf zweifache Weise auswirkt. Zum einen
steuert die Neigung der Vertikalanbindevorrichtungen – gleiche horizontale
Auslenkung vorausgesetzt – die Verlagerung des Körpergewichtes auf die Vorhand.
Wie aus dem Beispiel der zwei Vertikalanbindungen (Abb. 60) hervorgeht, führt
diese Gewichtsverlagerung vor allem zu einer verstärkten vertikalen Belastung
der Vorderextremitäten (Vertikalanbindung II gegenüber Vertikalanbindung I).
Stellungswechsel in der Standposition und nicht abzusichernde Neigungsunter-
schiede der Vordergliedmaßen zur Standfläche erklären die geringen Differen-
zen in der horizontalen Belastung. So ergeben sich je nach Krippenweite in
vertikaler Richtung Abweichungen von 3 bis 4 % des Körpergewichtes, während
die in horizontaler Richtung auftretenden Differenzen von 1,5 bzw. 0,2 %
praktisch vernachlässigt werden können.

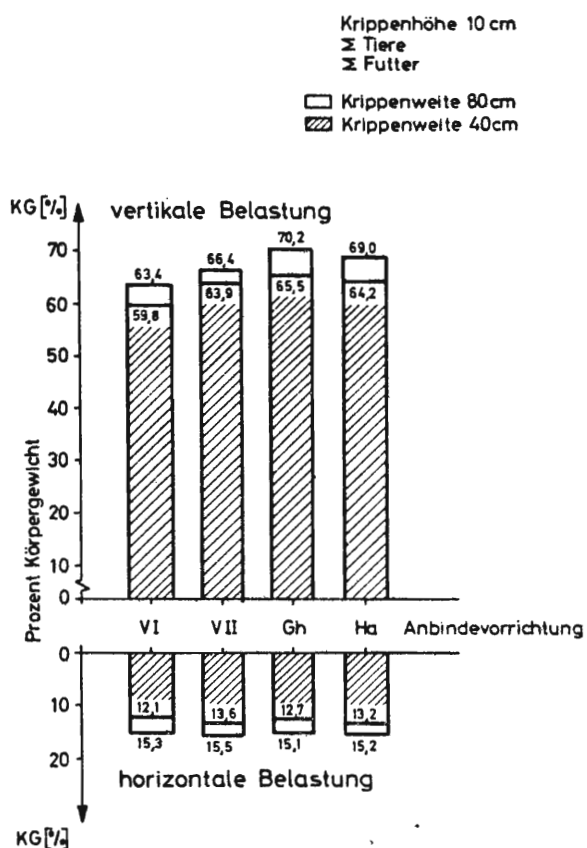


Abb. 60: Durchschnittliche Belastung der Vordergliedmaßen während der Futteraufnahme in Abhängigkeit von der Anbindevorrichtung

Deutlicher als die Neigung wirkt sich der durch die Konstruktion bedingte Einfluß der Anbindevorrichtung auf die vertikale Belastung der Vorderextremitäten aus. Und zwar weisen der Gelenkhalsrahmen und die Horizontalanbindung, die den Tieren das Anstemmen durch eine größere Berührungsfläche an Holmen und Nackenbügel erleichtern, gegenüber den zwei Varianten der Vertikalanbindung die höheren Belastungswerte auf. In dem in Abb. 60 dargestellten Beispiel, in dem die Belastungswerte aus den Einstellungen aller Versuchstiere und Futterarten gemittelt sind, differieren demgemäß die an den Vordergliedmaßen auftretenden Belastungen nur um 1 % zwischen Gelenkhalsrahmen und Horizontalanbindung, während sich die Werte zwischen Vertikalanbindung I (63,4 %) und Gelenkhalsrahmen (70,2 %) bei einer Krippenweite von 80 cm um rund 7 % unterscheiden.

Die durch die Anbindevorrichtung nur unwesentlich beeinflussten horizontalen Belastungen der Vordergliedmaßen führen zu dem Schluß, daß das Rind die zum Anstemmen nötige Kraft aus der Hinterhand heraus entwickelt und dadurch neben den bereits angeführten Gründen keine stärkeren Unterschiede in der horizontalen Belastung auftreten. Aufgrund dieser Tatsache bleiben auch bei der Gesamtbelastung die durch die vertikale Komponente verursachten Differenzen zwischen den Anbindevorrichtungen bestehen.

6.6.2.4 Unterschiede zwischen den Versuchstieren und den Futtermitteln

Wie ein Vergleich der während der Futteraufnahme auftretenden durchschnittlichen Vertikal- und Horizontalkräfte zeigt (Tab. 9/11 - 16, Anhang), belasten die drei Versuchstiere ihre Vordergliedmaßen in den einander entsprechenden Versuchseinstellungen unterschiedlich stark. Diese individuellen Eigenheiten, die für sich in der vorliegenden Fragestellung nicht weiter interessieren, bleiben jedoch auch innerhalb veränderter Versuchseinstellungen in derselben Größenordnung bestehen (Tab. 15).

Tab. 15: Durchschnittlich auftretende Vertikalkräfte während der Futteraufnahme in Prozent des Körpergewichtes [% KG]

Krippenhöhe in cm	Tier D	Tier E	Tier F
0	68,24	69,24	73,64
5	67,49	67,66	71,28
10	61,48	63,63	68,32
15	60,64	64,20	62,14
20	58,36	59,49	63,68

Krippenweite 80 cm
Vertikalanbindung I
Kraftfutter

Somit reagierten die drei Versuchstiere auf steigende Krippenweiten und -höhen oder ausgetauschte Anbindevorrichtungen gleich und bestätigen hierdurch die bereits aus einem Einzeltierversuch deutlich werdende Wirkungsrichtung und Größenordnung derartiger Kurzstandeinflüsse.

Völlig unabhängig von der Aufstellungsart ist die Beeinflussung der Vorhandbelastung während der Futteraufnahme durch das vorgelegte Futtermittel. Entscheidend ist hierbei vielmehr, wie stark das Futter aufgrund seiner Struktur durchgekaut werden muß, bevor es abgeschluckt werden kann. Anhand der Freßbewegungen und der Freßpunktverteilung in vertikaler Ebene läßt sich nämlich zeigen, daß ein gröber strukturiertes Futtermittel vermehrt mit erhobenem Kopf durchgekaut und abgeschluckt wird, bevor eine erneute Futteraufnahme erfolgt. Die angehobene Stellung des Kopfes ist aber gleichbedeutend mit einer Entlastung der Vorderextremitäten. Hierdurch wird verständlich, daß der weitaus größte Teil der Versuchseinstellungen mit Grünmehlpellets in seinen Vorhandbelastungen unter den Werten vergleichbarer Kraftfuttereinstellungen liegt. Gleichzeitig kann aufgrund der Freßpunktverteilungen, die ein Anheben des Kopfes und damit eine Entlastungsphase während der Kraftfutteraufnahme als Ausnahme ausweisen, davon ausgegangen werden, daß die hier erreichten Belastungswerte durch die Vorgabe anderer Futtermittel nicht überschritten werden.

6.6.2.5 Zusammenfassung und Wertung

Die während der Futteraufnahme an den Vordergliedmaßen auftretenden durchschnittlichen Belastungen zeigen sich in starkem Maße durch die Versuchseinstellung beeinflußt und schwanken in vertikaler Richtung zwischen 56,5 und 84,9 % des Körpergewichtes, während die Werte in horizontaler Richtung zwischen 5,2 und 23,2 % liegen, so daß sich in der Gesamtbelastung Differenzen von rund 28 % des Körpergewichtes ergeben.

Als besonders folgenschwer müssen die durch zu niedrige Krippeneinstellungen (Höhe 0 bis 5 cm) erreichten starken Belastungen angesehen werden, da sie auf hohen Dauerbelastungen beruhen. 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.

Weiterhin beeinflussen unterschiedliche Anbindevorrichtungen die Belastung der Vordergliedmaßen dadurch, daß zum einen die Neigung bzw. der technische Bewegungsspielraum der Anbindevorrichtung die Gewichtsverlagerung während der Futteraufnahme mitsteuert, zum anderen Anbindekonstruktionen mit breiteren

Holmen oder Nackenbügel 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 veränderte Versuchseinstellungen. Dies gilt auch für die Vorlage verschiedener Futtermittel, die aufgrund ihrer Struktur eine unterschiedlich intensive Kautätigkeit auslösten und damit die Kopfhaltung mitbestimmten, so daß Entlastungen der Vorhand die Folge sind.

Die an den Vorderextremitäten ermittelten Belastungswerte verdeutlichen erneut, daß vor allem die Krippenabmessungen an die artspezifischen Anforderungen des fressenden Rindes angepaßt werden müssen. Geht man hierbei von der Forderung aus, daß die durchschnittliche Gesamtbelastung der Vorderextremitäten während der Futteraufnahme 10 % der Belastungswerte eines ruhig stehenden Rindes nicht überschreiten darf, so muß das Krippenniveau bei einer Weite von 40 cm mindestens 10 cm betragen. Größere Krippenweiten verlangen aufgrund der stärkeren Spitzenbelastungen ein Krippenniveau von mindestens 15 cm. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, daß die Anbindevorrichtungen 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 Horizontalanbindungen das Krippenniveau um weitere 2 bis 3 cm angehoben werden.

6.6.3 Zugkraftbelastung an den Anbindevorrichtungen

Neben den Belastungen der Vordergliedmaßen lassen die an der Anbindevorrichtung gemessenen Zugkräfte Rückschlüsse über die Erreichbarkeit des vorgelegten Futters und damit über die Eignung bestimmter Krippeneinstellungen zu. Darüber hinaus liefern sie in Verbindung mit gleichzeitig an der Anbindevorrichtung durchgeführten Winkelmessungen Aussagen über die von den Tieren eingebrachten Schubkräfte.

Die Abhängigkeit der durchschnittlichen Zugkräfte von Krippenhöhe und -weite soll zunächst an einem Beispiel aufgezeigt werden, das durch die Variablen Tier F, Vertikalanbindung II und Kraftfutter gekennzeichnet ist.

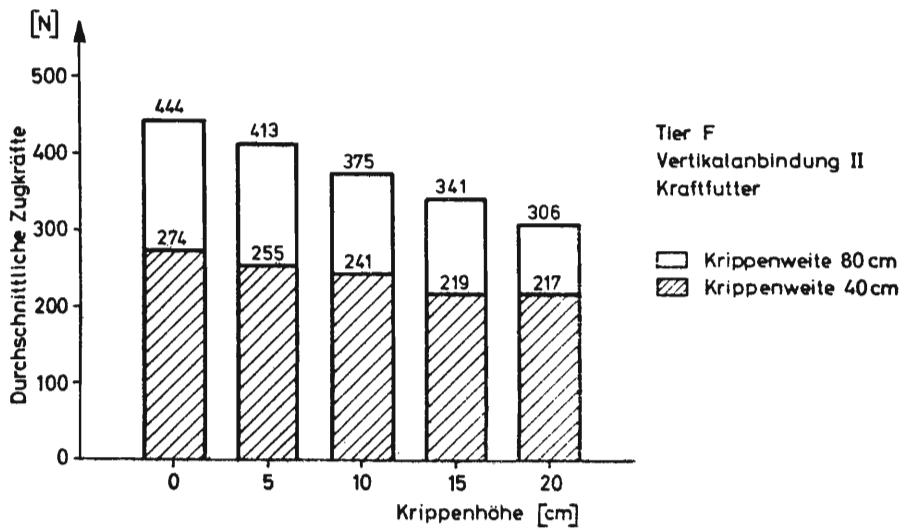


Abb. 61: Durchschnittliche Zugkräfte in Abhängigkeit von der Krippenhöhe und -weite (Durchschnittswerte je Versuchseinstellung)

Wie aus Abb. 61 hervorgeht, wirkt sich vor allem eine größere Krippenweite auf die Höhe der durchschnittlichen Zugkräfte aus. So werden bei einem Krippenniveau von 0 cm 444 Newton bei 80 cm Krippenweite erreicht, denen bei einer Krippenweite von 40 cm nur 274 Newton gegenüberstehen. Diese Differenz vermindert sich aufgrund der additiven Wirkung beider Einflußfaktoren mit steigender Krippenhöhe. Kurzfristige Spitzenbelastungen, deren Dauer rund 5 Sekunden beträgt, werden durch weiter entfernt liegendes Futter ausgelöst und erreichen mühelos das Dreifache der durchschnittlichen Zugkräfte. Um die hierbei von den Tieren aufgewendeten Schubkräfte berechnen zu können, wurden folgende Unterstellungen getroffen:

- die zu berechnende Schubkraft wirkt parallel zur Standfläche auf Höhe des Buggelenkes
- die zwischen dem anstemmenden Tier und der Anbindevorrichtung entstehende Berührungsfläche wird als Gelenkpunkt angenommen, der durch das Eindrücken der Anbindung in die Haut in seiner Lage fixiert ist.
- die an diesem Berührungspunkt wirkenden Druckkräfte sind gleichmäßig verteilt.

Sind diese Bedingungen erfüllt, kann entsprechend Abb. 62 die aufgewendete Schubkraft mit Hilfe der am ungleicharmigen Hebel geltenden Gesetze berechnet werden.

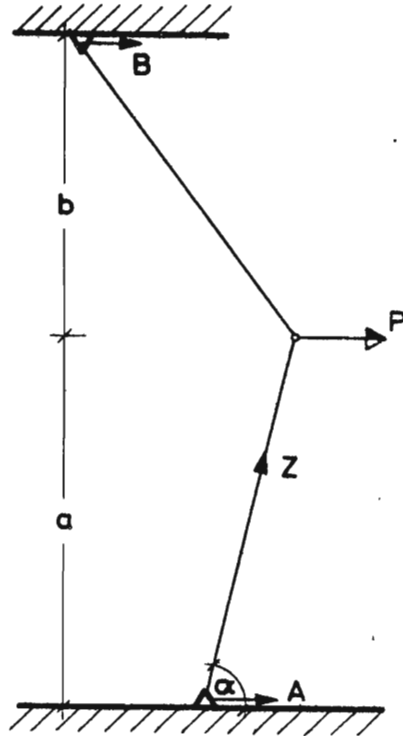


Abb. 62: Berechnung der aufgewendeten Schubkraft P aus der gemessenen Zugkraft Z

Es gilt:

$$(7) \quad A + B = P$$

$$(8) \quad B \cdot (a+b) - P \cdot a = 0$$

$$B = \frac{P \cdot a}{(a+b)}$$

$$(8) \text{ in } (7) \quad A + \frac{P \cdot a}{(a+b)} = P$$

$$A (a+b) + P \cdot a = P (a+b)$$

$$(9) \quad P = \frac{A (a+b)}{b}$$

$$(10) \quad A = Z \cdot \cos \alpha$$

$$(10) \text{ in } (9) \quad P = \frac{Z \cdot \cos \alpha \cdot (a+b)}{b}$$

Da der Winkel α und die Zugkraft Z gegeben sind, a und b sich weiterhin aus der Höhendifferenz zwischen den Befestigungspunkten der Anbindevorrichtung und des Buggelenkes berechnen lassen, bleibt als Unbekannte allein die gesuchte Größe P. Für das in Abb. 61 dargestellte Beispiel ergeben sich somit folgende Schubkräfte:

Tab. 16: Durchschnittlich aufgewendete Schubkräfte während der Futteraufnahme in Abhängigkeit von Krippenweite und -höhe

Krippeneinstellung		Zugkraft Z (N)	Schubkraft P (N)
Weite	Höhe (cm)		
40	0	274	105,9
	5	255	96,6
	10	241	93,2
	15	219	84,7
	20	217	83,9
80	0	444	171,7
	5	413	159,7
	10	375	145,0
	15	341	131,8
	20	306	118,3

Ø Winkel $\alpha = 78^\circ$

Abstand a = 87,0 cm; b = 100,5 cm

Aus Tab. 16 ist zu entnehmen, daß die von den Tieren aufgewendeten durchschnittlichen Schubkräfte – sie machen rund 40 % der gemessenen Zugkräfte aus – sehr gering sind. Die sich hieraus ableitenden maximalen Schubkräfte gehen nicht über 550 Newton hinaus und entsprechen damit den von VERSBACH (109) am Fangfreßgitter ermittelten Druckkräften.

Ähnlich wie die an den Vordergliedmaßen angreifenden vertikalen und horizontalen Kräfte zeigen sich auch die Zug- und damit die Schubkräfte durch individuelle Eigenheiten beeinflusst (vergl. Tab. 9/11 – 16, Anhang). Grundsätzlich bleiben jedoch auch hier die bereits in Kap. 6.6.2 besprochenen Einflußfaktoren Krippeneinstellung, Anbindevorrichtung und Futtermittel in ihrer Wirkungsrichtung und -größe davon unbeeinträchtigt.

6.6.4 Abliege- und Aufstehbewegungen

Bevor der Bewegungsablauf des abliegenden und aufstehenden Rindes unter dem Einfluß bestimmter Versuchseinstellungen betrachtet wird und hieraus Rückschlüsse auf notwendige Freiräume im Krippenbereich zu ziehen sind, müssen zunächst Kenntnisse über das unbehinderte Abliegen und Aufstehen vorliegen, wie es z. B. bei Weidehaltung angetroffen wird, bei Anbindehaltung jedoch in der Form nicht möglich ist. Ausgehend von den auf der Weide gewonnenen Grundkenntnissen verhelfen die im Versuchsstand aufgezeichneten Bewegungsabläufe zu Aussagen über die Anpassungsfähigkeit der Tiere an vorgegebene Bewegungsfreiräume. Die tierische Anpassungsfähigkeit muß hierbei in ihren Grenzbe-
reichen ermittelt werden, um einen tiergemäßen Krippenvorschlag entwickeln zu können, der die Anforderungen des fressenden Rindes in gleicher Weise berücksichtigt.

Erste grundlegende Untersuchungen über das Abliegen und Aufstehen des Rindes auf der Weide und im Laufstall führten KÄMMER und SCHNITZER durch (54, 98). Die von ihnen verwendete Terminologie und Einteilung der Bewegungsphasen soll weitgehend übernommen werden, da es einer wünschenswerten Vereinheitlichung der Begriffe und einem einfacheren Vergleich der Bewegungsabläufe dient (Abb. 63 und 64).

Das Abliegen kündigt sich in der Regel durch spezifische Handlungen an, wie Beschnuppern des Bodens, optische Kontrolle der Umgebung und Kot- und Harnabsatz. Das eigentliche Hinlegen erfolgt in Übereinstimmung mit den Beobachtungen auf der Weide in drei Abschnitten: In Phase I versammelt das Rind Vorder- und Hinterextremitäten unter dem Körper, krümmt eines der Vorderfußwurzelgelenke und senkt es zu Boden (Abb. 63/Bild 2 und 3). Mit dem Aufsetzen des zuerst gebeugten Karpalgelenkes knickt auch die zweite Vorderextremität ein. Sie wird hierbei entlastet, und das Tier läßt sich auf beide Karpalgelenke nieder. Der hierdurch erreichte, kurzfristig "stabile" Zustand im Bewegungsablauf wird von KÄMMER und SCHNITZER als Anhaltstellung bezeichnet.

In der Phase II treten die Hintergliedmaßen etwas seitlich vor, wobei der Rumpf zur Entlastung der Hinterhand möglichst weit nach vorne geschoben wird (Abb. 63/Bild 4). Das Rind setzt nun die beiden Hinterextremitäten vorein-

ander und legt sich auf die Seite der vorderen, entlasteten Hintergliedmaße ab (Abb. 63/Bild 5). Hierbei kann das Rind das Abliegen der Hinterhand, das eher einem Hinfallen entspricht, nur beschränkt steuern.

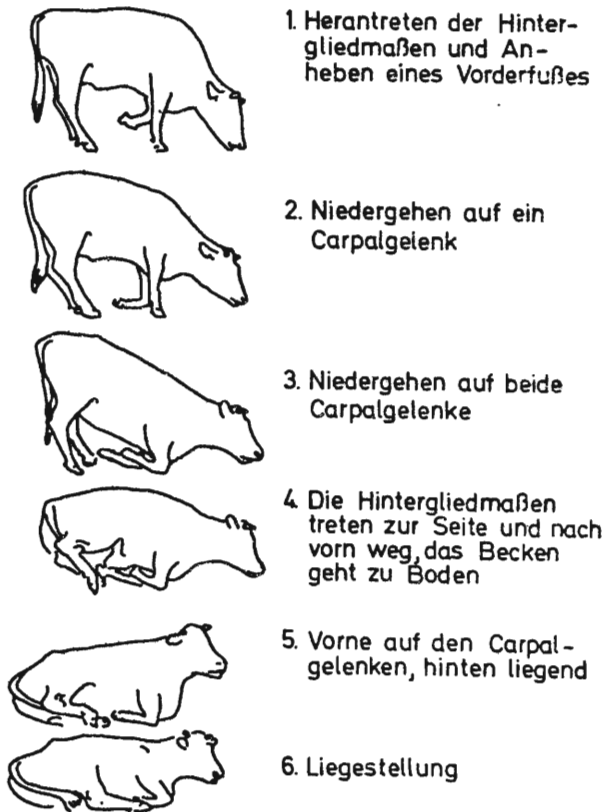


Abb. 63: Bewegungsablauf des Abliegens (Kopie von SCHNITZER, 1971)

Um das noch auf den Karpalgelenken ruhende Gewicht der Vorhand besser zu verteilen, rutscht das Tier in Phase III mit den Vorderbeinen etwas vor und erreicht dadurch eine Auflage der Brustpartie (Abb. 63/Bild 6).

Das Aufstehen erfolgt in der Regel aus einer Bereitschaftsstellung, in der die Vordergliedmaßen eingewinkelt und unter den Rumpf geschoben sind und die Hintergliedmaßen im Sprunggelenk abgebeugt dem Körper eng anliegen. Auch das Aufstehen kann in drei Abschnitte unterteilt werden:

Phase I ist dadurch gekennzeichnet, daß die Hinterhand den Körper nach vorne schlebt, bis das Gewicht der Vorhand auf den Karpalgelenken ruht (Abb. 64/Bild 1).

In Phase II schließt sich nun das Aufrichten der Hinterhand an, das sowohl durch angewendete Muskelkraft als auch durch die sogenannte Schleuderbrettbewegung erreicht wird (vergl. Kap. 6.1). Am Ende dieses Bewegungsabschnittes steht das Rind hinten vollständig, während das Gewicht der Vorhand noch auf den Karpalgelenken ruht. Diese Stellung entspricht somit der Anhaltstellung beim Abliegen (Abb. 64/Bild 2 - 4).

In Phase III stellen die Tiere nacheinander die Vordergliedmaßen auf (Abb. 64/Bild 5 - 6). Im Anschluß an das Aufstehen beginnen die Rinder in der Regel sich zu strecken.

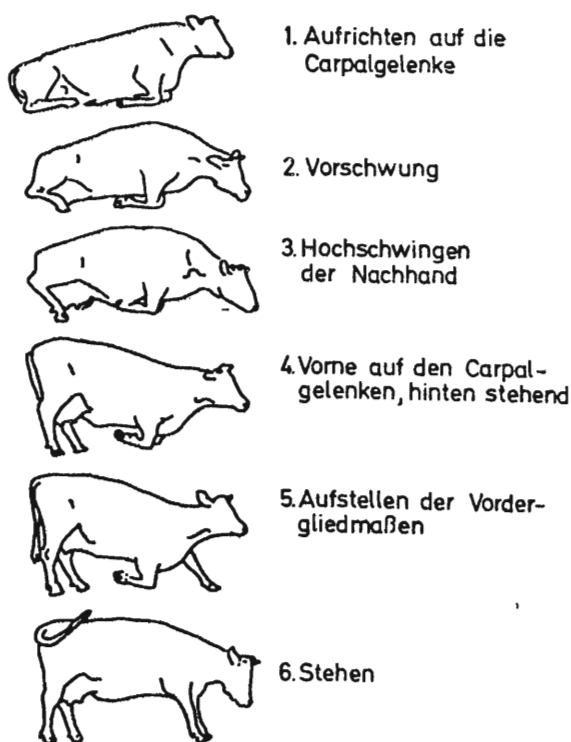


Abb. 64: Bewegungsablauf des Aufstehens (Kopie von SCHNITZER, 1971)

6.6.4.1 Bewegungsablauf in Abhängigkeit von der Krippenhöhe

Verglichen mit dem Bewegungsablauf auf der Weide weist das im Kurzstand beobachtete Abliegen einige Besonderheiten auf, die zunächst von der Krippenhöhe unabhängig sind. Hierzu gehört, daß die Versuchstiere nach der gründlichen Kontrolle der Liegefläche den Bewegungsspielraum der Anbindevorrichtung soweit wie möglich ausnutzen und mit den Vordergliedmaßen 70 bis 80 cm

von der Krippenwand zurücktreten, um hierdurch einen größeren Abliege-
raum zu gewinnen. Hierbei werden Vorder- und Hintergliedmaßen weiter unter den Körper
gestellt als bei freiem Abliegen. Das Tier erreicht hierdurch zweierlei:

- einen größeren Abliege-
raum und
- eine stärkere Absenkung des Schwerpunktes.

Unmittelbar bevor sich das Tier hinlegt und hierzu eine der Vordergliedmaßen
angehoben wird, kommt es häufig zu dem sogenannten Umtreten, einem wech-
seitigen Belasten der Vorderextremitäten, das auf der Weide nur selten be-
obachtet werden kann. Sowohl das Umtreten als auch die Anzahl der abgebro-
chenen Abliegevorgänge stellen die ersten tierischen Reaktionen auf einen
eingeschränkten Freiraum dar. Ein Abliegevorgang zählt hierbei als abgebro-
chen, wenn das Tier in Phase I des Bewegungsablaufes eingetreten ist und be-
reits eine Vordergliedmaße vom Boden abgehoben hat, diese anschließend jedoch
wieder aufsetzt. Wie Tab. 17 zeigt, steigt mit zunehmender Krippenhöhe auch
die Wahrscheinlichkeit, daß der Abliegevorgang unterbrochen wird.

Tab. 17: Durchschnittlich benötigte Ansätze pro Abliegevorgang

Anbindevorrichtung		V I			Gh			Ha		
Krippenhöhe (cm)		0	15	25	0	15	25	0	15	25
Tier	D	1	1,5	2	1,5	1,5	2,3	1	1,5	2
	E	1,6	2	2,6	2	3	2	1,6	2	2,3
	F	2	2,5	2,5	2	2	2,5	2	3	2,3

Die durchschnittlich benötigten Ansätze pro Abliegevorgang differieren zu-
sätzlich auch zwischen den einzelnen Versuchstieren und den verschiedenarti-
gen Anbindekonstruktionen. Die Beeinflussung der Bewegungsabläufe durch diese
zwei Faktoren wird in Kapitel 6.6.4.2 und 6.6.4.3 dargestellt. Bedingt durch
das weite Zurücktreten legen sich die Tiere in Phase I 60 bis 70 cm hinter
der Krippenwand auf die Karpalgelenke ab. Trotzdem wird der bei einer Krippen-
wandhöhe von 20 cm (= Krippenniveau 0 cm) vorgegebene Krippenfreiraum während
der sich anschließenden zweiten Phase bis zu 50 cm in horizontaler Richtung

genutzt (Abb. 65). Die horizontale Raumausnutzung entspricht damit den bei freiem Abliegen festgestellten Raumansprüchen (98).

Dagegen bestehen in vertikaler Richtung Differenzen. Wie die von SCHNITZER ermittelten Umhüllungslinien abliegender Rinder auf der Weide zeigen, berührt die Umhüllende der Kopfbewegung während Phase II in dem Moment nahezu den Boden, in dem die Nachhand vortritt, um anschließend abgesenkt zu werden. Eine Krippenwand von 20 cm Höhe verhindert bereits eine entsprechend starke Vorwärts-Abwärtsbewegung des Kopfes. Dies wird aus Abb. 65 deutlich, in der die Umhüllungslinien (Maximalwerte) aller Kopfbewegungen (54 Beobachtungen) während des Aufstehens und Abliegens bei einer Krippenwandhöhe von 20 cm dargestellt sind.

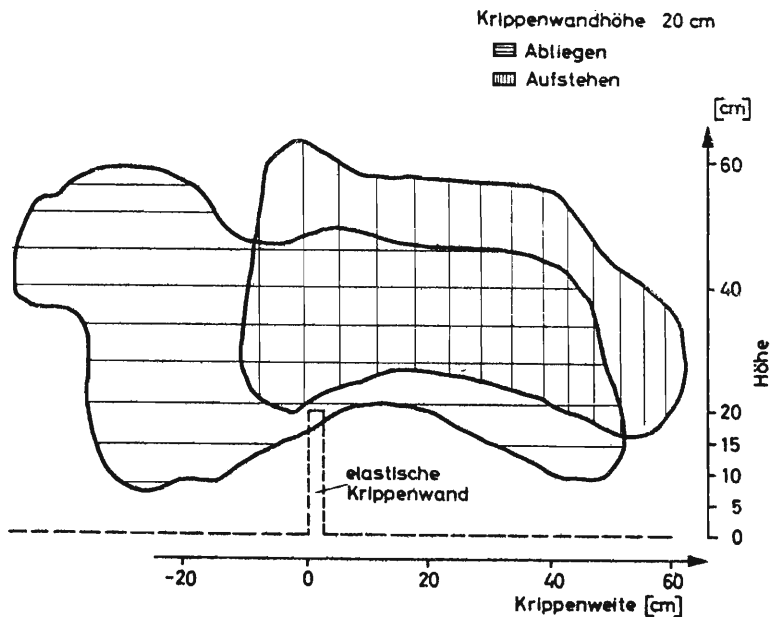


Abb. 65: Umhüllungslinien des Kopf-Halsbereiches während des Aufstehens und Abliegens bei einer Krippenwandhöhe von 20 cm

Danach nähert sich der Kopfschwung in seinem tiefsten Punkt nur noch bis zu 8 cm dem Krippenboden und deutet damit eine reduzierte Vertikalbewegung an. Gleichzeitig kommt es bereits bei dieser Krippeneinstellung zu einer leichten Überschneidung der Umhüllungslinie und Krippenwand.

Auch die im Gesamtablauf flüssig erscheinenden Aufstehvorgänge zeigen bei einer Analyse der Kopfbewegungen einen verminderten Vorwärts-Abwärtsschwung in der Schleuderbrettphase. Während sich auf der Weide der Kopf wieder bis auf wenige Zentimeter dem Boden nähert, läßt Abb. 65 eine Differenz von rund 15 cm zum Krippenboden erkennen. Offensichtlich können die Versuchstiere aber den verminderten Kopfschwung durch erhöhte Anwendung von Muskelkraft ausgleichen und verhindern gleichzeitig durch die reduzierte Vertikalbewegung ein Anstoßen an die Krippenwand.

Dieses Anpassungsvermögen der Rinder ist aber bereits bei einem Krippenniveau von 15 cm und einer entsprechenden Krippenwandhöhe von 35 cm erschöpft. Sowohl beim Abliegen, wie auch beim Aufstehen stoßen die Tiere gegen die Krippenwand an (Abb. 66).

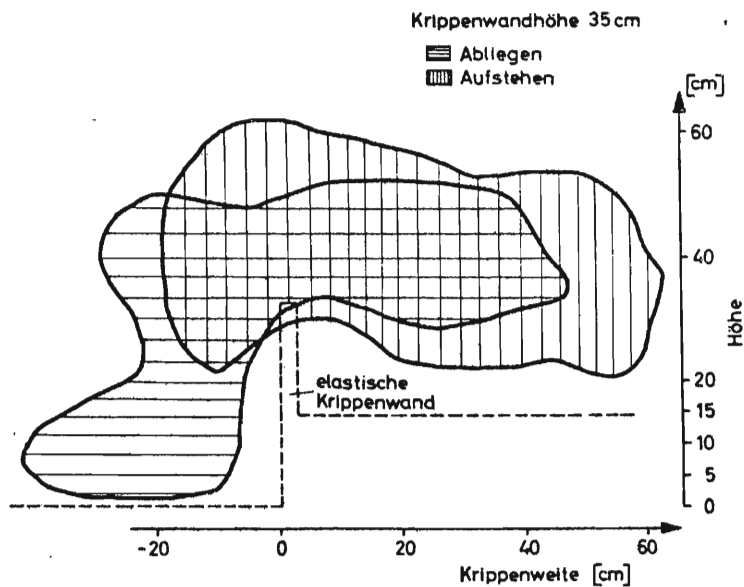


Abb. 66: Umhüllungslinien des Kopf-Halsbereiches während des Aufstehens und Abliegens bei einer Krippenwandhöhe von 35 cm

Aus diesem Grund wird beim Abliegen der vorhandene Krippenfreiraum sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung weniger genutzt als in der vorangehenden Versuchseinstellung. Um eine Kollision mit der Krippenwand zu verhindern, winkeln die Rinder vermehrt den Kopf nach links oder rechts ab und weichen während des Abliegens in einen seitlichen Freiraum aus. Dieses Verhalten stellt jedoch keine Alternative für das Aufstehen dar. Um bei dem

Aufstellen der Hinterhand entscheidend mithelfen zu können, muß der Kopf-Hals-Schwung hier eine wesentlich aktivere Rolle übernehmen als beim Abliegen. Dies ist aber nur möglich, wenn der Hebelarm ausgestreckt wirken kann. Das Rind ist daher bei artspezifischem Aufstehen auf den Krippenfreiraum angewiesen. Die die Aufstehbewegungen anzeigende Umhüllungslinie verbleibt deshalb über dem Krippenbereich. Der eingeschränkte Freiraum führt jedoch zu einer stark reduzierten Vertikalbewegung, so daß der notwendige Vorwärts-Abwärts-schwung zu einer Vorwärtsbewegung verkümmert. Damit entfällt einerseits die entscheidende Entlastung der Hinterhand, andererseits wird hierdurch aber eine Kollision mit der Krippenwand nicht vermieden.

Noch wesentlich verschärft zeigt sich diese Situation bei einem weiteren Anheben des Krippenniveaus auf 25 cm und einer dadurch erzielten Krippenwandhöhe von 45 cm. Um den Freiraum hinter der Krippe zum Abliegen zu vergrößern, stellen sich die Tiere zum Teil schräg in den Versuchsstand und biegen wiederum den Kopf nach links oder rechts ab. Trotzdem werden die Bewegungsabläufe häufig am Ende der ersten Phase unterbrochen, und mehrere Versuche reihen sich aneinander. Oft verharren die Tiere auch in der Anhaltstellung. Bei Fortsetzung des Bewegungsablaufes verbleiben zwei Möglichkeiten: entweder wird der Kopf weiterhin seitlich abgewinkelt gehalten, oder die Tiere drücken mit ihm die flexible Krippenwand voll um und nutzen dadurch den Krippenfreiraum (Abb. 67).

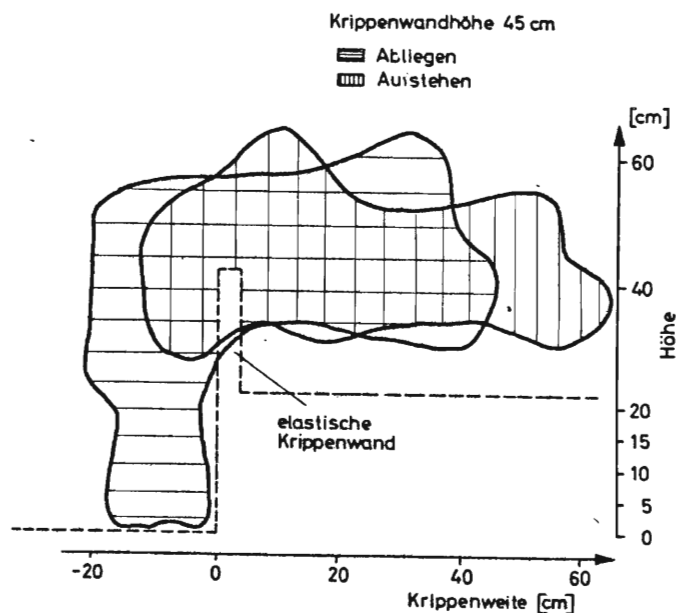


Abb. 67: Umhüllungslinien des Kopf-Halsbereiches während des Aufstehens und Abliegens bei einer Krippenwandhöhe von 45 cm

Ebenso ist den Rindern ein Aufstehen nur noch dadurch möglich, daß sie sich entweder pferdeartig erheben oder aber bei einem artspezifischen Bewegungsablauf mit Kopf, Hals und Brustpartie gegen die Krippenwand schlagen und diese vollständig umbiegen. Aus der Umhüllungslinie wird ersichtlich, daß die für die Phase II typische Schleuderbewegung zu einem reinen Vorwärts-Stoß erstarrt ist, und die Tiere zum Teil sogar zu einer Vorwärts-Aufwärts-Bewegung des Kopfes gezwungen sind. Diese gegenläufige Bewegung verhindert nicht nur eine Entlastung der Hinterhand, sondern erschwert zusätzlich das Aufstellen der Hinterextremitäten. Dementsprechend wird der Aufstehvorgang am Ende der zweiten Phase wiederholt unterbrochen (Anhaltstellung), und die Tiere verharren vorübergehend auf die Karpalgelenke gestützt, bevor der Bewegungsablauf endgültig abgeschlossen wird.

6.6.4.2 Bewegungsablauf in Abhängigkeit von der Anbindevorrichtung

Der vorgegebene Krippenfreiraum beeinflußt jedoch nicht allein das Abliegen und Aufstehen im Kurzstand. Vielmehr steuern zusätzlich die verschiedenen Anbindevorrichtungen den Bewegungsablauf der Kühe und führen im Zusammenwirken mit der Kurzstandkrippe zu unterschiedlich starken Beschränkungen des notwendigen Freiraumes. Ausschlaggebend ist in diesem Zusammenhang der technische Bewegungsspielraum der Anbindevorrichtung, der durch eine lockere bis straffe Einstellung variiert werden kann. Dies hängt wiederum von den Standabmessungen ab und von der Funktion, die diese Anbindevorrichtung zu erfüllen hat. Dient sie lediglich dazu, das Tier am Stand festzuhalten, kann sie entsprechend locker eingestellt sein; muß sie jedoch zusätzlich Kot- und Harnabsatz steuern, ist die Anbindevorrichtung straff eingespannt und wird für das abliegende und aufstehende Rind zu einem entscheidenden Hindernis.

Da in der vorliegenden Fragestellung vorrangig der Einfluß unterschiedlicher Krippeneinstellungen auf das Abliegen und Aufstehen interessierte, sollen nachfolgend die hierzu durchgeführten Beobachtungen lediglich unter dem Gesichtspunkt verschiedenartiger Anbindekonstruktionen näher analysiert werden, die möglichen Einstellungsvarianten an der Anbindevorrichtung aber unberücksichtigt bleiben.

Diese Einstellungen würden es den Tieren in allen drei Fällen ermöglichen, mit den Vorderextremitäten bis zu 80 cm hinter die Krippenwand zurückzutreten

und hierdurch den Abliege-raum so zu vergrößern, daß sie mit den Karpalgelenken ca. 30 cm hinter der Krippenwand zu liegen kommen. Beobachtungen von WANDER (111), nach denen sich die Tiere bei lockerer Anbindung zu dicht an die Krippenwand legen und dadurch im nachfolgenden Aufstehvorgang nur mühsam hochstemmen können, lassen sich nicht bestätigen. Unabhängig von der Krippenhöhe und der Anbindevorrichtung hielten vielmehr die drei Versuchstiere mit ihren Carpi einen Mindestabstand von 20 cm zur Krippenwand ein.

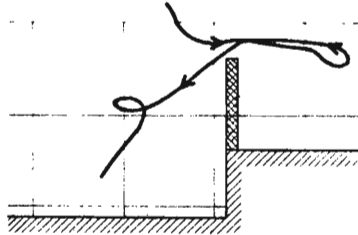
Bei einem Krippenniveau von 0 cm ermöglichte aus dieser Liegeposition jede der drei Anbindevorrichtungen (V I, Gh, Ha) ein unbehindertes und flüssiges Aufstehen. Im Gegensatz dazu wirkten sich die Anbindevorrichtungen bereits bei dieser Krippenhöhe unterschiedlich auf das Abliegen aus. Während die Versuchstiere den Krippenfreiraum sowohl in der Einstellung Vertikalanbindung als auch Gelenkhalsrahmen bei allen Beobachtungen in vertikaler und horizontaler Richtung nutzten, winkelten sie den Kopf bei der Horizontalanbindung in 75 % aller Fälle seitlich ab. Offensichtlich erscheint dem abliegenden Tier der Freiraum zwischen Krippenwand und Nackenbügel als zu gering.

Diese Hypothese bestätigt sich bei einem Krippenniveau von 15 cm. Entsprechend dem verringerten Abstand fädelten die abliegenden Tiere ihren Kopf nur noch in 14 % aller Fälle zwischen Krippenwand und Nackenbügel ein. Sie zogen es vielmehr vor, mit seitlich abgewinkelter Kopf auf engstem Raum vor der Krippe abzuliegen. Diese Veränderung des Bewegungsablaufes verdeutlicht Abb. 68, in der die typischen Bewegungslinien der Maulspitze einer Kalbin in Abhängigkeit von den drei verschiedenen Anbindevorrichtungen dargestellt sind.

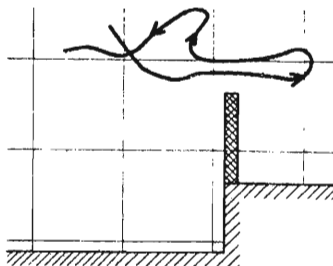
Anhand der Bewegungslinien ist zu erkennen, daß die Kalbin lediglich bei der Horizontalanbindung den Krippenfreiraum ungenutzt läßt und räumlich stark beengt vor der Krippe abliegt. Weiterhin wird jedoch deutlich, daß bei einem Krippenniveau von 15 cm auch Unterschiede im Abliegen zwischen Vertikalanbindung und Gelenkhalsrahmen auftreten. Die Bewegungslinien der Maulspitzen weisen nämlich nach, daß die Kalbin bei der Grabneranbindung den Krippenfreiraum in horizontaler Richtung wesentlich besser nutzen kann als bei dem Gelenkhalsrahmen, obwohl dessen maximale Längsauslenkung um 3 cm weiter in den Krippenfreiraum hereinreicht (vergl. Kap. 6.4). Hier ist somit die bessere Anpassungsfähigkeit der Anbindevorrichtung an den Bewegungsablauf entscheidend.

Unabhängig von der Anbindevorrichtung zeigt sich die vertikale Ausnutzung des Krippenfreiraumes. Sie ist sowohl bei der Vertikalanbindung als auch bei dem Gelenkhalsrahmen verkümmert.

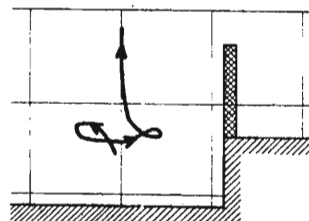
① Grabneranbindung



② Gelenkhalsrahmen



③ Horizontalanbindung



Krippenniveau
jeweils 15 cm

Abb. 68: Einfluß verschiedener Anbindevorrichtungen auf das Abliegen (Kalbin D), Verlauf der Maulspitze

Bei den Aufstehvorgängen sind die Unterschiede zwischen den drei Anbindevorrichtungen weniger deutlich ausgeprägt, da die Tiere bei der Horizontalanbindung bereits zu Beginn der Phase I den Kopf zwischen Krippenwand und Nackenbügel einfädelten. So differiert die horizontale Ausnutzung des Krippenfreiraumes nur gering. Die Bewegungslinien der Maulspitze sind bei dem Gelenkhalsrahmen in der Regel 6 bis 8 cm kürzer. Die Abwärts-Bewegung des Kopfschwunges ist dagegen bei den drei Anbindevorrichtungen gleich stark verkümmert. Sie wird folglich allein von der Krippenwandhöhe beeinflusst.

Dementsprechend tritt bei einem Krippenniveau von 25 cm (Krippenwandhöhe = 45 cm) der Einfluß der Anbindevorrichtung noch weiter zurück. Die Aufstehvorgänge

unterscheiden sich bei den drei Anbindevorrichtungen nur noch unerheblich im Bewegungsablauf und damit im genutzten Krippenfreiraum. Ebenso ist das benötigte Abliegen vor der Krippe, das bei niedrigeren Krippeneinstellungen ausschließlich bei der Horizontalanbindung festzustellen ist, jetzt in 66 % aller Fälle bei der Vertikalanbindung und in 24 % bei dem Gelenkhalsrahmen anzutreffen.

6.6.4.3 Individuelle Unterschiede

Zusätzlich zu dem Einfluß der Krippeneinstellung und der Anbindevorrichtung können die Bewegungsabläufe abliegender und aufstehender Rinder durch individuelle Unterschiede geprägt sein. Betrachtet man deshalb die für die drei Versuchstiere typischen Bewegungslinien der Maulspitze bei gleicher Anbindevorrichtung und einem Krippenniveau von 0 cm (Abb. 69), so zeigt sich, daß Kalbin D den Vorwärts-Abwärts-Schwung in Phase II des Aufstehvorganges tiefer ansetzt und entsprechend der schwungvolleren Bewegung den Krippenfreiraum sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung stärker ausnutzt als die beiden Vergleichstiere.

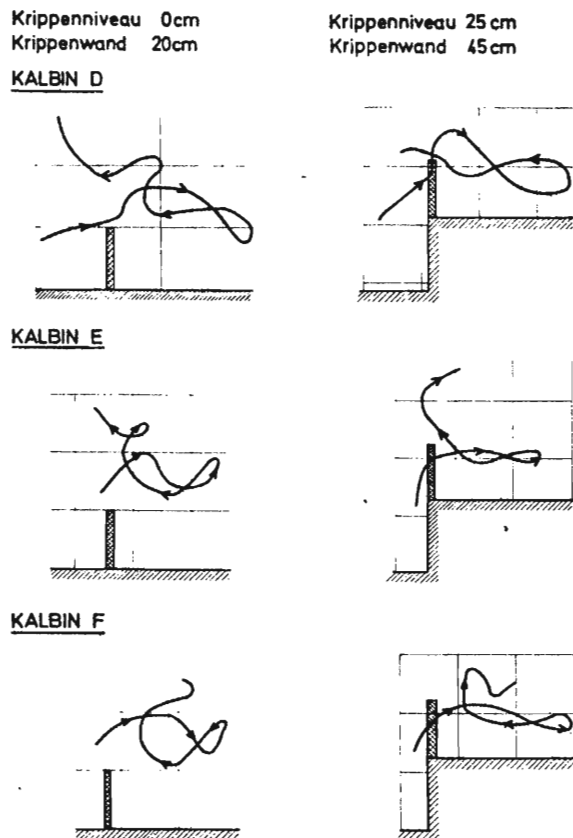


Abb. 69: Einfluß der Krippenhöhe auf das Aufstehen von Rindern
(2 1/2jährige Kalbinnen), Bewegungslinien der Maulspitze

Bei einem Krippenniveau von 25 cm, bei dem der Vorwärts-Abwärts-Schwung der Tiere E und F in eine gerade Vorwärtsbewegung entartet ist, versucht allein Kalbin D vor Eintritt in die Schleuderbrettphase den Kopf über die Krippenwand anzuheben und durch eine Vorwärts-Abwärtsbewegung die Hinterhand zu entlasten. Neben individuellen Unterschieden im Bewegungsablauf spiegeln die Bewegungslinien der Maulspitzen gleichzeitig die Körpergrößen der betreffenden Tiere wieder. So nutzt das kleinste Tier E den Krippenfreiraum unabhängig von der Höheneinstellung um rund 10 cm in horizontaler Richtung weniger als die Tiere D und F (Abb. 69).

Insgesamt gesehen sind jedoch zwischen den Abliege- und Aufstehbewegungen der drei Versuchstiere keine grundlegenden individuellen Besonderheiten zu erkennen. Die Tiere reagierten auch bei steigender Krippenhöhe und damit wachsender Umweltbelastung mit gleichen Bewegungsmustern. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, daß deutliche Verhaltens- oder Bewegungsänderungen allein durch eine unterschiedliche Krippeneinstellung bzw. durch verschiedenartige Anbindevorrichtungen ausgelöst werden.

6.6.4.4 Zusammenfassung und Wertung

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, verändert sich aufgrund beschränkter Freiräume das Abliegen und Aufstehen des Rindes im Kurzstand gegenüber den Bewegungsabläufen auf der Weide. Den Versuchstieren, die in ihrem Bewegungsabläufen keine grundlegenden individuellen Unterschiede zeigten, ist in engen Grenzen eine Anpassung an die Standumwelt möglich. Die Grenzen der Anpassungsfähigkeit werden aber aus den Umhüllungslinien des Kopf-Hals-Bereiches aufstehender und abliegender Rinder ersichtlich (Abb. 70). Während die Tiere ihren Kopf-Hals-Bereich bis zu einer Krippenwandhöhe von 25 cm vor einem Anprall bewahren können, treten bereits ab einer Höhe von 15 cm erste Kollisionen zwischen Brustbereich und Krippenwand auf.

Darüber hinaus sind die Tiere während der Anpassungsphase gezwungen, auf typische Elemente des Bewegungsablaufes - wie den Vorwärts-Abwärts-Schwung des Kopfes - zu verzichten und diesen Verlust an kinetischer Energie durch erhöhte Anwendung von Muskelkraft auszugleichen. Unbehinderte Bewegungsabläufe, die sich durch einen stark ausgeprägten Kopfschwung auch in vertikaler

Richtung auszeichnen, benötigen hierzu einen Krippenfreiraum ab 8 cm über Standniveau bei einer erforderlichen Krippenweite von maximal 60 cm (Abb. 70).

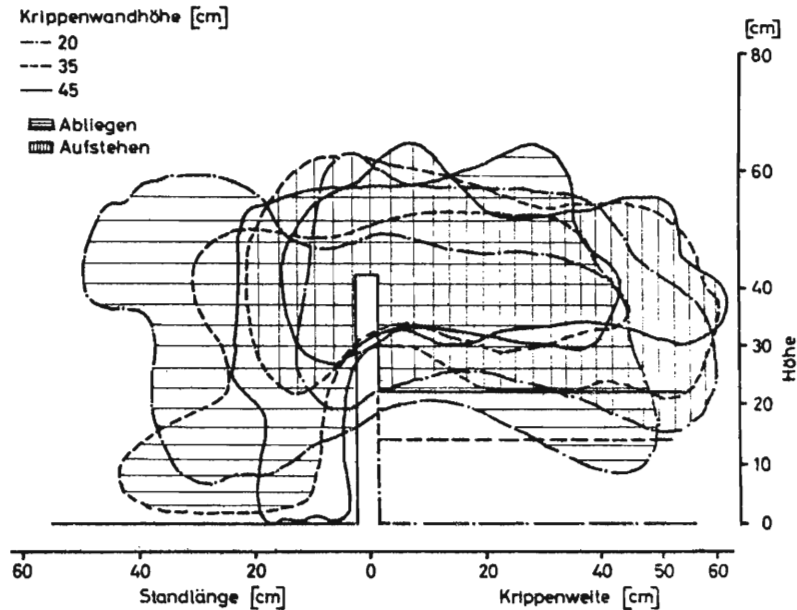


Abb. 70: Umhüllungslinien des Kopf-Hals-Bereiches während des Aufstehens und Abiegens bei unterschiedlichen Krippenwandhöhen

Unter der Voraussetzung einer locker eingestellten Anbindevorrichtung beeinträchtigt die Krippeneinstellung die Bewegungsabläufe der Tiere stärker als die Konstruktion der Anbindevorrichtungen. Mit steigender Krippenwandhöhe verstärkt sich dieser negative Einfluß und überdeckt die durch verschiedenartige Anbindevorrichtungen hervorgerufenen Unterschiede.

Werden zusätzlich zu den für das Aufstehen und Abiegen notwendigen Freiräumen die Anforderungen des liegenden Rindes berücksichtigt, so ist nach KÄMMER und SCHNITZER (54) davon auszugehen, daß lediglich 20 % des Liegens mit ausgestreckten Vorderextremitäten erfolgt (einmalige Dauerbeobachtung an vier Kühen, 12 Stunden). Seitliche Strecklagen sind nach BROWNLEE (19) sehr selten anzutreffen und dauern nie länger als 10 Minuten. Der Grund dürfte darin zu sehen sein, daß diese Lage zu Störungen in der Pansenmotorik führt und die Tiere nicht wiederkauen können. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß die Berücksichtigung der Strecklagen gegenüber den Anforderungen des fressenden bzw. abliegenden und aufstehenden Rindes an den Krippenbereich an Gewicht verliert. Unter der Voraussetzung einer flexiblen Krippenwand werden den Rindern

diese Liegestellungen jedoch um so eher möglich sein, je niedriger das Krippenniveau gehalten wird. Bei welcher Krippensohlenhöhe den Rindern diese Strecklagen möglich sind, kann aufgrund der bisher fehlenden Untersuchungen nicht angegeben werden.

6.6.5 Zeitbedarf für Abliegen und Aufstehen

Eine zunehmende Einschränkung des Freiraumes durch eine steigende Krippenhöhe ändert jedoch nicht nur die räumliche Ausdehnung der Bewegungslinien, sondern findet ihren Niederschlag auch in einem veränderten Zeitbedarf dieser Bewegungsvorgänge. Dementsprechend steigt mit zunehmender Krippenwandhöhe der zum Abliegen und Aufstehen benötigte Zeitaufwand. In Abb. 71 ist in Abhängigkeit von der Krippeneinstellung der aus den Einzelbeobachtungen gemittelte Gesamtzeitbedarf für das Abliegen und Aufstehen dargestellt. Hierbei ist unter Gesamtzeit jeweils der Zeitraum zwischen Position 1 in Bewegungsphase I und Position 7 in Bewegungsphase III (Abb. 63/64) zu verstehen.

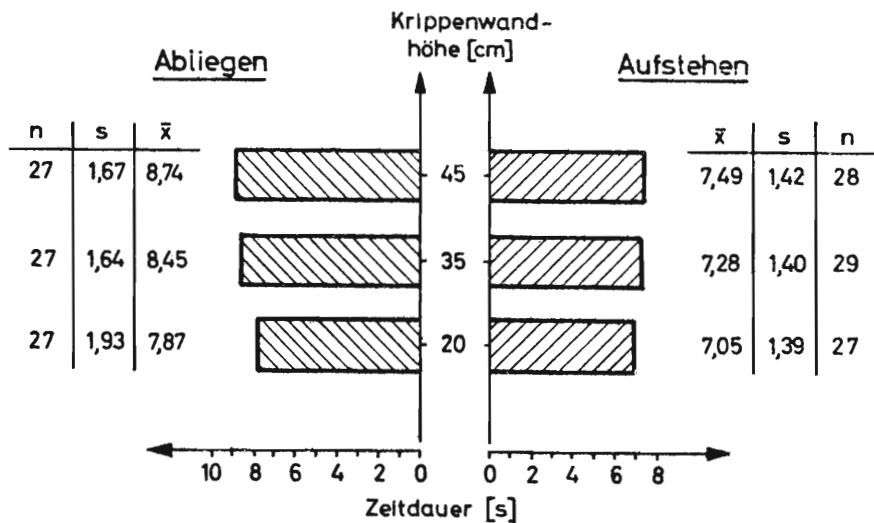


Abb. 71: Einfluß der Krippenwandhöhe auf die Dauer der Ab-
liege- und Aufstehvorgänge

Wie aus Abb. 71 hervorgeht, benötigen die Tiere bei einer Krippenwandhöhe von 20 cm durchschnittlich 7,87 Sekunden zum Abliegen. Ein Ansteigen des Krippenniveaus um 25 cm verzögert das Abliegen signifikant um 0,87 Sekunden. Für das Aufstehen erhöht sich der Zeitbedarf bei entsprechenden Krippeneinstellungen von 7,05 auf 7,49 Sekunden und liegt damit deutlich unter den Werten

für das Abliegen. Die nur rund 13 % kürzeren Zeiten charakterisieren das Aufstehen als den insgesamt schwungvolleren Bewegungsablauf und erhärten damit die bereits aus den Bewegungslinien der Maulspitze gewonnene, gleichlautende Aussage.

Die bei höheren Krippeneinstellungen zeitlich verzögerten Abliege- und Aufstehvorgänge haben ihre Ursache darin, daß sich die Tiere aufgrund des eingeschränkten Bewegungsfreiraumes vor dem Abliegen unschlüssiger zeigten und eine gründlichere Kontrolle des Liegeplatzes vornahmen. Aufstehvorgänge sind in der Regel durch längere Pausen in der sogenannten Anhaltstellung gekennzeichnet und geben hiermit indirekt Hinweise auf den durch die Hinterhand aufzubringenden erhöhten Kraftaufwand.

6.6.6 Belastung der Vordergliedmaßen beim Abliegen und Aufstehen

Die bei zunehmender Beschränkung des Freiraumes auftretenden Veränderungen im Bewegungsablauf machen deutlich, daß das Rind zum Abliegen und Aufstehen neben der aufgewendeten Muskelkraft auf weitere unterstützende Maßnahmen angewiesen ist. Hierzu gehören neben der Gewichtsverlagerung auf die momentan ruhende Körperhälfte die Ausnutzung der Hebel- und Trägheitsgesetze, die in besonderem Maße in der Schleuderbrettphase angewendet werden (Abb. 72). Die Kondition des Tieres entscheidet darüber, wie stark auf diese unterstützenden Maßnahmen zurückgegriffen werden muß.

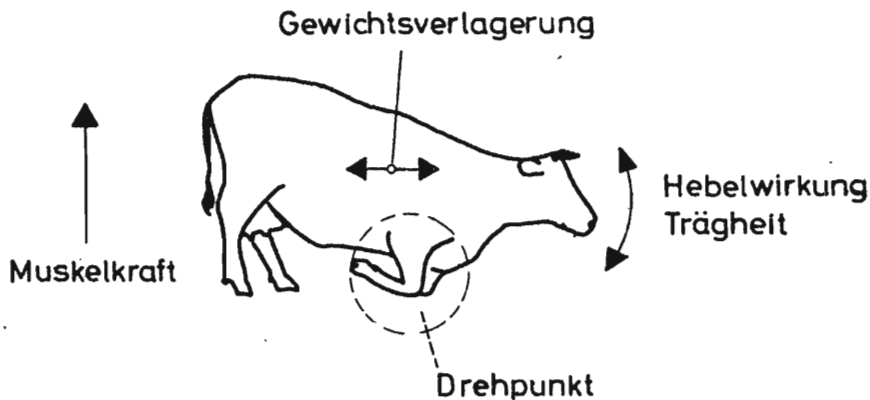


Abb. 72: Abliegen und Aufstehen beeinflussende Größen

Das Abliegen und Aufstehen belastet besonders stark die als Drehpunkt fungierenden Vordergliedmaßen. Die Aufzeichnung der hier einwirkenden Kräfte liefert deshalb notwendige Aussagen über direkt am Tier auftretende Maximalbelastungen und zeigt zudem auf, ob Veränderungen in der Versuchseinstellung auch zu unterschiedlichen Belastungsverhältnissen führen.

Vor einer vergleichenden Beurteilung der Belastungskurven unter dem Einfluß der unterschiedlichen Versuchseinstellungen sollen jedoch in Anlehnung an die in Kap. 6.6.4 beschriebenen Bewegungsabläufe zunächst der Verlauf der aufgezeichneten Kräfte während eines Abliege- und Aufstehvorganges beschrieben und charakteristische Bewegungsabschnitte durch eine Numerierung gekennzeichnet werden. Hierbei ist der herausgegriffene Abliege- bzw. Aufstehvorgang als Beispiel zu verstehen, das weder in seinen Einzelwerten, noch in seinem zeitlichen Verlauf für die Gesamtheit der durchgeführten Messungen repräsentativ sein kann (Abb. 73 und 74).

Legende Abliegen

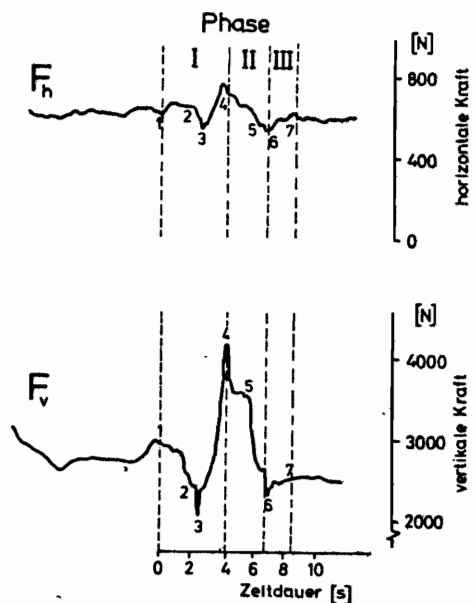
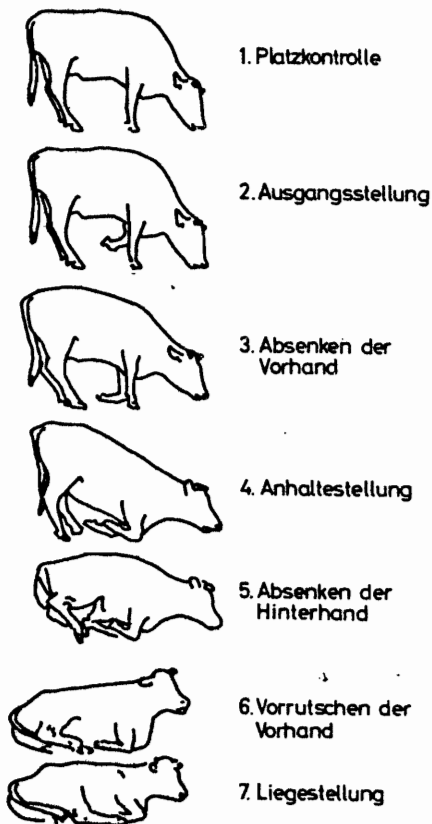


Abb. 73: Belastungsverlauf der Vorderextremitäten während des Abliegens

Die während des Abliegens auftretenden horizontalen und vertikalen Kräfte sind in Abb. 73 auf der Ordinate aufgetragen, der zeitliche Verlauf der einwirkenden Kräfte ist der Abszisse zu entnehmen. Die Ziffern im Kurvenfortgang kennzeichnen die charakteristischen Bewegungspositionen und entsprechen der Numerierung in der Legende. Aufgrund der Positionsbestimmung wird es möglich, den Meßverlauf in die drei Bewegungsphasen zu unterteilen.

Danach weist Phase I eine stetige Entlastung der Vorhand bis zu dem Moment auf, in dem die erste abgebogene Vordergliedmaße auf dem Boden aufsetzt (Position 3). In der zweiten Hälfte der Phase I, in der das Tier dazu übergeht, sich auf beide Karpalgelenke aufzustützen, drückt sich die zunehmende Gewichtsverlagerung auf die Vorhand in einem steilen Ansteigen der vertikalen und horizontalen Kraft aus. Die maximale Gesamtbelastung der Vorderextremitäten von ca. 4000 N wird in der Anhaltstellung (Position 4) erreicht. Kennzeichnend für das Ende der ersten Bewegungsphase ist die Tatsache, daß die aufgebrachte horizontale Kraft ihren Scheitelpunkt überschreitet und damit das Ende des durch Muskelkraft bewirkten Körpervorschubs auf die Vorhand zeigt. Erst in dem unmittelbar anschließenden Zustand einer kurzfristigen Bewegungsstabilität erreicht die vertikale Kraft das Maximum. Parallel zum Absenken der Hinterhand in Phase II reduzieren sich die an den Vordergliedmaßen angreifenden Kräftepaare und erreichen in Position 6 – in der die Hinterhand bereits abliegt, die Karpalgelenke jedoch in die Liegestellung vorgezogen werden sollen – ein zweites Minimum. In der anschließenden Phase III steigen durch das Einnehmen der Liegestellung sowohl die horizontale als auch die vertikale Kraft wieder geringfügig an.

Den Belastungsverlauf an den Vordergliedmaßen während des Aufstehens spiegelt Abb. 74 wieder. Entsprechend dem Abliegen ist wieder der Verlauf der vertikalen und der horizontalen Kraft über der Zeitachse aufgetragen und durch die Positionsnummern markiert.

Aus der Liegestellung (Position 1) wechselt das aufstehende Rind zunächst in die Ausgangsstellung über. Ist diese Liegestellung als Brustlage mit unterschlagenen Vordergliedmaßen anzusprechen, so ist der Stellungswechsel mit einer kurzfristigen Entlastung der Vorhand verbunden. Aus dem ersten Maximum der Horizontalkraft zum Zeitpunkt der Ausgangsstellung läßt sich ableiten,

daß das Tier in diesem momentanen Ruhestand des Bewegungsablaufes bereits die entscheidende Schubkraft aus der Hinterhand zum Eintritt in die Phase II entwickelt. Bedingt durch die Stellung der Vordergliedmaßen wirkt diese Schubkraft vor allem in horizontaler Richtung auf die Bodenunterlage. In dem Maße, in dem sich der Carpuswinkel während der Schleuderbrettphase öffnet, verringert sich die horizontale Krafteinwirkung und erreicht bei einem Winkel von 90° einen Wendepunkt (Position 3). Da aufgrund der Waagekonstruktion die Absolutbeträge der in Längsrichtung wirkenden Horizontalkräfte aufgezeichnet werden, bewirkt ein weiteres Öffnen des Carpuswinkels ein zweites Maximum der Horizontalkraft am Endpunkt der Vorwärtsbewegung (Position 4). Parallel mit der Vorwärtsbewegung erfolgt eine Gewichtsverlagerung auf die Vorhand, so daß die Vertikalkraft ebenfalls in Position 4 ein Maximum erreicht.

Legende Aufstehen

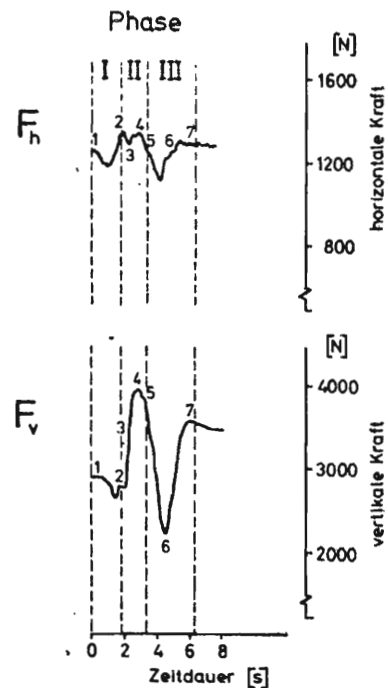
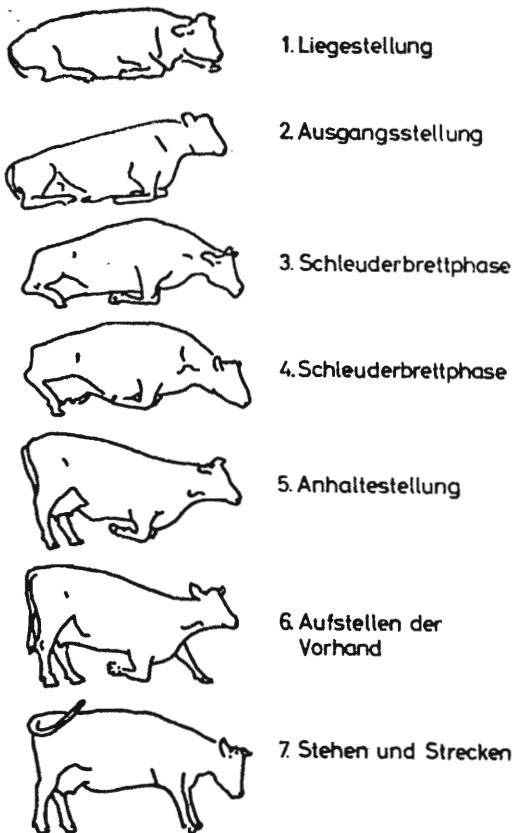


Abb. 74: Belastungsverlauf der Vorderextremitäten während des Aufstehens

Die Steilheit des Kurvenanstiegs läßt hierbei die Geschwindigkeit erkennen, mit der das Rind während der Schleuderbrettphase sein Gewicht verlagert. In der Anhaltstellung, die den Übergang zwischen Phase II und III markiert, ist die

Vorhand bereits geringfügig entlastet. Wie das anschließende Minimum der an den Vorderextremitäten angreifenden horizontalen und vertikalen Kräfte zeigt, wird nicht nur die aufzustellende Vordergliedmaße, sondern die Vorhand insgesamt entlastet. Hierzu verlagert das Rind rund 58 % seines Gewichtes auf die Hinterhand. Bei der Entlastung eines Vorderfußes wird somit das Körpergewicht nicht gleichmäßig auf die drei übrigen Gliedmaßen verteilt, sondern zur Hauptsache auf die benachbarte Vorderextremität übertragen. Die Differenz zwischen den in Position 1 und 7 aufgezeichneten vertikalen Kräften beruht nicht auf einer unterschiedlichen Gewichtsbelastung der Vorhand während des Liegens und Stehens, die in beiden Fällen rund 55 % ausmacht, sondern wird durch das sich unmittelbar anschließende Strecken des Tieres hervorgerufen.

Durch die Kenntnis des typischen Belastungsverlaufes während des Abliegens und Aufstehens wird es möglich, variierte Kurzstandbedingungen in ihrer Eignung für das sich bewegende Tier zu erkennen und untereinander zu vergleichen. Aufgrund des Kraftverlaufes und der aus den Videoaufzeichnungen ermittelten kritischen Phasen während des Abliegens und Aufstehens sollen zu der vergleichenden Betrachtung der Belastungskurven folgende Kriterien ausgewählt werden:

- die in Position 4 auftretenden Horizontal- und Vertikalkräfte; ihre Summe entspricht der Maximalbelastung des Bewegungsablaufes.
- die in Position 3 des Abliegens und in Position 6 des Aufstehens angreifenden Kräfte. Beiden Bewegungspositionen ist die Entlastung der Vorhand gemeinsam, da die Vordergliedmaße abgesenkt bzw. aufgestellt wird. Die Auswahl der hier vorliegenden Minimalbelastungen für eine vergleichende Bewertung entspringt der Überlegung, daß eine Versuchseinstellung um so günstiger zu beurteilen ist, je stärker das Tier die Vorhand als den bewegten Körperteil entlasten kann.

Für den Vergleich wurden die Meßwerte der beiden Kriterien aus den Wiederholungen einer Versuchseinstellung gemittelt und über einen statistischen Mittelwerttest auf signifikante Unterschiede überprüft.

Betrachtet man nun zuerst die während des Abliegens und Aufstehens erreichten Maximalwerte, so liegen diese bis zu 30 % über den Belastungen, die an der Vorhand eines ruhig stehenden Tieres auftreten. Eine genauere Aufgliederung der Werte, bei der zunächst der Einfluß der Anbindevorrichtung und des individuellen Tierverhaltens unberücksichtigt bleibt, ergibt für das Abliegen bei einer Krippenwandhöhe von 20 cm eine mittlere Maximalbelastung von 83,6 % des Körpergewichtes. Mit steigendem Krippenniveau reduziert sich diese Belastung, bis bei einer Höhe von 45 cm nur noch 77 % des Körpergewichtes erreicht werden (Abb. 75).

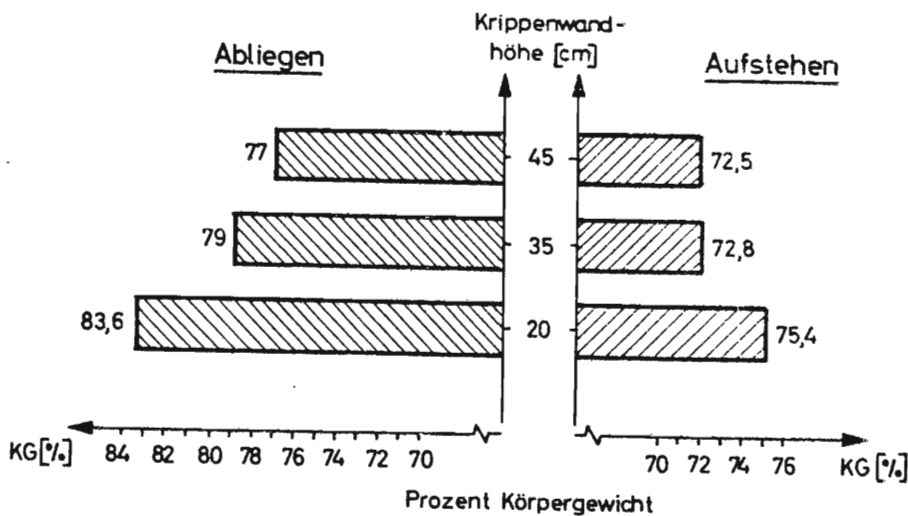


Abb. 75: Durchschnittliche Maximalbelastung der Vordergliedmaßen während des Abliegens und Aufstehens in Abhängigkeit von der Krippenhöhe

Die Maximalbelastungen während des Aufstehens liegen insgesamt etwas niedriger, die Unterschiede können jedoch nicht signifikant abgesichert werden. Da aus den Beobachtungen von KÄMMER und SCHNITZER (54) wie auch aus eigenen Aufzeichnungen der Bewegungslinien hervorgeht, daß das Aufstehen den schwungvolleren Bewegungsablauf darstellt, auf der anderen Seite aber das "Abfallen" der Hinterhand während Phase II des Abliegens einen verminderten Kraftaufwand aufweist, kann die höhere Maximalbelastung während des Abliegens nur durch eine stärkere Gewichtsverlagerung auf die Vorhand verursacht sein. Dies deuten auch die schwindenden Differenzen bei höheren Krippeneinstellungen an, die die erschwerte Gewichtsverlagerung auf die Vorhand durch eine zunehmende Einschränkung des Krippenfreiraumes widerspiegeln.

Unabhängig von diesen Differenzen stehen auch bei dem Aufstehen steigenden Krippenwandhöhen von 20 auf 45 cm fallende Maximalbelastungen von 75,4 auf 72,5 % gegenüber. Trotz der zunächst als deutlich erscheinenden Unterschiede kann der Einfluß der Krippenhöhe auf die maximale Belastung der Vordergliedmaßen während des Abliegens und Aufstehens nicht abgesichert werden. Die Ursache ist sowohl in der geringen Zahl der zur Verfügung stehenden Versuchstiere zu sehen, als auch in der nicht ausreichenden Anzahl von sechs Wiederholungen je Versuchseinstellung. Zudem zeigt eine Überprüfung der Einflußfaktoren, daß sich vor allem die Versuchstiere in der Mehrzahl aller Versuchseinstellungen signifikant bis hochsignifikant in der Maximalbelastung ihrer Vordergliedmaßen voneinander unterscheiden (vergl. Tab. 9/17, 18, Anhang).

Trotz großer individueller Unterschiede zwischen den wenigen Versuchstieren und verschiedenartiger Anbindevorrichtungen stehen steigenden Krippenwandhöhen jeweils abnehmende Maximalbelastungen gegenüber. Diese Tendenz ist auch aufgrund der Bewegungsabläufe verständlich, da eine zunehmende Beschränkung des Freiraumes im vorderen Kurzstandbereich den Bewegungsschwung und eine Gewichtsverlagerung auf die Vorhand verhindert und damit das Rind gezwungen ist, den fehlenden Bewegungsfreiraum durch zunehmende Verlagerung des Körpergewichtes auf die Hinterhand und durch erhöhte Anwendung von Muskelkraft zu begegnen. Es erscheint deshalb sinnvoll, die sich verringernden Maximalbelastungen der steigenden Krippenwandhöhe zuzuschreiben und diese aufgezeigte Tendenz durch eine größere Anzahl von Wiederholungen zu bestätigen.

Bei der Beurteilung der an den Vordergliedmaßen angreifenden Kräfte spielt neben der Höhe der Werte die Dauer der Belastung die zweite entscheidende Rolle. Eine Überprüfung des Kraftverlaufes in dieser Hinsicht ergibt, daß die Dauer der Spitzenbelastung während des Abliegens zwischen 1,6 bis 2,4 Sekunden schwankt, während sie beim Aufstehen durchschnittlich nur 0,7 Sekunden beträgt. Ein signifikanter Einfluß der Krippenhöhe auf die Dauer der Spitzenbelastung läßt sich weder für das Abliegen noch für das Aufstehen nachweisen.

Aus dieser Tatsache und aus den fallenden Maximalwerten bei steigendem Krippenniveau kann geschlossen werden, daß höhere Krippeneinstellungen zu keinen stärkeren Belastungen der Vordergliedmaßen führen. Hierdurch sind jedoch noch keine

Aussagen über die maximale Gesamtbelastung des Rindes bei steigender Krippenhöhe zu treffen. Aufschluß hierüber ist aus einer zusätzlichen Ermittlung der an der Hinterhand auftretenden Belastung zu erwarten.

Neben der Spitzenbelastung liefert die Entlastung der Vorhand in Position 3 (Abliegen) bzw. 6 (Aufstehen) weitere Hinweise über die Eignung der jeweiligen Krippeneinstellung. Aufgrund der Entlastung der Vorhand kann beurteilt werden, inwieweit es dem Rind bei der jeweiligen Krippenhöhe möglich ist, sein Gewicht auf die kurzfristig ruhende Hinterhand zu verlagern und damit Muskelkraft einzusparen. Voraussetzung für die vergleichende Beurteilung ist jedoch wiederum, daß die auftretenden vertikalen und horizontalen Kräfte zu einer Resultierenden zusammengefaßt werden und die aus den Wiederholungen einer Einstellung gemittelte Resultante in Prozent des jeweiligen Körpergewichtes umgerechnet wird. Um die tatsächliche Entlastung der Vorhand während des Absenkens bzw. Aufstellens einer Vordergliedmaße zu erhalten, muß abschließend die Differenz zur gemittelten Vorhandbelastung der ruhig stehenden Versuchstiere gebildet werden.

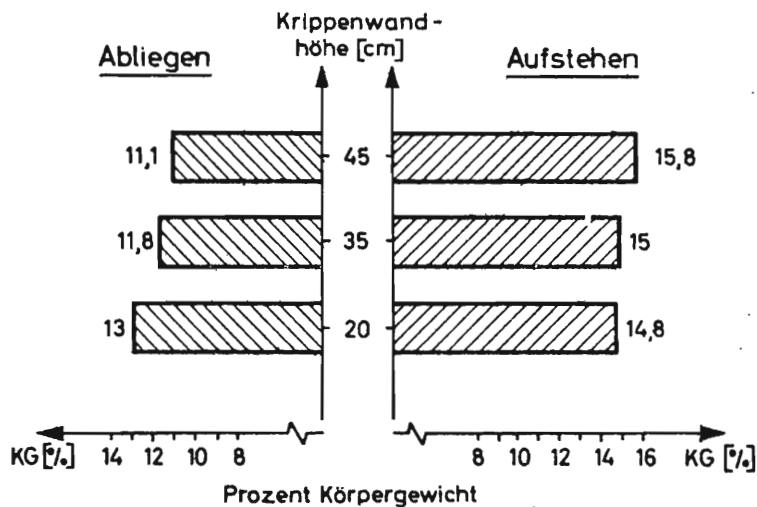


Abb. 76: Durchschnittliche Entlastung der Vorhand beim Absenken bzw. Aufstellen einer Vordergliedmaße in Abhängigkeit von der Krippenwandhöhe

Bleibt zunächst der Einfluß der Anbindevorrichtung und des Individualverhaltens wieder unberücksichtigt, so geht aus Abb. 76 hervor, daß weder für das Abliegen noch für das Aufstehen ein deutlicher Einfluß der Krippenwandhöhe auf die Entlastung der Vorhand festzustellen ist. Die geringer Mittelwert-

differenzen zwischen den einzelnen Krippenhöhen lassen sich dementsprechend nicht absichern. Auch ein Vergleich der einzelnen Versuchseinstellungen untereinander weist nur einen geringen Einfluß der Krippenhöhe auf die Entlastung der Vorhand nach (vergl. Tab. 9/19, 20, Anhang). Ebenso wie bei der mittleren Maximalbelastung überwiegt der Einfluß der verschiedenen Anbindevorrichtungen und vor allem des individuellen Tierverhaltens.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß mit steigender Krippenhöhe die mittleren Maximalbelastungen an der Vorhand zurückgehen - diese Tendenz kann jedoch nicht abgesichert werden -, während sich die Entlastung der Vorhand praktisch unbeeinflusst zeigt (maximale Differenz 1,9 % des Körpergewichtes). Ebenso wenig läßt sich ein Einfluß der Krippenhöhe auf die Dauer der mittleren Maximalbelastung nachweisen. Im Gegensatz zu den Bewegungsabläufen (vergl. Kap. 6.6.4.4) bestehen bei der Belastung der Vorhand große individuelle Unterschiede zwischen den Versuchstieren. Sie übertreffen sowohl den Einfluß der Krippenhöhe als auch der unterschiedlichen Anbindekonstruktionen.

6.7 Diskussion der Ergebnisse und Folgerungen

Wie die Ergebnisse der Einzelversuche zeigen, dürfen Abmessungen und Form der Kurzstandkrippe nur in sehr engen Grenzen variieren, sollen die verschiedenen Funktionskreisen zuzuordnenden Anforderungen weiblicher Fleckviehrinder in gleicher Weise berücksichtigt werden. Der sich aus den unterschiedlichen Anforderungen ergebende Kompromiß in der Krippengestaltung kann hierbei den Tieren um so eher entsprechen, je besser sowohl der Kurzstand in seinen Gesamtabmessungen, als auch die Anbindevorrichtungen in ihren Bewegungsspielräumen auf die tierischen Bewegungsabläufe eingehen. Um den Einfluß unterschiedlicher Krippeneinstellungen auf Bewegungsabläufe und Belastungsverhältnisse stärker verdeutlichen zu können, wurde deshalb einer zusätzlichen Beeinträchtigung des Tieres durch eine zu knappe Standabmessung oder durch zu straffe Anbindevorrichtungen vorzubeugen gesucht. Darüber hinaus beschränkten sich die Untersuchungen bewußt auf weibliche Rinder der deutschen Fleckviehrasse, da die Tiere dieser Rasse zum einen in ihren Bewegungen schwerfälliger sind als vergleichsweise Tier einer Niederungsrasse und zum anderen sich aufgrund ihres kürzeren und stärker bemuskelten Halses ein schärferen Konflikt

zwischen den Anforderungen des fressenden und beispielsweise des abliegenden Tieres ausgebildet. Es kann deshalb zunächst davon ausgegangen werden, daß eine für Fleckviehkühe entwickelte Kurzstandkrippe auch den Anforderungen von Kühen der Deutschen Niederungsrassen entspricht. Dieser als Hypothese aufzufassende Rückschluß ist jedoch noch in Versuchsreihen mit Tieren der entsprechenden Rinderrassen nachzuprüfen.

Die zu treffenden Aussagen zur Entwicklung einer tiergerechten Kurzstandkrippe beruhen auf Untersuchungen an drei Einzeltieren und auf Tierkörpermessungen an 46 Fleckviehkühen. Eine endgültige Absicherung der Ergebnisse erfordert deshalb eine größere Anzahl an Wiederholungen. Durch die vorliegenden Ergebnisse können jedoch die Anforderungen des fressenden und nicht fressenden Rindes an die Kurzstandkrippe ausreichend genau präzisiert werden, so daß es möglich wird, aufgrund dieser Aussagen einen tiergemäßen Krippenvorschlag zu unterbreiten.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Krippenbreite durch die vorgegebenen Kurzstandabmessungen bereits auf 110 cm festgelegt ist, und dieses Funktionsmaß als Voraussetzung einer ausreichenden Liegefläche unbedingt erhalten bleiben muß. Damit nun auch kleinere Tiere das Futter in den Randbereichen unter nur geringer Mehrbelastung der Vordergliedmaßen aufnehmen können, verbleiben die zwei Möglichkeiten:

- entweder das Krippenniveau erheblich zu erhöhen oder
- die Krippenweite zu reduzieren.

Wegen der Beeinträchtigung der Abliege- und Aufstehvorgänge muß das Krippenniveau jedoch unter einer Höhe von 15 cm gehalten werden, so daß folglich die Krippenweite entsprechend den geforderten Belastungswerten der Vorderextremitäten und den Reichweiten der kleinsten Fleckviehkühe (Tab. 1) auf ein Maß von 40 cm beschränkt wird (Abb. 77). Die Gegenwand der Krippe weist entsprechend dem Freßwinkel der Fleckviehkühe eine Steigung von 45° auf, wodurch allerdings der Kopfschwung des aufstehenden Tieres in seiner horizontalen Ausdehnung um maximal 10 cm eingeschränkt wird.

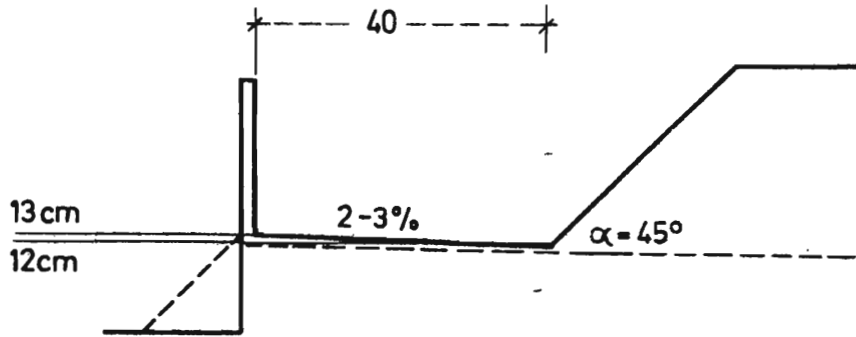


Abb. 77: Vorschlag einer tiergemäßen Kurzstandkrippe

Die durchschnittliche Gesamtbelastung der Vordergliedmaßen kann bei einer Krippenweite von 40 cm jedoch nur auf rund 62 % des Körpergewichtes gesenkt werden, wenn der Krippenboden eine Mindesthöhe von 10 cm aufweist. Da weiterhin bei einem Krippenniveau von 15 cm der Grenzwert für unbehinderte Aufsteh- und Abliegevorgänge überschritten wird, ist es zweckmäßig, den tiefsten Krippenpunkt 40 cm von der Krippenwand entfernt auf einer Höhe von 12 cm anzusetzen. Inwieweit bei diesem Krippenniveau der Grenzwert für die einzelnen Strecklagen des Rindes erreicht wird, ist aufgrund der bisher vorliegenden Untersuchungen nicht zu beantworten.

Ein 2- bis 3prozentiges Gefälle des Krippenbodens verhindert seine gleichmäßige Vernässung durch eventuelles Tropfwasser. Die eng begrenzten Krippenhöhen, die sich aufgrund der unterschiedlichen tierischen Anforderungen ergeben, machen deutlich, daß eine feste Krippenwand für den Kurzstand ungeeignet ist. Da es sich wegen der vermehrten Futterverluste nicht empfiehlt, auf die Krippenwand ganz zu verzichten, ist unbedingt ein weicher, elastischer Abschluß der Krippe zum Stand hin erforderlich. Diese elastische Futterbremse, die zur höheren Beweglichkeit entsprechend der Standbreite eingeschnitten sein kann, erfüllt somit zwei Funktionen:

- sie verhindert durch eine zweckmäßige Höhe von 20 cm Futterverluste und eine hierdurch bedingte Verschmutzung der Liegefläche.

- sie weicht dem abliegenden bzw. aufstehenden Tier aus, erleichtert dadurch die Bewegungsabläufe und verhindert besonders Verletzungen im Hals-Brust-Bereich. Darüber hinaus ist es den Rindern trotz der Anbindehaltung möglich, im Liegen die Vordergliedmaßen auszustrecken.

Ein flach ansteigender Krippensockel entschärft hierbei zusätzlich den Übergang von der Liegefläche zum Krippenbereich und verhindert gleichzeitig ein zu weites Vortreten der Tiere während der Futteraufnahme.

Trotz der dargestellten Vorteile und der in etwa gleichen Anschaffungskosten wird sich die vorgeschlagene Krippenform in der Praxis nur durchsetzen können, wenn sich vor allem die verwendeten Materialien den täglichen Beanspruchungen als gewachsen erweisen, und diese Krippe durch eine hohe Langlebigkeit preiswert wird. In dieser Hinsicht ist in erster Linie das für die elastische Krippenwand ausgewählte Material in mehrjährigen praktischen Einsatzversuchen zu überprüfen. Einen weiteren wichtigen Gesichtspunkt stellt für den Tierhalter das Fassungsvermögen der Krippe dar. Um einen Überblick über die maximal benötigten Krippenvolumina zu erhalten, sollen die von SCHÖN (99) aus Literaturangaben zusammengestellten Verzehrsmengen (Vorratsfütterung) an verschiedenen Futtermitteln herangezogen und auf die bei Einzeltierhaltung üblichen zwei Futterrationen verteilt werden.

Tab. 18: Verzehrsmengen verschiedener Futtermittel bei freier Aufnahme und daraus abgeleitetes, notwendiges Fassungsvermögen der Kurzstandkrippe

Futtermittel	kg Futter/ Kuh und Tag	Lagerraum m ³ /dz (1)	benötigter Vorlage- raum in m ³ pro Kuh und Futterration (2)
Gras (Stallfütterung)	59,4 - 75,9	0,135	0,040 - 0,051
Gras-Silage	31,0 - 46,0	0,145	0,022 - 0,033
Mais-Silage	29,0 - 43,0	0,180	0,026 - 0,039
Rübenblatt-Silage	67,0 - 69,5	0,140	0,047 - 0,049
Heu	11,2 - 17,0	1,470	0,082 - 0,125

(1) Anhaltswerte, genaue Angaben abhängig von dem Anteil an Trockensubstanz

(2) zweimalige Futtervorlage pro Tag

Unterstellt man bei der Volumenberechnung entsprechend der Krippenwand eine Höhe von 20 cm, so ergibt sich für die vorgeschlagene Kurzstandkrippe ein Fassungsvermögen von $0,11 \text{ m}^3$. Wie aus Tab. 18 zu ersehen ist, wird dieser Wert unter ungünstigen Bedingungen nur bei der Vorgabe von Heu überschritten. Das Fassungsvermögen der Krippe kann in diesem Fall durch eine Verlängerung der Gegenwand bei höherem Futtertisch vergrößert werden; hierbei wird vorausgesetzt, daß der stufenlose Übergang zwischen Futtertisch und Krippe erhalten bleiben soll. Wie hoch hierbei letztlich ein überfahrbarer Futtertisch ausgeführt werden kann, hängt von der Größe der mobilen Fütterungsgeräte und der Stalldeckenhöhe ab.

7. Zusammenfassung

Ein ständig steigendes Leistungsvermögen unserer Nutztiere, das nur noch bei einer optimalen Haltung voll auszuschöpfen ist, sowie die in der öffentlichen Meinung wachsende Forderung nach einer tiergerechten Aufstallung zwingen zu einem verstärkten Eingehen auf die Anforderungen des Tieres an seine Stallumwelt. Gerade aber die Anpassung des Kurzstandes an die artspezifischen Lebensbedürfnisse des Rindes ist aufgrund der sich überlagernden Funktionsbereiche Fütterung, Ausruhen, Entmistung, Fortpflanzung und Produktion besonders schwierig. So treffen im Bereich der Versorgungseinrichtungen zum Teil entgegengesetzte Anforderungen aufeinander:

- Im Fall der Tränkeeinrichtungen soll den Rindern eine leichte Erreichbarkeit und Bedienung bei ständig ausreichendem Wasserangebot möglich sein, gleichzeitig muß jedoch eine Vernässung der Liegeflächen vermieden werden.
- Die Kurzstandkrippe dient nicht allein der Futtervorlage und -aufnahme, sondern sie wird in ihrem Freiraum auch von dem ruhenden oder sich bewegenden Tier beansprucht.

Die Ermittlung der grundsätzlichen tierischen Anforderungen an die Trinkwasserversorgung und an den Krippenbereich sowie eine aufgrund der gewonnenen Kenn-
daten zu entwickelnde Tränkeeinrichtung bzw. Kurzstandkrippe bildeten das Ziel

der vorliegenden Arbeit. Untersuchungen und Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1) Um die innerhalb einer Rinderrasse auftretenden Schwankungsbreiten in den für die Versorgungseinrichtungen wichtigen Körpermaßen erfassen und bei anschließenden Einzeltierversuchen berücksichtigen zu können, wurden von 46 Fleckviehkühen die Reichweiten und das relevante Körpermaß der gestreckten Hals-Kopf-Zungenlänge ($\bar{x} = 118 \text{ cm}$) bestimmt. Zu den gleichzeitig erfaßten Körpermaßen der Widerristhöhe, Bughöhe und Rumpflänge konnten nur sehr niedrige Korrelationen nachgewiesen werden ($0,21 \quad r \quad 0,32$).
- 2) Zur Ermittlung der artspezifischen Anforderungen an die Trinkwasserversorgung wurden Trinkverhalten und -bewegung von Ur- und Hausrind an offenen und vom Hausrind auch an begrenzten Wasserflächen beobachtet. Wildform und Hausrind stimmten im Verhaltensmuster und Bewegungsablauf überein. Während des Saugtrinkens, das räumlich sehr gezielt durchgeführt wird und bei dem das Rind im Mittel mit einer überstrichenen Wasserfläche von 620 cm^2 auskommt, wurde aufgrund der Anordnung von Maul- und Nasenöffnung eine Kopfneigung zur Wasseroberfläche von ca. 62° eingenommen. Die Eintauchtiefe des Flotzmaules während des Saugtrinkens betrug rund 3 cm.
- 3) Weitere Kennwerte zur Gestaltung einer tiergerechten Tränkeeinrichtung lieferten drei Versuchsreihen, die sich mit der Trinkgeschwindigkeit, der Zuordnung der Tränkeeinrichtung zum Tier und der qualitativen Beeinflussung der Wasseraufnahme befaßten. Danach ergab sich bei freier Wasseraufnahme aus einem Trog eine mittlere Aufnahmemenge pro Zeiteinheit von ca. $0,3 \text{ ltr/sec}$ bzw. $18,6 \text{ ltr/min}$. Setzt man bei der Zuordnung der Tränkeeinrichtung zum Tier eine Schalenform voraus, die die typische Kopfneigung des Rindes ermöglicht, bevorzugte das Tier eine Anordnung des Bedienungselementes, bei der durch eine frontale, stoßende Kopfbewegung der Wasserzufluß ausgelöst werden kann. Wie qualitative Veränderungen des Trinkwasserangebotes mit Hilfe von Zusatzstoffen zeigten, reagierte das Rind erst auf grobe Verschmutzungen durch Kot mit deutlich reduzierten Aufnahmemengen.

- 4) Aufgrund der Beobachtungs- und Versuchsergebnisse wird ein flachschaliges Ventilselbsttränkebecken vorgeschlagen, das eine Wasseroberfläche von ca. 600 bis 650 cm² aufweisen sollte. Eine kippbar gelagerte Tränkeschale übernimmt zusätzlich die Funktion des Bedienungselementes. Der Wasserzu-
lauf ist an die Trinkgeschwindigkeit des Rindes mit 18 ltr/min anzupassen. Die Montage der Selbsttränke erfolgt über der Krippe an der Seitenabtrennung in 80 cm Höhe über Standniveau.
- 5) Die artspezifischen Anforderungen des Rindes an eine Kurzstandkrippe wurden mit Hilfe von drei Fleckviehkalbinnen ermittelt, die in ihrer gestreckten Hals-Kopf-Zungenlänge mit dem Mittelwert der entsprechenden Stichprobe aus den Tierkörpermessungen übereinstimmten. Die Ansprüche des fressenden Rindes ließen sich aus rechnerisch erfaßbaren Freßpunktverteilungen und aus den mit Hilfe einer elektronischen Fußlastwaage ermittelten Belastungen der Vorderextremitäten ableiten. Die Anforderungen des abliegenden und aufstehenden Rindes ergaben sich einerseits aus den von der elektronischen Fußlastwaage aufgezeichneten Belastungskurven und andererseits aus den mit einer Videokamera festgehaltenen Bewegungsabläufen. Um zu möglichst praxisgerechten Ergebnissen zu kommen, wurde ein Versuchsstand mit den entsprechenden Kurzstandmaßen eingerichtet und mit der Möglichkeit versehen, häufig verwendete Anbindevorrichtungen gegenseitig auszutauschen. Eine variable Versuchskrippe war in ihrer Höhe (0 bis 25 cm), Weite (10 bis 100 cm) und Neigung der Gegenseite (0 bis 80 Grad) stufenlos zu verstellen.
- 6) Wie der Vergleich der einzelnen Verteilungen zeigte, unterliegen die Freßbewegungen in starkem Maße individuellen Eigenheiten. Unterschiedliche Futtermittel wie auch veränderte Krippenhöhen beeinflussten die Freßpunktverteilung nur gering. Deutlich wirkte sich dagegen eine Verdoppelung der Krippenweite von 40 auf 80 cm aus. Gleichzeitig traten mit der höheren Krippenweite auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Anbindevorrichtungen deutlicher zutage. Hierbei gewannen nicht nur die differierenden technischen Bewegungsspielräume an Bedeutung, sondern auch die Unterschiede in der Konstruktion, da durch größere Kontaktflächen ein Anstemmen in die Anbindevorrichtung erleichtert wurde. Unabhängig von

Anbindevorrichtung und Krippenhöhe fraßen die Tiere bei einer vorgegebenen Krippenweite von 80 cm bevorzugt in einem Bereich, der durch die Maße Weite 60 cm und Breite 10 bis 100 cm näherungsweise eingegrenzt wird.

- 7) Die Zugkraftmessungen an der Anbindevorrichtung und die mit Hilfe der elektronischen Fußlastwaage festgestellten Vertikal- und Horizontalkräfte an den Vordergliedmaßen gaben Auskunft über die durchschnittliche Belastung, unter denen das Tier das Futter in den einzelnen Versuchseinstellungen aufnehmen kann. Als besonders ungünstig und für die Fleckviehrasse ungeeignet erwiesen sich zu niedrige Krippeneinstellungen (Krippensohle 0 bis 5 cm), da sie starke Dauerbelastungen der Vordergliedmaßen auslösen. Die Situation verschärft sich zusätzlich durch größere Krippenweiten, da die Aufnahme entfernteren Futters zu hohen Belastungsspitzen führt. Soll deshalb die durchschnittliche Gesamtbelastung der Vorderextremitäten während der Futteraufnahme 10 % der Belastungswerte eines ruhig stehenden Rindes nicht überschreiten, so muß das Krippenniveau bei einer Weite von 40 cm mindestens 10 cm betragen und bei größeren Weiten auf eine Höhe von 15 cm ansteigen.
- 8) Aus den Belastungskurven der einzelnen Abliege- und Aufstehvorgänge unterschiedlicher Versuchseinstellungen wurden jeweils die Werte der Maximalbelastung und der Entlastungsphase herausgegriffen und untereinander verglichen. Es ließ sich weder für die Belastungsphase noch für die Entlastungsphase der Vordergliedmaße ein Einfluß unterschiedlicher Krippenhöhen absichern. Die auftretenden individuellen Unterschiede in der Belastung der Vorhand übertrafen sowohl den Einfluß der Krippenhöhe als auch denjenigen der unterschiedlichen Anbindevorrichtungen.
- 9) Abliege- und Aufstehbewegungen selbst ließen keine grundlegenden individuellen Unterschiede zwischen den Versuchstieren erkennen. Die Umhüllungslinien des Kopf-Hals-Bereiches sowie die Bewegungslinien der Maulspitze wiesen dagegen nach, daß den Rindern nur in engen Grenzen eine Anpassung an steigende Krippenhöhen möglich ist. Bereits ab einer Höhe von 15 cm traten erste Kollisionen zwischen Krippenwand und Brustbereich auf. Unbehinderte Bewegungsabläufe mit stark ausgeprägtem Kopfschwing

benötigten einen Krippenfreiraum ab 8 cm über Standniveau bei einer erforderlichen Krippenweite von maximal 60 cm.

- 10) Aufgrund der aus den Einzelversuchen gewonnenen Kenndaten und unter Berücksichtigung der Variationsbreite in der gestreckten Hals-Kopf-Zungenlänge wird folgende Krippenform vorgeschlagen:

Der tiefste Punkt der Krippe muß sich 12 cm über Standniveau und 40 cm hinter der Krippenwand befinden. Von hier steigt die Krippe dem Freßwinkel der Tiere entsprechend (Fleckviehrasse = 45°) zum Krippentisch an, während der flache Krippenboden zum Tier hin eine Steigung von 2 bis 3 % aufweist. Wichtigstes Element der Krippe bildet eine 20 cm hohe bewegliche Krippenwand, da nur durch sie ein vertretbarer Kompromiß zwischen den unterschiedlichen Anforderungen an den Krippenbereich möglich wird.

8. Literaturverzeichnis

- 1) ABL, L.;
LEUCHS, K.: Anleitung zum Messen der Rinder
Anleitung der deutschen Gesellschaft
für Züchtungskunde (1921) H. 3
- 2) ABRES, R.: Tiergerechte Kurzstandaufstallung
Praktische Landtechnik 26 (1973) 2, S. 23 - 24
- 3) ALTENEDER, K.: Selbsttränken für Rinder, Schweine, Pferde
und Schafe (Eine Ergänzung zu den DLG-
Maschinen-Prüfberichten)
persönlich übermittelter Entwurf für
ein DLG-Merkblatt
- 4) AUERNHAMMER, H.: PESK (Programm zur Erstellung statisti-
scher Kenndaten)
In: Programmbibliothek der Landtechnik
Weihenstephan, Weihenstephan 1976
- 5) AUERNHAMMER, H.: AUFMUR (Aufbauende multiple Regression)
In: Programmbibliothek der Landtechnik
Weihenstephan, Weihenstephan 1976
- 6) AUERNHAMMER, H.: PLANQU (Planquadratauswertung)
In: Programmbibliothek der Landtechnik
Weihenstephan, Weihenstephan 1976
- 7) BÄUMELER, R.: Gliedmaßenbelastung der Milchkühe beim
Abliegen und Aufstehen in Abhängigkeit
vom Anbindesystem
Dipl.-Arbeit Zürich 1974
- 8) BIANCA, W.: Reaktionen des Rindes auf Kälte und Wärme
Züchtungskunde 31 (1959) S. 476
- 9) BLECH, K.: Erfahrungen eines Tierarztes mit Auf-
stallungsformen für Rindvieh
In: KTBL Manuskriptdruck 22, 1970
- 10) BOGNER, H.;
RITTER, H.: Tierhaltung
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1965
- 11) BOND, J. E.;
GIVENS, R. L.;
MORRISON, S. R.: Use of activity cameras in animal
behaviour and environment studies
American Society of Agricultural Engineers
Manuskript Winter-Meeting 1968
- 12) BOXBERGER, J.: Arbeitssparende Haltungsverfahren für
Rindvieh
KTBL Frankfurt 1971

- 13) BOXBERGER, J.: Bei einem verbesserten Kurzstand gibt es keine Schwierigkeiten mehr
BLW 163 (1973) H. 49
- 14) BOXBERGER, J.;
SARREITER, R.: Untersuchungen an Freßboxen für Milchkühe
Der Tierzüchter 25 (1973) S. 480 - 482
- 15) BOXBERGER, J.: Arbeitsverfahren der Milchviehhaltung
in Anbindeställen
DLG Merkblatt 116, Frankfurt 1975
- 16) BOXBERGER, J.;
SCHÖN, H.: Stehen Ihre Kühe im richtigen Stall?
Sonderdruck aus dlz 26 (1975)
- 17) BRANTAS, C. G.: On the dominance order in Frisian-Dutch
dairy cows
Zeitschrift für Tierzüchtung und Züch-
tungsbiologie 84 (1968) S. 127 - 151
- 18) BRODY, S.: Bioenergetics and growth
Hafner Publishing Company New York 1945
Neudruck 1964
- 19) BROWNLEE, H.: Studies in the Behaviour of Domestic
Cattle in Britain
Bull animal Behaviour 8 (1950) S. 11 - 20
- 20) BRUMMER, H.: Zur Terminologie von Verhaltensstörungen
Tierärztliche Umschau 29 (1974), S. 694 - 695
- 21) BUKVAY, J.;
RIHA, J.;
KNLOVANY, J.: Pohybová aktivita krav při různých způsobu
ustájení (Bewegungsaktivität der Kühe bei
verschiedener Aufstallung)
Živočišná výroba 14 (1969), S. 431 - 438
- 22) BURKSER, G. V.;
VALUSKAJA, R. J.: Vodnyj obmen u korov při разных рационах
(Wasserhaushalt des Rindes bei verschiedenen
Rationen)
Veterinarije Moskva 12 (1972), S. 84 - 86
- 23) CASTLE, M. E.;
FOOT, A. S.;
HALLEY, R. J.: Some observations of the behaviour of
dairy cattle with particular reference
to grazing
Journal of Dairy Science 17 (1950), S. 215 - 229
- 24) DAMM, T.: Die Verbreitung von tiergerechten Auf-
stallungsformen für Milchvieh im nord-
deutschen Raum
Verlag für wissenschaftliche Arbeiten in
der Landwirtschaft, Schriftenreihe Rind
1975, H. 2

- 25) DÖRRLE, A.: Tränkwasseraufnahme und -versorgung auf der Portionsweide
Dtsch. tierärztliche Wochenschrift 66
(1959), S. 184 - 186
- 26) DUCKWORTH, J.; A study of factors of feeding, feed
SHIRLAW, D.: intake and the eating behaviour of cattle
Animal Behaviour 6 (1958), S. 147 - 154
- 27) EICHORN, H.: Die fotografische Beobachtung des Ein-
flusses von Stallhaltungsformen auf die
Tiergewohnheiten
Der Tierzüchter 18 (1966), S. 834 - 837
- 28) ENGELER, W.; Körpermessungen an männlichen und weib-
DELL'AMBROGIO, P.: lichen Herdebuchtieren des schweizerischen
Braunviehs
Landw. Jahrbuch der Schweiz Bern 1952
- 29) FESZL, L.: Biometrische Untersuchungen der Boden-
fläche der Rinderklauen und die Belastungs-
verteilung auf die Extremitätenpaare
Zentralblatt für Veterinärmedizin 15 (1968),
S. 844 - 866
- 30) FEWSON, D.; Planung von Versuchen zur Prüfung von
BISCHOFF, T.: Tierhaltungsverfahren
KTBL Manuskriptdruck Nr. 8, Frankfurt 1967
- 31) FISHER, H. L.; The grazing behaviour of lactating
GRAF, G. C.: cows on pasture
HARDISON, W. A.: Journal of Dairy Science 37 (1954), S. 665
THOMPSON, N. R.:
- 32) GABR, H.: Die Rangposition von Kühen in Laufstall-
gruppen und ihre Auswirkungen auf Ver-
haltens- und Leistungsmerkmale
Diss. Göttingen 1973
- 33) GERTHSEN, C.; Physik
KNESER, H.O.: Springer Verlag Berlin, Heidelberg,
New York 1969
- 34) GROMMERS, F. J.: Dairy cattle health in loose housing and
tying stalls in the Netherlands
World Revue of Animal Production IV
(1968), Nr. 18
- 35) GROMMERS, F. J.; De afstelling van de hangketting en
BRAAK, A. E. van de: enkele andere aspecten voo de preventie
van speenbetrapen bij melkoeien
en zuivelberichten 11 (1968), Nr. 2

- 36) GROMMERS, F.J.;
BRAAK, A. E. van de;
ANTONISSE, H.W.:
Direct trauma of the mammary glands in
dairy cattle. II Variations in incidence
due the housing variables
British veterinary Journal 128 (1972), S. 199
- 37) GROMMERS, F. J.:
Vorziehenigen voor de Gezondheidszorg op
Melkveebedrijven
Sonderdruck aus Tydschr. Diergeneesk,
deel 99, afl. 3, 1974
- 38) GROTH, W.:
Anforderungen der Tierhygiene an neu-
zeitliche Rindviehställe
KTBL Manuskriptdruck Nr. 22 Frankfurt 1970
- 39) GROTH, W.:
Allgemeine Tierhygiene
Vorlesungsblätter WS 71/72
- 40) GRUNERT, E.;
FRERKING, M.:
Beobachtungen über die Zunahme von hoch-
gradigen Zitzenverletzungen in den letzten
15 Jahren im norddeutschen Raum
Deutsche tierärztliche Wochenschrift 76
(1969), S. 1 - 7
- 41) HAFEZ, E. S. E.;
SCHEIN, M. W.;
EWBANK, R.:
The Behaviour of Cattle
In: The Behaviour of Domestic Animals
Ballière, Tindell & Cassel London 1969
- 42) HALLEY, R. J.;
DOUGALL, B. M.:
The feed intake and performance of dairy
cows fed on cut grass
Journal of Dairy Research 29 (1962), S. 241
- 43) HANSEN, J.:
Lehrbuch der Rinderzucht
Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1927
- 44) HAUPTMANN, J.:
Verhalten von Milchkühen in modernen
Stallanlagen
Tierzucht 23 (1969), S. 491 - 494
- 45) HEDREN, A.:
Mjölkkon och basplatsen - beteendestudier i
basladugårdar (Milchrind und Aufstallung -
Untersuchungen über das Verhalten von Milch-
kühen in Anbindeställen)
Lantbrukshögskolans meddelanden 153 (1971), S. 57
- 46) HEIDHUES, T.:
Ursachen und Ausmaß der unzureichenden
Faktormobilität in der Landwirtschaft
In: Schriften der Gesellschaft für Wirt-
schafts- und Sozialwissenschaften des
Landbaues e. V.
BLV Verlagsgesellschaft München 1972

- 47) HEIDRICH, H.-D.;
ARCULARIS, K.;
GÜNTHER, M.;
MARKAU, W.;
WOLL, E.:
Zur Entstehung einiger Gesundheitsschäden
bei Kühen in Kotrostanbindeställen
Monatshefte für Veterinärmedizin
23 (1968), S. 856 - 861
- 48) HEUSER, H.;
RIST, M.:
Die Bedeutung nicht klimatischer Stall-
faktoren für das Rind
Schweiz. landwirtschaftl. Monatshefte 48
(1970), S. 250
- 49) HIMMEL, U.:
Untersuchungen zum Verhalten von Kühen
auf der Weide
Diss. Jena 1964
- 50) HOCHKÖNIG, W.:
Stall- und Gülletechnik
6. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei"
Gumpenstein 1974
- 51) HOFFMANN, H.;
RIST, M.:
Beitrag zur tiergerechten und arbeits-
wirtschaftlich günstigen Anbindevorrich-
tung für Kühe
Schweiz. landwirtschaftliche Monatshefte
53 (1975), S. 119 - 126
- 52) IRISH, W. W.:
Solid Floor Design Criteria
American Society of Agricultural Engineers
Paper-No. 74 - 4502
- 53) JÖRGENSEN, G.:
Vergleichende Pharmakogenetik des Menschen
und der Säugetiere
Die medizinische Welt 18 (1967), S. 32 - 36
- 54) KÄMMER, P.;
SCHNITZER, U.:
Die Stallbeurteilung am Beispiel des Aus-
ruhverhaltens von Milchkühen
KTBL Darmstadt 1975
- 55) KAISER, R.:
Untersuchungen über die Eignung großer
Anbindeställe für die Haltung von Milch-
kühen
Diss. Dummerstorf 1966
- 56) KALICH, J.;
BAHAY, G. el;
MAIER, E.:
Die hygienische und wirtschaftliche Be-
deutung der Selbsttränken
Tierärztliche Umschau 22 (1967), S. 134 - 138
- 57) KALICH, J.:
Neue Stallformen und ihre Auswirkungen
auf das Tier
Bayer. Landw. Jahrbuch 45 (1968), S. 542 - 556

- 58) KIRCHGESSNER, M.: Tierernährung
DLG-Verlag Frankfurt 1970
- 59) KOCH, G.: Ethologische Studien an Rinderherden unter
verschiedenen Haltungsbedingungen
Diss. München 1968
- 60) KOLB, E.: Lehrbuch der Physiologie der Haustiere
VEB G. Fischer Verlag Jena 1967
- 61) KOLLER, G.;
MATZKE, P.;
SÜSS, M.: Forderungen an die tiergerechte Gestaltung
von Anbinde- und Laufställen
Verlag für wissenschaftliche Arbeiten in
der Landwirtschaft, Schriftenreihe Rind
1975, H. 2
- 62) LASSON, E.: Persönliche Mitteilungen
Weihenstephan 1975/1976
- 63) LONNATSCH, R.: Technische Probleme der Standlängenan-
passung in Milchviehanbindeställen ohne
Einstreu
Tierzucht 22 (1968), S. 494 - 496
- 64) LUDWIG, O.: Technische Tabellen
Fachbuchverlag Dr. Pfannenbergl & Co.
Gießen 1959
- 65) LUSH, J. L.: The Accuracy of Cattle Weights
Journal of Agricultural Research 36
(1928), S. 551
- 66) LYDTIN, A.: Rechenknecht. Anleitung für den prakti-
schen Landwirt zur Gewinnung von verglei-
chenden Zahlen der an Pferden und Rindern
genommenen Tierkörpermaße
Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (1896)
Sammlung Nr. 7
- 67) MATTIG, W.: Die neuen Maßeinheiten
Mitteilungen der DLG 33 (1974), S. 957 - 960
- 68) MATZKE, P.;
KOLLER, G.: Haltungsbedingte Beinschäden beim Rind
Der Tierzüchter 23 (1971), S. 505 - 506
- 69) MATZKE, P.;
KOLLER, G.: Haltungsbedingte Euterschäden beim Milchvieh
Der Tierzüchter 23 (1971), S. 558 - 360
- 70) MEHLER, A.;
HEINIG, W.: Bauten für die Rinderhaltung
Neumann Verlag Radebeul 1968
- 71) MÖRCHEN, F.: Richtige Standlängenbemessung in Anbinde-
ställen mit Staukanalgefälleentmistung
Tierzucht 21 (1967), S. 586 - 590

- 72) MORTENSEN, B.: Forsøg med bindsler til køer
SBI-Landbrugsbyggeri 33 Dansk 1971
- 73) NEHRING, K.: Lehrbuch der Tierernährung und Futter-
mittelkunde
Neumann Verlag Radebeul, Berlin 1963
- 74) NICHOLS, G.: Night and day photographic recording of
drinking habits of individual cows
New Zealand Journal of agricultural
research II (1968), S. 948 - 954
- 75) OBER, J.: Der Rindviehstall
Verlag Eugen Ulmer Stuttgart 1957
- 76) OBER, J.;
KIESL, H. P.: Differenzierte Gewichtsbestimmungen an
Rindern und Schweinen als Grundlagen von
Belastungsannahmen für Balken von per-
forierten Stallfußböden
Bayer. Landw. Jahrbuch 42 (1965), S. 971 ff
- 77) OEHEN, V.: Trinkwasser für Kühe
Die Grüne 89 (1961), S. 278 - 280
- 78) ORDOLFF, D.: Selbsttränken zur Wasserversorgung
KTBL-Arbeitsblatt für Landtechnik Nr. 103
- 79) PAIZS, L.;
RABOLD, K.: Probleme der Platzgestaltung für Milchkühe
Verlag für wissenschaftliche Arbeiten in
der Landwirtschaft, Schriftenreihe Rind
1975, H. 2
- 80) PANKRATH, M.: Wasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere
(Mengennormen)
Verlag S. Witzel Leipzig 1963
- 81) PORZIG, E.: Verhaltensforschung beim Rind
Archiv für Tierzucht 7 (1964), S. 391 - 400
- 82) PORZIG, E.: Was wissen wir vom Weideverhalten unserer
Rinder?
Tierzucht 18 (1964), S. 310 - 314
- 83) PORZIG, E.: Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1969
- 84) PORZIG, E.: Die Bedeutung verhaltenswissenschaftlicher
Untersuchungen bei Rindern
Monatshefte für Veterinärmedizin 30 (1975),
S. 241 - 244
- 85) RABOLD, K.: Systeme der Milchproduktion im Vergleich
Landwirtschaftliche Fachgespräche
Frankfurt im November 1973

- 86) REINBRECHT, L.: Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen im Anbindestall und im Laufstall
Kühn Archiv 83 (1969), S. 337 - 388
- 87) REINER, W. M.: Verhaltensforschung bei Nutztieren
KTBL Schrift 174
Landwirtschaftsverlag Hiltrup 1973
- 88) REINHARD, H.: Anbinde- und Steuereinrichtungen für Rinder
Mitteilungen der DLG 88 (1973), S. 96 - 110
- 89) RIST, M.;
OLIVIER, J.: Beitrag zur Ermittlung des Freßbereiches und einer tiergerechten Krippenform bei Milchkühen
Schweizerische landwirtschaftliche Monatshefte 49 (1971), S. 369 - 374
- 90) RIST, M.: Kurzstände für Milchvieh
Bauen auf dem Lande 22 (1971), S. 219 - 223
- 91) ROHRER, M.: Grundlagen zur Bemessung der Standlänge für Kurzstände bei Braunviehkühen
Die Grüne 95 (1967), S. 1042 - 1047
- 92) RÜPRICH, W.: Untersuchungen zum Verhalten von Rindern in modernen Ställen
Die Landarbeit 18 (1967); S. 89 - 92
- 93) SACHS, L.: Statistische Auswertungsmethoden
Springer-Verlag Berlin 1969
- 94) SCHENK, P. M.: Ein Versuch zur biologischen Begründung des Begriffes "tiergerecht"
KTBL Manuskriptdruck in Vorbereitung
- 95) SCHLICHTING, M. C.: Belastung von Stallböden durch landwirtschaftliche Nutztiere
Der Tierzüchter 22 (1970), S. 642 - 644 und 710 - 711
- 96) SCHLICHTING, M. C.: Verhaltensforschung bei landwirtschaftlichen Nutztieren
Der Tierzüchter 26 (1974), S. 199 - 201
- 97) SCHLICHTING, M. C.;
SEMMLER, K. O.: Entwicklungstendenzen der Platzgestaltung in der Milchproduktion
Verlag für wissenschaftliche Arbeiten in der Landwirtschaft, Schriftenreihe Rind 1975, H. 2
- 98) SCHNITZER, U.: Abliegen, Liegestellungen und Aufstehen beim Rind
KTBL Bauschrift 10 Frankfurt 1971

- 99) SCHÖN, H.: Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen
Diss. Gießen 1969
- 100) SCHÖN, H.;
PEN, C. L.;
WEBER, W.;
FREIBERGER, F.: Arbeitsverfahren des Melkens
Kartei für Rationalisierung - Sonderdruck
RKL Kiel 1975
- 101) SCHÖNHOLZER, L.: Beobachtungen über das Trinkverhalten bei Zootieren
Diss. Zürich 1958
- 102) SCHOLZ, K.;
HIMMEL, U.;
LIPS, C.: Problematik, Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen zum Verhalten der Rinder und Schweine in Großbeständen
Archiv für Tierzucht 7 (1964), S. 3 - 20
- 103) SOMMER, O. A.;
KRIPPL, J.: Neuere Untersuchungen über Veränderungen an verschiedenen morphologischen und funktionellen Leistungsmerkmalen beim deutschen Fleckvieh
Schriftenreihe des Instituts für Tierzucht TUM - Weihenstephan 1964, Heft 4
- 104) STRÄSSER, G.: Psychologische Studien über das Rind in Bezug auf die Futteraufnahme
Diss. München 1955
- 105) STUBER, A.: Betrachtungen über die Gestaltung von Anbindeställen
Blätter für Landtechnik
In: Traktor und die Landmaschine, 1971, Nr. 12
- 106) THOMAS, T. P.: Drinking water requirements of British Frisian dairy cows based on cow behaviour and time studies
XVII Congress of international committee of work study and labour management in agriculture (C.I.O.S.T.A.) Pesaro 1974
- 107) TOUCHBERRY, R. W.;
LUSH, L. J.: The accuracy of linear body measurements of dairy cattle
Journal of Dairy Science 33 (1950), S. 72
- 108) TSCHIRCH, H.;
SOMMER, O. A.: Umfang, zeitlicher Ablauf und Häufigkeit der Trinkwasseraufnahme bei der Milchkuh
Züchtungskunde 42 (1970), S. 362 - 372
- 109) VERSBACH, M.: Technik und Verfahren der Einzeltierfütterung im Rindviehlaufstall
Diss. Gießen 1970

- 110) WANDER, J. F.: Methoden und Ergebnisse angewandter Verhaltensforschung in der Nutztviehhaltung Landbauforschung Völkenrode 15 (1965), S. 145 - 152
- 111) WANDER, J. F.: Der Kurzstand und seine Anbindevorrichtung Die Grüne 95 (1967), S. 1028 - 1038
- 112) WANDER, J. F.; FRICKE, W.: Verhaltensuntersuchungen an Milchkühen als Planungsgrundlage für Kurzstände Landbauforschung Völkenrode 17 (1967), S. 43 - 54
- 113) WANDER, J. F.: Tierverhalten als Planungskriterium für Bau und Einrichtung von Rinderställen KTBL Frankfurt 1971
- 114) WEBER, E. Grundriß der biologischen Statistik Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1972
- 115) WEINREICH, O.: Das Verhalten des Rindes Sonderdruck aus Züchtungskunde 40 (1968) Heft 2
- 116) WENNER, H. L.; SCHÖN, H.: Moderne Stallformen in der Rindviehhaltung Mitteilungen der DLG 82 (1967), S. 1561 - 1566
- 117) WENNER, H. L.; SCHÖN, H.: Einsatz der Technik in größeren Milchviehbeständen Landtechnik 25 (1970), S. 724 - 727
- 118) WENNER, H. L.; SCHÖN, H.: Notwendigkeiten zur Baukostensenkung Bauen auf dem Lande 24 (1973), S. 5 - 9
- 119) WITZMANN, P.: Untersuchungen über die Belastung der Extremitätenpaare bei Pferden und Rindern Diss. München 1969
- 120) ZANNIER-TANNER, E.: Vergleichende Verhaltensuntersuchungen über das Aufstehen und Hinlegen bei Huftieren Zeitschrift für Tierpsychologie 22 (1965), S. 696 - 723
- 121) ZEEB, K.: Beobachtungen und ethologische Überlegungen bei stallbedingten Schäden in einigen Rinderbeständen Deutsche tierärztliche Wochenschrift 75 (1968), S. 630 - 632
- 122) ZEEB, K.: Futtertrögform und Freßverhalten beim Rind KTBL Manuskriptdruck Nr. 18, Frankfurt 1969

- 123) ZEEB, K.: Kurzstandaufstallung und Rinderverhalten
Zuchtwahl und Besamung 52 (1969), S. 16 - 17
- 124) ZEEB, K.: Umwelt und Tierverhalten - ethologische
Betrachtungen
Bauen auf dem Lande 21 (1970), S. 334 - 335
- 125) ZEEB, K.; SCHMIDT, B.: Systematik der Milchviehhaltung aus der
Sicht des Rindergesundheitsdienstes
Tierärztliche Rundschau 28 (1973), S. 654
- 126) ZEEB, K.: Zur Methodik der angewandten Ethologie
(Ethopraxis) vergleichend bei Pferd und
Rind
unveröffentlichtes Schreibmaschinenmanuskript
- 127) ZIHLMANN, F.: Normung des Anbindestalles
Die Grüne 91 (1963), S. 435 - 494
- 128) ZUCKER, H.: Wasser - ein wichtiges Futtermittel
Der Tierzüchter 16 (1964), S. 421 - 423
- 129) Meßverfahren bei der DLG-Prüfung von
Stalleinrichtungen und Anbindungen für
Rindvieh
Persönlich übermitteltes Schreibmaschinen-
manuskript
- 130) DLG-Prüfberichte Nr. 2169 Allweiler Tränkebecken
Modell L/4 für Rinder
- 131) DLG-Prüfberichte Nr. 2170 Allweiler Tränkebecken
Modell L/4 für Rinder
- 132) DLG-Prüfberichte Nr. 2296 Lister Tränkebecken SB 8
- 133) DLG-Prüfberichte Nr. 2329 Tränkebecken La Buvette F 9
- 134) Statistisches Jahrbuch über Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten
verschiedene Jahrgänge
Herausgegeben vom Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- 135) Statistische Berichte des Bayerischen
Statistischen Landesamtes
verschiedene Jahrgänge

- 136) KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft
Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft
KTBL-Frankfurt/Main,
5. Auflage Landwirtschaftsverlag Hiltrup 1969
- 137) DIN 1988 Trinkwasser-Leitungsanlagen in Grundstücken
Beuth-Vertrieb, Berlin und Köln Januar 1962
- 138) Wasserversorgung, Verbrauchsanlagen
Berechnungsanleitung zu DIN 1988
DVGW Regelwerk Arbeitsblatt W 308
Frankfurt 1962
- 139) Monatsberichte des Deutschen Wetterdienstes
Agrarmeteorologische Forschungsstelle
Freising-Weihenstephan

9. Anhang

Versuchsausstattung der Untersuchungen zur Ermittlung von Kennwerten für eine tiergerechte Kurzstandkrippe

Tiermaterial

Die Untersuchungen wurden an zwei trächtigen Kalbinnen und einer trockenstehenden Kuh der deutschen Fleckviehrasse durchgeführt, die aufgrund ihrer gestreckten Hals-Kopf-Zungen-Länge besonders geeignet waren (Tab. I). Zur besseren Gewöhnung an die Stallumwelt und den durch die Versuchsdurchführung bestimmten Tagesrhythmus waren die Tiere während der gesamten Versuchsdauer im Versuchsstall untergebracht. Die Beobachtungen und Messungen an den Tieren mußten aufgrund der technischen Ausstattung jedoch hintereinander erfolgen.

Um das effektive Versuchsgewicht bestimmen zu können, wurden die drei Tiere zu Beginn und am Ende der Untersuchungen gewogen. Das effektive Versuchsgewicht, das die Tiere zum Zeitpunkt der Messungen hatten, addiert sich aus dem Anfangsgewicht und der betreffenden Anzahl der Tageszunahmen bis zur Hälfte der Versuchsdauer. Diese Gewichtsangabe bildet die Grundlage der prozentualen Verteilung auftretender Gewichtsbelastungen auf Vor- und Hinterhand.

Tab. I: Überblick über die wichtigsten Tierdaten

Tier	Alter Jahre	Gewicht kg	Widerristhöhe cm	schräge Rumpflänge cm	Bughöhe cm	HKZ-Länge cm
D	2 1/2	534	124,6	147,4	82,4	119,08
E	2 1/2	480	125,0	143,7	78,7	118,23
F	5	529	126,5	157,4	87,0	118,44

Versuchsstall

Nach Abschluß der Vorversuche fanden die eigentlichen Untersuchungen in dem Versuchsstall des Lehrstuhles für Tierhygiene und Nutztierkunde, Weihenstephan, statt, in dem gleichzeitig acht Rinder auf langen Kurzständen aufgestellt werden können. Die drei Versuchstiere belegten die Standplätze 1, 3 und 4.

Platz 2 blieb frei, um die in Versuchsstand 1 stattfindenden Untersuchungen nicht durch ein Nachbartier zu stören (Abb. I).

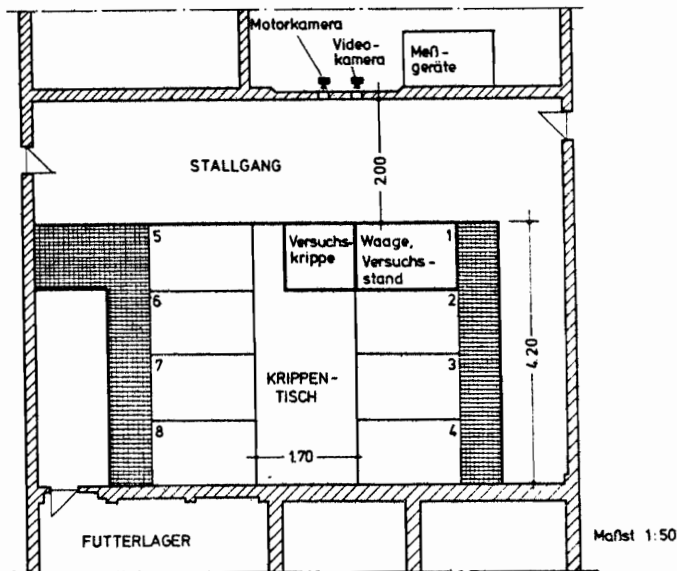


Abb. I: Versuchsstall: Grundriß

Die acht Stände besitzen einen gemeinsamen Krippentisch, in den – Platz 1 vorgelagert – die variable Versuchskrippe eingebaut war. Senkrecht zu diesem Krippentisch verläuft ein 2 m breiter Stallgang, der eine ausreichende Entfernung zwischen Fotoobjekt und Kamera ermöglicht. Sowohl Motor- als auch Videokamera waren hinter einer Doppeltür im sogenannten Ordinationsraum winkeltrecht zur Standlängsachse postiert, so daß ein vom Tier unbemerktes Beobachten und Filmen möglich war. Ebenso befand sich hier der Meßtisch mit den zur Versuchsdurchführung notwendigen Meßverstärkern und Aufzeichnungsgeräten (Abb. I).

Versuchsstand

Zur Durchführung der Untersuchungen wurde auf Platz 1 ein Versuchsstand aus 1 1/2-Zoll-Rohren und Schnellverbindern erreicht, mit den Maßen Standlänge 170 cm und Standbreite 110 cm. Die Liegefläche erhielt als Bodenbelag eine Gummimatte. Diese Matte durfte aufgrund der in der vorderen Hälfte des Versuchsstandes eingebauten elektronischen Fußlastwaage nur lose aufgelegt werden. Die den Kameras zugewandte Seitenabtrennung wurde im vorderen Standdrittel so mit Markierungstreifen versehen, daß sich Rasterquadrate von jeweils

10 cm Seitenlänge ergaben, die Tiere in ihrem Bewegungsfreiraum jedoch nicht zusätzlich eingeschränkt wurden (Details des Standes und Abmessungen der Seitenabtrennung, Abb. II).

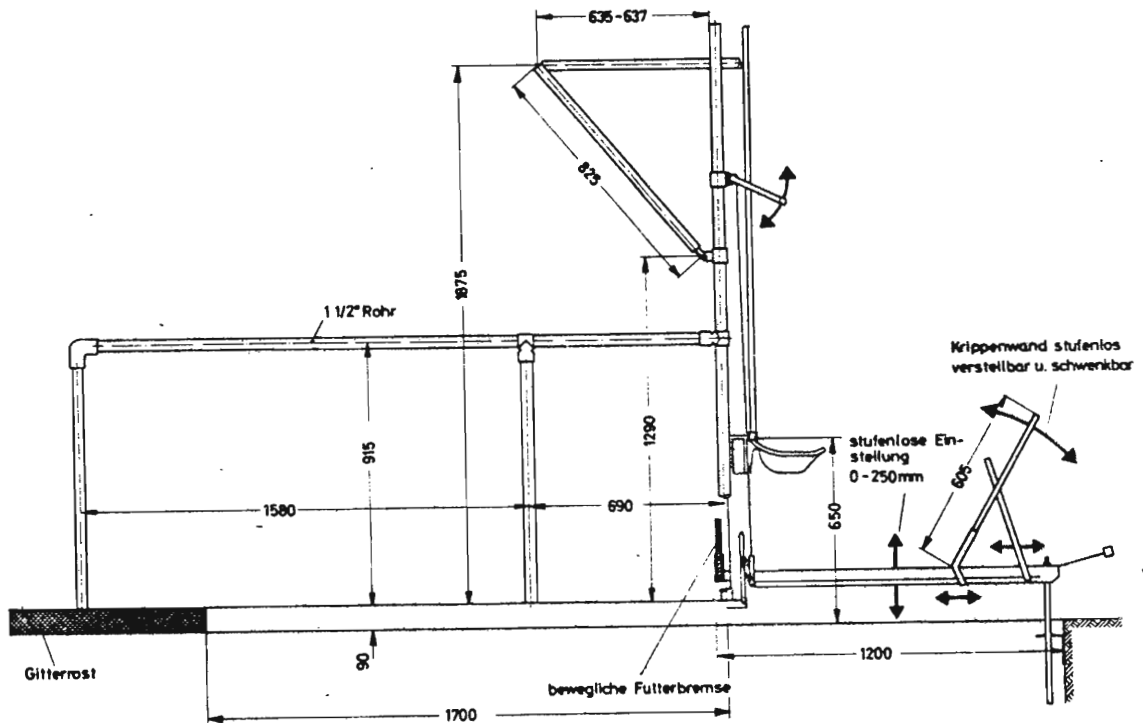


Abb. II: Versuchsstand mit verstellbarer Futterkrippe

Variable Versuchskrippe

Das Grundelement der variablen Versuchskrippe bildete eine ebene Platte, so daß eine Bevorzugung bestimmter Krippenbereiche aufgrund der Form des Krippenbodens auszuschließen war. Die Platte wies die Abmessungen Weite 120 cm und Breite 110 cm auf. Bei der Begrenzung zur Standfläche hin wurde auf einen holländischen Vorschlag zurückgegriffen (13), der vorsieht, die feste Krippenwand ab Krippenboden durch ein flexibles Material zu ersetzen. Diese bewegliche Futterbremse hat für die Versuchsdurchführung folgende Vorteile:

- Sie stellt für die Kühe ein visuelles Hindernis dar, das die Tiere in ihren Aufsteh- und Abliegebewegungen zur Anpassung zwingt.
- Ist die tierische Anpassungsfähigkeit erschöpft, ermöglicht die elastische Krippenwand dennoch eine Vollendung des Bewegungsablaufes, ohne zu einer direkten Verletzungsgefahr zu führen.

- Die Heftigkeit des Anstoßes wird durch den Knickwinkel der Wand angezeigt.
- Die flexible Krippenwand verhindert Futterverluste durch Freßbewegungen und Selektieren.

Die der Standfläche abgewandte Krippenseite wurde durch eine der Grundplatte aufgesetzte Gegenwand begrenzt, die eine stufenlose Einstellung der Krippenweite von 10 cm bis 100 cm zuließ. Gleichzeitig war der Neigungswinkel dieser Gegenwand zur Grundplatte zwischen 0 Grad und 80 Grad stufenlos variierbar. Die dritte Variationsmöglichkeit lag in der Höhe des Krippenbodens. Hier waren kontinuierliche Übergänge zwischen 0 cm und 25 cm möglich (Abb. II). Krippenboden und Gegenwand wiesen eine Rasterung auf und unterstützten hierdurch eine maßstabsgerechte Auswertung der von oben aufgezeichneten Freßbewegungen.

Anbindevorrichtungen

Neben den Krippenabmessungen haben die Anbindevorrichtungen entscheidenden Einfluß auf die Erreichbarkeit des vorgelegten Futters und auf ein unbehindertes Aufstehen und Abliegen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang der technische Bewegungsspielraum, den die einzelne Anbindevorrichtung zuläßt (in Abb. III bis IV schraffiert dargestellt).

Um die Untersuchungen auf eine breitere Grundlage zu stellen, auftretende Unterschiede z. B. in der Freßpunktverteilung bei sonst gleichen Einflußfaktoren richtig zu interpretieren und die Wechselwirkung zwischen Krippenvariante und Anbindevorrichtung beurteilen zu können, wurden vier in der Praxis am meisten verwendete Anbindevorrichtungen in die Untersuchungen miteinbezogen und ihr technischer Bewegungsspielraum genau vermessen. Hierbei handelte es sich um zwei Varianten der Vertikalanbindung - sie unterscheiden sich vor allem in ihrem Anstellwinkel zur Standfläche -, einem Zweigelenk-Halsrahmen und einer Horizontalanbindung.

Die beiden Vertikalanbindungen waren durch folgende Abmessungen charakterisiert (Abb. III und IV):

Tab. II: Abmessungen der Vertikalanbindung	Typ I	und	Typ II
mittlerer Anstellwinkel zur Standfläche	75	Grad	80 Grad
horizontaler Abstand Befestigung Bodenanker - Krippenwand	12,5	cm	12,5 cm
horizontaler Abstand Befestigung oben - Krippenwand	46,5	cm	36,5 cm
maximale seitliche Auslenkung in Bughöhe ($\bar{x} = 84,9$ cm)	35,0	cm	40,0 cm
maximale Längsauslenkung in Bughöhe ($\bar{x} = 84,9$ cm)	35,0	cm	40,0 cm

Der Zweigelenk-Halsrahmen mußte zum Einbau des Zugkraftgebers etwas höher montiert werden als allgemein üblich. Der sich hierdurch ergebende technische Bewegungsspielraum ist in Abbildung V aufgezeigt. Die wichtigsten Abmessungen faßt Tabelle III zusammen.

Tab. III: Abmessungen des Zweigelenkhalsrahmens

horizontaler Abstand Befestigung Bodenanker - Krippenwand	12,5 cm
horizontaler Abstand Befestigung oben - Krippenwand	6,0 cm
senkrechter Abstand der Holme	19,5 cm
Höhe des Gelenkes über Standniveau	74,5 cm
maximale seitliche Auslenkung	20,0 cm
maximale Längsauslenkung in Höhe des Gelenkes	32,5 cm

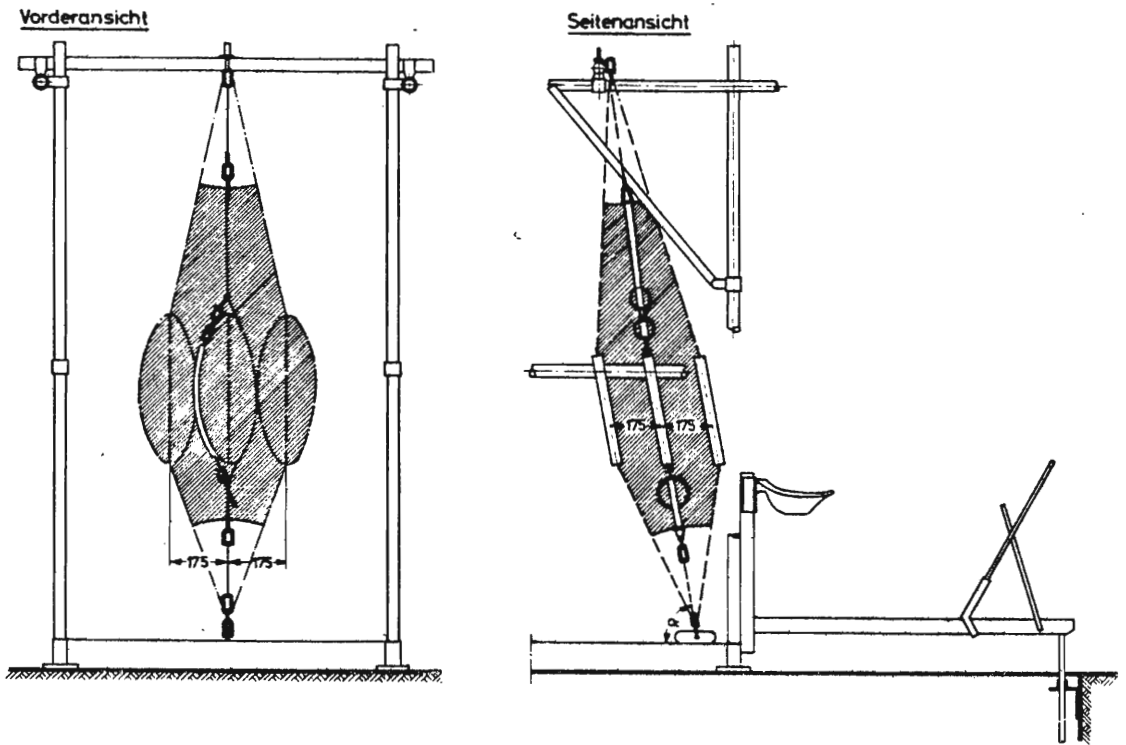


Abb. III: Technischer Bewegungsspielraum der Vertikalanbindung (Typ I, mittlerer Anstellwinkel $\alpha = 75^\circ$)

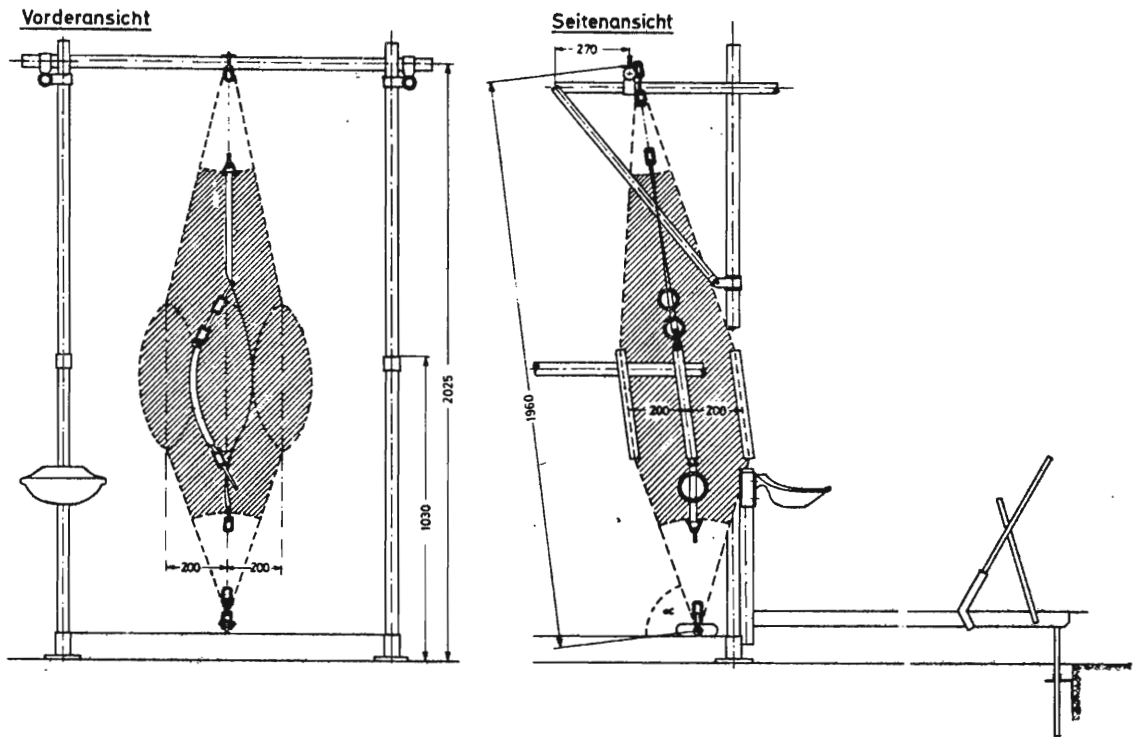


Abb. IV: Technischer Bewegungsspielraum der Vertikalanbindung (Typ II, mittlerer Anstellwinkel $\alpha = 80^\circ$)

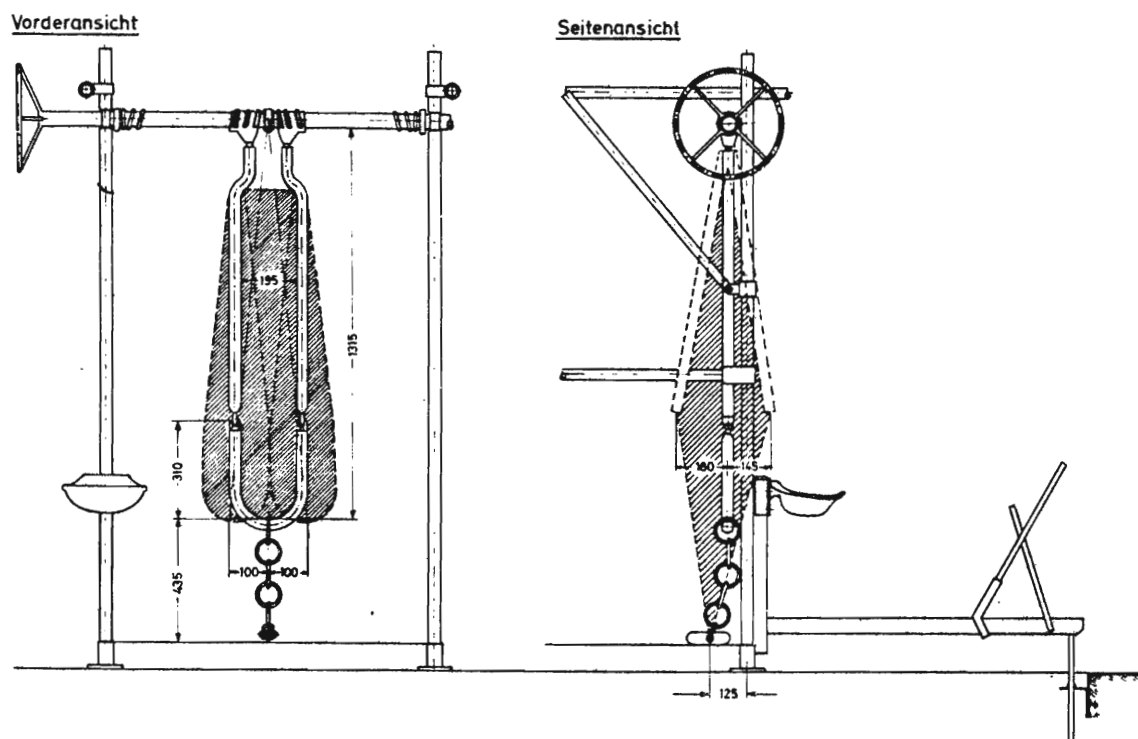


Abb. V: Technischer Bewegungsspielraum des Zweigelenk-Halsrahmens

Der technische Bewegungsspielraum der Horizontalanbindung wird durch die Schenkellänge der Halskette, Höhe und Länge der Gleitholme und durch die Höhe und Ausbildung des Nackenbügels bestimmt (Abb. VI).

Tab. IV: Abmessungen der Horizontalanbindung

Schenkellänge der Halskette	75,0 cm
Montagehöhe der Gleitholme über Standniveau	20,0 cm
Länge der Gleitholme	50,0 cm
Montagehöhe des Nackenbügels über Standniveau	76,5 cm
Auskragung des Nackenbügels	60,0 cm
maximale seitliche Auslenkung	57,5 cm
maximale Längsauslenkung	88,5 cm
hiervon in Standrichtung	58,5 cm
in Krippenrichtung	30,0 cm

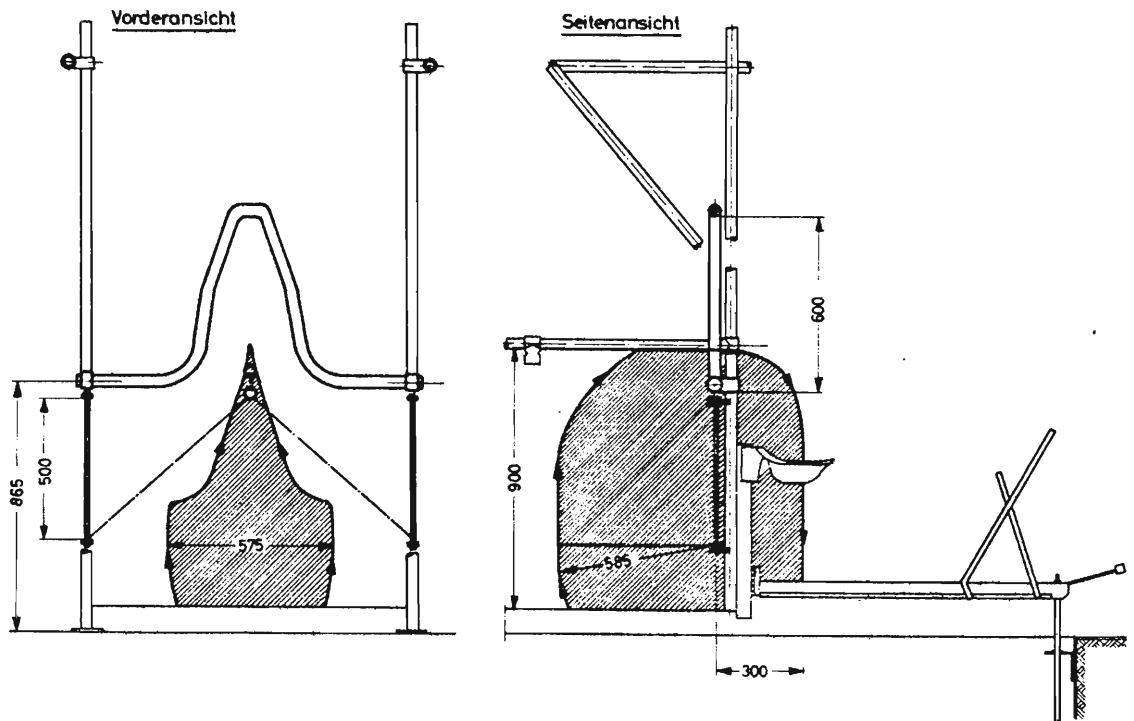


Abb. VI: Technischer Bewegungsspielraum der Horizontalanbindung

Zugkraftgeber

Zur Feststellung der an der Anbindevorrichtung angreifenden Kräfte wurde ein Ringkraftgeber für den Meßbereich von 0,2 bis 10 Kilo-Newton (kN) verwendet. Der die Kraft aufnehmende Ring ist an zwei sich gegenüberliegenden Abschnitten innen und außen je mit einer Dehnungsmeßstreifen- oder DMS-Vollbrücke beklebt (Abb. VII).

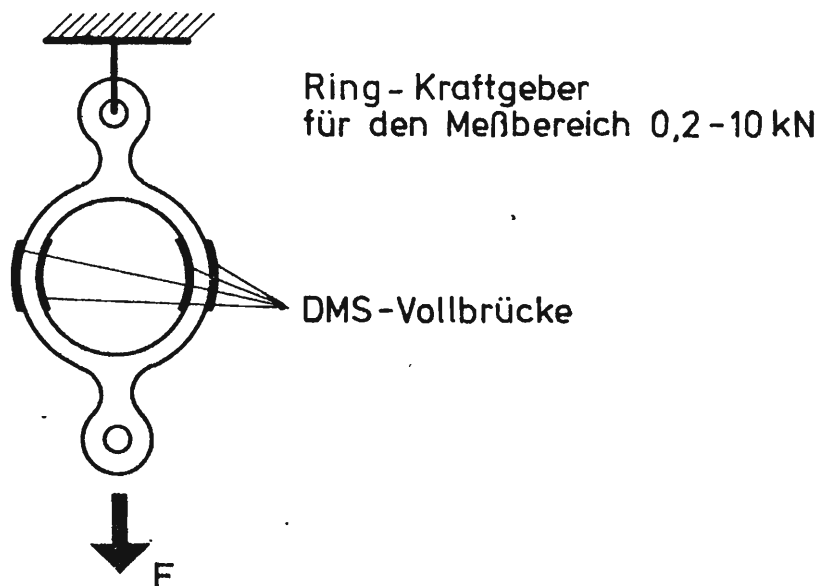


Abb. VII: Zugkraftgeber

Aufgrund einer Krafteinleitung verformt sich der Ring, so daß an der Innenseite Zugkräfte, an der Außenseite aber Druckkräfte auftreten. Der Ring gibt die Verformung und damit die einwirkenden Kräfte an die Dehnungsmeßstreifen weiter, wodurch sich in den DMS-Brücken der Diagonalwiderstand verändert. Das durch die Widerstandsänderung erzeugte elektrische Signal ist der eingeleiteten Kraft linear proportional. Es wird über einen DMS-Verstärker mit Speise- und Nullabgleich auf das Aufzeichnungsgerät übertragen.

Während der Freßversuche mit der Variante Vertikalanbindung ergab sich die Alternative, den Zugkraftgeber entweder am oberen Befestigungspunkt oder aber am Bodenanker einzubauen. Die bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen aus der Serie Zweigelenk-Halsrahmen war für den Einbau am Bodenanker ausschlaggebend. Für die Horizontalanbindung konnte der Zugkraftgeber nicht verwendet werden, da die Halskette aufgrund des Nackenbügels nicht ausreichend belastet wurde. Ein Vergleich mußte hier über die an der Fußlastwaage auftretenden Kräfte erfolgen.

Fußlastwaage

Die elektronische Fußlastwaage hatte die Form eines gleichschenkeligen Dreiecks und die Flächenabmessungen: Grundlinie 151 cm, Seitenlänge 142 cm. Zur Messung der an den Vorderextremitäten auftretenden Kräfte wurde die Fußlastwaage so eingebaut, daß ihre Grundlinie zur Krippe hin die Standfläche abschloß (Abb. VIII).

Die mechanische Konstruktion der Fußlastwaage setzt sich aus zwei Grundelementen, der starr mit dem Untergrund verankerten Bodenplatte und der lose aufgelegten Deckplatte, zusammen. Die Deckplatte ruht auf drei Kraftgebern, die die vertikalen Kräfte aufnehmen und so angeordnet sind, daß sie die Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge 134 cm bilden. Die Fläche dieses gleichseitigen Dreiecks schließt die während der Vorversuche ermittelte Auftrittsfläche der Tiere ein.

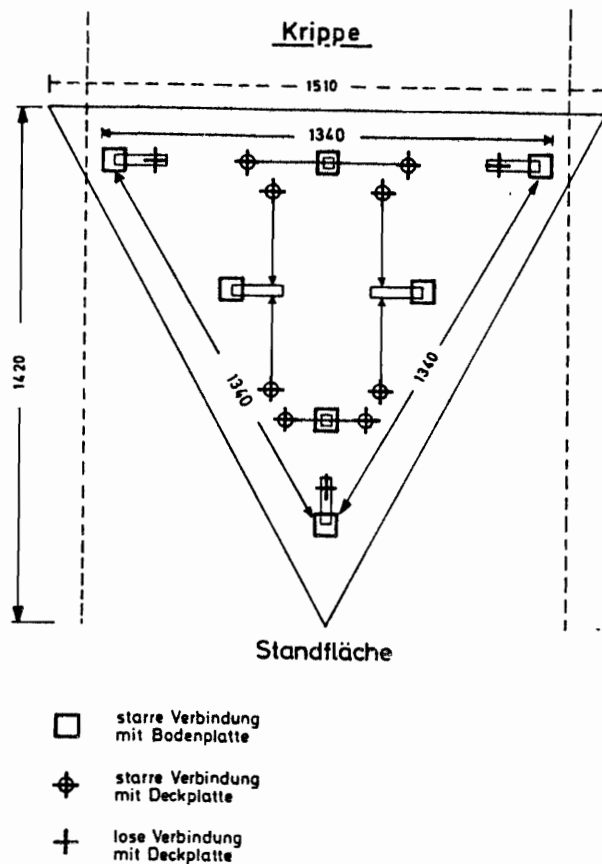


Abb. VIII: Elektronische Fußlastwaage zur Ermittlung vertikaler und horizontaler Kräfte

Die an der Deckplatte wirkenden horizontalen Kräfte gelangen über Längslenker in zwei Kraftgeber, die starr mit der Bodenplatte verbunden sind. Horizontale Querkräfte, die senkrecht zur Längsachse angreifen, sowie Störkräfte werden über Längs- und Querlenker in die starre Unterkonstruktion abgeleitet (Abb.VIII).

Die fünf Kraftgeber bestehen aus je einem Biegestab, der mit einer DMS-Vollbrücke beklebt ist. Bei einer Krafteinleitung werden die entsprechenden Biegestäbe deformiert und die Diagonalwiderstände der DMS-Vollbrücke verändert. Das so gewonnene elektrische Signal ist der eingeleiteten Kraft im Bereich von 100 bis 2000 Newton N streng proportional.

Ein Speise- und Abgleichgerät addiert die Signale der einzelnen Kraftgeber. Die beiden Ausgangssignale sind der durch das Versuchstier eingebrachten vertikalen bzw. horizontalen Kraft proportional.

Tab. 9/1: Witterungsverhältnisse im Beobachtungszeitraum
vom 23. 4. 1974 - 13. 8. 1974

Datum 1974	Temperatur °C	Luftfeuchte %	Windgeschwindigkeit m/sec ²	Windrichtung
23.4.	14	61	0,7	S - O
24.4.	9,6	68	0,9	N
29.4.	18	72	0,8	W
2.5.	13	81	1,4	N
3.5.	15	63	1,1	S
7.5.	9	79	2,3	W
10.5.	17,4	71	1,0	SW
15.5.	14	66	0,2	NO
16.5.	12,5	38	3,1	NO
20.5.	19	29	1,2	O
21.5.	22	37	2,0	NO
27.5.	25	44	1,0	O
4.6.	24,5	59	1,9	O
5.6.	19,5	51	1,8	O
10.6.	14	58	1,3	O
19.6.	18,5	43	1,8	NO
27.6.	22	77	2,0	SW
4.7.	14,2	49	1,9	NO
8.7.	17,4	47	2,6	N
9.7.	18	57	2,2	O
10.7.	17,5	65	1,2	SW
16.7.	28	47	0,9	NO
22.7.	17	50	1,1	W
23.7.	25	42	1,4	W
5.8.	22,1	52	1,2	SW
6.8.	19	60	0,9	SW
7.8.	20,5	50	1,3	NO
8.8.	17	92	0,8	W
13.8.	25,5	43	1,5	SO

Tab. 9/2: Protokoll Wahlversuch Selbsttränke

Beobachter: Me

Datum: 13. 8. 1974

Tiermaterial:	Tränketyp:	Gelände:	Klima:	
9 Kühe	IV	Hanglage	Temp.	25,5°C
			Luftfeuchte %	43
			Windrichtung	SO
			Windstärke	1,5 m/sec ²

Zeit	v	r	h	l	Sonstige Beobachtungen
10 ⁰⁸			1		3 sec
10 ¹⁰	3				30 sec
10 ²⁴				9	20 sec
10 ³⁸			8		2.3 sec
10 ⁴⁰			6		2 sec
11 ⁰⁰				9	4 sec
13 ⁴⁵	5				3 sec
13 ⁵⁸	6				3 sec; 5→6 *
13 ⁵⁸			5		8 sec; 9→5
13 ⁵⁹				9	3 sec
14 ⁰⁶			5	5	19 sec
14 ²²	2				5 sec
15 ¹⁵			5		46 sec
15 ³⁰			5		15 sec

* Tier 5 verdrängt Tier 6

Tab. 9/3: In die multiple Regression eingehende Variable

Nr.	Bezeichnung	Nr.	Bezeichnung
1	Temperatur	15	Herdenstandplatz 4
2	Luftfeuchte	16	" 5
3	Windgeschwindigkeit	17	" 6
4	Windrichtung 1	18	" 7
5	" 2	19	" 8
6	" 3	20	Beobachtungszeit
7	" 4	21	Neigungsgefälle
8	" 5	22	Neigungsrichtung 1
9	" 6	23	" 2
10	" 7	24	" 3
11	" 8	25	" 4
12	Herdenstandplatz 1	26	" 5
13	" 2	27	" 6
14	" 3	28	" 7
		29	" 8

Tab. 9/4: Aufbauende Multiple Regression

Problem: Wahlversuche Selbsttränken Typ I

Sommer 1974

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Korrelation mit ZG
2 Luftfeuchtigkeit	48.44444	10.85344	-0.22694
4 Wind 7	0.33333	0.47673	0.30000
5 Wind 8	0.66667	0.47673	-0.30000
10 Herd 1	0.17778	0.38665	0.16440
11 Herd 2	0.08889	0.28780	-0.22086
13 Herd 4	0.33333	0.47673	-0.10000
14 Herd 5	0.20000	0.40452	0.11785
15 B-Zeit	2.90911	0.75475	0.13285
16 Neigungsgefälle	11.04444	2.84809	0.56632
17 Neigungsrichtung 1	0.15556	0.36653	0.21678
18 Neigungsrichtung 3	0.26667	0.44721	0.31980
19 Neigungsrichtung 5	0.11111	0.31782	0.35000
20 Neigungsrichtung 6	0.08889	0.28780	-0.22086
21 Neigungsrichtung 7	0.24444	0.43461	-0.40220
22 Neigungsrichtung 8	0.13333	0.34378	-0.27735
23 Individualverhalten 7	1.18373	0.33181	-0.43447
Zielgröße ZG:			
6 Wahl v	0.33333	0.47673	

Einfache Korrelationen

	2=Luftf.	4=Wind 7	5=Wind 8	10=Herd 1	11=Herd 2	13=Herd 4	14=Herd 5
2=Luftf.	1.00000						
4=Wind 7	-0.10395	1.00000					
5=Wind 8	0.10395	-1.00000	1.00000				
10=Herd 1	0.30569	0.65760	-0.65760	1.00000			
11=Herd 2	0.27810	-0.22086	0.22086	-0.14524	1.00000		
13=Herd 4	-0.26208	0.20000	-0.20000	-0.32880	-0.22086	1.00000	
14=Herd 5	-0.20706	-0.35355	0.35355	-0.23249	-0.15617	-0.35355	1.00000
15=B-Zeit	0.22101	-0.26697	0.26697	-0.47686	0.24730	0.41836	-0.27409
16=Neig	-0.55465	0.46589	-0.46589	0.14745	-0.39311	0.00558	0.52473
17=Neigr. 1	-0.45768	0.60698	-0.60698	-0.19957	-0.13406	0.60698	-0.21460
18=Neigr. 3	-0.46043	-0.42640	0.42640	-0.28040	-0.18835	-0.42640	0.82916
19=Neigr. 5	0.57834	0.50000	-0.50000	0.76034	-0.11043	-0.25000	-0.17677
20=Neigr. 6	0.27810	-0.22086	0.22086	-0.14524	1.00000	-0.22086	-0.15617
21=Neigr. 7	-0.05246	-0.07313	0.07313	0.14126	-0.17766	0.47533	-0.28440
22=Neigr. 8	0.38578	-0.27735	0.27735	-0.18238	-0.12251	-0.27735	-0.19612
23=Ind.V. 7	-0.47205	-0.04863	0.04863	-0.34576	-0.04147	0.41329	-0.28000
	15=B-Zeit	16=Neig	17=Neigr.1	18=Neigr.3	19=Neigr.5	20=Neigr.6	21=Neigr.7
15=B-Zeit	1.00000						
16=Neig	-0.18305	1.0000					
17=Neigr.1	0.15578	0.45042	1.00000				
18=Neigr.3	-0.12856	0.55255	-0.25882	1.00000			
19=Neigr.5	0.10464	0.18273	-0.15174	-0.21320	1.00000		
20=Neigr.6	0.24730	-0.39311	-0.13406	-0.18835	-0.11043	1.00000	
21=Neigr.7	0.17323	0.37619	-0.24413	0.34300	-0.20110	-0.17766	1.00000
22=Neigr.8	-0.08362	-0.56329	-0.16835	-0.23652	-0.13867	-0.12251	-0.22310
23=Ind.V. 7	-0.32385	-0.31895	0.30148	-0.29383	-0.79365	-0.04147	0.47185
	22=Neigr.8	23=Ind.V.7					
22=Neigr.8	1.00000						
23=Ind.V.7	0.23271	1.00000					

Tab. 9/5: Zusammenstellung der durchgeführten Versuchsvariationen
zur Ermittlung einer tiergerechten Krippenform

Versuchsteil 1: Futteraufnahme

je 1 Stichprobe

Tier D, E, F	Futtermittel		KF				PE			
	Anbindevorrichtungen		VI	VII	Gh	Ha	VI	VII	Gh	Ha
Krippenweite Krippenhöhe										
40 (cm)	0 (cm)		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

Versuchsteil 2: Abliegen und Aufstehen

je 6 Stichproben

Tier D, E, F	Bewegung		Abliegen			Aufstehen		
	Anbindevorrichtung		VI	Gh	Ha	VI	Gh	Ha
Krippenniveau (cm)			0	3	3	3	3	3
			15	3	3	3	3	3
			25	3	3	3	3	3

eingesetzte Beobachtungs- und Meßgeräte:

1: Motorkamera 1 + 2; Fußlastwaage; Zugkraftgeber

2: Motorkamera 1 + 2; Fußlastwaage

3: Videoanlage; Fußlastwaage

Abkürzungen:

VI, II Vertikalanbindung I, II

Gh Gelenkhalsrahmen

Ha Horizontalanbindung

KF Kraftfutter

PE Grünfuttermittel

Tab. 9/6: Technische Daten der verwendeten Kameraanlagen

System	Elektronische Spiegelreflexkamera Contarex SE ZEISS IKON
Objektiv	ZEISS - Distagon 1:2,8/25 mm
Zusatzausstattung:	- Motorantrieb, netzabhängig - Netzanschlußgerät - 17 m - Filmmagazin (450 Aufnahmen) mit auswechselbaren Filmkassetten - Elektronisches Steuergerät (Timer)

Tab. 9/7:

Mittelwerttest: Freßpunktverteilung

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Tier

Krippenhöhe 10 (cm)

Anbindevorrichtung				VI			VII			Gh			Ha		
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
Futter	KF	40	x	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			y	-	++	++	-	++	-	-	-	-	-	+	-
		80	x	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	++	+
			y	-	-	-	+	+	-	-	-	+	++	++	+
	PE	40	x	-	-	+	-	-	-	-	-	++	-	-	++
			y	-	+	-	++	++	-	-	+	++	++	++	-
			x	++	-	++	-	++	+	++	-	++	++	++	-
			y	++	-	++	++	-	++	-	+	+	-	+	-

Abkürzungen: vergl. Tab. 9/5

Tab. 9/8:

Mittelwerttest: Freßpunktverteilung

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Futtermittel

Krippenhöhe 10 (cm)
3 Tiere

Anbindevorrichtung	VI		VII	Gh	Ha
Test Futtermittel	Kf/PE		KF/PE	KF/PE	KF/PE
Krippenweite (cm) 40	x	-	++	-	++
	y	+	-	-	-
	x	-	-	++	-
	y	++	-	-	-

Abkürzungen: vergl. Tab. 9/5

Tab. 9/9: Mittelwerttest: Freßpunktverteilung

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Anbindevorrichtung

Krippenhöhe 10 (cm)
3 Tiere

Test Anbindevorrichtung		VI/VII	VI/Gh	VI/Ha	VII/Gh	VII/Ha	Gh/Ha
Krippenweite 40 (cm)	x	-	++	-	-	-	++
	y	-	++	-	++	-	+
80	x	++	-	++	-	-	+
	y	+	-	-	-	-	-

Unterschied Krippenweite

3 Tiere

Krippenhöhe (cm)		0	5	10	15	20
Test Krippenweite (cm)		40/80	40/80	40/80	40/80	40/80
	x	-	-	+	++	++
	y	++	++	++	++	++

Unterschied Krippenhöhe

3 Tiere

Test Krippenhöhe (cm)		0/10	5/10	10/15	10/20
Krippenweite (cm) 40	x	++	-	-	-
	y	+	-	-	-
80	x	++	++	-	++
	y	++	-	++	++

Tab. 9/10:

Einfluß der Krippenhöhe auf die Futteraufnahme

Prozentuale Verteilung der Fraßpunkte auf die einzelnen Klassen der Krippenweite und -breite

Krippenhöhe cm	0		5		10		15		20		0		5		10		15		20	
Klasse cm	W	B	W	B	W	B	W	B	W	B	W	B	W	B	W	B	W	B	W	B
0 - 10	21,3	6,6	26,8	6,7	26,0	5,4	25,1	6,3	26,2	5,3	12,3	5,3	16,1	6,8	18,1	6,3	13,0	3,6	15,8	3,4
10,1 - 20	21,6	9,7	18,0	9,1	19,0	10,0	19,6	9,9	17,1	10,7	15,6	7,8	16,5	9,3	17,1	6,4	12,9	7,8	12,9	7,5
20,1 - 30	24,1	11,8	24,1	11,3	25,9	11,7	22,7	10,9	23,5	12,0	18,1	12,6	15,1	11,5	15,3	10,2	15,8	10,1	14,2	9,5
30,1 - 40	32,7	11,9	30,7	11,6	27,7	10,3	31,0	9,7	33,2	9,0	18,4	13,4	17,4	13,0	14,6	10,8	18,0	11,3	17,2	10,1
40,1 - 50		10,5		8,4		9,0		8,4		7,9	17,1	10,7	17,8	10,8	16,1	10,5	17,9	11,2	15,8	9,2
50,1 - 60		9,4		9,9		9,4		8,0		7,9	12,2	10,6	11,2	10,7	12,9	9,0	13,2	8,6	12,7	8,1
60,1 - 70		11,6		10,6		8,5		9,4		8,4	4,5	10,9	4,6	9,1	4,9	9,0	7,7	10,1	9,2	9,9
70,1 - 80		9,8		11,9		12,0		12,9		9,6	1,8	11,6	1,3	11,5	1,1	11,4	1,6	9,5	2,2	12,1
80,1 - 90		8,9		10,8		11,1		10,6		11,8		9,9		8,7		11,7		11,5		11,8
90,1 - 100		7,4		7,1		8,0		9,6		10,3		5,2		5,2		9,1		9,9		10,6
100,1 - 110		2,6		2,6		4,4		4,4		7,1		1,9		3,4		5,5		6,5		7,6

W = Krippenweite

B = Krippenbreite

Anbindevorrichtung			VI			VII			Gh			Ha	
Kräfte			V	H	Z	V	H	Z	V	H	Z	V	H
Futter	Weite	Höhe											
KF	40	0	3208,78	1043,14	164,81	3292,30	1001,05	176,32	3637,79	807,15	421,00	3454,65	884,17
		5	3209,27	1023,09	154,81	3208,19	963,77	163,68	3740,22	751,97	393,50	3658,09	848,35
		10	3045,09	837,36	159,97	3266,97	980,36	152,10	3492,41	723,43	229,00	3223,83	844,27
		15	3124,46	854,86	125,95	3189,53	924,17	143,68	3499,49	684,15	100,00	3437,66	952,74
		20	3025,51	832,73	110,61	3044,03	818,55	141,58	3474,00	695,55	45,50	3399,90	904,69
	80	0	3591,95	1042,68	260,90	3639,24	1221,00	184,52	4006,31	1016,84	275,78	3595,30	915,18
		5	3552,16	958,36	258,34	3432,65	1141,50	178,94	3938,42	922,11	241,58	3606,16	931,48
		10	3235,89	1046,59	196,00	3243,62	1071,68	169,65	3871,05	825,79	203,16	3486,27	888,53
		15	3191,62	1037,04	175,68	3148,00	1046,36	152,17	3838,94	760,53	181,57	3436,63	815,30
		20	3071,95	1080,27	171,22	3133,43	844,91	141,48	3832,63	764,21	90,00	3474,47	739,45
PE	40	0	3138,32	1004,09	212,43	3310,89	1001,86	154,21	3992,27	845,00	180,00	3886,41	972,83
		5	3188,86	906,86	155,80	3265,70	955,95	146,18	3870,02	788,67	193,00	3319,65	903,53
		10	3055,27	893,27	138,61	3143,97	838,82	132,57	3559,43	784,06	201,00	3455,59	885,62
		15	3069,95	855,45	130,83	3252,59	901,41	138,64	3601,58	774,74	165,50	3554,71	954,63
		20	2995,92	868,73	97,64	2972,46	856,09	126,12	3468,33	802,33	122,00	3492,41	945,46
	80	0	3464,92	1078,42	268,12	3244,19	1053,59	174,54	3964,21	956,84	437,89	3625,51	914,59
		5	3158,22	1003,16	253,74	3191,03	1063,09	172,63	3935,79	936,84	417,89	3390,45	881,25
		10	3067,92	980,00	249,63	3150,03	1041,68	150,91	3906,84	918,42	253,10	3339,95	887,37
		15	3057,89	958,42	211,18	3085,32	1030,77	153,69	3835,26	874,74	160,00	3421,29	797,83
		20	3027,30	860,00	193,94	3034,24	771,95	149,21	3796,32	789,47	133,16	3188,43	730,71

Abkürzungen: Kräfte

V = vertikal, H = horizontal, Z = Zugkraft

Anbindevorrichtungen

VI = Vertikalanbindevorrichtung I, VII = Vertikalanbindevorrichtung II

Gh = Gelenkhalsrahmen,

Ha = Horizontalanbindung

Anbindevorrichtung			VI			VII			Gh			Ha	
Kräfte			V	H	Z	V	H	Z	V	H	Z	H	Z
Futter	Weite	Höhe											
KF	40	0	3056,78	334,05	229,18	3666,95	617,27	299,40	3579,68	692,75	231,69	3279,38	586,48
		5	2739,11	400,64	207,59	3654,24	427,64	226,31	3141,81	548,02	194,76	3219,62	453,77
		10	2688,41	261,95	175,02	3179,30	455,95	146,88	3001,35	360,94	205,02	2966,97	465,23
		15	2794,03	292,23	125,77	2844,46	435,55	149,77	2899,05	391,25	180,48	3079,38	386,48
		20	2840,19	588,50	112,78	2871,14	495,32	142,41	2908,54	322,08	157,67	2889,19	375,87
	80	0	3266,19	498,55	489,04	3382,43	448,36	357,65	3538,65	512,71	575,89	4002,73	563,56
		5	3191,11	434,09	301,74	3241,22	494,36	357,52	3363,30	504,75	546,12	3645,03	560,15
		10	3001,46	480,18	211,54	3334,68	463,45	340,67	3211,27	509,17	454,03	3509,73	507,02
		15	3028,62	406,82	227,26	3188,59	388,05	281,30	3129,59	492,15	442,71	3062,70	461,12
		20	2806,57	421,91	164,47	2848,78	314,68	230,15	3141,86	500,08	428,33	3267,14	444,17
PE	40	0	3199,68	460,05	269,89	2842,38	491,50	188,32	3263,00	549,96	224,62	3344,11	555,00
		5	2844,76	345,05	228,59	3033,14	466,27	199,49	3234,97	554,87	185,39	3166,81	467,31
		10	2766,11	309,50	148,38	2898,03	411,64	198,41	3025,03	449,81	176,64	3034,43	422,12
		15	2696,62	247,14	101,83	2771,19	413,14	154,14	2896,11	363,79	181,90	3093,86	377,60
		20	2802,89	256,95	102,24	2675,86	394,68	152,84	2662,76	321,04	175,08	2977,35	370,60
	80	0	3112,03	448,23	371,84	3393,49	450,00	298,74	3313,86	564,19	599,41	3564,00	568,22
		5	3145,54	446,55	358,43	3401,03	494,14	266,22	3234,14	535,31	503,89	3777,19	517,25
		10	2783,14	442,23	294,51	3082,41	372,77	278,91	3150,03	589,46	446,05	3272,65	438,10
		15	2958,97	399,41	153,30	2874,05	312,73	254,50	3185,81	570,63	438,25	3357,95	422,79
		20	2787,54	439,36	151,90	2870,30	320,59	202,10	3056,76	431,98	377,38	3127,78	419,35

Tab. 9/13:

Durchschnittlich auftretende Kräfte während der Futteraufnahme N

Tier F

Anbindevorrichtung			VI			VII			Gh			Ha	
Kräfte			V	H	Z	V	H	Z	V	H	Z	V	H
Futter	Weite	Höhe											
KF	40	0	3569,79	730,21	356,25	3553,12	754,69	274,48	3495,83	704,16	353,64	3605,72	736,45
		5	3408,33	696,35	318,75	3557,81	767,19	254,68	3517,70	727,60	325,00	3530,20	705,20
		10	3248,44	735,42	301,56	3517,71	722,92	241,14	3472,91	709,89	303,64	3536,97	688,02
		15	3215,62	712,50	271,35	3475,52	710,42	219,27	3401,56	668,75	269,27	3403,12	711,97
		20	3186,46	673,95	251,56	3448,44	714,06	217,18	3374,47	628,64	246,87	3376,04	676,04
	80	0	3835,42	919,27	475,10	3752,60	1002,08	443,75	3934,89	1054,16	496,87	4073,43	1083,85
		5	3712,50	901,56	455,21	3689,58	957,29	413,02	3656,77	1031,77	462,50	3704,68	996,35
		10	3558,33	896,87	433,85	3677,60	959,37	375,52	3611,45	936,45	418,22	3682,81	1028,12
		15	3236,46	834,90	375,52	3621,35	914,06	340,62	3615,62	919,27	386,45	3554,16	938,54
		20	3316,67	863,54	363,54	3581,25	886,45	306,25	3552,60	938,54	389,58	3564,06	936,45
	40	0	3407,29	711,98	329,17	3469,27	780,20	318,22	3344,27	901,56	340,62	3392,70	792,18
		5	3373,96	715,10	327,60	3446,35	792,18	301,04	3392,18	910,41	309,16	3339,06	749,47
		10	3370,31	710,42	298,96	3396,35	782,81	286,97	3357,81	871,87	295,83	3297,39	734,89
		15	3330,73	717,71	271,35	3363,54	772,91	269,27	3327,60	814,06	278,12	3326,56	746,87
		20	3339,58	698,95	257,81	3359,89	761,97	245,31	3302,60	764,58	261,45	3309,37	731,25
	80	0	3710,42	931,77	454,17	3662,50	903,12	422,91	4032,81	948,95	478,12	3822,91	946,35
		5	3610,42	886,45	423,44	3673,95	915,62	423,95	3655,20	880,72	462,50	3604,68	896,87
		10	3623,96	849,48	389,58	3652,08	871,87	376,04	3619,27	851,04	417,70	3623,43	913,54
		15	3579,17	851,04	351,04	3552,60	819,27	361,45	3500,52	835,41	383,85	3521,35	920,83
		20	3496,35	792,71	306,25	3509,89	832,81	297,39	3517,18	745,31	361,45	3500,52	855,20

Anbindevorrichtung			V I			V II			Gh			Ha	
Kräfte			V	H	Z	V	H	Z	V	H	Z	V	H
Futter	Weite	Höhe											
KF	40	0	60,97	19,81	3,13	62,55	19,01	3,35	69,11	15,33	7,99	65,63	16,79
		5	60,97	19,43	2,94	60,85	18,31	3,11	71,06	14,28	7,47	69,50	16,11
		10	57,85	15,90	3,03	62,07	18,62	2,89	66,35	13,74	4,35	61,25	16,04
		15	59,36	16,24	2,39	60,60	17,55	2,73	66,49	12,99	1,90	65,31	18,10
		20	57,48	15,82	2,10	57,83	15,55	2,69	66,00	13,21	0,86	64,59	17,18
	80	0	68,24	19,81	4,95	69,14	23,19	3,50	76,12	19,33	5,24	68,31	17,38
		5	67,49	18,20	4,90	65,22	21,68	3,39	74,83	17,52	4,59	68,51	17,69
		10	61,48	19,88	3,72	61,62	20,36	3,22	73,55	15,69	3,86	66,23	16,88
		15	60,64	19,70	3,33	59,81	19,88	2,89	72,94	14,45	3,45	65,29	15,49
		20	58,36	20,52	3,25	59,53	16,09	2,68	72,82	14,52	1,71	66,01	14,04
PE	40	0	59,62	19,07	4,03	62,90	19,03	2,92	75,85	16,05	3,42	70,04	18,48
		5	60,58	17,23	2,96	62,04	18,16	2,77	73,53	14,98	3,66	63,07	17,16
		10	58,05	16,97	2,63	59,73	15,93	2,51	67,62	14,89	3,81	65,65	16,82
		15	58,32	16,25	2,48	61,79	17,12	2,63	68,43	14,72	3,14	67,53	18,13
		20	56,92	16,50	1,85	56,47	16,26	2,39	65,89	15,24	2,31	66,35	17,96
	80	0	65,83	20,49	5,09	61,63	20,01	3,31	75,32	18,18	8,32	68,88	17,37
		5	60,00	19,06	4,82	60,62	20,19	3,27	74,78	17,80	7,94	64,41	16,74
		10	58,29	18,62	4,74	59,85	19,79	3,01	74,23	17,45	4,81	63,45	16,86
		15	58,09	18,21	4,01	58,62	19,58	2,92	72,87	16,62	3,04	65,00	15,15
		20	57,51	16,34	3,68	57,65	14,60	2,83	72,13	15,00	2,53	60,58	13,88

Abkürzungen: Kräfte

Anbindevorrichtungen

Futter

V = vertikal, H = horizontal

V I = Vertikalanbindevorrichtung I,

Gh = Gelenkhalsrahmen,

KF = Kraftfutter,

Z = Zugkraft

V II = Vertikalanbindevorrichtung II

Ha = Horizontalanbindung

PE = Grünmehlpellets

% KG = prozentuales Körpergewicht

Anbindevorrichtung			V I			V II			Gh			Ha	
Kräfte			V	H	Z	V	H	Z	V	H	Z	V	H
Futter	Weite	Höhe											
KF	40	0	64,80	7,08	4,85	77,73	13,08	6,34	75,88	14,68	4,91	69,52	12,43
		5	58,06	8,49	4,40	77,46	9,06	4,79	66,60	11,61	4,12	68,25	9,61
		10	56,99	5,55	3,71	67,40	9,66	3,11	63,62	7,65	4,34	62,89	9,86
		15	59,23	6,19	2,66	60,30	9,23	3,17	61,45	8,29	3,82	65,28	8,19
		20	60,21	12,47	2,39	60,86	10,50	3,01	61,66	6,82	3,34	61,25	7,96
	80	0	69,24	10,56	10,36	71,70	9,50	7,58	75,01	10,86	12,20	84,85	11,94
		5	67,65	9,20	6,39	68,71	10,48	7,57	71,30	10,70	11,57	77,27	11,87
		10	63,63	10,17	4,43	70,69	9,82	7,22	68,07	10,79	9,62	74,40	10,74
		15	64,20	8,62	4,81	67,59	8,22	5,96	66,34	10,43	9,38	64,92	9,77
		20	59,49	8,94	3,48	60,39	6,67	4,87	66,60	10,60	9,08	69,26	9,41
PE	40	0	67,83	9,75	5,72	60,25	10,41	3,99	69,17	11,65	4,76	70,89	11,76
		5	60,30	7,31	4,84	64,30	9,88	4,22	68,58	11,76	3,93	67,13	9,90
		10	58,64	6,56	3,14	61,43	8,72	4,20	64,13	9,53	3,74	64,32	8,94
		15	57,16	5,23	2,15	58,74	8,75	3,26	61,39	7,71	3,85	68,58	8,00
		20	59,42	5,44	2,16	56,72	8,36	3,24	56,45	6,80	3,71	63,11	7,85
	80	0	65,97	9,50	7,88	71,94	9,54	6,33	70,25	11,96	12,70	75,55	12,04
		5	66,68	9,46	7,59	72,10	10,47	5,64	68,56	11,34	10,68	80,07	10,96
		10	59,00	9,37	6,24	65,34	7,90	5,91	66,78	12,49	9,45	69,38	9,28
		15	62,73	8,46	3,24	60,92	6,62	5,39	67,53	12,09	9,29	71,18	8,96
		20	59,09	9,31	3,22	60,85	6,79	4,28	64,80	9,15	8,00	64,80	8,89

Abkürzungen:

Kräfte

Anbindevorrichtungen

Futter

V = vertikal, H = horizontal

V I = Vertikalanbindevorrichtung I,

Gh = Gelenkhalsrahmen

KF = Kraftfutter,

Z = Zugkraft

V II = Vertikalanbindevorrichtung II

Ha = Horizontalanbindung

PE = Grünmehlpellets

% KG = prozentuales Körpergewicht

Anbindevorrichtung			V I			V II			Gh			Ha	
Kräfte			V	H	Z	V	H	Z	V	H	Z	V	H
Futter	Weite	Höhe											
KF	40	0	68,54	14,02	6,84	68,22	14,49	5,27	67,12	13,52	6,79	69,23	14,14
		5	65,44	13,37	6,12	68,31	14,73	4,89	67,54	13,97	6,24	67,78	13,54
		10	62,37	14,12	5,79	67,54	13,88	4,63	66,68	13,63	5,83	67,91	13,21
		15	61,74	13,68	5,21	66,73	13,64	4,21	65,31	12,84	5,17	65,34	13,67
		20	61,18	12,94	4,83	66,21	13,71	4,17	64,79	12,07	4,74	64,82	12,98
	80	0	73,64	17,65	9,12	72,05	19,24	8,52	75,55	20,24	9,54	78,21	20,81
		5	71,28	17,31	8,74	70,84	18,38	7,93	70,21	19,81	8,88	71,13	19,13
		10	68,32	17,22	8,33	70,61	18,42	7,21	69,34	17,98	8,03	70,71	19,74
		15	62,14	16,03	7,21	69,53	17,55	6,54	69,42	17,65	7,42	68,24	18,02
		20	63,68	16,58	6,98	68,76	17,02	5,88	68,21	18,02	7,48	68,43	17,98
PE	40	0	65,42	13,67	6,32	66,61	14,98	6,11	64,21	17,31	6,54	65,14	15,21
		5	64,78	13,73	6,29	66,17	15,21	5,78	65,13	17,48	5,93	64,11	14,39
		10	64,71	13,64	5,74	65,21	15,03	5,51	64,47	16,74	5,68	63,31	14,11
		15	63,95	13,78	5,21	64,58	14,84	5,17	63,89	15,63	5,34	63,87	14,34
		20	64,12	13,42	4,95	64,51	14,63	4,71	63,41	14,68	5,02	63,54	14,04
	80	0	71,24	17,89	8,72	70,32	17,34	8,12	77,43	18,22	9,18	73,40	18,17
		5	69,32	17,02	8,13	70,54	17,58	8,14	70,18	16,91	8,88	69,21	17,22
		10	69,58	16,31	7,48	70,12	16,74	7,22	69,49	16,34	8,02	69,57	17,54
		15	68,72	16,34	6,74	68,21	15,73	6,94	67,21	16,04	7,37	67,61	17,68
		20	67,13	15,22	5,88	67,39	15,89	5,71	67,53	14,31	6,94	67,21	16,42

Abkürzungen:

Kräfte

Anbindevorrichtungen

Futter

V = vertikal, H = horizontal

V I = Vertikalanbindevorrichtung I,

Gh = Gelenkhalsrahmen,

KF = Kraftfutter,

Z = Zugkraft

V II = Vertikalanbindevorrichtung II

Ha = Horizontalanbindung

PE = Grünmehlpellets

% KG = prozentuales Körpergewicht

Tab.9/17: Mittelwerttest: Aufstehen-Gesamtbelastung Position 4

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Krippenhöhe

Anbindevorrichtung		V			Gh			Ha		
Test Krippenhöhe		0/15	0/25	15/25	0/15	0/25	15/25	0/15	0/25	15/25
Tier	D	-	-	-	++	-	++	-	+	++
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	+	-	+	-	-	-	-	+	+

Unterschied Anbindevorrichtung

Krippenhöhe		0			15			25		
Test Anbindevorrichtung		V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha
Tier	D	-	-	+	-	-	+	++	-	++
	E	-	-	-	-	++	-	-	-	-
	F	++	-	-	+	+	-	-	-	-

Unterschied Tier

Krippenhöhe		0			15			25		
Test Tier		D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F
Anbindevorrichtung	V	-	++	+	++	++	++	++	++	++
	Gh	++	++	+	++	++	-	++	++	-
	Ha	++	++	+	++	++	+	++	++	++

Abkürzungen: Vergl. Tabelle 9/11

Tab.9/18: Mittelwerttest: Abliegen-Gesamtbelastung Position 4

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Krippenhöhe

Anbindevorrichtung		V			Gh			Ha		
Test Krippenhöhe		O/15	O/25	15/25	O/15	O/25	15/25	O/15	O/25	15/25
Tier	D	++	-	-	++	++	++	++	++	+
	E	-	+	++	-	++	++	++	-	-
	F	-	++	-	+	++	+	-	-	-

Unterschied Anbindevorrichtung

Krippenhöhe		O			15			25		
Test Anbindevorrichtung		V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha
Tier	D	-	+	+	-	-	-	+	-	-
	E	-	+	++	-	++	++	-	++	++
	F	-	++	++	-	-	++	-	-	-

Unterschied Tier

Krippenhöhe		O			15			25		
Test Tier		D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F
Anbindevorrichtung	V	-	++	++	++	++	++	-	++	++
	Gh	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	Ha	-	++	++	++	-	-	-	++	-

Abkürzungen: Vergl. Tabelle 9/11

Tab. 9/19: Mittelwerttest: Aufstehen-Entlastungsphase

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Krippenhöhe

Anbindevorrichtung		V			Gh			Ha		
Test Krippenhöhe		O/15	O/25	15/25	O/15	O/25	15/25	O/15	O/25	15/25
Tier	D	-	-	-	+	++	-	-	-	++
	E	-	-	-	+	++	-	-	-	-
	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Unterschied Anbindevorrichtung

Krippenhöhe		O			15			25		
Test Anbindevorrichtung		V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha
Tier	D	++	-	++	-	-	-	-	-	-
	E	+	-	-	-	-	-	++	-	-
	F	++	-	-	++	-	-	-	-	-

Unterschied Tier

Krippenhöhe		O			15			25		
Test Tier		D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F
Anbindevorrichtung	V	-	++	++	-	++	++	-	+	++
	Gh	-	++	++	++	++	-	++	++	-
	Ha	++	-	-	-	+	-	+	++	-

Abkürzungen: Vergl. Tabelle 9/11

Tab. 9/20: Mittelwerttest: Abliegen-Entlastungsphase

- nicht signifikant, + signifikant, ++ hochsignifikant

Unterschied Krippenhöhe

Anbindevorrichtung		V			Gh			Ha		
Test Krippenhöhe		0/15	0/25	15/25	0/15	0/25	15/25	0/15	0/25	15/25
Tier	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	-	-	-	-	-	-	+	-	-

Unterschied Anbindevorrichtung

Krippenhöhe		0			15			25		
Test Anbindevorrichtung		V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha	V/Gh	V/Ha	Gh/Ha
Tier	D	-	-	-	++	-	-	-	-	-
	E	-	++	++	-	++	++	-	++	++
	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Unterschied Tier

Krippenhöhe		0			15			25		
Test Tier		D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F	D/E	D/F	E/F
Anbindevorrichtung	V	-	++	++	-	++	++	-	++	++
	Gh	++	++	++	+	++	++	-	++	++
	Ha	-	++	+	-	-	-	++	++	++

Abkürzungen: Vergl. Tabelle 9/11