

Technische Universität München
Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau

Wichtige Verhaltensparameter von Kühen
als Grundlage zur Verbesserung der Stalleinrichtung

Habilitationsschrift

zur Erlangung des Grades eines
habilitierten Doktors der Landwirtschaft (Dr. agr. habil)
für das Fachgebiet Landtechnik

vorgelegt von

Dr. agr. Josef C. W. Boxberger

Weißenstephan 1982

Sachverständigenrat:

- Vorsitzender: Prof. Dr. M. Kirchgeßner
1. Berichterstatter: Prof. Dr. H.-L. Wenner
2. Berichterstatter: Prof. Dr. W. Groth
3. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. H. H. Sambras

© 1983 by Landtechnik Weihenstephan

Nachdruck auch auszugsweise, Wiedergabe, Vervielfältigung und Übersetzung nur mit Genehmigung der Landtechnik Weihenstephan.

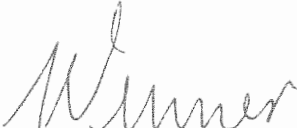
Selbstverlag im Eigenvertrieb: Landtechnik Weihenstephan
Vöttlinger Str. 36
8050 Freising

Vorwort

Die Einrichtung von Milchviehställen basiert in ihrer heutigen Form weitgehend auf Erfahrungswerten. Mit steigenden Anforderungen an die Leistung der Kühe bedarf es aber einer wesentlich besseren Anpassung aller Stall-einrichtungen an die jeweiligen Bedürfnisse der Tiere; denn nur dann lassen sich Verletzungsgefahren oder sogar Tierschäden vermeiden. Derartige Maßnahmen führen außerdem zu einer höheren Leistungsbereitschaft der Tiere und einer besseren Lebensleistung. Eine optimale Anpassung aller technischen und baulichen Einrichtungen an das Tier setzt aber umfangreiche Kenntnisse über die grundlegenden Anforderungen der Kühe an ihre Stallumwelt, insbesondere an die Gestaltung und Ausführung aller Einrichtungen voraus.

Mit den Arbeiten des Sonderforschungsbereiches 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" konnte eine wesentliche Anhebung des Erkenntnisstandes auf diesem Gebiet erreicht werden. Verschiedene Teilprojekte boten die Möglichkeit, die Ansprüche fressender, trinkender, ruhender bzw. sich bewegender Kühe zu untersuchen und entsprechende Kennwerte zu ermitteln.

Die vorliegende Arbeit versucht, die Fülle der gewonnenen Einzelergebnisse mit den Ergebnissen anderer Autoren zu ergänzen und zu vergleichen, um optimale Werte für den Kurzstandanbindestall und den Liegeboxenlaufstall zu erarbeiten und darzustellen. Dabei werden nicht nur Vorschläge zur technischen Ausführung der Einrichtung gemacht, sondern vor allem auch die kausalen Zusammenhänge aufgezeigt, auf denen die Einrichtungsvorschläge beruhen.



o. Prof. Dr. H.-L. Wenner

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	7
2. <u>Problematik</u>	8
3. <u>Ziel</u>	14
4. <u>Liegen, Aufstehen, Abliegen</u>	15
4.1 Flächenbedarf beim Liegen	15
4.1.1 Liegelänge	18
4.1.2 Liegebreite	20
4.2 Wärmeabgabe liegender Rinder	23
4.3 Kräfte beim Aufstehen und Abliegen	32
4.3.1 Durchschnittliche Maximalkräfte	40
4.3.2 Anzahl der Spitzen im Kräfteverlauf	42
4.3.3 Zeitdauer des Aufstehens und Abliegens	43
4.4 Raumansprüche beim Aufstehen	45
4.5 Einfluß der Anbindevorrichtung	48
4.6 Anforderungen an die Härte von Liegeflächen	54
5. <u>Futtermaufnahme</u>	67
5.1 Reichweiten	68
5.2 Bevorzugter Fraßbereich	73
5.3 Kräfteverhältnisse an den Vorderextremitäten während des Fressens	76
5.4 Krippen- und Fraßplatzgestaltung	82
5.4.1 Tiergemäße Krippenformen	83
5.4.2 Krippenfassungsvermögen	85
5.5 Fraßplatzgestaltung in Laufställen	88
6. <u>Trinkwasseraufnahme</u>	95
6.1 Trinkwasserbedarf	96
6.2 Trinkgeschwindigkeit	100
6.3 Trinkverhalten	102
6.4 Trinkwasserqualität	110
6.5 Tränkeeinrichtungen für Kurzstandenbinde- und Liegeboxenlaufställe	117

	Seite
7. <u>Abkoten und Harnen</u>	123
7.1 Tierverhalten	123
7.2 Berücksichtigung des Abkotverhaltens bei der Stand- und Boxengestaltung	127
8. <u>Laufen</u>	133
8.1 Laufstrecken und -zeiten	133
8.2 Bodenausführung und Kot-Harn-Beseitigung im Laufbereich	142
9. <u>Verhaltensangepaßte Kurzstandanbindestall- und Liege- boxenlaufstall-Einrichtung</u>	152
9.1 Kurzstand	152
9.2 Liegeboxenlaufstall	156
10. <u>Zusammenfassung</u>	160
11. <u>Literaturverzeichnis</u>	163
12. <u>Anhang</u>	175

1. Einleitung

Moderne landwirtschaftliche Produktionsverfahren werden in zunehmendem Maße von außerökonomischen Zwängen eingeengt. In der Tierproduktion sind zu den wirtschaftlichen Haupteinflußfaktoren Futterkosten, Kosten der Arbeitsleistung usw. Fragen der Umweltbeeinträchtigung und des Tierschutzes getreten, die heute weitgehend den Spielraum bei der Planung eines modernen Haltungsverfahrens mitbestimmen.

Den stärksten Eingriff in die Stallhaltungsverfahren unserer Nutztiere löste jedoch die ökonomische Notwendigkeit der Steigerung der Arbeitsproduktivität aus. Als offensichtlichstes und bis heute noch tiefgreifendstes Symptom ist die einstreuarmer und einstreuloser Haltung zu nennen. In den ersten Entwicklungsjahren der neuen Stallformen mußten kurzfristig Erkenntnisse und Hinweise zur Verbesserung bereitgestellt werden. Das war nur möglich, indem in bereits in Betrieb befindlichen neueren Stallungen die ersten Erfahrungen gesammelt wurden, um auf dieser Basis Fehlerquellen herauszufinden.

Diesem Vorgehen konnte nur ein Teilerfolg beschieden sein, weil der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung verborgen blieb, was sich auch dadurch äußerte, daß die Behebung einer Schadensquelle vielfach neue Probleme auslöste.

Die ersten grundlegenden Versuche zur Ermittlung der Anforderungen der Tiere benutzten die Tierleistung als Parameter. Es zeigte sich jedoch, daß dieser Parameter allein nicht ausreichen konnte. Zu sehr überlagern andere Einflüsse die ursächlichen. Dazu haben Rinder offensichtlich auch noch ein gewisses Puffervermögen, das eine zeitliche Verzögerung auslöst und die Beweisführung erschwert. Als empfindlicher ansprechender Indikator bietet sich das Tierverhalten an, wobei auch hier besonders in der methodischen Entwicklungsarbeit nötig war, um von der visuellen Einzelbeobachtung zur statistisch verwertbaren Serienregistrierung zu kommen.

Die Arbeiten konnten jedoch nicht auf die Verhaltensregistrierung beschränkt bleiben. Unter Zuhilfenahme moderner Meßmethoden mußten mechanische,

thermische und auch physiologische Veränderungen erfaßt und in Relation zum Tierverhalten gebracht werden, um so eine Verfeinerung der Aussagen herbeizuführen.

2. Problematik

Mit den neueren arbeitssparenden Stallformen kam es zu einer Veränderung des unmittelbaren Lebensraumes der Kühe, gekennzeichnet durch Bewegungseinschränkung und Steuerung sowie dem verstärkten Einsatz der Technik beim Melken und bei der Stallklimatisierung. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Problemen der Stand-, Boxen-, Laufflächen und Freßplatzgestaltung bzw. den Anforderungen, die von den Kühen an diese Stalleinrichtungsteile gestellt werden.

Die Folge von nicht ausreichend den Anforderungen der Kühe angepaßten Stalleinrichtungen sind u. a. Verletzungen und Erkrankungen. Diese Art von Schäden wird kurzfristig bemerkt, und es wird auch nach Abhilfe gesucht. Vielfach fehlt es jedoch an der Kenntnis der Ursachen und der Zusammenhänge. Das geht indirekt auch aus einer Untersuchung der Problemsituation in landwirtschaftlichen Betrieben hervor (BURGER u. MÜLLER, 1978). Landwirte stufen die Schwierigkeiten der Gesunderhaltung des Tierbestandes besonders hoch ein (Tab. 1).

Tab. 1: Auswahl der beiden wichtigsten Problemfelder aus vorgegebenen Bereichen, Ergebnisse einer Befragung (129 Befragte - 100 %) (BURGER u. MÜLLER, 1978)

	Nennungen	%
Tierkrankheiten	34	26,5
Umweltschutz	27	22,5
Technische Probleme bei Bauten	10	7,5
Vereinfachung der Arbeit durch Technik	7	5,5
Technische Probleme bei Maschinen	5	4,0
Wetterforschung u. a.	2	1,5

Besonderes Interesse verdient dabei, daß die technischen Probleme bei Bauten einen deutlich geringeren Stellenwert haben. Das mag paradox erscheinen angesichts der später noch darzustellenden Zusammenhänge zwischen Stalleinrichtung und Schäden.

Folgende Gründe wären hierfür denkbar:

1. Die eigentlichen Schadensquellen werden - sofern es sich um Verletzungen und Erkrankungen, die von der Stalleinrichtung ausgehen - nicht erkannt.
2. Die Beseitigung der Schadensquellen verursacht einen zu hohen Aufwand.
3. Die dadurch verursachten permanenten Leistungseinbußen werden unterschätzt.

Die erstgenannte Situation muß Anlaß geben, die Beziehungen zwischen Stallbaufehlern und Verletzungen deutlich zu machen, um so die Voraussetzung für die Abhilfe zu schaffen. Aus dem zweiten Fall wäre abzuleiten, daß jede Schadensquelle - wenn irgend möglich - zu beseitigen ist und daß alles getan werden muß, um Fehler bereits im Informations- und Planungsstadium vor einer Neubaumaßnahme auszuschalten.

Weniger Problembewußtsein scheint man dagegen hinsichtlich der versteckten, meist dauerwirksamen Schadensquellen und deren Folgen entgegenzubringen.

SOMMER und KOWERTZ (1975) weisen aber darauf hin, daß "infolge zunehmender Krankheits- und Abgangsraten unserer Kühe die Durchschnittskuh in der BR Deutschland nicht einmal vier Laktationsabschlüsse erreicht". Die Analyse der Altersverteilung der Kühe deckt darüber hinaus auf, daß die Zahl der Kühe mit einem Alter von mehr als sechs Jahren von 1967 bis 1977 um 10 % gesunken ist (Abb. 1).

Demgegenüber kommt ZEDDIES (1976) in einer Untersuchung über die optimale Nutzungsdauer einer Milchkuh zu dem Schluß, daß die optimale wirtschaftliche Nutzungsdauer mit der maximal möglichen zusammenfällt, daß also eine möglichst lange Nutzung anzustreben ist.

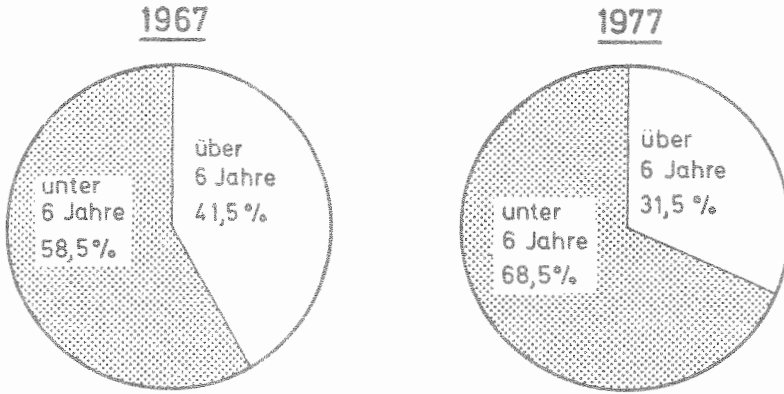


Abb. 1: Vergleich der Altersverteilung der unter Milchleistungsprüfung stehenden Kühe (aus RINDERPRODUKTION, 1977)

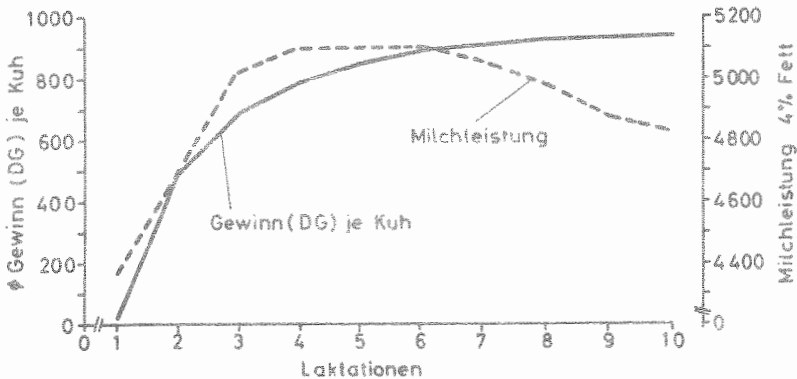


Abb. 2: Gewinnentwicklung (Durchschnittsgewinn, DG) und Milchleistung einer Milchkuh in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (nach ZEDDIES, 1976)

Wenn eine wesentliche Erhöhung der durchschnittlichen Nutzungsdauer von Milchkühen zumindest wie im vorliegenden Beispiel mit einer Jahresmilchleistung von ca. 5000 kg von vier bis fünf auf über acht Jahre erforderlich erscheint,

so wird offensichtlich, daß auch nach zunächst nicht erkennbaren Schadensursachen intensiv geforscht werden muß.

Eine Analyse der Abgangsursachen kann darüber Aufschluß geben, welchen Einfluß Krankheiten und hier wiederum umweltbedingte Schäden haben (Abb. 3). Nahezu die Hälfte der Abgänge sind in Krankheiten begründet, wobei Infektions-, Stoffwechsel- und Euterkrankheiten nur sehr begrenzt auf mangelhafte Stallumweltbedingungen zurückzuführen sind. Klauen- und Gliedmaßenkrankheiten werden dagegen nahezu ausschließlich von mangelhaften Stallbauteilen verursacht. SCHUBERT (1979) differenziert hier allerdings zwischen Anbinde- und Laufstall. Während in seiner Analyse im Anbindestall der Anteil der veterinärmedizinischen Behandlungen von Klauen und Gliedmaßen bei 10 % liegt, beträgt er beim Laufstall etwa 27 %.

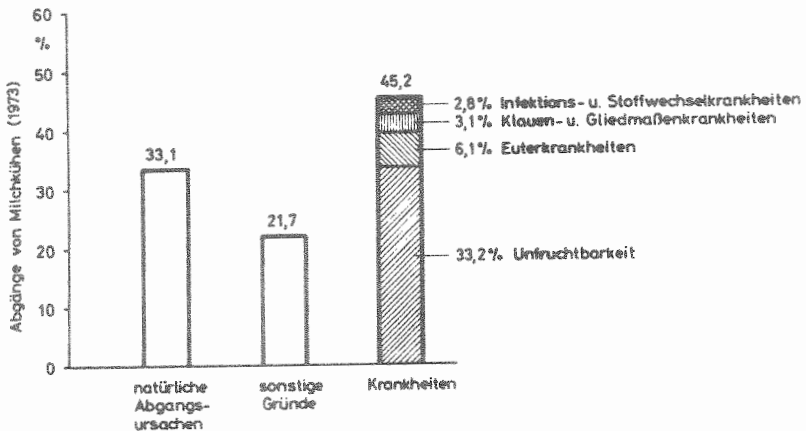


Abb. 3: Verteilung der Abgangsursachen im Jahr 1973 (nach SOMMER, 1976)

Etwa ein Drittel der krankheitsbedingten Abgänge wurden durch Unfruchtbarkeit ausgelöst. Eine eindeutige Zuordnung zu Stallbaufehlern läßt sich in diesem Punkt nur schwer herstellen. SOMMER (1976) kommt aber in seiner Analyse zu dem Schluß, daß es sich bei der geringen Nutzungsdauer weder um ein allein veterinärmedizinisches noch um ein genetisches Problem handelt,

sondern darum, daß die Umweltbedingungen (Fütterung und Haltung) nur unzureichend den Leistungen der Tiere angepaßt werden.

In einer veterinärmedizinischen Untersuchung in 55 Milchviehbetrieben mit insgesamt 1658 Kühen registrierten GROTH und EICHLER-STEINHAUFF (1978) in 72 % der untersuchten Betriebe mit Einzelhaltung wenigstens einen Schaden; bei Laufstallhaltung waren es dagegen nur 25 %. Den höchsten Anteil an schweren Schäden stellten bei der Einzelhaltung die Zitzenverletzungen, bei Laufstallhaltung die Klauenverletzungen.

Tab. 2: Prozentuale Verteilung der Schäden an Milchkühen auf die verschiedenen Körperregionen, Ergebnis aus 55 Milchviehbetrieben mit 1658 Kühen (GROTH und EICHLER-STEINHAUFF, 1978)

	alle Betriebe		Einzelhaltung		Laufställe	
	a	b	a	b	a	b
Carpus	3,7	18,5	4,5	22,9	2,1	9,2
Tarsus	6,4	41,7	5,6	44,3	7,9	33,4
Euter	6,9		8,4		3,8	
Klauen	4,4	25,2	2,5	25,5	8,4	37,2
Becken	3,2		1,0		7,9	
Nacken	2,5		1,3		5,0	
Triel	1,9		1,2		3,3	
Schulter	0,1		0,2		0	

a) schwere Schäden b) alle Schäden

Schäden im Karpal- und Tarsalbereich werden auf Härte, Nässe, Verschmutzung und Glätte des Bodens sowie auf eine zu tiefe Krippensohle zurückgeführt (GROTH, 1978; GROMMERS u. a., 1972; ZEEB, 1968; MATZKE u. KOLLER, 1971). Hauptursachen für Euterschäden werden in der zu straffen Anbindung, in zu knappen Standmaßen oder zu hohen Krippenwänden gesehen. Klauenschäden kommen bei Anbindehaltung vom Stehen auf Kanten (Kotstufe, Gitterrost), von Nässe und auch von fehlerhafter Klauenpflege.

In Liegeboxenlaufställen häufen sich die Schäden an den Klauen, im Tarsal-, Becken- und Nackenbereich. Auch hierzu geben verschiedene Autoren Hinweise über die häufigsten Fehlerquellen (Tab. 3).

Tab. 3: Haltungsbedingte Schäden bei Milchvieh in Liegeboxenlaufställen und deren Ursachen (nach GROTH, 1978; GRAVERT, 1977; MATZKE und KOLLER, 1971)

Körperregion	Hauptursachen
Klauen	Verschmutzung, unebene Laufflächen, Spaltenbodenabmessungen
Carpus/Hüfte	knappe Boxenmaße, Seitenabtrennungen
Euter	knappe Boxenmaße

Diesen offen zu Tage getretenen Schäden stehen Schäden gegenüber, die nicht zu sehen sind und in der Leistung verzögert oder gar nicht bemerkt werden. Die Belastungen der Klauen haben sicher lange bevor der Schaden veterinärmedizinisch diagnostiziert wird, den Tieren Schmerzen bereitet, die wiederum die Leistung beeinträchtigen. GRÄNZER (1981) schildert ein Beispiel aus der Bullenmast, in dem mangelhafte Spaltenböden allein durch Minderzunahmen eine Ertragseinbuße von 16 000 DM (150 Mastplätze) verursacht haben. Welche verdeckten Probleme mag es da in den Milchviehlaufställen geben, in denen die Kühe oft lange Zeit mit Einrichtungsfehlern leben müssen, ehe diese anlässlich einer Behandlung entdeckt und abgestellt werden?

Die gezeigten Probleme erfordern eine intensive Weiterentwicklung an den Stalleinrichtungen. Die Schäden machen es aber zunächst nicht erforderlich, die heute im Vordergrund stehenden Stallsysteme generell in Frage zu stellen. Nach COMBERG (1974) soll aber nicht nur die Ernährung, sondern auch die Haltung optimal sein. Nur so ist "die nach züchterischen Maßnahmen erreichte genetische Veranlagung voll auszuschöpfen. In den letzten Jahrzehnten mit der schnellen Entwicklung der Haustierbestände zu Populationen mit hohen Leistungsveranlagungen läßt sich feststellen, daß die Tierernährung stärkere Fortschritte zum Optimum hin gemacht hat als die Haltung".

3. Ziel

Der Bezug zwischen Schäden und Ursachen muß nicht notwendigerweise bedeuten, daß damit bereits Hinweise auf Abhilfe vorliegen. Dazu sind die Wechselwirkungen zwischen Tier und Stalleinrichtung zu ausgeprägt. Eine Veränderung zieht meistens ungewollte Folgen nach, so daß die sichere Schadensverhütung dort, wo meßbare Größen zu ermitteln sind, am schnellsten über die Feststellung der Anforderungen des Tieres zu erreichen ist. Das Ziel diesbezüglicher Bemühungen muß daher lauten, zunächst die Ansprüche der Kühe mit Maß und Zahl zu belegen. Da die zu erwartenden Ergebnisse in Teilbereichen eine gegenläufige Tendenz aufweisen können, gilt es zudem, Kompromisse zu ermitteln, die die verschiedenen Ansprüche akzeptabel vereinen.

Als Ausgangsbasis werden Daten über Tier und Tierverhalten benötigt. Um zu einrichtungsspezifischen Erkenntnissen zu gelangen, müssen diejenigen Teilbereiche des Tierverhaltens einer genaueren Analyse unterzogen werden, die unmittelbar mit dem betreffenden Teil der Stallmöblierung in Zusammenhang stehen. Für die Dimensionierung von Stand- und Liegeflächen müssen z. B. die essentiellen Liegeformen bekannt sein. Mit Hilfe von Tierkörperdaten lassen sich dann Liegelängen und Liegebreiten ermitteln. Zur Formulierung der Wärme- und Härteansprüche von Kühen an Liegeflächen muß die Reaktion der Tiere auf unterschiedliche thermische oder elastische bzw. plastische Bedingungen des Bodens untersucht werden, um daraus Grenzwerte für die Herstellung von Liegeflächenbelägen ableiten zu können.

Die exakte Formgebung von Stallbauteilen, die einerseits die Bewegungsabläufe der Kühe behindern, andererseits aber unbedingt erforderlich sind (z. B. Anbindevorrichtungen, Krippen, Trennrahmen), setzt Messungen des Verlaufes der Bewegung und der Kräfte während der Bewegung voraus. Aus den Messungen wird dann der Einfluß der Behinderung ersichtlich. Aus den einzelnen Werten müssen wiederum Belastungsgrenzwerte festgelegt werden.

Zur Gestaltung des Freßbereiches und hier vor allem der Krippen müssen horizontale und vertikale Reichweiten von Kühen gemessen und mit den Belastungen der Vorderextremitäten in Zusammenhang gebracht werden.

Bei Tränkeeinrichtungen konnte bisher nur eine unzureichende Anpassung an die artspezifischen Bedürfnisse bei der Trinkwasseraufnahme erfolgen, weil Grunddaten nicht verfügbar waren oder die Bedeutung der richtigen Trinkwasserversorgung unterschätzt wurde. Das Ziel muß hier sein, aus den verschiedenen Untersuchungen und Ergebnissen Vorschläge für die artgemäße und leistungsangepaßte Trinkwasserversorgung zu entwickeln.

Aus dem Verhalten beim Abkoten und Harnen ist zu ermitteln, welche Möglichkeiten für steuernde Einflußnahmen zur Stand- und Boxensauberhaltung bestehen. Darüber hinaus können für Laufställe Hinweise zur Entmistung im Freß- und Liegebereich erarbeitet werden. Im Zusammenwirken mit den Erkenntnissen über das Laufverhalten sind dann Vorschläge für "klauenfreundlichere" perforierte Laufflächen abzuleiten.

Das Gesamtziel besteht darin, aus diesen Teilschritten Hinweise zur verhaltensangepaßten Einrichtung von Kurzständen und Liegeboxenlaufställen nach dem derzeitigen Kenntnisstand zu entwickeln, um so aufgrund der verbesserten Stallumwelt zu einer möglichst ungehinderten Entfaltung der Lebensleistung der Kühe beizutragen.

4. Liegen, Aufstehen und Abliegen

Untersuchungen an liegenden, aufstehenden und abliegenden Kühen liefern Erkenntnisse über den Flächenbedarf von Anbindeständen und Liegeboxen, über die Fußbodenausführung und über den Einfluß eventueller Hindernisse wie Anbindevorrichtungen und Krippen.

4.1 Flächenbedarf beim Liegen

Erwachsene Rinder richten sich ihren Liegeplatz nach rangabhängigen Sozialabständen ein. Aus dem Liegeflächenbedarf und der Abstandsfläche ergibt sich dann z. B. auf der Weide ein Flächenbedarf von ca. $5 \text{ m}^2/\text{Kuh}$ (ZEEB, 1981).

In den modernen Stallsystemen wird den Kühen aber ein Liegeplatz zugewiesen oder angeboten, auf dem das Tier von sozialen Auseinandersetzungen weitgehend

oder gänzlich verschont bleibt. Der Flächenbedarf richtet sich dann nach der Tiergröße und den erforderlichen Liegepositionen.

KÄMMER unterscheidet 26 Liegeformen und gruppiert im Hinblick auf die rechteckige Liegefläche im Stall nach kurzen, langen, schmalen und breiten Liegeformen (Tab. 4 und 5, Abb. 4).

Tab. 4: Häufigkeit kurzer und langer Liegeformen auf der Weide (2242 beobachtete Positionen) (nach KÄMMER, 1981)

Liegeform	Merkmal	Anteil ca.
untergeschlagene Vordergliedmaßen, Karpalgelenke extrem gebeugt, Karpalgelenke liegen auf der Unterlage	kurz	85 %
eine oder beide Vordergliedmaßen nach vorn gelegt, Klauen liegen auf der Unterlage	lang	15 %

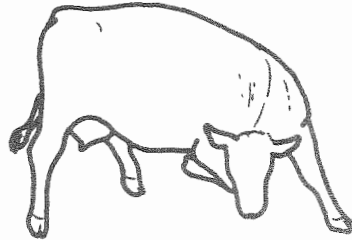
Tab. 5: Häufigkeit schmaler und breiter Liegeformen auf der Weide (2242 beobachtete Positionen) (nach KÄMMER, 1981)

Liegeform	Merkmal	Anteil ca.
innere Hintergliedmaße ist am Körper angelegt oder max. bis 45° abgestreckt, Sprunggelenk gebeugt	schmal	35 %
innere Hintergliedmaße $45 - 90^{\circ}$ vom Rumpf abgestreckt, Sprunggelenk gestreckt	breit	65 %

Vordergliedmaßen nach vorne gelegt



**schmal: innere Hinter-
gliedmaße angelegt**

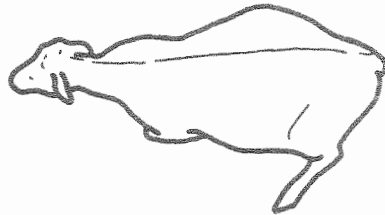


**breit: innere Hinter-
gliedmaße abgestreckt**

Vordergliedmaßen untergeschlagen



**kurz: Kopf
zurückgelegt**



**lang: Kopf
vorgestreckt**

Abb. 4: Liegeformen (nach KÄMMER u. SCHNITZER, 1975)

KÄMMER sieht ein normales Liegeverhalten für gegeben, wenn alle Liegeformen auftreten, der Anteil langer Formen mindestens ein Zehntel und der Anteil breiter Formen mindestens die Hälfte der Formen ausmacht. Neben den in den Tabellen angeführten Formen gibt es Formen minimaler Länge und Breite, die jedoch bei der Stand- oder Liegeflächenbemessung keine Schwierigkeiten bereiten. Anders ist es mit dem gegenteiligen Extrem, der Seitenlage mit nach vorn aufgelegtem Kopf und abgestreckten Gliedmaßen. Diese Form stellt das Maximum an Breiten- und Längenforderungen dar (SCHNITZER, 1971).

Das Rechteck der den Kühen zugeordneten Liegefläche ist zum Teil nach allen Seiten begrenzt (Beispiele: vorne Kurzstankrippe, Kopfkasten; seitlich Trennrahmen; hinten Abschlußbalken oder Stufen). Sieht man von der hinteren Begrenzung ab, so dienen derartige Einrichtungen zur Steuerung der liegenden und stehenden Kühe zum Ziele der Standsauberhaltung, aber auch zur Liegeflächensicherung der Nachbarkühe. Die Standsauberhaltung ist auch hauptsächlich der Grund für das Bestreben nach Minimalmaßen.

4.1.1 Liegelänge

Die Liegelänge ist der Maximalabstand der Bodenberührungsfläche in der Körperlängsachse bei untergeschlagenen Vordergliedmaßen. Die richtige Übertragung der Liegelänge auf Stand- oder Boxenformen setzt voraus, daß die Kuh nach dem Abliegen eine an den vorderen Karpalgelenken definierte Lage einnimmt (Abb. 5).

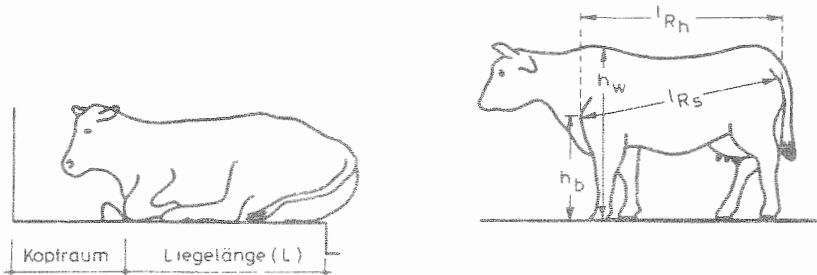


Abb. 5: Definition der Liegelänge (links); rechts: wichtige Körpermaße am Rind (nach METZNER, 1976), l_{RS} = schräge Rumpflänge, l_{RH} = horizontale Rumpflänge, h_w = Widerristhöhe, h_b = Bughöhe

WANDER (1975) errechnet die Liegelänge aus der horizontalen Rumpflänge (Abb. 5), indem er diesen Wert mit dem Faktor 0,95 multipliziert und 20 cm addiert:

$$L = 0,95 \cdot l_{RH} + 0,20 \quad (m)$$

Die horizontale Rumpflänge kann nicht rassenspezifisch angegeben werden, weil - mit Ausnahme besonders kleiner Rassen - die Schwankungen innerhalb der Rassen erheblich sind. So kommt METZNER (Tab. 6) beim Vermessen von 46 Fleckviehkühen auf eine Rumpflängendifferenz von 32,7 cm, WANDER (1967) beim

Vermessen von 42 schwarzbunten Kühen auf 22 cm. Messungen an einer Weihenstephaner Versuchsherde ergaben eine Differenz in der schrägen Rumpflänge von 28 cm. Die Werte (Abb. 6) waren normalverteilt ($\bar{x} = 153,081$ cm, Median = 153,25 cm, häufigster Wert: 151 cm).

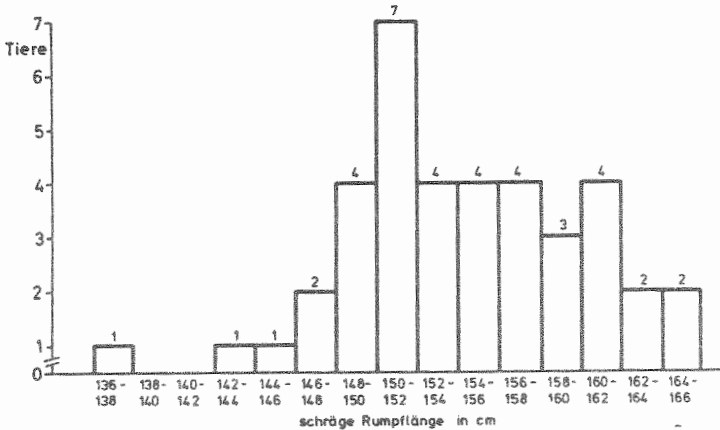


Abb. 6: Häufigkeitsanalyse der schrägen Rumpflänge von 37 Kühen (SB x HF, Fleckvieh, Kreuzungstiere)

Tab. 6: Tierkörperdaten von Fleckviehkühen (46 Kühe, Maße in cm) (METZNER, 1976)

	Umfang	Mittelwert	x_{\max}	x_{\min}
Widerristhöhe	46	129,64	141,00	122,50
Bughöhe	46	84,88	94,20	78,70
Rumpflänge (l_{RH})	46	157,40	173,80	141,10

Bei den Messungen von METZNER betrug die mittlere horizontale Rumpflänge 1,574 m. Der Maximalwert lag bei 1,738 m, der Minimalwert bei 1,411 m. Daraus kann nun die Spannweite der Liegelänge berechnet werden (Tab. 7).

Der Maximalwert der Liegelänge mit 1,85 m und die Differenz zum Minimalwert von 31 cm zeigen auf, wie wenig bedeutungsvoll es ist, Richtmaße der Liegelänge für einzelne Rassen anzugeben. Bei der Berechnung der Liegelänge sollte von der aufzustallenden Herde bzw. deren Rumpflängen ausgegangen werden.

Für die Ermittlung herdenspezifischer Liegelängen ist zu empfehlen, mittlere, große und kleine Tiere zu messen. Gemessen wird die schräge Rumpflänge (Abb. 5). Sie läßt sich nach ROHRER mittels des Faktors 0,97 in die horizontale Rumpflänge umrechnen. Zur Berechnung der Liegelänge mittels der schrägen Rumpflänge lautet die Formel dann:

$$L = 0,922 \cdot l_{RS} + 0,20 \quad (\text{m})$$

Tab. 7: Berechnung der Liegelänge für Fleckviehkühe (nach WANDER u. METZNER)

	Rumpflänge (l_{RH})	Liegelänge
Mittelwert	157,4 cm	1,69 m
Maximalwert	173,8 cm	1,85 m
Minimalwert	141,1 cm	1,54 m

In der Anwendung der ermittelten Werte muß zwischen Kurzständen und Liegeboxen unterschieden werden. Während Kurzstände in der Liegelänge unterschiedlich einzurichten sind, muß sich die Liegelänge der Liegeboxen an den Maximalwerten orientieren, weil unterschiedlich große Kühe einer Herde jede der Boxen aufsuchen können. Außerdem wird bei Liegeboxen ein Gesamtlängenmaß einschließlich Kopfraum angeführt. Es ist zu empfehlen, Liegefläche und Kopfraum zu differenzieren.

Mit den genannten bzw. zu berechnenden Abmessungen sind die mit ca. 85 v. H. (Tab. 4) beteiligten kurzen Liegeformen möglich. Bei den langen Liegeformen strecken die Kühe eine Vordergliedmaße oder auch beide Vorderextremitäten nach vorne. Dazu sollte sowohl im Kurzstand als auch in der Liegeboxe Platz vorhanden sein.

4.1.2 Liegebreite

Wie bereits gezeigt, nehmen in den Beobachtungen von KÄMMER die breiten Liegeformen ca. 65 v. H. aller Beobachtungen ein. Dennoch kann die Liegebreite zunächst auf die schmalen Liegeformen eingerichtet werden, wenn man davon ausgeht, daß bei den breiten Liegeformen lediglich die innere Hintergliedmaße zwischen 45° bis 90° vom Rumpf abgestreckt ist. Diese Lage ist immer dann möglich, wenn die Stände oder Boxen im Bereich der hinteren Extremitäten

frei von festen Begrenzungen sind. Andererseits muß die Liegebreite auch wegen der Standsauberhaltung begrenzt sein (vergl. Kap. 7).

Hinsichtlich der Liegebreite geht WANDER (1975) zunächst von der Schulterbreite aus und multipliziert diesen Wert mit dem Faktor 2. Die Schulterbreite nimmt mit dem Lebensalter der Rinder zu (Abb. 7 und Tab. 8).

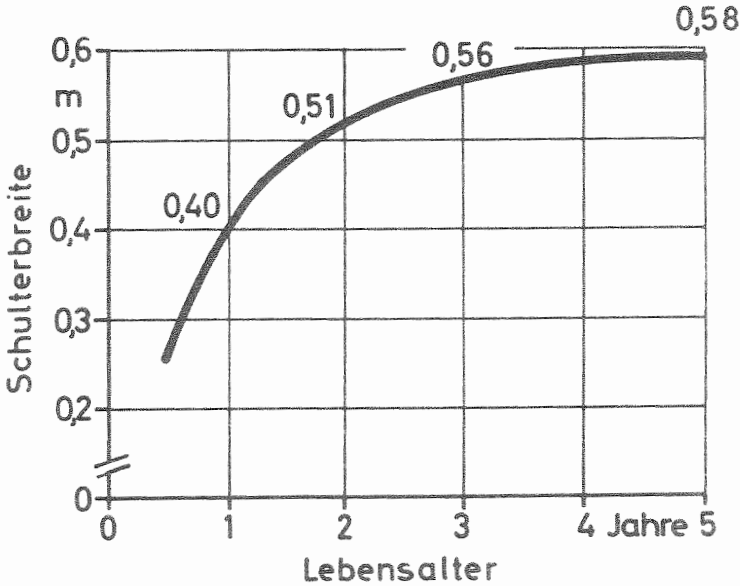


Abb. 7: Entwicklung der Schulterbreite beim schwarzbunten Niederungsvieh (nach WANDER, 1975)

Tab. 8: Schulterbreite und Liegebreite (nach WANDER, 1975)

	Schulterbreite	Liegebreite
Färse ca. 2 Jahre	0,51 m	1,02 m
Jung-Kuh ca. 3 Jahre	0,56 m	1,12 m
Alt-Kuh ca. 5 Jahre	0,58 m	1,16 m

Aus einem Wahlversuch von WANDER (1976) ist abzuleiten, ob Kühe breite oder lange Liegeflächen bevorzugen oder ob mangelnde Liegeflächenbreite durch erhöhte Liegeflächenlänge ausgeglichen werden kann (Abb. 8). In diesem Versuch waren Boxenlängen von 2,10 m, 2,30 m und 2,50 m und Boxenbreiten von 1,05 m und 1,20 m zur Verfügung. Die 1,20 m breiten Boxen wurden im Mittel deutlich häufiger zum Liegen genutzt. Das gilt auch für den direkten Vergleich bei unterschiedlicher Boxenlänge. Aus der Gegenüberstellung der kürzeren (2,10 m), aber 1,20 m breiten Boxe mit der längeren (2,30 m), aber nur 1,05 m breiten Boxe ist eine Bevorzugung des reichlicheren Breitenmaßes abzuleiten. Ähnliches zeigt der Vergleich der 2,5 x 1,05 m Boxe mit derjenigen mit 2,3 x 1,2 m.

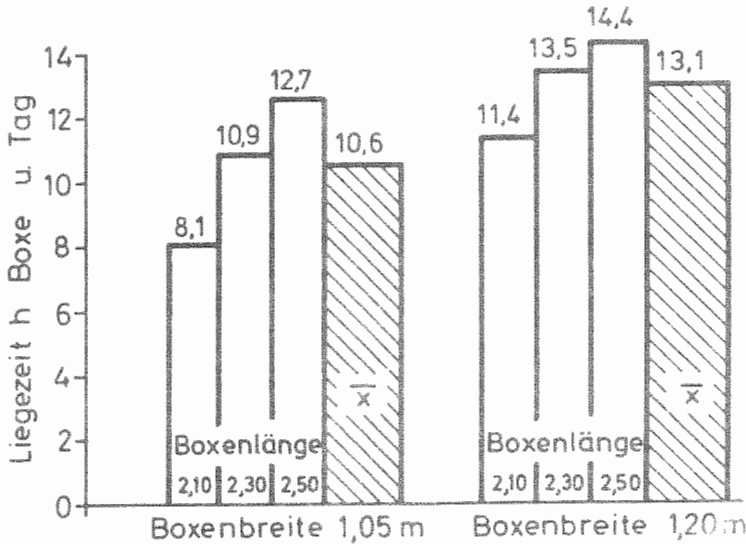


Abb. 8: Wahlversuch mit unterschiedlichen Boxenlängen und -breiten (20 Kühe, 24 Liegeboxen) (WANDER, 1976)

Der Wahlversuch bestätigt die Bedeutung der Liegebreite für die Kühe. Es wird aber auch deutlich, daß die Liegebreite nicht durch größere Liegelänge auszugleichen ist. Da in zahlreichen Betrieben Stand- und Boxenbreiten um 1,10 m und darunter liegen, muß zukünftig verstärkt auf die herdenspezifische

Abstimmung des Liegebreitenmaßes auf der Basis der Schulterbreite der Kühe geachtet werden.

4.2 Wärmeabgabe liegender Rinder

Von verschiedenen Autoren wurde bereits darauf verwiesen, daß die erhöhte Wärmeableitung nachteilige Auswirkungen auf die Leistung hat (BÄHR, 1967; KAUL, 1975).

Obwohl Rinder bei Wahlversuchen verformbare Streuschüttungen mit Sandanteil gegenüber harten wärmegeämmten Liegeflächen vorziehen (WANDER und FRICKE, 1974), reagieren sie offensichtlich doch auf eine Verschlechterung der thermischen Bedingungen auf der Liegefläche. LASSON (1976) hat auf von Jungrindern bevorzugten Liegeplätzen auf einer Auen-Weide mittels eines transportablen großflächigen Prüfheiz-Körpers den Wärmestrom gemessen (Abb. 9).

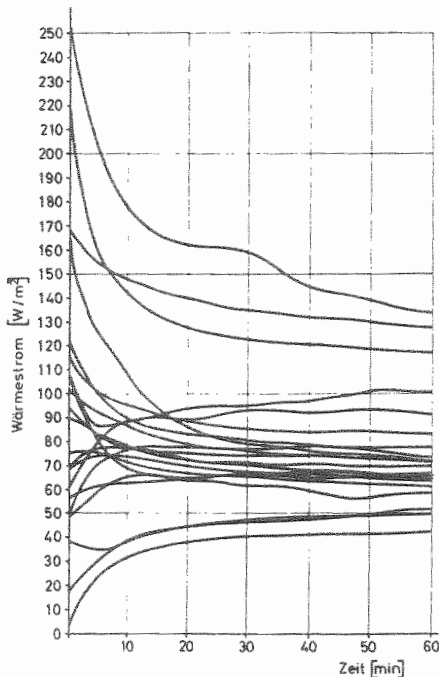


Abb. 9: Wärmestromverlauf bei Liegeflächen auf der Weide in W/m^2
(LASSON u. BOXBERGER, 1976)

Der Wärmestrom erreicht den konstanten Verlauf nach etwa 20 - 30 min, wobei die Werte dann zwischen ca. 40 bis 140 W/m² liegen. Besonders auffällig ist die Bündelung zwischen 60 und 100 W/m². Anscheinend hatten die Rinder doch eine beschränkte Möglichkeit zur Auswahl ihrer Liegeplätze nach thermischen Eigenschaften.

In einer weiteren Versuchsanstellung konnten auf einem Versuchsstand die Liegeflächentemperaturen stufenweise variiert (- 15 °C, - 4 °C, + 20 °C, + 35 °C, + 50 °C) und dabei der Wärmestrom zwischen Tier und Unterlage gemessen werden (Abb. 10).

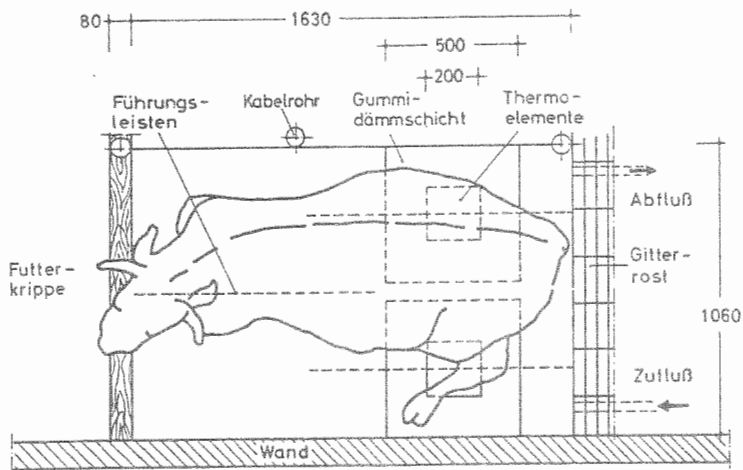


Abb. 10: Versuchsstand mit Bodenplatte für regulierbare Liegeflächentemperatur

Wegen des erheblichen Versuchsaufwandes mußten sich die Messungen auf sechs Rinder beschränken. Wie erst während bzw. nach der Auswertung festzustellen war, hatten zwei Tiere Verletzungen an den Klauen, die sich stark auf die Ergebnisse auswirkten, weswegen dann die weitere Auswertung unterblieb. Die nachfolgenden Ergebnisse stammen von einer zweieinhalbjährigen Kalbin (Abb. 11), deren Wärmestromkurven etwa denen der anderen Tiere entsprechen.

Bei -15°C bzw. -4°C (die tatsächlichen Bodentemperaturen lagen bei diesen Einstellungen ca. 2°C höher) steigt der Wärmestrom bei Beginn der Liegezeit zunächst auf 500 bis 600 W/m^2 an. Offensichtlich versucht nun das Tier, über thermoregulatorische Maßnahmen den Wärmeentzug zu drosseln. Das gelingt in der Größenordnung von 150 W/m^2 ; darüber hinaus sind anscheinend diese Möglichkeiten erschöpft. Da der Wärmeentzug dann immer noch sehr hoch ist, kommt es zu einem Abbruch der Liegezeit nach ca. 35 bzw. 65 min, also nach einer unterdurchschnittlichen Dauer der betreffenden Liegephase (vergl. Tab. 9).

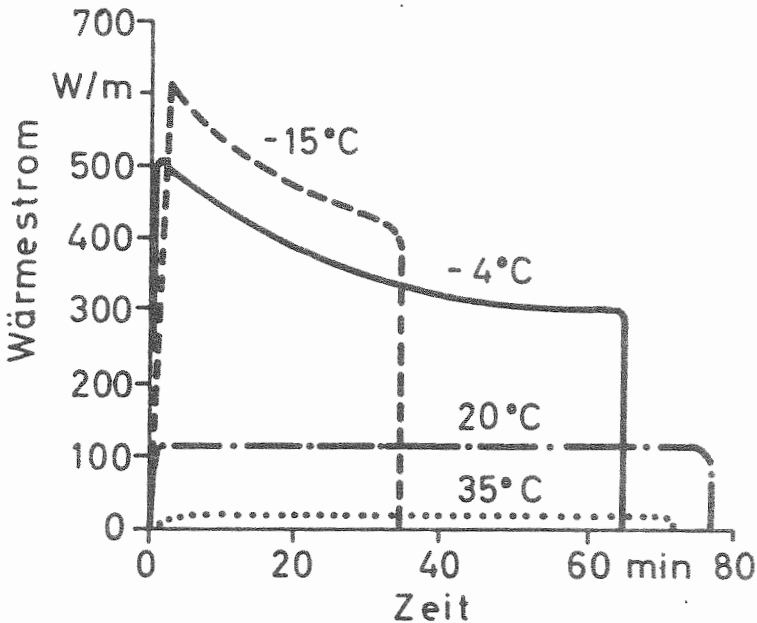


Abb. 11: Wärmestromverlauf vom Tier zur Liegefläche, gemessen in den verschiedenen Temperaturphasen (LASSON u. BOXBERGER, 1976)

Bei 20°C ist das thermoregulatorische Eingreifen offensichtlich nicht erforderlich. Der Wärmestrom mit ca. 120 W/m^2 wird als "normal" empfunden. Auch die Messungen an den anderen Tieren brachten für 20°C einen Wärmestrom von $100 - 120\text{ W/m}^2$.

Als Verhaltensparameter wurden in den Untersuchungen die Gesamtliegezeit und die einzelnen Liegephasen erfaßt. Geht man von der 15 bzw. 20 °C-Einstellung als Vergleichsbasis gegenüber den Literaturwerten aus, so zeigt sich in der Länge der Liegephasen eine weitgehende Übereinstimmung (Tab. 9 u. Abb. 12). Während die in der Literatur angegebenen Werte für die Liegephasendauer von 51 bis 87 min schwanken, liegen die Versuchswerte zwischen 59 und 88 min. Die tägliche Gesamtliegezeit ist in beiden Versuchsreihen mit Werten von 646 bis 899 min zum Teil deutlich höher als die Literaturwerte.

Im Vergleich zu den Liegezeiten in den extremen Einstellungen ergibt sich ein uneinheitliches Bild insbesondere bei + 35 °C. Hier sind die täglichen Liegezeiten teilweise noch höher als bei der 15 bzw. 20 °C-Einstellung. Bei den tiefen Liegeflächentemperaturen nimmt die tägliche Liegezeit auf bis zu 466 min ab.

Die Tiere vermögen also weder den zu hohen Wärmeabfluß auf ein erträgliches Maß zu drosseln, noch scheinen sie die bei hohen Temperaturen verminderte Wärmeabgabe bzw. die zusätzliche Wärmeübertragung ausgleichen zu können. Das äußert sich auch in der Darstellung der Liegephasen in den einzelnen dreitägigen Versuchsperioden. Bemerkenswert ist aber, daß sich ähnlich wie in dem gezeigten Beispiel (Abb. 13) der "Normalzustand" bei 20 °C auch bei den anderen Tieren wiederholt herstellen ließ.

Tab. 9: Gesamtliegezeit und Liegephasen

Autoren und Stallform	Gesamtliegezeit min/Tier und Tag	Liegephasendauer min	Liegephasenzahl
SÜSS u. a., 1976: Freß- und Liegeboxen	568	87	6,5
MEYER-ÖTTING, 1974; Anbindestall	632	71	8,9
WANDER, 1977: Freß- und Liegeboxen	633/648	51/69	12,4/9,4
ZIPS, BOCKISCH u. BOXBERGER, 1982: Liegeboxen	621	69,7	8,9
LASSON, 1976 (Versuch Versuchsreihe 1977)	829 700	82,4 63,58	10,1 11,1

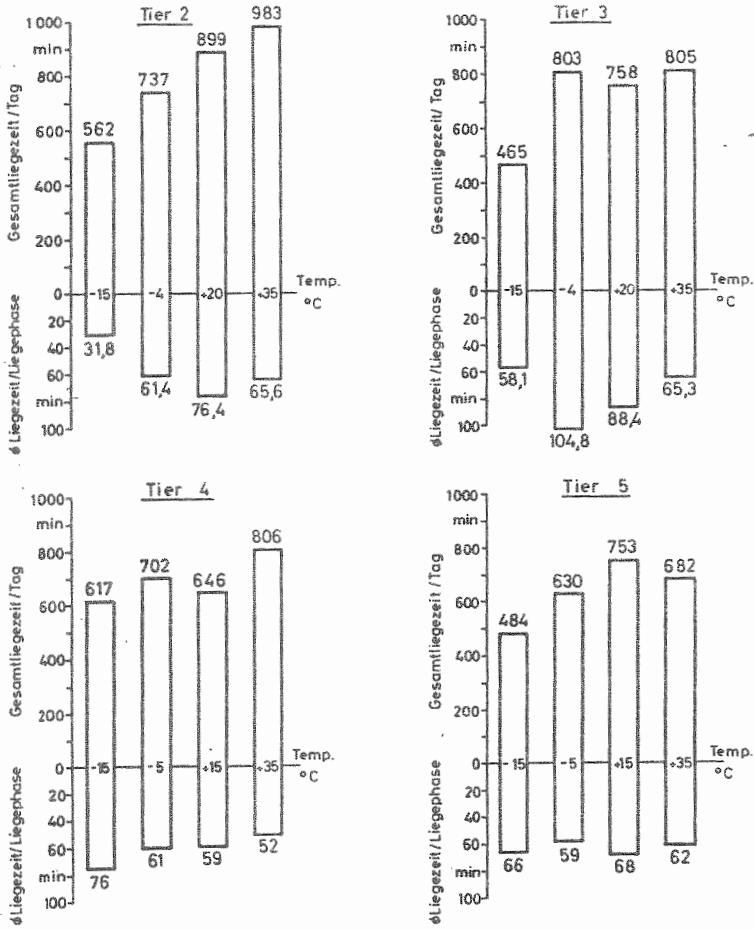


Abb. 12: Durchschnittliche Gesamtliegezeit und Liegephasendauer von vier Rindern bei unterschiedlicher Bodentemperatur

Die günstigsten Wärmestromverhältnisse sind erreicht, wenn der Wärmeabfluß in den Boden (und in die Stallluft) der Wärmeproduktion der Kühe entspricht. Die Wärmeproduktion hängt von der Milchleistung ab und schwankt nach WEBSTER

bei einem Lebendgewicht von 500 kg zwischen 14,5 und 24,8 kWh/Tag und damit auch der Wärmestrom auf der gesamten Körperoberfläche zwischen ca. 100 - 180 W/m² (Tab. 10).

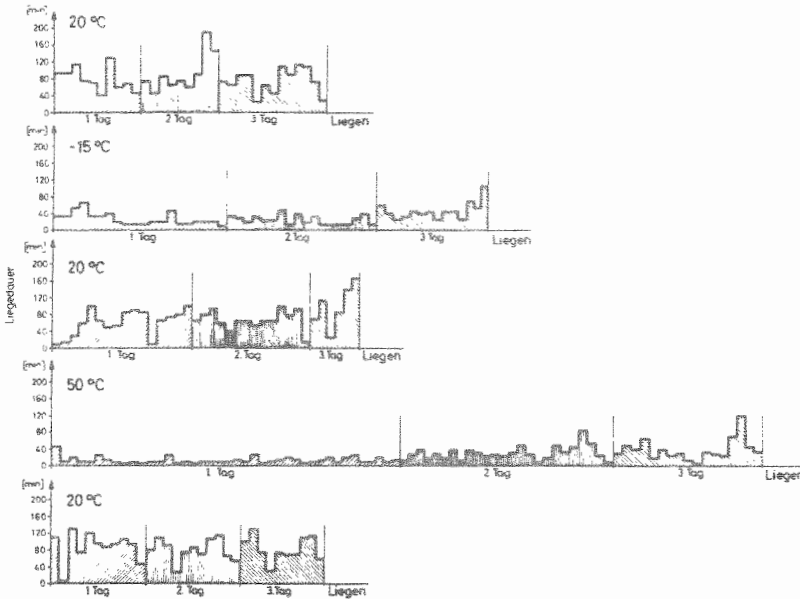


Abb. 13: Liegephasen eines Tieres in den Versuchsperioden mit extremen Temperatureinstellungen und in den dazwischen geschalteten 20 °C-Perioden (jede Säule entspricht einer Liegephase)

Tab. 10: Wärmeproduktion und Wärmeabgabe von Kühen (Körpermasse 500 kg, Oberfläche 5,9 m²) (nach WEBSTER, 1974)

	kWh/Tag	W/m ²
trockenstehend	14,5	104
Milchleistung	9,1 l	17,9
"	22,7 l	21,4
"	36,4 l	24,8

Der höhere Wärmestrom kann durch das Tier nur mittels höherer Körpertemperatur ausgelöst werden. LASSON ist es in einer Vergleichsmessung des Wärmestroms zwischen einer 9 l-Kuh und einer 24 l-Kuh gelungen, nachzuweisen, daß auch eine erhöhte Wärmeabgabe an den Boden stattfindet (Abb. 14).

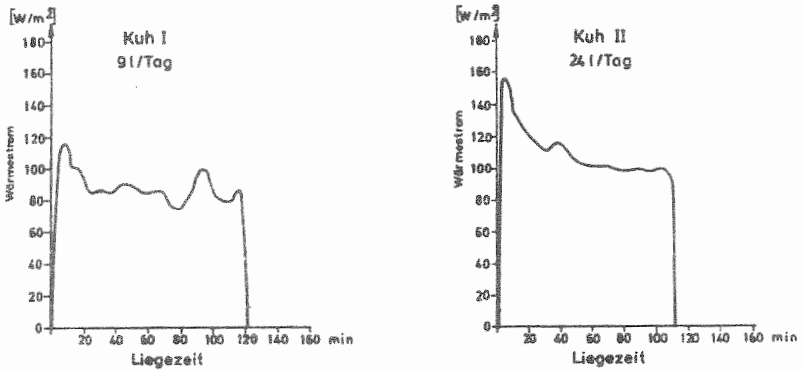


Abb. 14: Wärmestrom zur Liegefläche bei Milchkühen mit unterschiedlichem Tagesgemelk (LASSON, 1976)

Da es nur mit sehr hohem technischen Aufwand gelingen könnte, die thermischen Eigenschaften der Liegefläche der ständig wechselnden Wärmeproduktion anzupassen, stellt sich die Frage, ob der Kompromiß in der höheren oder niedrigeren Wärmedämmung der Liegefläche zu suchen ist. LASSON kommt zu dem Schluß, daß die Wärmeabgabe auch an die Liegefläche differenziert nach Körperregionen, z. B. Rumpf und Euter, betrachtet werden muß und die Wärmeabgabe nach der empfindlichsten Situation (Euter) mit den geringsten thermoregulatorischen Möglichkeiten einzurichten ist. Darüber hinaus ergeben seine Berechnungen (Abb. 15), daß bei zunehmender Wärmedämmung des Bodens das Verhältnis des Wärmestromes zwischen Rumpf und Euter enger wird. Somit wäre der besseren Wärmedämmung der Vorzug zu geben.

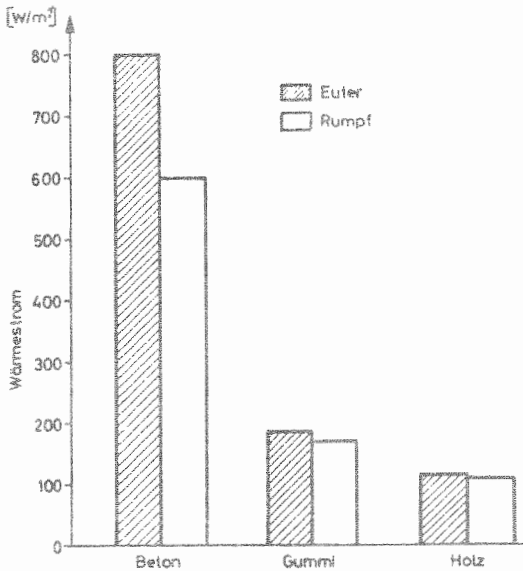


Abb. 15: Wärmestrom von Rumpf bzw. Euter in Böden unterschiedlicher Wärmedämmung (LASSON, 1976)

Das scheinen auch die längeren Liegezeiten der Versuchstiere (Tab. 9) zu bestätigen, die selbst unter Versuchsbedingungen länger liegen. Und das ist auch aus Beobachtungen von BLAXTER und WAINMAN (1961) abzuleiten, nach denen Rinder bei höheren Temperaturen häufiger liegend angetroffen wurden (Tab. 11), woraus der Schluß zu ziehen ist, daß der geringere Wärmeentzug eher geduldet wird als der hohe.

Tab. 11: Prozentualer Anteil der Fälle, in denen die Tiere liegend gefunden wurden (nach BLAXTER und WAINMAN; 1961 a)

Temperatur (°C)	Zahl der Beobachtungen	% der Fälle, in denen die Tiere liegend gefunden wurden
- 5	172	18,7
5	79	29,1
15	63	30,5
19	83	33,0
25	114	39,2

In Milchviehställen mit Flüssigentmischung werden vor allem auch wegen der mechanischen Eigenschaften ca. 18 mm starke Gummimatten eingesetzt. Die unter standardisierten Versuchsbedingungen ermittelten Wärmestromwerte liegen bei 11,5 bis 15,1 W/m²·K. Die Temperaturdifferenz zwischen der Haut der Rinder und dem Boden geht annähernd linear in die Berechnung des Wärmeentzuges durch die Liegefläche ein. Für die Oberflächentemperaturen am Rumpf von Kühen gibt NICHELMANN (1971) 34 °C an (Euter 37 - 38 °C). Die Bodentemperaturen schwanken zwischen 7 und 13 °C (Tab. 12).

Tab. 12: Temperaturen verschiedener Stallfußbodenausführungen

Bodenausführung	Temperatur	Autor und Jahr
Zweischichten-Estrich	9,3 - 11,0	Ober, Kiesel 1964
Zement-Estrich	7,5	Rist, Mathys 1973
Betonliegefläche	7 - 13	Barthelms 1973

Die Temperaturdifferenz zwischen Boden und Rumpf des Tieres liegt demnach zwischen 21 und 27 K. Trägt man die Wärmeströme zweier Gummimatten über der Differenztemperatur auf (Abb. 16), so wird ersichtlich, daß selbst die kleinsten Werte mit 233 bzw. 173 W/m² gerade den Wärmeabgabebereich von Hochleistungskühen tangieren. Der Temperaturdifferenz von 30 K entspricht eine Bodentemperatur von 8 °C und der am Euter gemessenen Hauttemperatur von 38 °C, die Differenz von 20 K ist einer Bodentemperatur von 14 °C und der Rumpftemperatur von 34 °C zuzuordnen. 15 K sind allerdings nur dann zu erreichen, wenn bei einer Bodentemperatur von 15 °C die Kühe unter Ausschöpfung ihrer thermoregulatorischen Möglichkeiten die Oberflächentemperatur auf 30 °C abzusenken vermögen.

Wie bereits festgestellt, bewegen sich aber dann die Wärmestromwerte selbst bei der besser wärmedämmenden Matte (11,5 W/m² K) im Grenzbereich der Wärmeproduktion von Kühen hoher Milchleistung. Nur mittels einer zusätzlichen Wärmedämmung im Unterbau der Liegefläche (Betonplatte) lassen sich die thermischen Verhältnisse so verbessern, daß vor allem auch die zu Beginn der Liegeperioden auftretenden Wärmestromspitzen verschwinden.

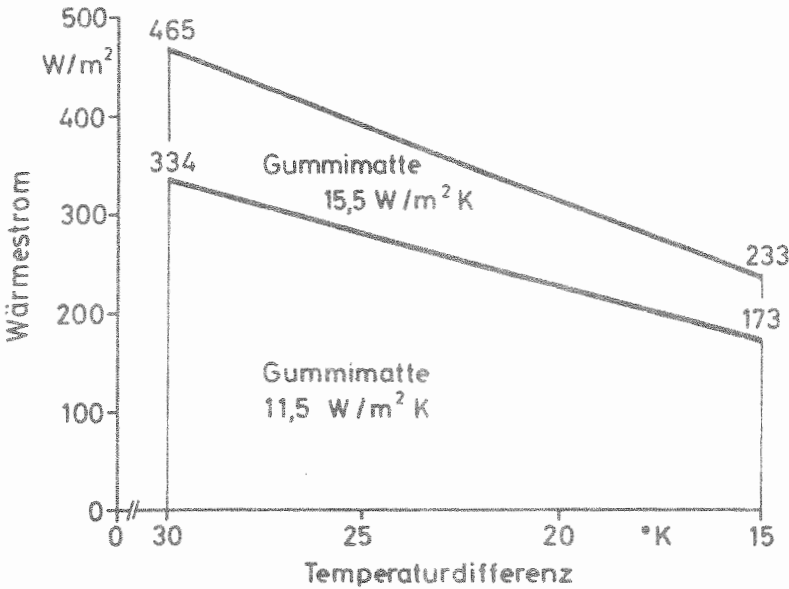


Abb. 16: Wärmeableitung in den Boden bei unterschiedlicher Temperaturdifferenz zwischen Tierkörper und Unterboden unter Verwendung zweier unterschiedlich wärmedämmender Gummimatten

Gelingt den Kühen die Reduzierung der Oberflächentemperatur nicht in dem angegebenen Ausmaß und bleibt die Temperaturdifferenz bei 20 K, so findet – sofern die Tiere nicht durch Veränderungen im Liegeverhalten eingreifen – ein Wärmestrom von 230 – 310 W/m² statt, der ca. 50 – 130 W/m² über dem Normalwert (Tab. 10) liegt. Das entspricht bei einer Liegezeit von ca. 11 Stunden einem täglichen Energieverlust von 0,55 bis 1,43 kWh oder einer bis zu 5,8 % höheren Wärmeproduktion.

4.3 Kräfte beim Aufstehen und Abliegen

Aus den Aufsteh- und Abliegevorgängen ergeben sich Rückschlüsse über den Einfluß von Hindernissen im Kopfbereich (Anbindevorrichtungen, Krippen, Bugschwellen oder Kopfkasten, Nasenriegel) bzw. über die Raumanprüche im

Kopfbereich. Außerdem sind aus diesen Bewegungsabläufen die Anforderungen an die Elastizität oder Plastizität des Bodens abzuleiten.

Die Bewegungsabläufe des Aufstehens und Abliegens finden im Kurzstand und in der Liegeboxe auf engen, z. T. zugewiesenen Raum statt. Es handelt sich dabei um eine Vorwärts-Abwärts-Bewegung, bei der die Kühe alle ihnen verfügbaren physikalischen Möglichkeiten (Abb. 17) nutzen.

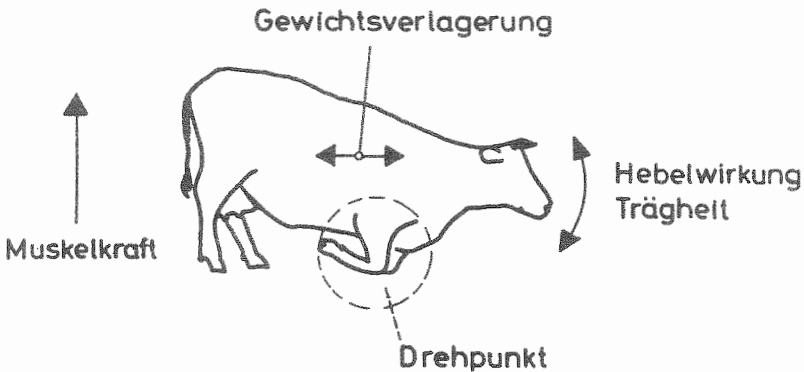


Abb. 17: Kräfte beim Aufstehen und Abliegen von Kühen (METZNER, 1976)

Der alleinige Einsatz der Muskelkraft reicht offensichtlich nur für relativ gefahrenträchtige Bewegungsabläufe, während die Nutzung der Trägheit und Hebelwirkung zu einer fließenden Bewegung beiträgt. Dies gilt vor allem für den Aufstehvorgang. Beim Abliegen gibt es eine verletzungsträchtige Situation, woraus bestimmte Anforderungen an die Boden Härte abzuleiten sind, das Absenken der Hinterhand. Beim Aufstehen kommt dem Kopfschwung besondere Bedeutung zu. Im engen Raum der Kurzstände und Liegeboxen treten Einrichtungsteile anderer Zweckorientierung als Hindernisse auf, z. B. im Kurzstand die Krippe oder die Anbindevorrichtung, in der Liegeboxe die Kopfraumabmessungen oder der Nasenriegel.

SCHNITZER (1971) sowie TSCHANZ und KÄMMER (1977) haben die typische Form des unbehinderten Aufstehens beschrieben (Abb. 18). Um die Längenausdehnung des Kopfschwunges bei dieser Form des Aufstehens quantitativ kennenzulernen, wurden 1980 in Weihenstephan erste Messungen auf der Weide durchgeführt (Aufzeichnung

mittels Video-Anlage, Abzeichnen der wesentlichen Phasen auf Folie, Vermessen der kritischen Punkte am graphischen Digitalisierer) (Abb. 19).

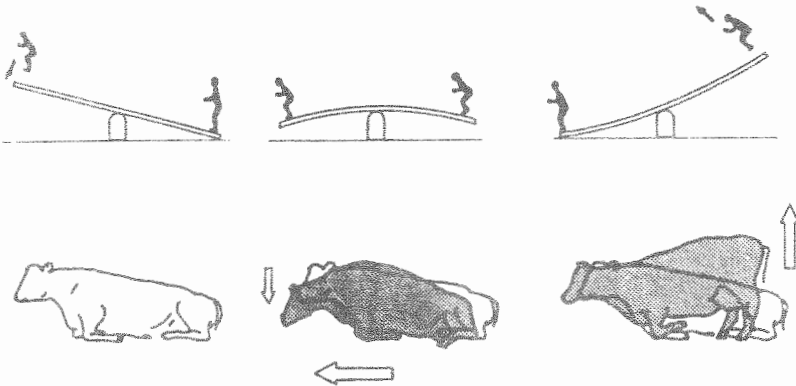


Abb. 18: Aufstehvorgang des Rindes (nach SCHNITZER, 1971)
Mittleres Bild: Beginn, rechts: Ende der "Schleuderbrettphase"

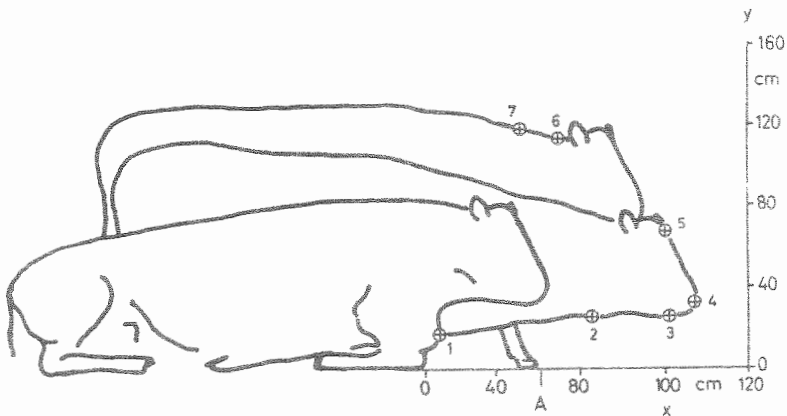


Abb. 19: Umhüllungslinien einer aufstehenden Kuh mit eingezeichneten Digitalisiererpunkten

Die Auswahl der Meßpunkte geschah danach, wo eventuell auf Kurzständen oder in Liegeboxen Hindernisse auftreten: Punkt 1 am Bug: Krippenrückwand beim Kurzstand, Punkt 2 (Triel), 3 (Maul) und 4 (Nase): Krippenform und Futtertischhöhe beim Kurzstand, Nasenriegel und Länge des Kopfraumes bei der Liegeboxe, Punkt 5 (Stirn, 6 (Hals) und 7 (Widerrist). Im Hinblick auf die Stalleinrichtung bedürfen die Punkte 5, 6 und 7 einer Korrektur im x-Wert, weil die auf der Weide vermessenen Aufstehvorgänge jeweils mit einem Schritt nach vorne verbunden waren, der eine Positionsänderung von O zu A von 53 cm bedeutet (Tab. 13).

Tab. 13: Längen- und Höhenkoordinaten kritischer Punkte beim Aufstehen (7 Aufstehvorgänge von Fleckviehkühen auf der Weide, s. Anh.-Tab. 2)

Punkt	Mittelwert		S	X		S	Y	
	x	y		min	max		min	max
1 Bug	10*	8,4	-	-	-	3,7	4	15
2 Triel	51	17,8	18,9	37	89	4,6	12	26
3 Maul	104	7,4	18,8	81	131	5,0	2	17
4 Nase	131,8	28,7	11,3	118	145	12,4	20	50
5 Stirn	135,7/82,7**	54,2	10,9	119	145	19,7	29	87
6 Hals	70*/17**	110,5	-	-	-	8,5	95	121
7 Widerrist	50*/-3**	115,5	-	-	-	10,3	98	126

* x-Wert festgelegt

** korrigierte Werte

Das bekannt hohe Anpassungsvermögen von Haustieren muß davon abhalten, aus der hier gezeigten Inanspruchnahme des freien Raumes weitreichende Anforderungen an die Stand- und Boxenformen abzuleiten. Dennoch geben einige Punkte Hinweise, inwieweit durch Hindernisse der freie Bewegungsablauf des Aufstehens verändert wird. Ausgangspunkt der Messung ist Punkt O, der das Karpalgelenk der liegenden Kuh mit untergeschlagenen Vordergliedmaßen markiert. Mit Einsetzen des Kopfschwunges bewegen sich Bug und Hals etwa 9 (Punkt 1) bis 19 cm (Punkt 2) über dem Boden. Hindernisse in diesem Bereich drängen den Kopfschwung nach oben ab und nehmen ihm die für die Hinterhandentlastung wichtige Wirkung. Punkt 3 zeigt, daß der Kopfschwung über einen Meter (Punkt 4: x = 132 cm) nach vorne reicht und dabei das Maul bis auf ca. 7 cm dem Boden nähert.

Gerade in diesem Bereich werden in Liegeboxen häufig Nasenriegel angebracht, die dem Kopfschwung nach vorne unten im Weg stehen.

Beim Aufstehen der Vorderhand (s. Abb. 22) setzt das Tier eine Vordergliedmaße nach vorne. Da dies in Kurzständen oder Boxen nicht oder kaum möglich ist, werden die x-Werte der Punkte 5 - 7 um die Schrittlänge 0 bis $A = 53$ cm korrigiert. Besondere Bedeutung kommt den y-Werten der Punkte 6 und 7 zu, da in diesem Bereich der Nackenriegel angebracht wird (vergl. Kap. 7.2). Nach Abzug der Schrittlänge fällt der Punkt 7 in der x-Achse mit dem Nackenriegel zusammen. Da er nach den Beratungsempfehlungen in einer Höhe von 110 cm montiert ist, der y-Wert von Punkt 7 bei 115 cm und der Aufstehvorgang in dieser Phase in nahezu vertikaler Richtung abläuft, sind Nackenriegelkollisionen unvermeidbar.

Geht man davon aus, daß die Kühe die Vorderextremitäten als Drehpunkt verwenden, so können Messungen der Kräfte in diesem Punkt wesentliche zusätzliche Merkmale über die Bewegungsabläufe und die Wirkung von Hindernissen innerhalb des Bewegungsraumes liefern. Der hierfür erforderlichen Versuchsanordnung diene als Grundlage ein Kurzstand, in dessen vorderer Hälfte eine Waage eingebaut war, die sowohl horizontale wie vertikale Kräfte messen konnte. Der Bewegungsablauf im Kopf-Hals-Bereich wurde darüber hinaus noch mit einer Videoanlage festgehalten (Abb. 20).

Insgesamt erfaßte der Versuch neun Tiere, die in ihren wesentlichen Körperdaten gezielt ausgewählt waren (Tab. 14). Laktierende Kühe konnten aus versuchstechnischen Gründen nicht gemessen werden. Die jeweilige Eingewöhnungszeit betrug etwa eine Woche.

Tab. 14: Daten der 9 Versuchstiere (siehe auch Anhangtabelle 3)

	\bar{x}	max	min
Gewicht kg	527,89	610	470
Widerristhöhe cm	128,78	136	124
schräge Rumpflänge cm	150,22	160	138
Bughöhe cm	86,22	95	79
MKZ-Länge	119,78	128	114

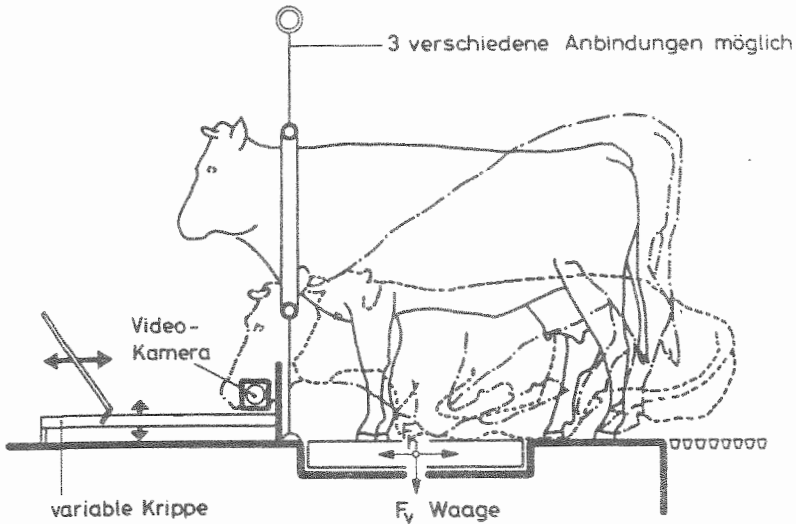


Abb. 20: Versuchsstand zur Registrierung der Kräfte und Bewegung des Kopfes beim Aufstehen und Abliegen (METZNER, 1976)

Als Hindernis diente hauptsächlich die höhenverstellbare Krippe, deren Plattformhöhe sich dem Tier als mehr oder weniger hoher Sockel darbot. Um die Funktion der Krippe aufrechtzuerhalten, bestand der hintere Krippenrand aus einer elastischen Gummiplatte. Eine weitere Beeinflussungsmöglichkeit bot sich über den Tausch der Anbindevorrichtung. In den Versuch konnte eine Vertikalanbindung, ein Galenkhalsrahmen und eine Horizontalanbindung einbezogen werden.

Die einzelnen Phasen des Abliegens und Aufstehens lassen sich - wie die Beispiele zeigen (Abb. 21 und 22) - durchaus dem Kräfteverlauf zuordnen.

Sowohl beim Aufstehen als auch beim Abliegen stimmt der Kurvenverlauf zwischen Horizontalkräften und Vertikalkräften annähernd überein. Da die Freiraumprobleme ausschließlich mit dem Aufstehen zusammenhängen, konzentrieren sich

die weiteren Betrachtungen auf diesen Vorgang. Die Auswertung beschränkt sich außerdem auf die durch deutlichere Amplituden gekennzeichneten Kurven der Vertikalkräfte.

Legende Abliegen

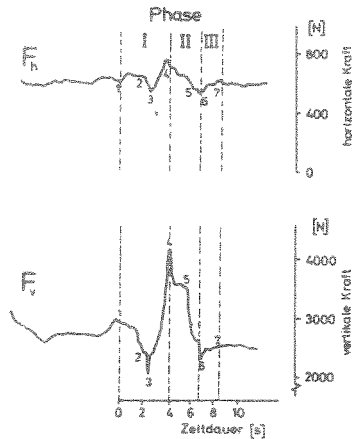
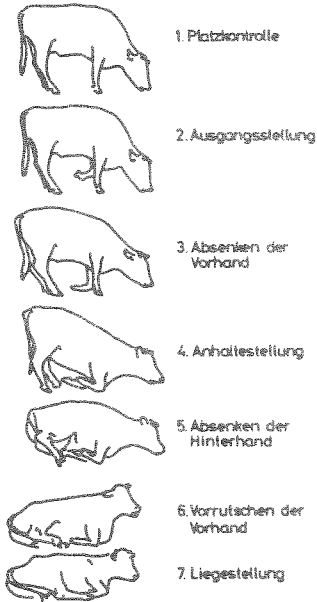


Abb. 21: Abliegevorgang (nach SCHNITZER, 1971) mit Kräfteverlauf (Beispiel) (METZNER, 1976)

Für die weitere rechnerische Verarbeitung ist zu überlegen, welche Charakteristika des Kurvenverlaufes als Vergleichsbasis dienen können, denn obwohl die moderne Datenverarbeitung über den graphischen Digitalisierer auch den gesamten Kurvenverlauf in Form von x-y-Koordinaten erfassen kann, lassen die individuellen Unterschiede kein sinnvolles Ergebnis erwarten. Im folgenden werden daher die Kenngrößen

1. Maximalkräfte, das sind die innerhalb eines Vorganges auftretenden Spitzenwerte,

2. Anzahl der Spitzen, die im Meßschrieb als deutliche Spitzen zu identifizieren waren, und
3. Dauer des Aufstehvorganges sowie
4. Raumannsprüche beim Aufstehen

in Abhängigkeit von den Hinterrüssen Krippensockel-Höhe und Anbindevorrichtung untersucht.

Legende Aufstehen

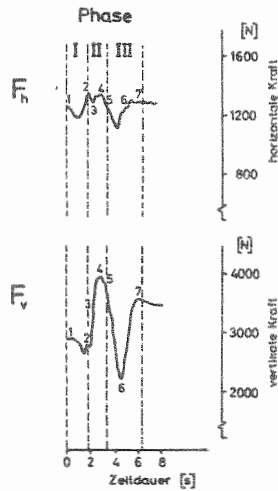
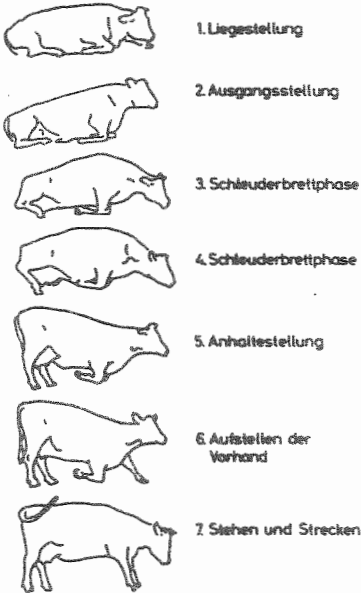


Abb. 22: Aufstehvorgang (nach SCHNITZER, 1971) mit Kräfteverlauf (METZNER, 1976)

4.3.1 Durchschnittliche Maximalkräfte

Zur Beurteilung der Maximalkräfte in ihrer Wirkung auf den Aufstehvorgang bedarf es vorweg einer Klärung des Zusammenhanges zwischen Kräfteverlauf und Kopfschwung, über die Videoaufzeichnung konnte die Bewegung des Kopfes, bzw. hier der Maulspitze aufgezeichnet werden.

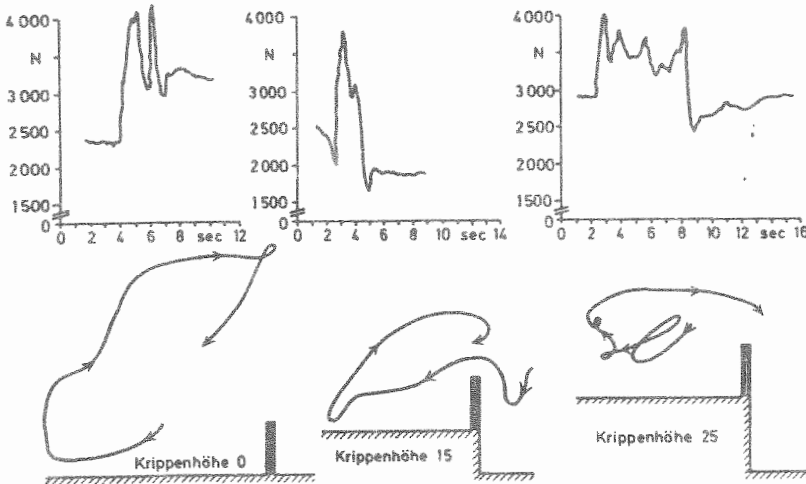


Abb. 23: Kräfteverlauf und Bewegung der Maulspitze beim Aufstehen in Abhängigkeit von der Krippensockelhöhe (Beispiele mit Vertikal-anbindung)

Der tief nach vorne unten gezogene Kopfschwung drückt sich im Kräfteverlauf mit einer einzigen stark ansteigenden Spitze aus (Abb. 23). Treten Behinderungen wie z. B. durch erhöhten Krippensockel auf, dann tritt in der Bewegungskurve eine mehr oder minder starke Verschlaufung auf, die sich im Kräfteverlauf (s. Krippenhöhe 15 bzw. 25 cm) als unruhiger Kräfteverlauf mit mehreren deutlich geringeren Spitzen äußert. Diese Betrachtung anhand der Beispiele und im Zusammenhang mit dem Gesamteindruck ließ es lohnenswert erscheinen, Maximalbelastung (Spitzenhöhe) und Anzahl der Spitzen näher zu untersuchen.

Neben der Krippensockelhöhe ist aus dem Versuch das zweite Hindernis Anbindevorrichtung nicht vollständig zu eliminieren. Will man den Einfluß der Krippensockelhöhe herausstellen, so müssen die Maximalbelastungen in derjenigen Anbindevorrichtung analysiert werden, die den Kühen in allen Kopfhöhen die geringste Bewegungseinschränkung verursacht. Unter den im Versuch eingesetzten Anbindevorrichtungen war dies zweifelsohne die Vertikalanbindung (Abb. 24, linke Säulengruppe).

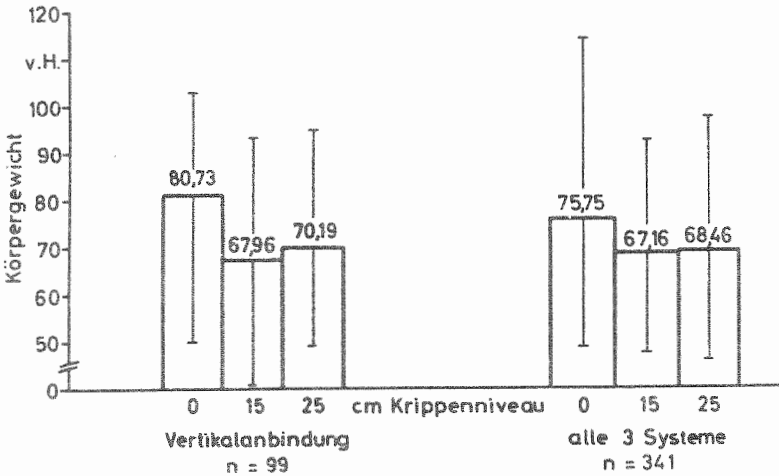


Abb. 24: Durchschnittliche Maximalbelastung der Karpalgelenke beim Aufstehen in Abhängigkeit von der Krippenhöhe, links Vertikalanbindung, rechts alle drei Anbindevorrichtungen (Vertikalanbindung, Gelenkhalssrahmen, Horizontalanbindung)

Die Belastungsspitzen liegen bei Krippensockelhöhe 0 um 80 % des Körpergewichtes. Mit der Erhöhung des Krippensockels auf 15 bzw. 25 cm sinken die Werte der Maximalbelastung auf 68 bzw. 70 % des Körpergewichtes, also um ca. 10 %. Der geringe Unterschied zwischen Krippensockelhöhe 15 cm und 25 cm läßt darauf schließen, daß die Kühe bereits den ersten Anstieg der Sockelhöhe von 0 auf 15 cm als Behinderung empfinden, die durch die Steigerung

auf 25 cm keine wesentliche Verstärkung mehr erfährt. Nimmt man die Werte aller drei Anbindevorrichtungen zusammen, so ergibt sich annähernd das gleiche Bild.

4.3.2 Anzahl der Spitzen im Kräfteverlauf

Als weiteres Charakteristikum im Kurvenverlauf der Vertikalkräfte kann die unterschiedliche Zahl der Spitzen genützt werden. Denn die geringeren Maximalwerte können durchaus mit einer Häufung der Spitzen je Aufstehvorgang einhergehen, wodurch ein erneuter Hinweis auf ungleichmäßiges Aufstehen gegeben wäre (Tab. 15).

Tab. 15: Einfluß der Krippenhöhe auf die Zahl der Kraftspitzen (Mittelwerte aus 294 Aufstehvorgängen)

	Krippenniveau		
	0	15	25 cm
durchschnittliche Zahl der Kraftspitzen je Aufstehvorgang	3,32	3,09	3,28

Das sich aus der Zusammenstellung ergebende Bild ist uneinheitlich. Den ansonsten deutlicheren Werten bei den Maximalkräften kann aus diesen Daten keine Aussage zugeordnet werden. Den von Krippenhöhe 0 bis 25 bei Vertikalanbindung abfallenden Werten stehen bei Gelenkhalsrahmen der tiefste Wert bei Krippenhöhe 15 und ansteigende Werte bei Horizontalanbindung gegenüber. Es stellt sich daher die Frage, ob eventuell das Individualverhalten hier Einfluß genommen haben könnte (Abb. 25).

Sieben Versuchstiere sind hier in ihrer Kraftspitzenzahl in Abhängigkeit von der Krippenhöhe dargestellt. Die Blockumrahmung um die Werte bei den verschiedenen Krippenhöhen markiert den Durchschnittswert. Die Darstellung läßt zwar keine unumstrittenen Schlüsse zu, zeigt aber dennoch, daß einer Gruppe von Tieren (Nr. 3, 5 und 6) ein Aufstehen mit stets über dem Durchschnitt liegender Anzahl von Kraftspitzen eigen ist, während bei Tier Nr. 1, 2 und 7 die Zahl der Kraftspitzen bei ansteigender Krippenhöhe unter dem Durchschnitt bleibt.

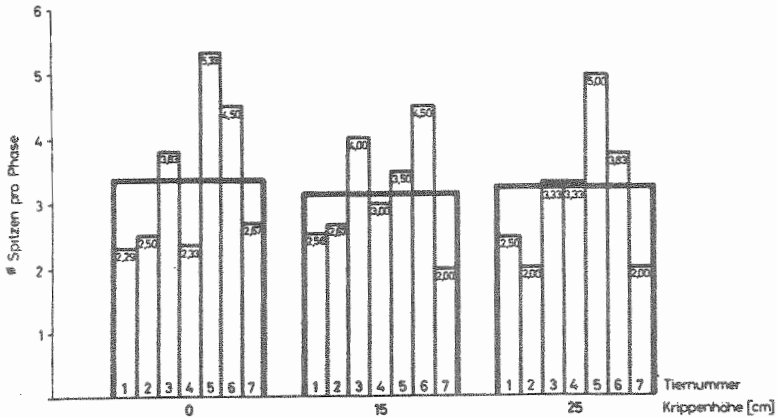


Abb. 25: Anzahl der Kraftspitzen je Aufstehvorgang der sieben Versuchstiere bei verschiedenen Krippenniveaus

4.3.3 Zeitdauer des Aufstehens und Abliens

Eine weitere Aussagequelle wurde schließlich in der Dauer der Aufsteh- und Abliegevorgänge vermutet, nachdem METZNER (1977) in ersten Versuchen eine geringfügige zeitliche Verlängerung der Bewegungsabläufe mit steigender Krippenhöhe nachweisen konnte.

Die von METZNER (1976) gemessenen Werte für das Aufstehen schwanken zwischen 7 und 7,5 sec. Die in weiteren Versuchsreihen ermittelten Werte (Abb. 26) liegen zwischen 8,9 und 9,9 sec, damit also um ca. 13 % höher. Die genauere Analyse der Aufstehvorgänge ergibt für die Vertikalanbindung eine geringfügige Verkürzung, für den Gelenkhalsrahmen eine etwa gleichbleibende Dauer und für die Horizontalanbindung eine zunächst bis 15 cm Krippenhöhe sinkende und dann

bei 25 cm Krippenhöhe steigende Zeit. Wollte man den Bezug zwischen Zeitdauer des Aufstehens und der Krippenhöhe herstellen, so eignete sich hierfür am besten die bewegungsfreundliche Vertikalanbindung. Aber gerade dieses Beispiel führt den Nachweis, daß sich die Zeitdauer nicht zur Beurteilung des Einflusses der Krippenwandhöhe eignet, weil vermutlich auch hier das Individualverhalten erheblichen Einfluß nimmt.

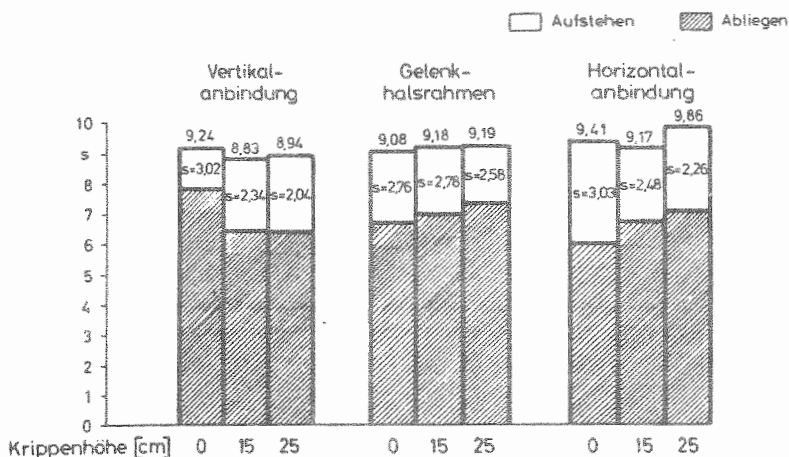


Abb. 26: Durchschnittliche Zeitdauer für das Aufstehen bei verschiedenen Anbindevorrichtungen (n = 341)

Vor allem aus der durchschnittlichen Maximalbelastung der Karpalgelenke bei den knapp 350 Aufstehvorgängen ergibt sich der Schluß, daß die Tiere, wenn dies möglich ist, den Kopfschwung nach vorne und unten durchführen und dies in einer durchgehenden zügigen Bewegung, bei der sich die Entlastung der Hinterhand in einer deutlichen kurzen Spitze der Vertikalkräfte auf der Vorderhand äußert. Bei einer Hindernishöhe von 15 cm tritt bereits eine Kräfteverminderung von 8 bis 13 % auf. Das Versuchsergebnis deckt sich insofern mit den Messungen der Aufstehvorgänge auf der Weide, als der Punkt 1 im x-Wert dem Ausgangspunkt an der Krippe entspricht und die Bewegungsumhüllende von 8,4 cm in Punkt 1 ausgehend nur leicht ansteigt.

4.4 Raumannsprüche beim Aufstehen

Die gleichzeitig mit der Messung der Kräfte durchgeführte Videoaufzeichnung macht es möglich, den während des Aufstehens von den Tieren in Anspruch genommenen Raum im Schnittbild durch die Standmittelachse sichtbar zu machen (Abb. 27). Auf diese Weise ist festzustellen, welchen Raum Kühe in mehr oder weniger fixiertem Zustand beanspruchen bzw. welche Veränderungen sich gegenüber dem Aufstehvorgang auf der Weide ergeben. Daraus lassen sich dann Aussagen über die Form und Lage von Steuerungseinrichtungen, Anbindevorrichtungen und Krippen ableiten.

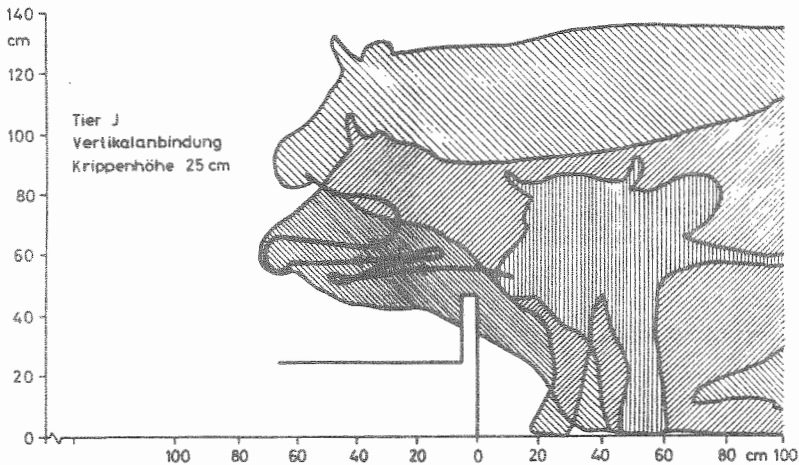


Abb. 27: Umhüllungslinien um die liegende, aufstehende und stehende Kuh mit eingezeichneter Bewegungskurve der Maulspitze

So wie hier (Abb. 27) in drei einzelnen Phasen wird nachfolgend der gesamte Raum, den das Tier während des Aufstehens beansprucht, umhüllt. In den Darstellungen sind die sechs Kühe G - M zusammengefaßt. Für die Aussagen von

besonderer Bedeutung wird die in der Krippenrückwand als "Futterbremse" eingebaute elastische Gummiplatte. Sie erscheint den Tieren zunächst als optisches Hindernis, wird also - so hat METZNER beobachtet - solange gemieden, wie es ohne Schaden möglich ist. Da es sich um die gleichen in den Kraftspitzen bereits dargestellten Bewegungsabläufe handelt, kann auch hier nach den beiden Einflußfaktoren Krippenhöhe und Anbindevorrichtung differenziert werden. Der Einfluß der Anbindevorrichtung läßt sich zwar nicht ganz eliminieren. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß bei der locker eingehängten Vertikalanbindung und Krippenhöhe 0 ein für Stallverhältnisse weitgehend behinderungsfreies Aufstehen möglich war. Anhand dieser Einstellung "Vertikalanbindung" läßt sich daher die Auswirkung unterschiedlicher Krippenhöhen darstellen (Abb. 28).

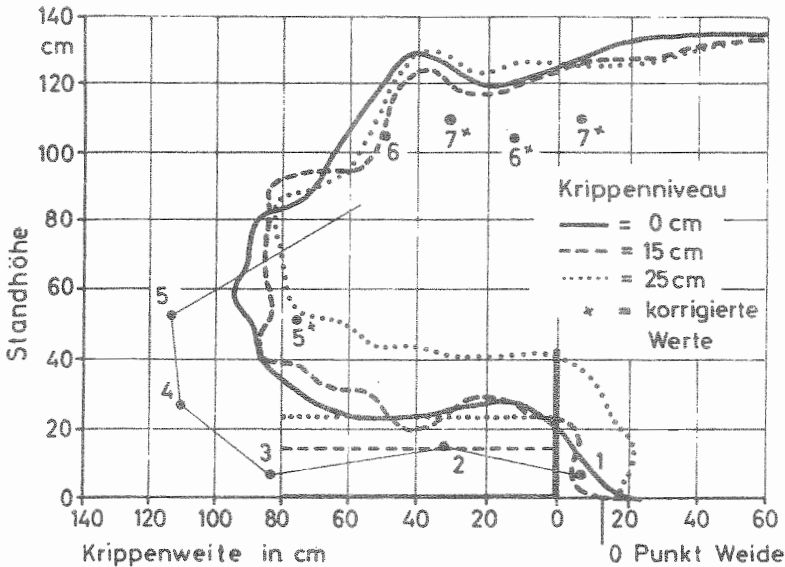


Abb. 28: Umhüllungslinien des Aufstehvorganges locker angebundener Kühe (Vertikalanbindung) mit Weidemeßpunkten, Punkte 5*, 6*, 7* korrigiert (n = 16, Tiere G - M, Krippenhöhe 0, 15, 25 cm)

Gegenüber den auf der Weide aufgezeichneten und vermessenen Aufstehvorgängen erweist sich zunächst der Kopfschwung bei Krippenhöhe 0 als bei weitem nicht so stark dezimiert als zu erwarten gewesen wäre. Betrachtet man die maximalen x- und y-Werte im Vergleich, so ergibt sich - sofern die bereits beschriebene Korrektur von A = - 53 cm angebracht wird, weil hier den Tieren das Aufstehen der Vordergliedmaßen mit einem Schritt nach vorne verwehrt wird -, daß der Kopfschwung um ca. 30 cm kürzer ausgeführt wurde (vergl. Punkt 4, Abb. 28).

Die Verkürzung des Kopfschwunges in der Längenausdehnung ist nicht das einzige Indiz für eine Verschlechterung des Aufstehvorganges. Sobald der Kopf nicht mehr nach unten schwingen kann, sondern aufgrund eines Hindernisses nach oben ausweichen muß, ist es der Kuh nicht mehr möglich, die Hinterhand entsprechend zu entlasten. Dies konnte bereits anhand des Kraftverlaufes beispielhaft aufgezeigt werden. Die Erhöhung des Krippenniveaus und damit der Krippenkante vor der Kuh von 0 auf 15 bzw. 25 cm (Abb. 28) drängt die Kopfschwünge selbst bei der wenig behindernd wirkenden Vertikalanbindung nach oben ab (Tab. 16).

Tab. 16: Veränderungen y-Werte der Meßpunkte 3 (Maul) und 4 (Nase) mit zunehmender Hindernishöhe (Vertikalanbindung, Tiere G - M)

Punkt	Weide	Krippenniveau		
	\bar{y} n = 7	0 cm n = 5	15 cm n = 5	25 cm n = 6
3 (Maul)	7,4	28	32	46
4 (Nase)	28,7	51	51	71

Der Nachweis läßt sich anhand aller Aufstehvorgänge mittels der bereits früher eingeführten Meßpunkte 3 (Maul) und 4 (Nase) führen. Wert 3 steigt mit zunehmendem Krippenniveau um 4 cm bzw. 14 cm an, Wert 4 bleibt zunächst konstant, um dann aber bei Krippenniveau 15 cm auf 71 cm zu klettern. Im Vergleich zu den Weidemessungen findet bereits bei Krippenniveau 0 eine beträchtliche Erhöhung beider Werte statt. Offensichtlich hat hier das an sich nur optische Hindernis der elastischen Krippenwand Einfluß genommen.

Einen weiteren Beweis für eine negative Veränderung des Aufstehvorganges sieht METZNER (1976) in der Höhe der Krippenwandkollisionen. Zur Feststellung diente hierbei die elastische Krippenrückwand, die sich zwar den Kühen als Hindernis darbot, im Bedarfsfalle jedoch nach vorne abgebogen werden konnte. Die Auswertung der Aufstehvorgänge brachte in diesem Punkt als Ergebnis, daß diese Werte nicht aussagekräftig genug sind (Tab. 17) bzw. zu dem falschen Schluß verleiten könnten, daß die Kühe mit derartigen Hindernissen zurechtkommen. Denn entgegen den Erwartungen steigt die Höhe der Krippenwandkollisionen mit zunehmendem Krippenniveau von 20 cm bei Krippenhöhe 0 cm auf 30 cm bei Krippenhöhe 15 cm und auf 42 cm bei Krippenhöhe 25 cm an. Das läßt sich wiederum darauf zurückführen, daß das ansteigende Krippenniveau die Kopfschwünge nach oben lenkt, wodurch allerdings die Hinterhandentlastung durch den Kopfschwung nicht mehr gegeben ist.

Tab. 17: Höhe der Krippenwandkollisionen bei zunehmender Hindernishöhe (n = 52, Vertikal-, Horizontalanbindung und Gelenkhalsrahmen, Werte in cm)

Krippenniveau	\bar{X}	max.	min.
0	20	21	13
15	32	36	21
25	42	46	26

4.5 Einfluß der Anbindevorrichtung

Konnte bei der locker eingehängten Vertikalanbindung noch davon ausgegangen werden, daß den Tieren eine relativ geringe Bewegungseinschränkung wiederfährt, so mußte man besonders an den Auswirkungen des Gelenkhalsrahmens auf die Aufstehvorgänge interessiert sein, dem neben arbeitswirtschaftlichen Vorteilen (gruppenweises Lösen und Einfangen bzw. bei Selbstfangrahmen einzeln einfangen) beschränkte Bewegungsfreiräume nachgesagt werden. Allerdings wurden im Versuch bereits die in der modernen Form bevorzugten lockeren Bodenketten eingesetzt, die den Bewegungsraum im unteren Teil des Halsrahmens beträchtlich erweitern (Abb. 29).

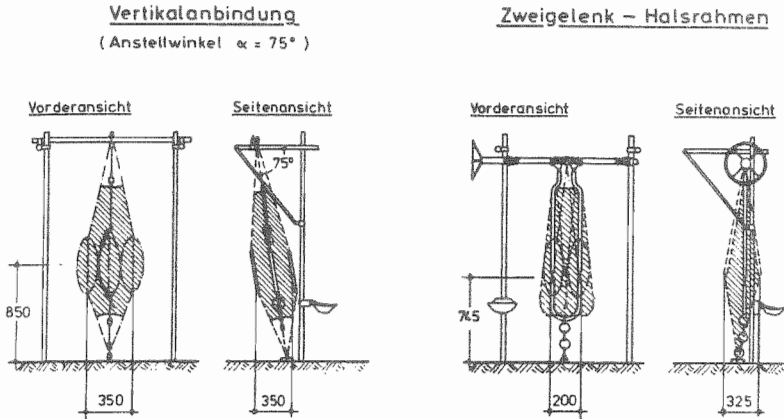


Abb. 29: Bewegungsraum in Vertikalanbindung und Gelenkhalsrahmen bei lockerer Einhängung (nach METZNER, 1976)

Vergleicht man den seitlichen Bewegungsraum beider Anbindesysteme, so ist der Vertikalanbindung in der hauptsächlich beim Fressen genutzten Höhe von 75 - 85 cm ein 15 cm breiterer Freiraum zu bescheinigen. Während sich der Bewegungsraum bei der Vertikalanbindung nach unten spitz zulaufend verengt, wird er bei den Gelenkhalsrahmen sogar noch geringfügig breiter. Ein besonderer Vorteil ist daraus für keines der Systeme abzuleiten.

Der Vergleich der Seitenansichten zeigt hinsichtlich des maximalen Bewegungsraumes mit 350 bzw. 325 mm keinen nennenswerten Unterschied. Durch die unterschiedliche Lage des oberen Befestigungspunktes (Angaben des Herstellers) rückt der Bewegungsraum des Gelenkhalsrahmens etwas nach vorne. Während nun aber beim Gelenkhalsrahmen der Bewegungsraum ab der Gelenkhöhe von 745 mm über Standniveau rasch abnimmt, bleibt in der Vertikalanbindung nach unten in der Standlängsachse mit knapp 25 cm ein um 10 cm größerer Bewegungsraum. Gerade dieser untere Freiraum kommt den Kühen beim Aufstehen zugute. Das äußert sich auch in den Ergebnissen der Auswertung der Kraftspitzen (Abb. 30).

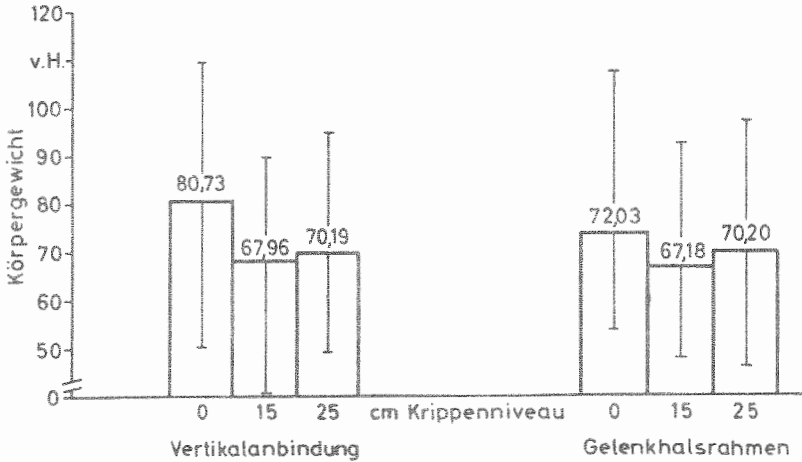


Abb. 30: Maximalbelastung der Karpalgelenke beim Aufstehen in Vertikalanbindung und Gelenkhalsrahmen (n = 224, Kühe D - M) in % des Körpergewichtes

Während sich die Mittelwerte bei Krippenniveau 15 cm mit 68 % des Körpergewichtes auf den vorderen Karpalgelenken zu 67 % nur ganz geringfügig unterscheiden, besteht zwischen den Werten bei Krippenniveau 0 cm eine Differenz von ca. 9 %. Dieser bemerkenswerte Unterschied läßt sich auf den reduzierten Freiraum im unteren Bereich des Gelenkhalsrahmens zurückführen. Da in der Praxis das Hindernis "Krippensockel" unter 15 cm liegen sollte, kann der Unterschied nur theoretisch festgestellt werden. Die praktische Relevanz ist wegen anderer Einflüsse nicht gegeben.

Auch die Umhüllungslinien des Kopfhalsbereiches zeigen weder bei Krippenniveau 0 cm (Abb. 31), noch bei Krippenniveau 15 cm markante Unterschiede. Die Ausdehnung nach vorne beträgt jeweils ca. 90 cm (vergl. auch Aufstehvorgang auf der Weide, Abb. 28).

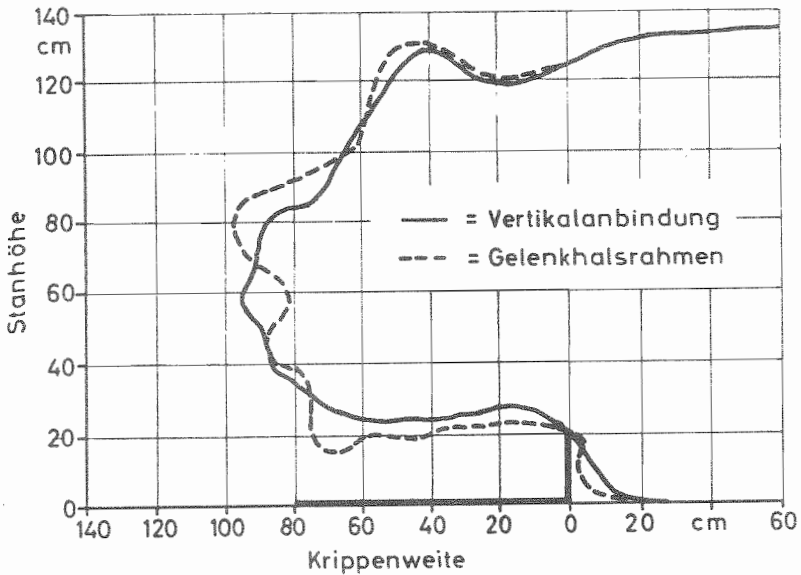


Abb. 31: Umhüllungslinien des Kopfhalsbereiches beim Aufstehen in Vertikalanbindung und Gelenkhalsrahmens (n = 12, Kühe G - M, Krippenniveau 0 cm)

Könnte man den Gelenkhalsrahmen von seinem grundsätzlichen Aufbau her noch als der Vertikalanbindung ähnlich bezeichnen - die Angleichung in den gerade gezeigten Ergebnissen scheint dies zu bestätigen -, so weicht die in die Versuche einbezogene Form der Horizontalanbindung deutlich von den beiden bisher besprochenen Formen ab (Abb. 32).

Besonderes Merkmal ist der Nackenbügel, der die Bewegungsmöglichkeiten nach oben deutlich begrenzt. Darüber hinaus engen die Schenkellänge der Halskette und die Höhe und Länge der Gleitholme den Freiraum ein. Von der Begrenzung nach oben durch den Nackenbügel abgesehen, ist ansonsten für eine Anbindevorrichtung ein reichlicher Bewegungsraum zu verzeichnen.

Das äußert sich auch in den Mittelwerten der gemessenen Kraftspitzen an den vorderen Karpalgelenken (Abb. 33). Mit 75 % des Körpergewichtes bei Krippenniveau 0 cm liegt die Horizontalanbindung zwischen Vertikalanbindung und

Halsrahmen. Bei Krippenniveau 15 cm liegen die Werte dicht beieinander. Lediglich bei Krippenniveau 25 cm besteht zu Vertikalanbindung und Gelenkhalsrahmen eine Differenz von 5 %.

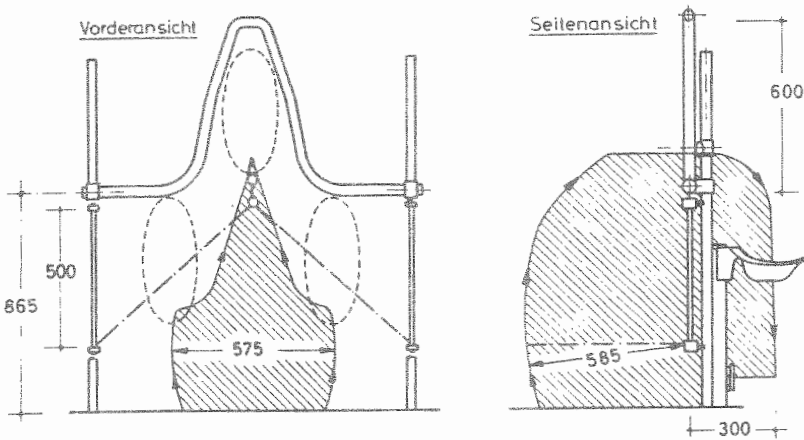


Abb. 32: In den Versuchen eingesetzte Form der Horizontalanbindung
(nach METZNER, 1976)

Somit bringt diese Einstellung den niedrigsten Mittelwert innerhalb der Kraftspitzen-Analyse. Untersucht man das Tierverhalten bzw. die zu dieser Situation gehörenden Bewegungsabläufe, so wird rasch ersichtlich, daß durch die einengende Wirkung des Nackenbügels und des hohen Krippensockels der Aufstehvorgang beeinflusst wird (Abb. 34).

Die Umhüllungslinie erreicht vorne nicht die volle Höhe, da die Kühe zum aufrechten Stehen erst hinter den Nackenbügel zurücktreten müssen. Das Tier H fühlte sich anscheinend so sehr behindert, daß es vorzog, unter der Krippenkante ohne vorderen Kopfschwung aufzustehen. Die starke Zerklüftung der Umhüllungslinie wird durch das Individualverhalten ausgelöst. Jedes Tier sucht sich im begrenzten Raum eine eigene Kopfschwungform.

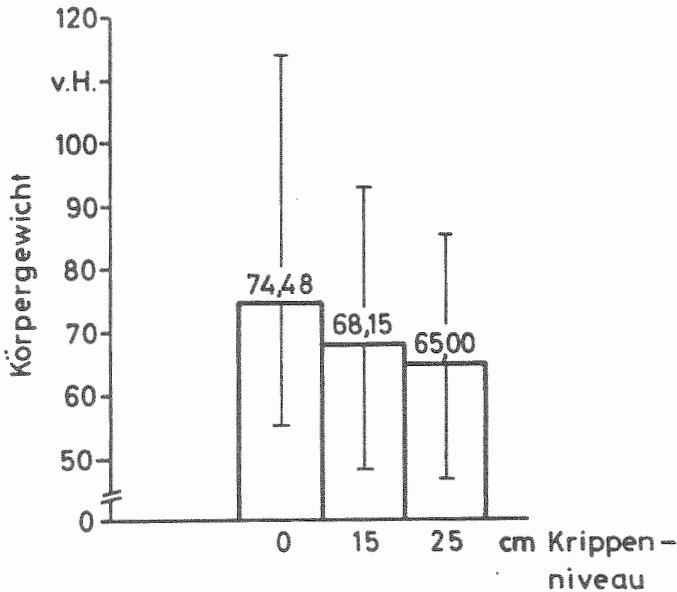


Abb. 33: Maximalbelastung der vorderen Karpalgelenke (Mittelwerte) beim Aufstehen in Horizontalanbindung (n = 117, Tiere D - M)

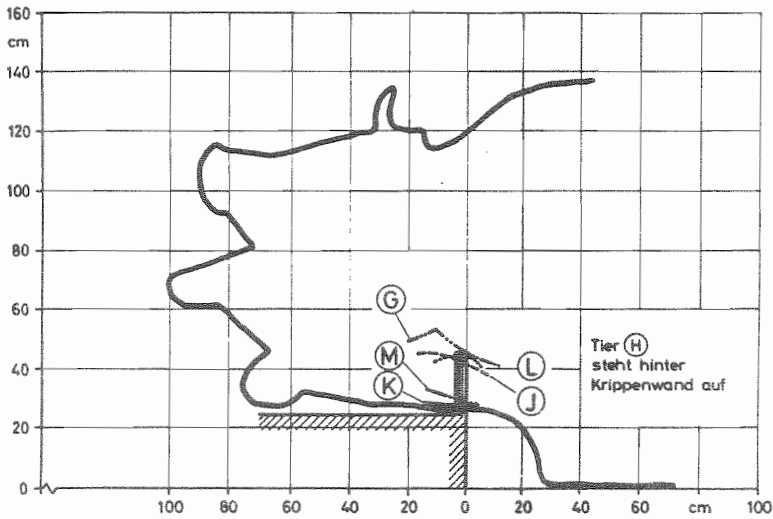


Abb. 34: Umhüllungslinien des Kopfbereiches beim Aufstehen in Horizontalanbindung bei Krippenniveau 25 cm mit Krippenwandkollisionen der einzelnen Tiere (n = 6, Tiere G - M)

Aus der Inanspruchnahme des Raumes während des Aufstehens (Kopfschwung) ergeben sich für die tierangepaßte Gestaltung von Anbindeständen und Boxen eine Reihe von Forderungen. Auf den ersten Blick erscheinen die Unterschiede zu den Weide-Aufstehvorgängen als gering. Die Kopfschwünge locker angebundener Kühe sind zwar nur wenig kürzer, reichen aber vor allem nicht so tief nach vorne. Dieser tiefe Kopfschwung ist in Kurzständen von vorneherein auszuschließen, weil in diesem Bereich die Krippe angeordnet werden muß, deren Form auch auf die Anforderungen beim Fressen abgestimmt werden muß (vergl. Kap. 5). Geht man bei der Kopffreiraumgestaltung von den Aufstehvorgängen locker angehängter Kühe aus, so bleiben zwei wesentliche Forderungen: Der Krippensockel sollte niedriger als 15 cm sein. Das geht auch aus den Belastungsmessungen der Karpalgelenke bei den Krippenhöhen 0 und 15 cm hervor. Außerdem sollte das Futtertischniveau den Kopfschwung nicht zusätzlich nach oben ablenken. Die Kopfschwünge der fixierten Kühe reichen bis zu ca. 90 cm nach vorne und weisen bis zu 70 cm eine Höhe von etwa 25 cm auf.

Unter den Bedingungen einer tierangepaßten Krippenform und lockerer Einstellung der Anbindung tritt der Einfluß der verschiedenen Anbindesysteme zurück.

Will man den Kühen in Liegeboxen den freien Kopfschwung erhalten, so muß zunächst der nötige Freiraum vorgesehen werden. Bei Wandliegeboxen kann der in Beratungsunterlagen empfohlene Freiraum von 40 - 50 cm nur dann ausreichen, wenn durch Aussparungen in der Liegeboxenabtrennung der Kopfschwung seitlich in die Nachbarboxe erfolgen kann. Günstiger zu beurteilen sind diesbezüglich gegenständige Boxen, weil der Kopf innerhalb des Kopffreiraumes von zwei Boxen (= 80 bis 100 cm) nach vorne schwingen kann, sofern nicht durch sogenannte Nasenriegel wiederum ein Hindernis im Weg steht.

4.6 Anforderungen an die Härte von Liegeflächen

Neben den thermischen Anforderungen müssen Böden von Anbindeständen und Liegeboxen in ihrer Härte (Plastizität, Elastizität) den Ansprüchen der Kühe angepaßt werden. Die Härteanforderungen resultieren jedoch zum geringsten Teil vom Liegen. Vielmehr ereignen sich die kritischen mechanischen Vorgänge

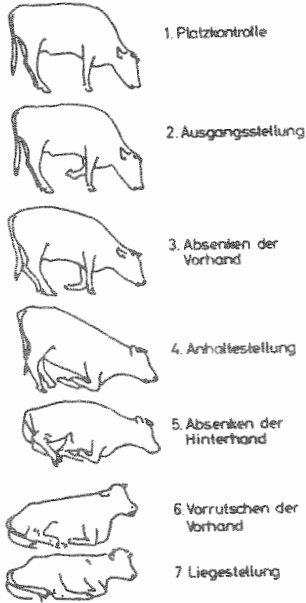
hauptsächlich beim Abliegen und Aufstehen (Abb. 35). Nach Beschreibungen verschiedener Autoren (KOCH und ZEEB, 1970; SAMBRAUS, 1971; SCHNITZER, 1971; KÄMMER, 1981) ereignen sich diese kritischen Situationen beim Abliegen nach dem "Karpalstütz", beim "Fallen der Hinterhand" und beim Aufstehen mit Beginn der "Schleuderbrettphase" bis zum "Aufstellen der Vorhand". Die wesentlichen Verlagerungen des Körpergewichtes finden auf die vorderen Karpalgelenke statt. Die bereits in Kap. 4.3 geschilderten Kraftspitzen (über 4000 N) stellen die höchste, in Verbindung mit dem Boden auftretende Belastung dar. Eine weitere kritische Situation ist das Fallen der Hinterhand, das auf der Weide ungebremst nach der Seite geschieht, im Stall aber teilweise von Seitenabtrennungen aufgefangen wird. Wie bereits gezeigt, erreichen die an den vorderen Karpalgelenken gemessenen Spitzenkräfte beim Abliegen im Mittelwert bis zu 87 % des Körpergewichtes, beim Aufstehen bis zu 81 % des Körpergewichtes (Tab. 18).

Tab. 18: Mittelwerte der an den vorderen Karpalgelenken gemessenen Kraftspitzen in % des Körpergewichtes der Kühe (Vertikalanbindung, Krippenniveau 0)

	Kraftspitzen in % des Körpergewichtes
Abliegen	87
Aufstehen	81

Welchen Wert die Rinder von sich aus diesem Sachverhalt beimessen, geht aus Wahlversuchen hervor. Schon bei der Verwendung eines elastischen PVC-Belages gegenüber einem Zement-Estrich ist es ANDREAE und PAPENDIECK (1971) gelungen, eine deutliche Bevorzugung des weicheren Liegeflächenmaterials nachzuweisen. Während die PVC-Beläge, das ist aus der täglichen durchschnittlichen Liegezeit von annähernd 10 Stunden abzulesen, normal belegt waren, wurden die zwar wärmegeädämmten aber harten Liegeboxen mit nur 75 min täglicher Liegezeit buchstäblich gemieden.

Legende Abliegen



Legende Aufstehen

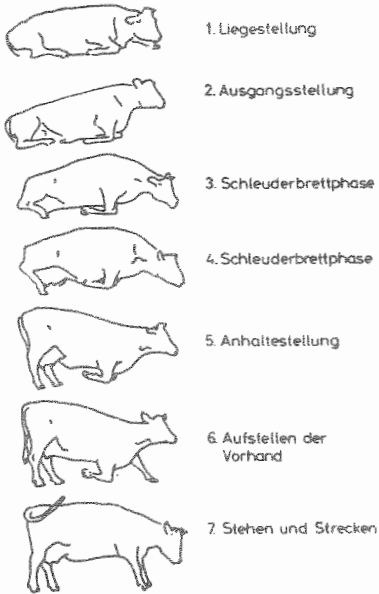


Abb. 35: Kritische Phasen in den typischen Formen des Abliege- und Aufstehvorganges (nach SCHNITZER, 1971; KÄMMER, 1981)

Tab. 19: Tägliche Liegezeit (min) in Liegeboxen mit weichen und harten Bodenbelägen (nach ANDREAE und PAPENDIECK, 1971)

	\bar{x}	max.	min.
wärme gedämmter Zementestrich	75	127	0
PVC-Belag	597	713	413

WANDER und FRICKE (1971) kommen in einem anderen Wahlversuch zu einer weiteren Differenzierung (Abb. 36). Neben Matten und Beton waren auch Schüttungen Holz und Lehm als Boden in den Boxen angeboten. Wiederum reagieren die Rinder auf

den Unterschied zwischen harten und weichen Böden, wobei neben der Bevorzugung der Matte 3 vor allem das günstige Abschneiden der Schüttungen auffällt.

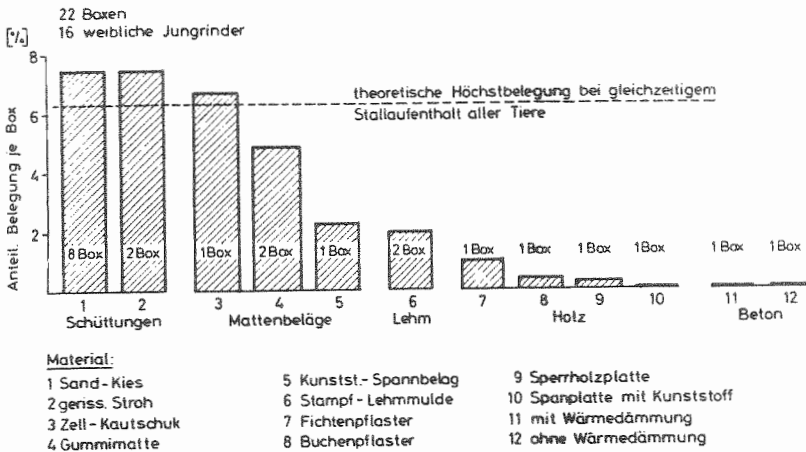


Abb. 36: Belegung von Liegeboxen bei Verwendung unterschiedlicher Bodenmaterialien im Rahmen eines Wahlversuches (WANDER, 1971)

Diese Bevorzugung der Schüttungen versuchte WANDER (1974) noch weiter zu ergründen. Er variierte in einem Wahlversuch die Schüttungsstärken zwischen 5 und 20 cm und mußte feststellen, daß mit der Stärke der Sägemehlschüttungen Unterschiede in der Belegung auftraten (Abb. 37). Die höchsten Werte erreichten die Schüttungen mit 10 und 15 cm Stärke. Deutlich geringer ist die Gesamtbelegzeit bei 5 cm Schüttungsstärke, was der Autor auf mangelnde Plastizität zurückführt. Auch bei 20 cm Schüttungsstärke nimmt die Gesamtbelegzeit wieder ab. WANDER erklärt dies mit einem Unbehagen, das die Tiere beim Betreten dieses Bodens zu empfinden scheinen, weil die Klaue einsinkt, ohne einen festen Halt bzw. einen ebenen Stand zu finden. Demnach wäre die Ursache nicht in den Abliege- und Aufstehvorgängen zu suchen.

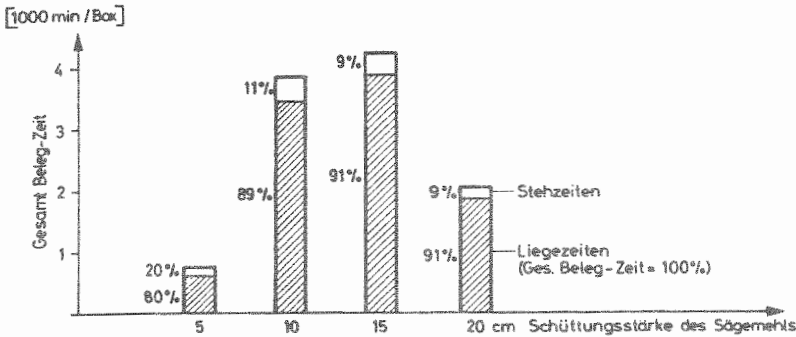


Abb. 37: Belegungsdauer von Liegeboxen in Abhängigkeit von der Schüttungsstärke mit Sägemehl (WANDER, 1974)

Die Wahlversuche zeigen auf, daß sowohl Schüttungen als auch elastische Matten von den Tieren bevorzugt angenommen werden. Nach beiden Seiten, weich und hart, zeichnen sich jedoch deutliche Unterschiede ab, weswegen eine noch stärkere Differenzierung bzw. eine exaktere Angabe der nötigen Elastizität oder Plastizität wünschenswert erscheint.

Das Ziel tierschonender und damit verletzungsvermeidender Maßnahmen muß sein, die Wirkung der hohen Kräfte bei den Abliege- und Aufstehvorgängen so gering wie möglich zu halten. Eine Beeinflussung des Bewegungsablaufes zur Kräfte-senkung scheidet aus, weil - wie die Kräfteverläufe bei behinderten Tieren zeigen - neue, anders gelagerte Probleme heraufbeschworen würden.

Die einwirkende Kraft hängt von der Körpermasse und der Gewichtsverlagerung ab. Die folgenden Untersuchungen unterstellen eine Körpermasse von 600 kg und eine Gewichtsverlagerung von 67 % bis 87 % des Gesamtgewichtes auf die

vorderen Karpalgelenke. Daraus errechnet sich eine auf die Karpalgelenke einwirkende Kraft von ca. 4000 bis 5200 N. Die Gelenkbelastung hängt vom Druck ab, der zwischen Boden und Karpalgelenksoberfläche auftritt. Der Druck ist um so geringer, je besser sich die einwirkende Kraft auf die Gelenksoberfläche verteilen kann.

Das auf den Boden treffende Karpalgelenk bewegt sich gegenüber der Unterlage, wodurch sich eine Veränderung der Gesamtsituation ergibt. Zur Vereinfachung der rechnerischen und meßtechnischen Erfassung erschien es zulässig, das Karpalgelenk als Kugelsegment zu betrachten (Abb. 38).

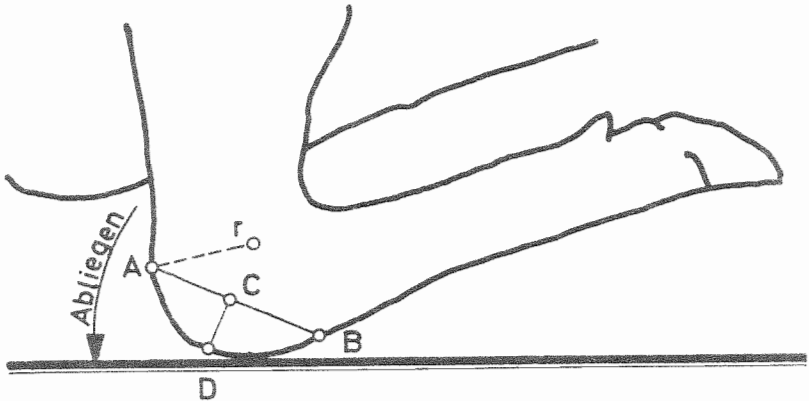


Abb. 38: Abgewinkeltes Karpalgelenk, zur rechnerischen und meßtechnischen Erfassung zum Kugelsegment (Kalotte) vereinfacht (LASSON, 1976)

Die Bestimmung des Kugelsegmentes erfordert die Kenntnis des Radius' oder einer Hilfsgröße zu dessen Berechnung. LASSON hat dazu an elf Tieren die Strecken AB und CD gemessen (Tab. 20) und daraus den Radius r berechnet nach der Formel

$$r = \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 + CD^2}{2 \cdot CD}$$

Tab. 20: Karpalgelenke-Radien von 11 Kühen, Maße in cm
(nach LASSON, 1976)

	\bar{X}	max.	min.
rechtes Karpalgelenk	8,25	9,02	7,58
linkes Karpalgelenk	8,49	10,11	7,58

Die Mittelwerte von AB/2 der Kugelsegmente liegen für die linken Karpalgelenke bei 8,49 cm, für die rechten bei 8,25 cm (kein signifikanter Unterschied). Auch für CD war kein signifikanter Unterschied feststellbar. Der Mittelwert für die Radien der Kugelsegmente für alle gemessenen Karpalgelenke beträgt 8,36 cm.

Wie bereits erwähnt, ist für die Druckminderung die Flächenzunahme und die Eindringtiefe in den Boden bestimmend:

$$\text{Manteloberfläche } M = 2 \cdot r \cdot h$$

M: Kontaktfläche zwischen Gelenk und Boden
r: Radius des Kreisbogens AB (Abb. 38)
h: Eindringtiefe

Gemäß der Gleichung muß die Manteloberfläche bzw. die Kontaktfläche zwischen Gelenk und Boden linear mit der Eindringtiefe anwachsen (Abb. 39). Beträgt die Kontaktfläche bei einer Eindringtiefe von 5 mm nur ca. 26 cm², so steigt dieser Wert bei 30 mm Eindringtiefe auf fast 160 cm².

Der Druck errechnet sich als Quotient aus Kraft und Fläche:

$$\text{Druck (bar)} = \frac{\text{Kraft (N)}}{\text{Fläche (cm}^2\text{)} \cdot 10}$$

Trägt man nun den von der Unterlage auf die theoretische Gelenkfläche wirkenden Druck über der Eindringtiefe auf, so zeigt sich eine überraschend starke Abnahme des Druckes bei den ersten Zentimetern (Abb. 40). Ab 20 bis 30 mm flachen beide Kurven sehr ab. Die maximale Eindringtiefe (Höhe der Schnittebene AB) liegt im Mittel bei 58 mm. Die Extremwerte gehen bis 65 mm. Während im ersten Kurvendrittel z. B. von 5 - 25 mm bereits eine beträchtliche Druckminderung von 5,1 bzw. 7,9 bar eingetreten ist, wird bis zur vollen Eintauchtiefe

von 60 mm nur noch eine Druckreduzierung von 0,9 bzw. 1,2 bar erreicht (Tab. 21).

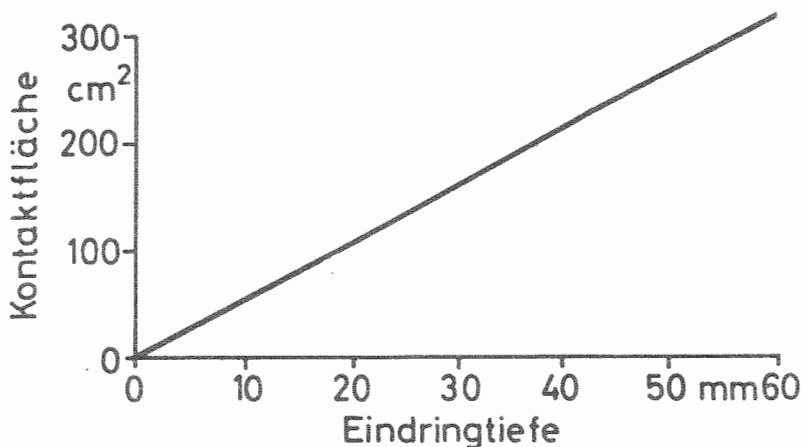


Abb. 39: Kontaktfläche zwischen Gelenk und Boden in Abhängigkeit von der Eindringtiefe

Tab. 21: Druckminderung in Abhängigkeit von der Eindringtiefe

Eindringtiefe	Diff.	Druckdifferenz (bar) bei einer einwirkenden Kraft von	
		2000 N	2600 N
5 - 15 mm	10 mm	5,1	6,6
5 - 25 mm	20 mm	6,1	7,9
5 - 35 mm	30 mm	6,5	8,5
25 - 60 mm	35 mm	0,9	1,2
40 - 60 mm	20 mm	0,4	0,4

Liegen Erkenntnisse darüber vor, welche Grenzwerte an Drücken den Tieren an den Karpalgelenken zugemutet werden können, so könnte man genaue Anforderungen zur Herstellung elastischer oder plastischer Böden formulieren. So bleibt zunächst das Fazit, daß eine Schichtdicke von ca. 60 mm in keinem Fall überschritten werden muß, weil bei diesem Wert die maximale Karpalgelenkfläche bereits erreicht ist. Da die unterstellten Kräfte nur sehr kurz und um so

kürzer (ca. 1 Sekunde) einwirken, je ungehinderter der Kopfschwung ablaufen kann, andererseits aber schon bei Eindringtiefen von 20 - 30 mm eine beträchtliche Entlastung eintritt, müßte eine Eindringtiefe von 20 - 25 mm bereits ausreichen. Das scheint auch aus dem Wahlversuch von WANDER (Abb. 37) hervorzugehen, denn da war eine der mit Matten ausgelegten Boxen in der Belegung annähernd an die Schüttungen herangekommen.

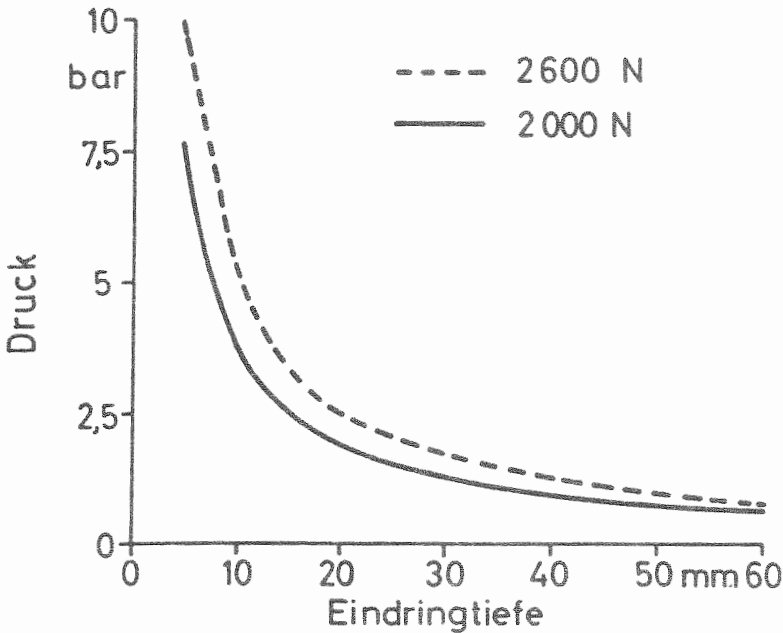


Abb. 40: Druckveränderung beim Eindringen eines kalottenförmigen Körpers in eine elastische oder plastische Unterlage

Die heute hauptsächlich verbreiteten Gummimatten weisen eine Schichtstärke von 18 bis 20 mm auf (s. auch Tab. 22). Messungen von LASSON (1976) mit einer Prüfkalotte von 120 mm Radius ergaben bei einer einwirkenden Kraft von 2000 N einen Druck (Verformungswiderstand) von 7,5 und 5,4 bar (Abb. 41). Da diese Werte keinen Bezug zur Schichtstärke ergeben, muß es sich um material-spezifische Eigenschaften handeln. Die deutlich günstigeren Werte der mit

Schaumstoffunterschicht versehenen Beläge (C₂ : 3,3 bar, B₁ : 1,1 bar) weisen darauf hin, daß Verbesserungen grundsätzlich möglich sind. Allerdings sind derartige Entwicklungen bisher an den zu stellenden Anforderungen an die Haltbarkeit gescheitert.

Vergleichbare Messungen des Verformungswiderstandes von Schüttungen liegen bisher nicht vor. WANDER empfiehlt aufgrund der Ergebnisse der Wahlversuche eine Schüttungsstärke von 10 - 15 cm. Sowohl bei 5 cm als auch bei 20 cm Schüttungsstärke waren die Liegezeiten zurückgegangen. Das negative Ergebnis bei 5 cm Schüttungsstärke läßt vermuten, daß die Elastizität oder Plastizität dieser Schüttung relativ gering ist oder der Verformungswiderstand hoch ist. Denn eine ausreichende Eindringtiefe müßte schon bei 5 cm Stärke gegeben sein.

Andererseits kann hier eine zweite Problematik einwirken. Schüttungen verändern sich mit jeder Benutzung, jedem Abliege- und Aufstehvorgang und auch während des Liegens. Das führt zu einer ungleichen Schüttungsstärke. Um nun auch an Stellen, deren Schüttungsstärke durch die Tiere reduziert wurde, eine ausreichende Verformbarkeit zu gewährleisten, wird die Schüttungsstärke "überdimensioniert".

Tab. 22: Schichtstärke und Verformungswiderstand verschiedener Bodenbeläge (LASSON, 1976)

Bezeichnung	Belagsart	Schichtstärke (mm)	Verformungswiderstand (bar)
A ₂	Gummibelag 2	18	5,4
A ₃	Gummibelag 3	20	7,5
C ₁	PVC-Belag	15	8,0
B ₁	Gummibelag mit Schaumunterlage	50	1,1
C ₂	PVC-Belag mit Schaumunterlage	20	3,3

Das Zurückgehen der Liegezeiten bei 20 cm Schüttungsstärke führt WANDER auf den mangelhaften Halt und Stand der Klauen beim Stehen zurück. Mag dieses Problem in Boxen durch reduzierte Schüttungsstärken und auch durch die geringeren Stehzeiten von weniger als 200 min je Tag zu beseitigen sein, so könnte

bei Kurzständen mit Stehzeiten von über 800 min je Tag bei unsicherem Stand auf weichen Matten ein ernsthafter Schaden entstehen.

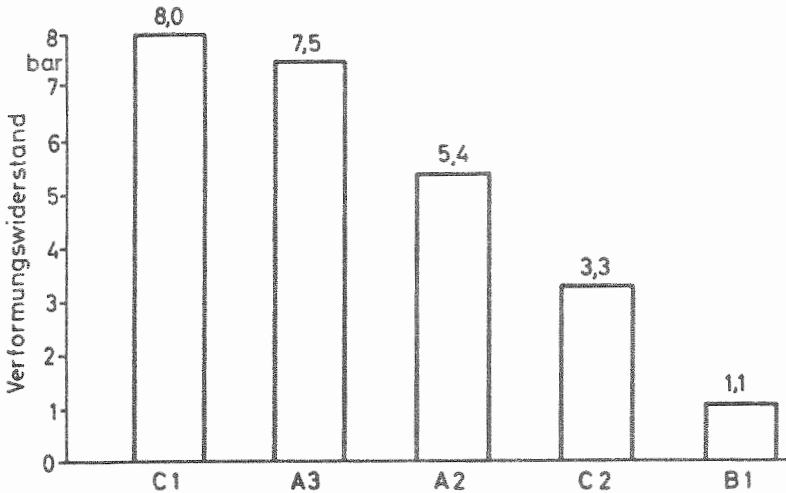


Abb. 41: Verformungswiderstand von Bodenbelägen (Kugeleindruckversuch, $r = 120 \text{ mm}$; $F = 2000 \text{ N}$; Bezeichnung der Beläge s. Tab. 22) (nach LASSON, 1976)

Tab. 23: Stehzeiten von Kühen in Anbindeständen und Liegeboxen

	Stehzeit min	Quelle
Anbindestände	808	MEYER-ÖTTING, 1974
Liegeboxen	186	BOCKISCH u. ZIPS, 1982

Der sichere Stand der Klauen ist bei ebener Unterlage und, wenn Kräfteveränderungen jenseits des Zustandes der ruhenden Klaue nur geringfügige Veränderungen in der Eindringtiefe bewirken (Abb. 42), gegeben.

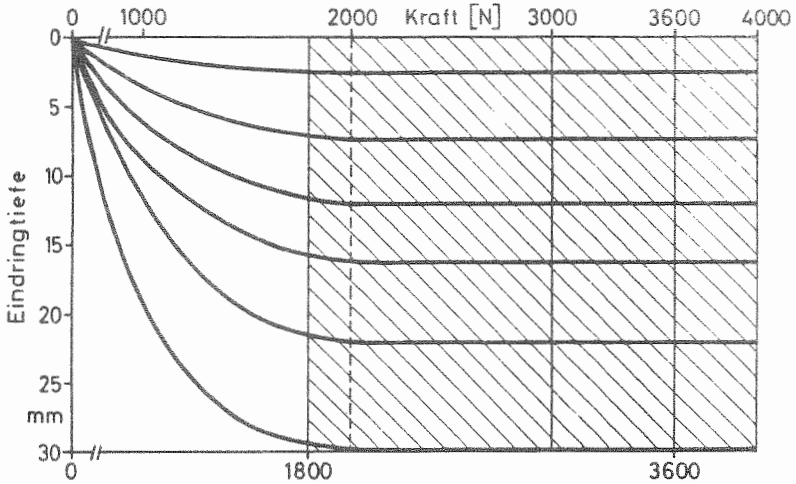


Abb. 42: Theoretischer Zusammenhang zwischen Standsicherheit der Klauen und Eindringtiefe auf elastischer oder plastischer Unterlage (nach LASSON, 1976)

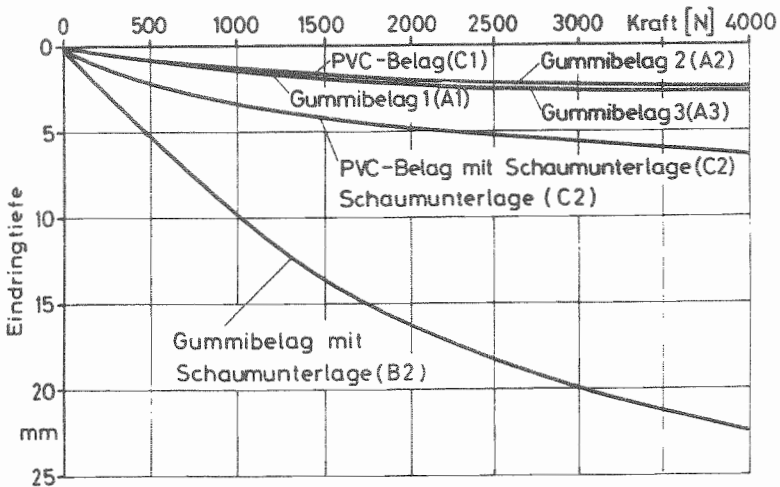


Abb. 43: Messung der Eindringtiefe einer Stahlgußklaue an verschiedenen elastischen Bodenbelägen (nach LASSON, 1976)

Da auf runden Vorderklauen eine Kraft von etwa 1200 bis 2000 N lastet, sollte ab diesem Wert bis zur Maximalkraft von 3600 - 4000 N die Eindringtiefe konstant bleiben. Dann wäre das sichere Stehen gegeben. Die Elastizität könnte bei geringerer Kraft voll wirksam werden (siehe Eindringtiefe bei 0 - 1800 N).

Messungen der Eindringtiefe mittels einer naturgetreu geformten Stahlgußklau an verschiedenen Bodenbelägen zeigen (Abb. 43), daß dieser Kurvenverlauf bei härteren und zur Zeit handelsüblichen Belägen (A1, A2, A3) annähernd auftritt. Elastische Beläge (B1 und C2), wie sie für Abliegen, Liegen und Aufstehen wünschenswert wären, weichen von den Idealkurven etwas ab. In einem Wahlversuch mit diesen verschiedenen Belägen gelang LASSON allerdings der Nachweis, daß die elastischen Beläge zum Stehen nicht gemieden wurden. Das geht aber auch aus einem Wahlversuch von WANDER (1977) hervor (Abb. 44, z. B. weiche Beläge Säule 1, 2 und 4). Die Anteile der Stehzeiten ergeben zumindest keinen Bezug zur Elastizität des Materials (siehe z. B. weiche und harte Judomatten).

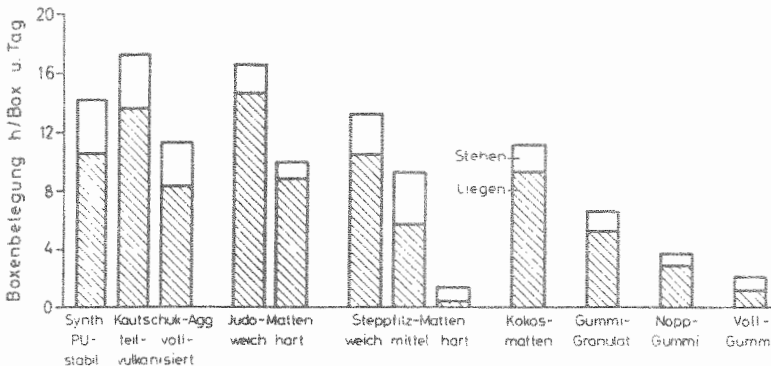


Abb. 44: Wahlversuch mit Stallmatten in Liegeboxen, 26 Boden, 19 Kühe (nach WANDER, 1977)

Es bleibt festzustellen, daß elastische Stand- und Boxerbeläge in der Elastizität den Anforderungen der Kühe nur unzureichend angepaßt sind. Versuche mit weicheren Materialien haben negative Ergebnisse hinsichtlich der Haltbarkeit erbracht. Um die Eigenschaften handelsüblicher Gummimatten zu verbessern, wird empfohlen, auch bei Flüssigentmischung eine geringe Einstreuschicht aus kurz gehäckseltem Stroh oder Strohmehl aufzubringen. Mit diesem zusätzlichen Belag verbessert sich neben der Elastizität bzw. Plastizität gleichzeitig auch die Wärmedämmung. Das zerkleinerte Stroh nimmt außerdem Feuchtigkeit auf und macht den Boden trittsicher.

5. Futtermaufnahme

Wohl in keinem der Problemkreise spielen die Ansprüche der Kühe eine so Überwiegende Rolle wie bei der Futtermaufnahme, denn sie bildet die Leistungsgrundlage. Das Problemspektrum reicht von den rein physiologischen Vorgängen bis hin zum Tierverhalten. Der Mensch greift dabei vor allem mit seiner Fütterungsstrategie ein und wirkt so z. B. als Zeittaktgeber im Tagesablauf.

Bei der Anpassung des Fraßplatzes an die Anforderungen der Kühe steht zunächst die Krippenform im Vordergrund. Zur Entwicklung einer tiergemäßen Krippenform ist die Kenntnis der Reichweite von Kühen unterschiedlicher Größe Voraussetzung. Da die Reichweite sich mit der Krippenhöhe ändert und in Kurzständen wegen des Aufstehvorganges (Kap. 4.4) eine möglichst flache Krippe anzustreben wäre, ist zu prüfen, wie sich flache und weite Krippen auf die Belastung der Vorderextremitäten auswirken.

Im Liegeboxenlaufstall läßt sich die Krippenform den speziellen Anforderungen der fressenden Kühe besser anpassen. Bedrängt durch die Interaktionen innerhalb der Herde tritt hier das Problem der Fraßplatzverdrängung bzw. der Beeinflussung sozialer Auseinandersetzungen durch Veränderung der Fraßplatzzahl oder am Fraßplatz durch die Fraßgitterform auf.

Zahlreiche Autoren haben sich allein mit den Verhaltensweisen beschäftigt, wobei gemäß der jeweiligen Zielsetzung abgegrenzte Bereiche bearbeitet wurden. So befaßten sich z. B. OBER, RIST und OLIVIER, METZNER speziell mit der

Krippenform. Berichte, wie z. B. die von SCHÖN, H. oder VERSBACH beinhalten Probleme der Freßplatzgestaltung bei Einzel- und Herdenfütterung. Fragen der Vorratsfütterung und des Freßplatz-Tierverhältnisses finden sich z. B. in den Arbeiten von GERSTLAUER, METZ und MEKKING sowie WANDER. PORZIG (1969) weist darauf hin, daß Rinder während der Futteraufnahme einem inneren Zwang zu folgen scheinen. So ist der Drang zum Selektieren Ursache für das Wechseln der Futterplätze und auch dafür, daß nicht von der Oberfläche des Futterstapels gefressen wird, sondern das Futter hin- und hergeschoben oder sogar mit ruckartigen Bewegungen hochgeworfen wird. Ersteres hat u. U. Rückwirkungen auf die Freßplatzgestaltung in Laufställen (Einsperren während der Freßzeit?). Das Futterschieben zwingt zum Futterzurückräumen oder zu einer entsprechenden Krippenform, die das Wegschieben zumindest teilweise unterbindet. Geschieht dies nicht, so kommt es beim Fressen zu hohen Dauerbelastungen an den Vorderextremitäten. Hohe Belastungen treten jedoch auch auf, wenn der Krippenboden zu tief liegt oder - vereinfachend ausgedrückt - wenn die Krippenform nicht den Reichweiten der Kühe angepaßt ist.

5.1 Reichweiten

Die Bewegung, die der Kopf während des Freßvorganges durchführt, ist räumlich. Reichweiten müssen daher in horizontale und vertikale Kurven aufgeteilt werden. Beide stehen naturgemäß in engem Zusammenhang. Eine Veränderung der Freßplatzbreite nimmt z. B. Einfluß auf Krippentiefe. Beim Streben nach Futter in einer Krippe erfährt die Kuh zunächst eine körperliche Fixierung durch den Krippenrand, durch die Anbindevorrichtung, durch Nackenholme oder Ähnliches.

RIS† und OLIVIER (1971) haben zur Ermittlung der Reichweiten einen guten methodischen Ansatz geliefert. Sie stellen fest, daß die gestreckte Hals-Kopf-Zungenlänge die Reichweite bestimmt. Sie konnten jedoch nur Messungen an zwei Braunviehkühen durchführen. Sie äußerten zudem die Hoffnung, daß sich mit einer Formel der Bezug zu vielfach gemessenen Körperdaten wie der Rumpflänge Beziehungen ergäben könnten.

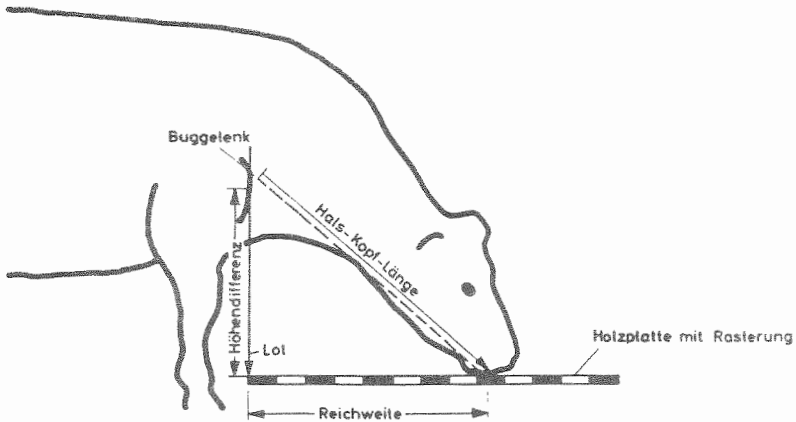


Abb. 45: Ermittlung der Hals-Kopf-Zungenlänge in gestrecktem Zustand

METZNER (1976) stellte Messungen an 46 Fleckviehkühen an und erfaßte dabei auch die Hals-Kopf-Zungenlänge (HKZ-Länge) aus der Höhendifferenz von Buggelenk zu Freßplatte und der Reichweite (Abb. 45). Der Mittelwert der Hals-Kopf-Zungenlänge errechnete sich mit 118,8 cm bei einer mittleren Höhe des Buggelenkes von 84,9 cm.

Tab. 24: Hals-Kopf-Zungenlänge von Fleckviehkühen (n = 46, Maße in cm) (METZNER, 1976)

	\bar{x}	max.	min.
Hals-Kopf-Zungenlänge	118,8	136,4	103,7
Höhe des Buggelenkes	84,9	94,2	78,7

Unter Verwendung des Buggelenkes als Drehpunkt lassen sich sowohl die vertikale als auch die horizontale Reichweite darstellen (Abb. 46, 47, 48). METZNER machte auch den Versuch, Beziehungen zwischen der Rumpflänge bzw. der Widerristhöhe und der Hals-Kopf-Zungenlänge herzustellen, was jedoch nicht gelang.

Die Schwankung in der Hals-Kopf-Zungenlänge von annähernd 33 cm wirken sich in der vertikalen und in der horizontalen Reichweite beträchtlich aus. Sie bleibt vorerst aber unberücksichtigt, da das Futter auch für die kleinen Kühe erreichbar sein muß, weswegen von der Minimalwertkurve auszugehen ist (Abb. 46).

In dem für die Krippendimensionierung bedeutungsvollen Kurvenabschnitt nimmt die Reichweite stetig zu. Könnte man das Krippenniveau (Krippenboden) nach der durchschnittlichen Reichweite ausrichten, so ergäbe sich bei einer Höhendifferenz über dem Standplatz von 0 cm eine Reichweite von ca. 50, bei 30 cm von 90 cm (Tab. 25).

Tab. 25: Reichweite in Abhängigkeit vom Krippenniveau über Standfläche (nach Minimalwertkurve)

Krippenniveau	0 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Reichweite (in der Mitte)	52 cm	68 cm	80 cm	90 cm

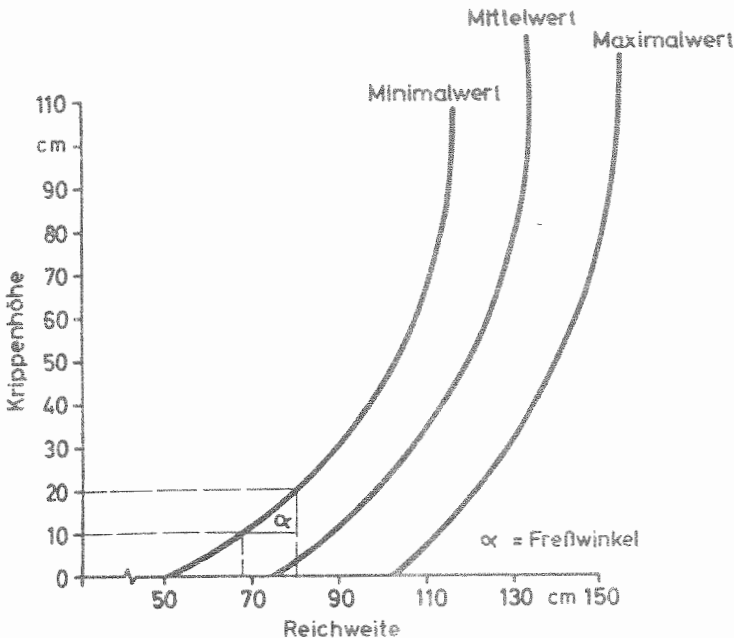


Abb. 46: Vertikale Reichweite von Fleckviehkühen in Standmittelachse (nach METZNER, 1976)

Da die Kurve weiter ansteigt, sollte die Krippenvorderwand als Schräge ausgebildet werden. Vereinfachend wird dieser Anstieg in Form des Freßwinkels angegeben. Dieser Freßwinkel muß - wie bereits gezeigt - erheblich von den anatomischen Gegebenheiten abhängen (Bughöhe, Widerristhöhe, HKZ-Länge). Da sich die horizontale Reichweite in einer Kurve ausdrückt, ändert sich der Freßwinkel mit der Höhe (Tab. 26).

Tab. 26: Freßwinkel bei unterschiedlichem Krippenniveau (Fleckviehkühe) (vergl. Abb. 46)

	Krippenniveau		
	0 cm	10 cm	20 cm
Freßwinkel	ca. 30	40 - 45 ⁰	ca. 50 ⁰

Die Angaben über die vertikale Reichweite lassen zunächst noch keine Aussagen über die Krippenweite zu, weil sich diese Werte auf die Reichweite in Standmitte beziehen. Nach der Seite verringert sich die Reichweite annähernd im Radius um den Drehpunkt. Aus den von METZNER (1976) durchgeführten Messungen an 46 Fleckviehkühen muß für die Krippendimensionierung wiederum die Minimalwertkurve betrachtet werden (Abb. 47).

Krippenniveau 10 cm

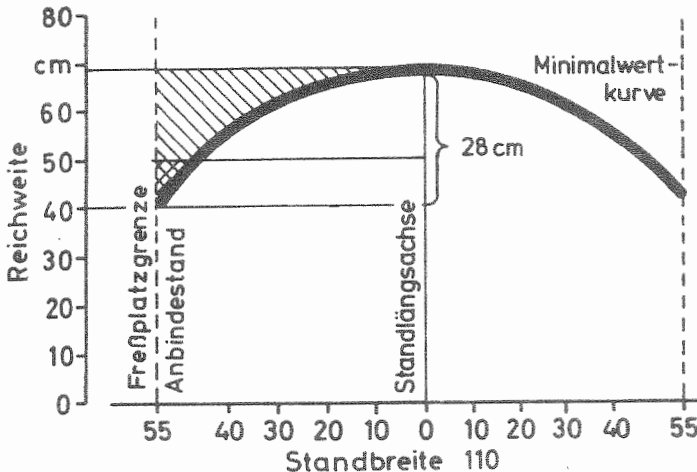


Abb. 47: Horizontale Reichweite bei Krippenniveau 10 cm (Fleckviehkühe, n = 46) (nach METZNER, 1976)

Bei einem Krippenniveau von 10 cm beträgt die Reichweite zwar in der Mitte 68 cm. Sie verringert sich aber mit der Entfernung von der Standlängsachse um 28 cm auf nur noch 40 cm. Um bei diesem Krippenniveau bei einer Freßplatzbreite von 1,10 m (Anbindestand) auch an der Freßplatzgrenze das Futter noch erreichbar zu machen, muß die Krippenweite verringert werden. Bei einer Krippenweite von 50 bis 55 cm ließe sich ein guter Kompromiß aus Fassungsvermögen und Futtererreichbarkeit festlegen.

Krippenniveau 20 cm

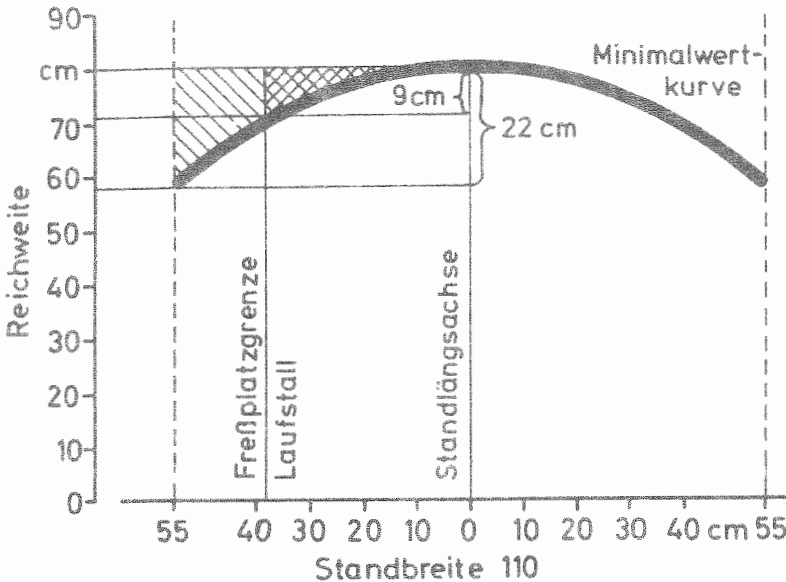


Abb. 48: Horizontale Reichweite bei Krippenniveau 20 cm (Fleckviehkühe, n = 46) (nach METZNER, 1976)

Mit ansteigendem Krippenniveau nimmt die horizontale Reichweite zu (Abb. 48). Die Kühe erreichen nun in der Standlängsachse auch das Futter in einer Entfernung von 80 cm. Dieses Maß deckt sich auch mit dem von ZEEB (1969) in Freßprofilen gemessenen Werten (Abb. 49). Bei einer Freßplatzbreite von 1,10 m geht die Reichweite auf 68 cm zurück. Bei einer Freßplatzbreite von 75 cm beträgt der Reichweitenrückgang nur knapp 10 cm.

Zieht man aus den Reichweitenmessungen Bilanz, so ist nun bekannt, daß die Futtererreichbarkeit noch vorne vom Krippenniveau über dem Standplatz abhängt. Da auch der Freßwinkel vom Krippenniveau abhängt, lassen sich Krippenabmessungen erst vorschlagen, wenn Erkenntnisse über das Krippenniveau vorliegen.

Die Krippenrückwand bei Kurzstandkrippen, das geht aus der Analyse der Aufstehvorgänge hervor, darf den Kühen kein zusätzliches Hindernis bieten und sollte daher elastisch sein. Bei Laufstallkrippen kann dagegen die Krippenrückwand ganz speziell auf das Freßverhalten eingerichtet werden.

5.2 Bevorzugter Freßbereich

Reichweitenermittlungen, die auf den anatomischen Gegebenheiten aufbauen, liefern zwar exakte Angaben zur Krippenweite und Freßplatzbreite. Inwieweit jedoch innerhalb dieser Reichweitenradien einzelne Zonen oder Bereiche gemieden oder bevorzugt werden, das wird erst aus dem tatsächlichen Freßverhalten ersichtlich. Auch darauf ist schließlich die Krippenform abzustimmen.

Hinweise über die Bevorzugung oder das Meiden bestimmter Bereiche innerhalb der Krippe konnte schon ZEEB (1969) aus seinen Versuchen zur Ermittlung von Freßprofilen am Fahrsilo liefern (Abb. 49).

Im Verlauf des Abfressens des Futterstockes entstanden verschiedene Profile, die weitgehend mit der vertikalen Reichweite übereinstimmen. Ab dem kritischen Punkt von 15 cm Höhe (40 cm vom Palisadenfreßgitter) beobachtete ZEEB, daß die Tiere unruhig wurden, weil Verspannungen in der Vorderhand entstehen. Da Silagereste unmittelbar vor dem Palisadengitter, also unterhalb der Köpfe der Rinder nicht aufgenommen wurde, schlug ZEEB vor, ein Schrägbrett einzubauen, um diese Schmutzecke zu beseitigen.

METZNER (1976) hat bei gleichverteilter Futtervorlage und dem Krippenniveau 10 cm innerhalb eines Rasters auf der Krippenplatte zunächst den Freßvorgang in der Reihenfolge der Benutzung verfolgt (Abb. 50) und kommt zu dem Schluß, daß die Maulspitze sich nicht längere Zeit in einer bestimmten Zone bewegt, sondern daß sie in weiten, halbkreisförmigen Bewegungen bestimmte Bereiche der Freßplatte absucht.

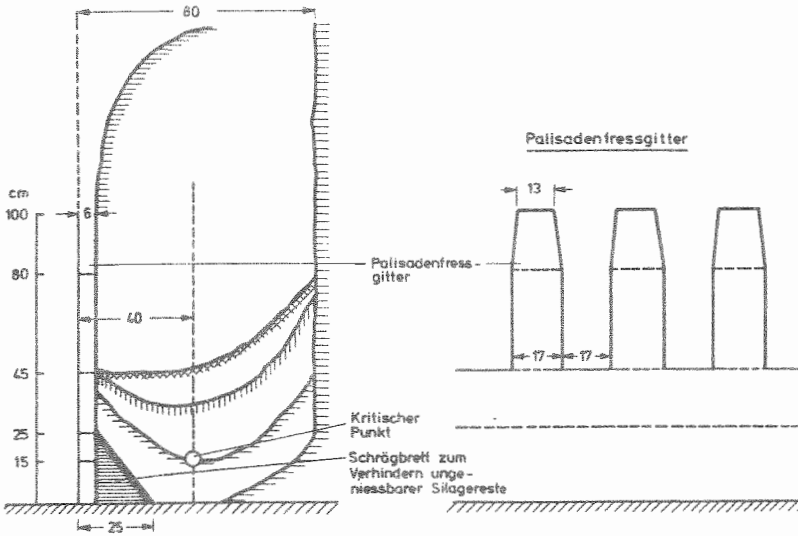


Abb. 49: Freßprofile von Hausrindern am Palisadenfreßgitter (nach ZEEB, 1969)

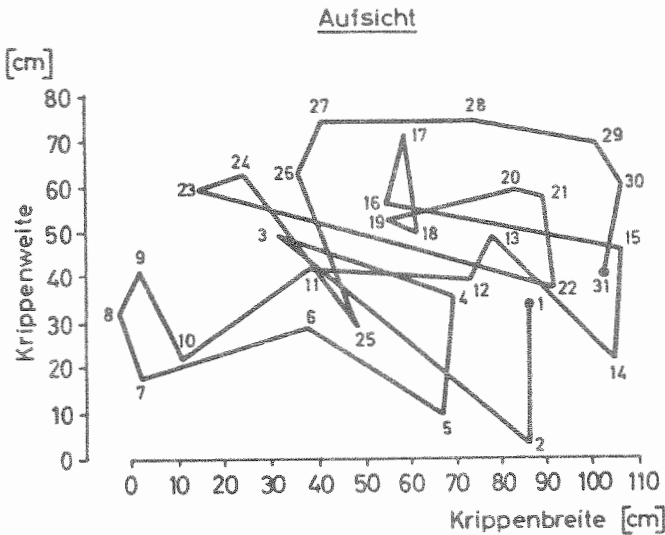


Abb. 50: Beispiel für eine Bewegungsaufzeichnung der Maulspitze während der Futteraufnahme (Kalbin, Krippenniveau 20 cm, Kraftfutter, Zeitabstand zwischen den Punkten 3 sec) (METZNER, 1976)

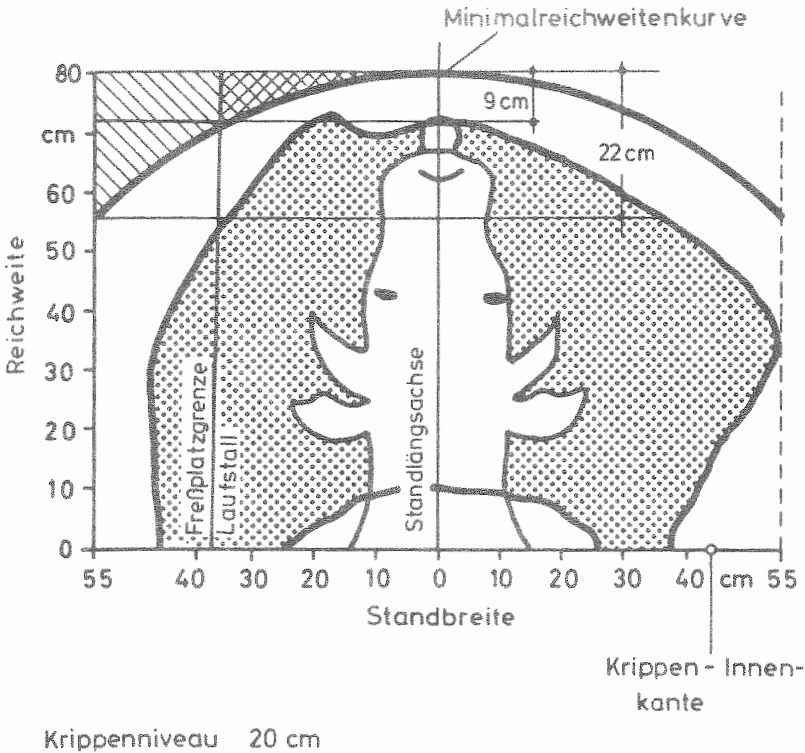


Abb. 52: Bevorzugter Krippenbereich (Tiere D bis M, Fleckvieh, Zahl der Freßpunkte $n = 7747$, Quadrate mit über 1 % der Freßpunkte) und Reichweitenkurve (Minimalwerte) für Krippenniveau 20 cm

5.3 Kräfteverhältnisse an den Vorderextremitäten während des Fressens

Die Belastung der Vorderextremitäten, dies lassen die Ergebnisse der Reichweitenmessungen und die Ermittlung des bevorzugten Freßbereiches erwarten, muß sowohl von der Krippenweite als auch von der Krippenhöhe beeinflußt sein.

Zur quantitativen Erfassung der Veränderung der Kräfteverhältnisse wurde der schon beschriebene Versuchsstand (vergl. Abb. 20) etwas modifiziert, in dem

anstelle der Videokamera die Aufzeichnung des Tierverhaltens mittels zweier 35-mm-Motorkameras in zwei verschiedenen Ebenen (von der Seite und von oben) erfolgte. Die Form der Aufzeichnung ermöglicht eine präzisere und direkte Auswertung am graphischen Digitalisierer.

Auch hier wurden die vertikalen und horizontalen Kräfte gemessen. Da der Kräfteverlauf bei beiden Krafrichtungen (Horizontalkräfte ca. ein Viertel bis ein Fünftel der Vertikalkräfte) gleich ist, stützt sich die weitere Ergebnisdarstellung aber ausschließlich auf die für die Kühe kritischeren Vertikalkräfte. Im Gegensatz zur Messung der Kräfte während der Aufstehvorgänge, bei denen die Kraftspitzen die wichtige Entlastung der Hinterhand markierten, handelt es sich beim Fressen um eine über die gesamte Freßzeit anhaltende Belastung von ca. 6 Stunden je Tag (Tab. 27). Zwar fressen die Kühe in dieser Zeit nicht ausschließlich in den Grenzbereichen ihrer Reichweite. Mit ihrem natürlichen Drang, das Futter selektieren zu wollen, d. h. hin- und herzuschieben, gerät das Futter schon nach kurzer Zeit in die Randbereiche.

Tab. 27: Tägliche Freßzeiten von Kühen

<u>Quelle</u>	<u>Stunden je Tag</u>
Kaiser, 1966	4,83 - 6,66
Minakov, 1952	5,47
Olofsson, 1964	5,53
Porzig, 1966	4,72 - 5,02
Süss, 1973	2,80 - 4,55
Meyer-Ütting, 1974	3,78 - 7,03
Bockisch, Zips und Boxberger, 1982	6,30

Der Idealzustand hinsichtlich der Extremitäten-Belastung wäre erreicht, wenn die Kräfteverteilung während des Frassens der bei ruhig stehenden Kühen ermittelten entspräche. Nach Angaben verschiedener Autoren (Tab. 28) ist die Vorhand mit 54,1 bis 56,3 % des Körpergewichtes beim ruhenden Stehen um ca. 10 % höher belastet als die Hinterhand. Wegen der langen Freßzeiten sollte die Krippenform unbedingt dazu beitragen, daß diese Werte annähernd erreicht werden bzw. maximal um 10 % überschritten werden. Das entspräche einer Belastung der Vorhand von max. 60 % des Körpergewichtes.

Tab. 28: Prozentuale Verteilung des Körpergewichtes auf Vorder- und Hinterextremitäten bei ruhig stehenden Kühen *)

Quelle	Rasse **)	n	Vorhand % KG	Hinterhand % KG
BÄUMELER, R.	SB	3	56,3	43,3
FESZL, L.	DF, DB	-	55,1	44,9
ÜBER, J. KIESL, H. P.	DF	6	55,4	44,2
SCHLICHTING, M. C.	-	13	55,0	45,0
WITZMANN, P.	DB DF	9 13	54,6 54,1	45,3 45,6
METZNER, R.	DF	3	56,1	43,7

*) mittelschwere Kühe 480 - 600 kg Gesamtgewicht

**) SB Schweizer Braunvieh; DF Deutsches Fleckvieh; DB Deutsches Braunvieh

Bei den Messungen der mittleren Belastung der Vorderextremitäten während des Fressens wurde sowohl die Krippenhöhe über dem Standniveau in fünf Stufen von 0 bis 20 cm als auch die Krippenweite in zwei Stufen von 40 und 80 cm variiert. Drei weitere Varianten entstanden durch den Einbau verschiedener Anbindevorrichtungen.

Trägt man das Datenmaterial zunächst nach den unterschiedlichen Krippenhöhen in zwei Kurven für die beiden Krippenweiten auf (Abb. 53), so sinkt (bei Krippenweite 40 cm) die Belastung von 64 % des Körpergewichtes bei Krippenniveau 0 cm auf 53 % bei Krippenniveau 20 cm ab, wobei die Werte für Krippenniveau 10 cm, 15 cm und 20 cm bereits als der Normalgewichtsverteilung entsprechend eingeordnet werden können.

Die Werte für die Krippenweite 80 cm liegen erwartungsgemäß um 4 bis 6 % des Körpergewichtes über denen der Krippenweite 40 cm. Die beim ruhenden Stehen ermittelten Werte werden selbst bei Krippenhöhe 20 cm um ca. 5 % des Körpergewichtes überschritten. Das muß keineswegs Überraschen, liegt doch die Krippenweite von 80 cm selbst bei Krippenniveau 20 cm im Grenzbereich der Reichweite (vergl. Abb. 48 und ZEEB, Abb. 49), während die Krippenweite 40 cm bereits bei 10 cm Krippenhöhe 18 cm unter dem Radius der Minimalreichweitenkurve liegt.

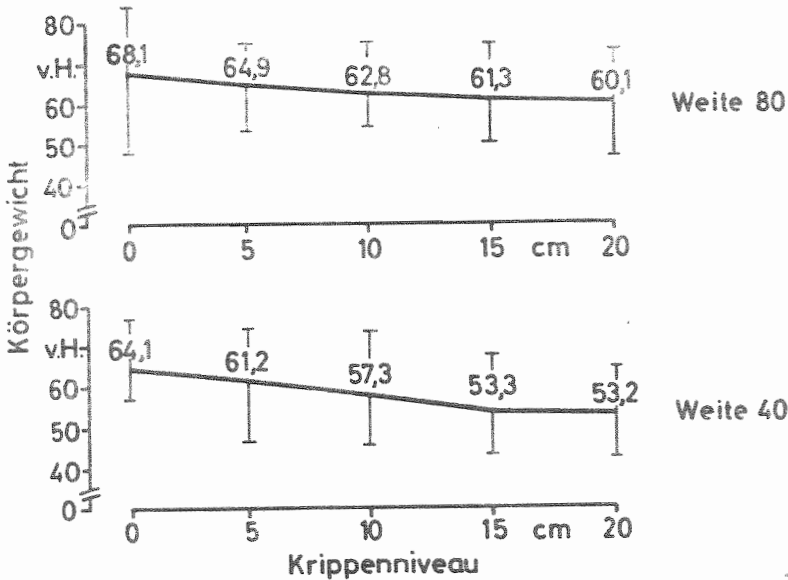


Abb. 53: Mittlere Belastung der Vorderextremitäten während der Futteraufnahme bei unterschiedlichem Krippenniveau und -weite (Tiere G - M, Fleckvieh, n = 180)

Die Datensortierung nach den verschiedenen Anbindevorrichtungen macht deren Einfluß deutlich (Abb. 54). Sieht man von der extremeren Krippenweite 80 cm ab, so liegen diese Mittelwerte durchaus in dem vorgegebenen Rahmen unter 60 % des Körpergewichtes. Während sich hier entgegen der Ergebnisse bei den Aufstehvorgängen Vertikal- und Horizontalanbindung kaum unterscheiden, liegt der Gelenkhalsrahmen mit 59,66 % des Körpergewichtes auf den Vorderextremitäten eher im Grenzbereich. Da es sich um Mischwerte aus den verschiedenen Krippenhöhen 0 - 20 cm handelt und durchaus eine Differenzierung in den einzelnen Krippenhöhen zu erwarten ist, folgt als weitere Analyse die Belastung in den verschiedenen Anbindevorrichtungen bei steigendem Krippenniveau (Abb. 55, 56, 57).

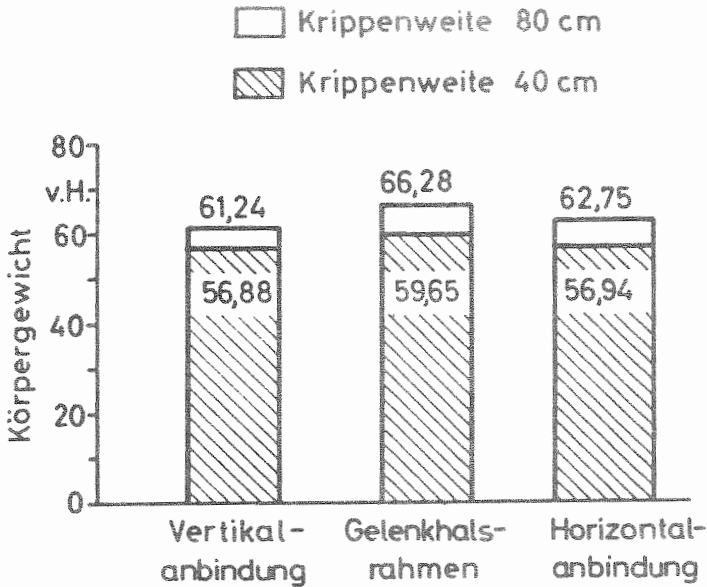


Abb. 54: Mittlere Belastung der Vorderextremitäten während der Futteraufnahme bei verschiedenen Anbindevorrichtungen und Krippenweiten (Tiere G - M, Fleckvieh, n = 540)

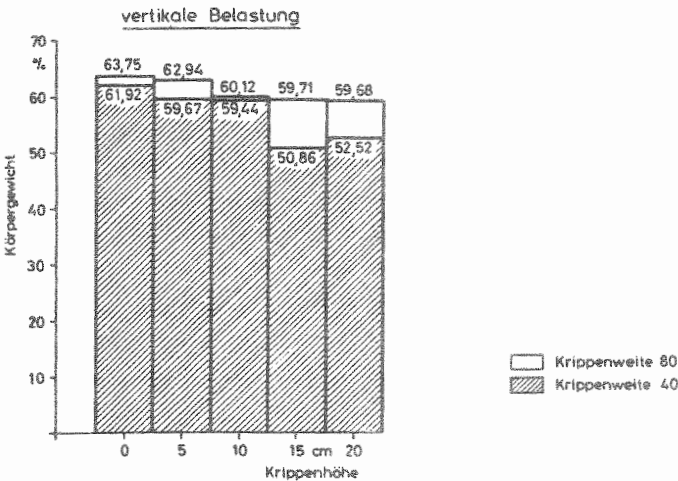


Abb. 55: Mittlere Belastung der Vordergliedmaßen während des Fressens in Vertikal-anbindung bei unterschiedlicher Krippenhöhe und -weite (Tiere G - M, Fleckvieh, n = 180)

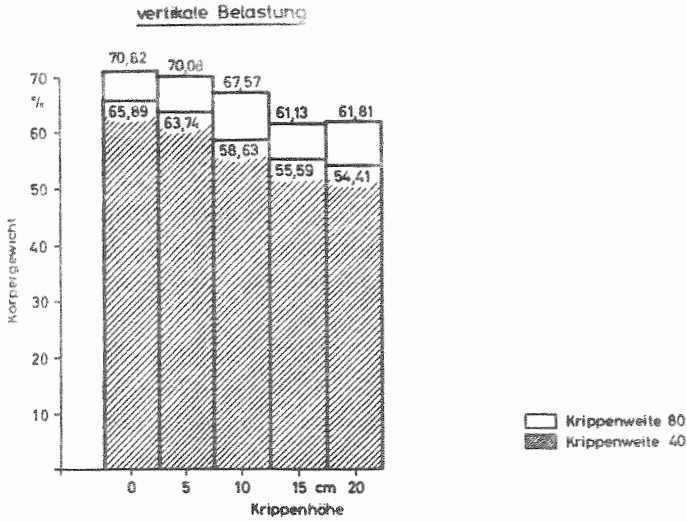


Abb. 56: Mittlere Belastung der Vordergliedmaßen während des Fressens im Gelenkhalsrahmen bei unterschiedlicher Krippenhöhe und -weite (Tiere G - M, Fleckvieh, n = 180)

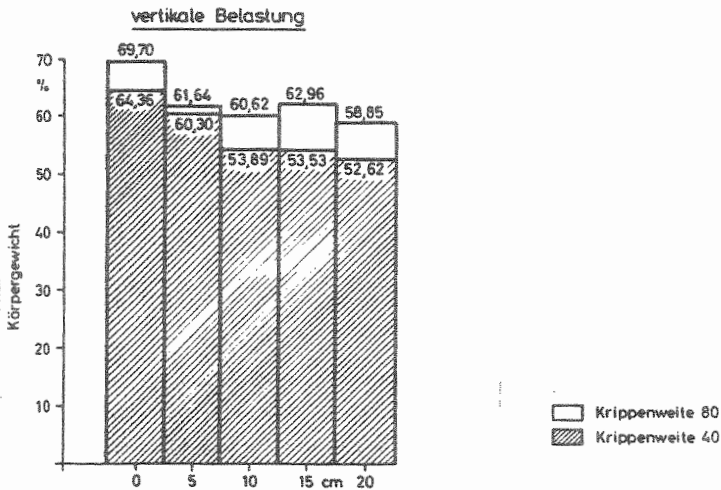


Abb. 57: Mittlere Belastung der Vordergliedmaßen während des Fressens in Horizontalanbindung bei unterschiedlicher Krippenhöhe und -weite (Tiere G - M, Fleckvieh, n = 180)

Ähnlich wie bei den Aufstehvorgängen ist auch hier davon auszugehen, daß die Vertikalanbindung in der lockeren Versuchsanstellung den Tieren günstige Voraussetzungen bei der Futteraufnahme bietet. Schon bei Krippenhöhe 5 cm liegt die Vorderextremitäten-Belastung bei Krippenweite 40 cm unter 60 % des Körpergewichtes. Allerdings bleibt dieser Wert bei Krippenhöhe 10 cm annähernd erhalten, um erst bei Krippenniveau 15 cm und 20 cm sprunghaft auf 51 bis 52 % des Körpergewichtes abzusinken. Hier scheint sich auszuwirken, daß der Bewegungsraum sich nach unten nicht ausdehnt, also im Schnitt gesehen eher radial verläuft (vergl. Abb. 46) und sich nach unten verkleinert.

Beim Gelenkhalsrahmen gehen die Werte stufenweise zurück (Abb. 56). Für die Krippenweite 40 cm wird bei Krippenhöhe 10 cm ähnlich wie bei der Vertikalanbindung die Belastung der Vordergliedmaßen mit 60 % des Körpergewichtes unterschritten. Die Größenordnung der Gewichtsverteilung des ruhenden Stehens wird erst mit den Krippenhöhen 15 und 20 cm erreicht. Auch hier wirkt sich offensichtlich die Verringerung des Bewegungsraumes nach unten aus. Offensichtlich ist die Lage des Gelenkes in den Holmen so gewählt, daß der Aufstehvorgang begünstigt ist. Da das Krippenniveau im Anbindestand wegen der Aufstehvorgänge unter 15 cm liegen sollte, ist es offensichtlich erforderlich, die Krippenweite nicht in die Grenzbereiche der Reichweite zu treiben.

Überraschend günstige Belastungswerte an den Vorderextremitäten während der Futteraufnahme bringt die Horizontalanbindung (Abb. 57). Bei Krippenweite 40 cm erreicht die Belastung der Vorderextremitäten schon bei Krippenhöhe 5 cm annähernd 60 % des Körpergewichtes. Ab Krippenhöhe 10 cm entsprechen die Belastungen mit 53 bis 54 % denen des ruhenden Stehens.

5.4 Krippen- und Fraßplatzgestaltung

Die Krippenform, das haben die bisher dargestellten Untersuchungen gezeigt, muß den Erfordernissen der Kühe angepaßt werden. Daraus ist abzuleiten, daß es eigentlich nur zwei Krippengrundformen geben kann, eine für den Kurzstand, die andere für Laufställe, in denen die Kühe nicht direkt an der Krippe liegen bzw. aufstehen und abliegen müssen.

Neben dem Zweck der Futteraufnahme oder des Fressens müssen Krippen auch der Vorlage einer ausreichenden Futtermenge dienen. Tiergemäße Krippenformen sind daher auf diese Eigenschaft hin zu untersuchen, um gegebenenfalls einen Kompromißvorschlag zu erarbeiten.

Im Laufstall prägt das Tierverhalten den gesamten Freßplatz. Die Kühe können sich gegenseitig abdrängen und müssen unter Umständen durch Fang- oder Ab-sperrvorrichtungen daran gehindert werden.

5.4.1 Tiergemäße Krippenformen

Während im Kurzstand die Krippe voll zum Bewegungs- und Ruhebereich der Kühe gehört und damit ein Kompromiß aus Futteraufnahme, Fassungsvermögen und Freiraumansprüchen gebildet werden muß, läßt sich die Krippe im Liegeboxenlaufstall speziell den Bedürfnissen des fressenden Tieres anpassen, wodurch auch noch das Fassungsvermögen begünstigt wird.

Krippen bestehen aus der Rückwand, die das Futter in der Krippe hält, dem Krippenboden, der in einer definierten Höhe über dem Standplatz der Kuh angeordnet und in seiner Ausdehnung nach vorne durch die Krippenweite (gemessen ab Hinterkante Krippenrückwand) beschrieben ist sowie der Krippenvorderwand, die als Schräge (z. B. zum Futtertisch) im Freßwinkel der Tiere ausgebildet wird.

Die Freiraumansprüche der Kühe beim Abliegen, Liegen und Aufstehen machen es erforderlich, daß die Rückwand der Kurzstandkrippe als elastische Schürze ausgebildet ist. Schürze und Sockel sind zusammen 36 bis 38 cm hoch (Abb. 58). Der feste Sockel mit 10 cm über Standniveau stellt die Verlängerung des Krippenbodens dar. Eine Erhöhung der elastischen Wand führt zu gesteigerten Materialansprüchen und verstärkt gegenüber den Kühen den Eindruck des Hindernisses.

Die Krippenweite liegt mit 50 cm, gemessen ab Krippensockelhinterkante, 18 cm unter der Minimal-Reichweitenkurve. Trotz dieses beträchtlichen Unterschiedes befindet sich in den vorderen seitlichen Randbereichen des Krippenbodens jeweils eine dreieckige Zone mit einer Schenkellänge von ca. 10 cm außerhalb

des Fraßbereiches kleiner Kühe (Abb. 47). Da das über die gesamte Fraßzeit hauptsächlich aufgenommene Rauhfutter aufgrund seiner Struktur (Raumgewichtiges) schon bei geringer Füllmenge den Abstand verkürzt, kann auf diese Weise das Fassungsvermögen vergrößert werden. Die Höherdifferenz zwischen Krippenboden und Futtertisch muß wegen des Kopfschwunges beim Aufstehen auf 15 cm begrenzt werden. Sicher wäre es für die Kühe noch günstiger, den Krippenboden eben nach vorne auslaufen zu lassen. Wird dann aber nicht fortwährend das Futter nachgeräumt, dann steigen die Belastungen an den Vorderextremitäten erheblich an oder es ist den Kühen das Futter nicht mehr verfügbar, weil es sich außer Reichweite befindet.

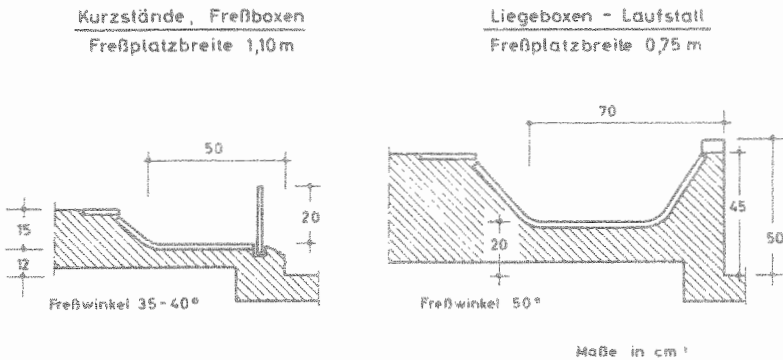


Abb. 58: Krippengrundformen für Kühe (Fleckvieh)

Die Krippengrundform für Liegeboxenlaufställe weist demgegenüber einige wesentliche Veränderungen auf. Der auf 20 cm Niveauunterschied zum Standplatz der Kühe angehobene Krippenboden trägt auch zu einer größeren Reichweite bei. Um das Futter an der Seite besser erreichbar zu machen, liegt die Krippenweite mit 70 cm noch unter dem Radius der Minimalreichweitenkurve für die Krippenhöhe 20 cm (Abb. 48). Bei einer Fraßplatzbreite von 75 cm kommen bei dieser Krippenweite selbst die kleineren Kühe an den linken und rechten vorderen Krippenecken noch an fein strukturiertes Futter (Kraftfutter). Die Krippenvorderwand steigt im Fraßwinkel von 55° an (Tab. 30). Die Futtertischhöhe kann den räumlichen Gegebenheiten angepaßt werden. Da die Tiere direkt unterhalb des Kopfes oder Halses kein Futter aufnehmen können, empfiehlt es sich, die Krippenrückwand als Schräge auszubilden.

Tab. 29: Grunddaten zu den Krippenformen für Kühe (Fleckvieh)

	Krippe für	
	Kurzstand	Liegeboxenlaufstall
Krippenniveau	10 - 12 cm	20 cm
Krippenweite	50 cm	70 cm
Freßwinkel	45°	55°
Rückwand	elastisch, mit Sockel 28 cm hoch	40 - 45 cm hoch
Futtertischhöhe	15 cm über Krip- penboden	beliebig

5.4.2 Krippenfassungsvermögen

Das Krippenfassungsvermögen hängt von der Krippenform und dem Füllungsgrad ab (Abb. 52). Die gezeigten Krippenformen wurden nun anhand zweier unterschiedlicher Füllungsgrade auf ihr Fassungsvermögen untersucht, wobei der Kurzstandkrippe eine Freßplatzbreite von 1,10 m und der Laufstallkrippe eine Freßplatzbreite von 0,75 m zugeordnet ist.

Für beide Krippengrundformen ist eine reichliche Füllung mit Überschreitung des eigentlichen Krippenraumes (Volumen II) und eine Füllung, die an den Krippenraum angepaßt ist (Volumen I), graphisch vermessen worden (Tab. 31).

Tab. 30: Ergebnisse der graphischen Vermessung des Volumens der Krippengrundformen

	Volumen I	Volumen II
Kurzstandkrippe	76 l	137 l
Krippe für Liege- boxenlaufstall	133 l	197 l

Kurzstände, Freßboxen
Freßplatzbreite 1,10 m

Liegeboxen - Laufstall
Freßplatzbreite 0,75 m

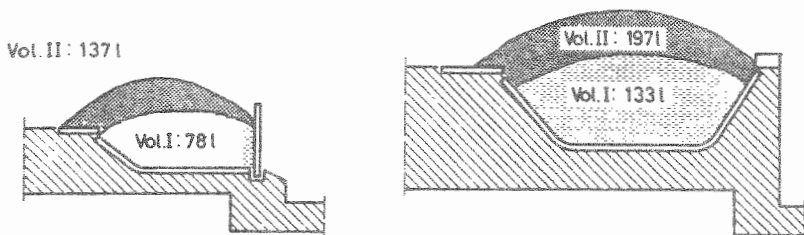


Abb. 59: Füllungsgrad und Fassungsvermögen der Krippengrundformen

Im Vergleich zu den Futtermengen, die je Futterzeit vorzuliegen sind (Tab. 31), wird schnell ersichtlich, daß in der Kurzstandkrippe bei einfacher Füllung (Volumen I) günstigstenfalls eine Einzelration mit 78 l unterzubringen ist. Das entspricht einer täglich dreimaligen Vorlage von Mais-Gras-Silage. Bei dem erweiterten Volumen der Kurzstandkrippe genügt das Volumen mit 137 l zwar für die zweimalige tägliche Vorlage von Mais-Gras-Silage. Eine täglich einmalige Vorlage ist aber nicht möglich, ohne daß der Futterstapel in den Futtertisch hineinreicht und das Futter nachgeräumt werden muß.

Tab. 31: Volumen der Futterr ration bei unterschiedlicher Häufigkeit der Vorlage

	tägliche Futte rvorlage		
	1 x	2 x	3 x
Gras-Mais-Silage	219 l	110 l	73 l
Grünfutter	852 l	426 l	284 l

Tab. 32: Volumen der Futte rr ration bei einmaliger täglicher Vorlage und unterschiedlichem Freßplatz-Tier-Verhältnis

	Freßplatz-Tier-Verhältnis		
	1 : 1	1 : 2	1 : 3
Gras-Mais-Silage	219 l	438 l	657 l
Grünfutter	852 l	1704 l	2556 l

Eine Erweiterung des Volumens im Bereich der Krippenrückwand ist nicht möglich. Lediglich bei größeren Kühen, jeweils ausgerichtet auf die kleinsten Kühe des Bestandes, kann die Krippenweite ausgedehnt werden. Die Vorlage des voluminösen Grünfutters setzt auch bei mehrmaliger täglicher Vorlage das Nachräumen voraus.

Die Krippe für den Liegeboxenlaufstall faßt in der einfachen Füllung (Volumen I) mit 133 l soviel Mais-Gras-Silage, daß ihr Krippenraum einer etwa zweimaligen täglichen Vorlage entspricht. Die Steigerung des Volumens auf knapp 200 l setzt voraus, daß die Krippenrückwand um 5 cm erhöht wird und das Futter zu einem kleinen Teil auch auf dem Futtertisch lagert. Nun reicht das Fassungsvermögen knapp aus, um eine Tagesration an Silage aufzunehmen. Selbst bei dreimaliger täglicher Fütterung fände die Einzelration in diesem Krippenraum noch keinen ausreichenden Platz.

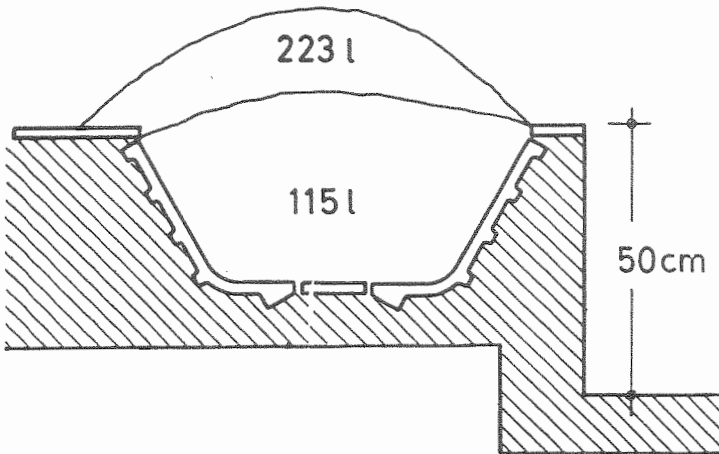


Abb. 60: Vorratskrippe für Liegeboxenlaufställe (Volumenangaben für Freßplatzbreite 0,75 m)

5.5 Freßplatzgestaltung im Laufstall

Die Freßplatzgestaltung im Laufstall unterscheidet sich vom Anbindestall nicht nur dadurch, daß die Anpassung der Krippenform an die Reichweite ohne Berücksichtigung der Freiräume beim Abliegen, Liegen und Aufstehen erfolgen kann. Neben der Krippenform ändert sich die Freßplatzbreite, weil die Kühe relativ dicht gedrängt stehen können. Bei diesem dichtgedrängten Stehen kann die Freßplatzbreite auf 70 cm und weniger zurückgehen (Tab. 33). Diese Maße liegen nur 10 bis 15 cm über der Schulterbreite (1,15fache Schulterbreite). Damit auch hochträchtige Kühe ausreichend Platz finden, empfehlen WANDER und FRICKE (1974) eine Freßplatzbreite, die der 1,3fachen Schulterbreite entspricht (vergl. Abb. 7). Werden derart niedere Abmessungen für die Freßplatzbreite unterstellt, dann geht die seitliche Reichweite der Kühe bis annähernd in die Mitte der Nachbarfreßplätze (vergl. Abb. 48), weswegen die gezielte Futtermulde (z. B. Kraftfutter) ohne seitliche Abtrennung nicht möglich ist.

Erst mit einer zusätzlichen Vergrößerung des Krippenraumes durch Erhöhung der Krippenrückwand und des Futtertischniveaus steigt das Fassungsvermögen auf 223 l an und reicht dann für die einmalige Vorlage von Mais-Gras-Silage bei einem Freßplatz-Tier-Verhältnis von 1 : 1 oder für die täglich dreimalige Vorlage von Grünfutter knapp aus (Abb. 60), bzw. für zweimalige Fütterung und einem Freßplatz-Tier-Verhältnis von 1 : 2. Nach Angaben von SCHÖN (1969), der Reichweitenmessungen in Abhängigkeit von der Höhe der Krippenrückwand an einer Kuh mit der Widerristhöhe von 1,42 m durchgeführt hat, wird die Reichweite von Kühen bis zu einer Krippenkantenhöhe von 90 cm nicht beeinflußt. Erst darüber hinaus sinkt die Reichweite erheblich ab.

Tab. 33: Messung der Freßplatzbreite in zwei Milchviehlaufställen
(42 Fleckviehkühe, 37 Schwarzbunte Kühe)

	Freßplatz- breite	Reichweite bei Krippenhöhe 20 cm
Fleckvieh	70 cm	80 cm
Schwarzbunte	66 cm	- *)

*) Wegen Mangels an exakten Reichweitenmessungen wurde auf eine Angabe verzichtet.

Darüber hinaus wird die gesamte Freßplatzgestaltung vom Herdenverhalten und vom Verhalten des Individuums in der Herde beeinflusst. Von Untersuchungen des Herden- und Individualverhaltens werden Hinweise erwartet, welche technischen Einrichtungen dazu beitragen können, daß Kühe ihr Futter möglichst ungestört aufnehmen können (z. B. Zahl der Freßplätze, Freßgitterform, Gruppeneinteilung).

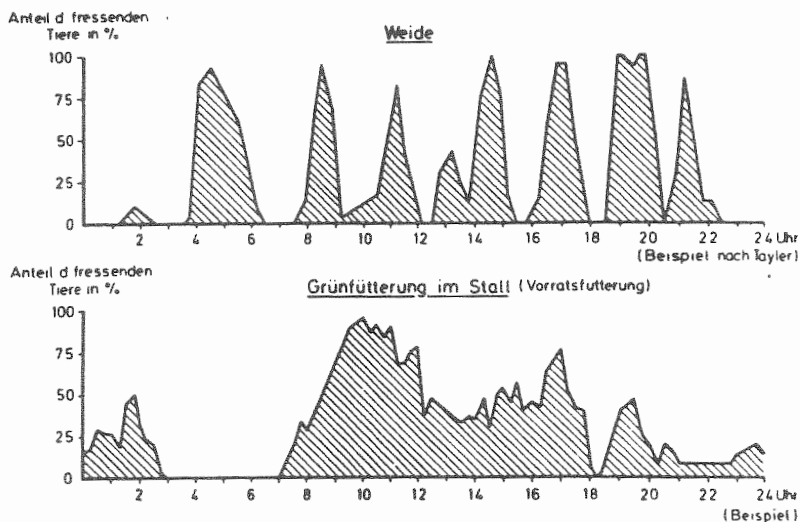


Abb. 61: Beispiele für die zeitliche Verteilung der Futtermittelaufnahme bei Rindern auf der Weide (Beispiel nach TAYLOR, 1954) und bei Grünfütterung im Stall (SCHÖN, 1969)

Im Stall erfährt das Herdenverhalten eine erhebliche Steuerung durch die Fütterungsstrategie, die ihrerseits durch das Maß an Bevorratung in der Krippe und durch die Zahl der Freßplätze geprägt ist. Schon der Vergleich der zeitlichen Verteilung der Futtermittelaufnahme von Rindern auf der Weide und im Stall (Abb. 61) zeigt, daß im Stall der Rhythmus der ein- bis zweistündigen Weide-Freßperiode, die vermutlich aus einer Mischung physiologischer und

allometrischer Auslösefaktoren entsteht, zu keiner Zeit eingehalten wird. Hauptsächlicher Zeitgeber dürfte im Stall die morgentliche Futtervorlage gewesen sein, denn ab diesem Zeitpunkt sinkt der Anteil der Anteil der fressenden Tiere mit dem Maximum von 95 % stetig. Auf der Weide wird dieses Maximum siebenmal am Tage annähernd erreicht bzw. überschritten.

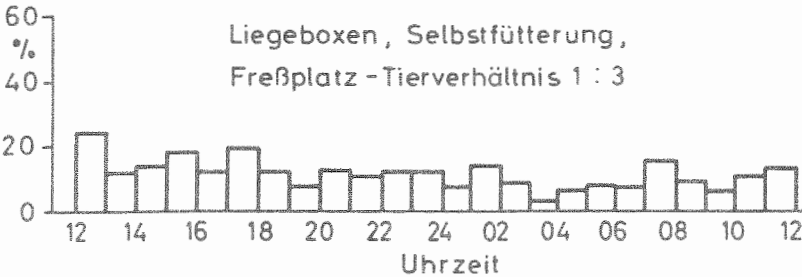
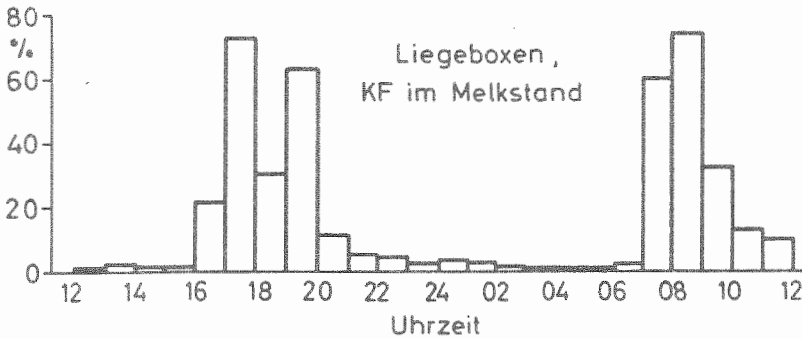


Abb. 62: Zeitliche Verteilung der Futteraufnahme von Kühen im Liegeboxenlaufstall (SÜSS, 1973)

Der Einfluß der Futtervorlage auf die Aktivität der Herde wird noch deutlicher, wenn z. B. zweimal am Tag das Futter vorgegeben wird. Da die Kraftfuttervorlage im Melkstand erfolgt, liegen die Spitzenwerte der Freßplatzbelegung in der Größenordnung von 70 bis 75 % (Abb. 62). Schränkt man dazu, weil das Kraftfutter an anderer Stelle angeboten wird, auch noch die Zahl der Freßplätze auf beispielsweise ein Drittel der Tierzahl ein, so nivelliert sich die Freßstellenbelegung auf weniger als 20 %. Die Kühe wurden also zu einer besseren Auslastung der angebotenen Freßplätze gezwungen.

Wenn zudem GERSTLAUER (1979) bis zu einem Freßplatz-Tier-Verhältnis von 1 : 3 keine Leistungsbeeinflussung und keine Verhaltensstörungen feststellt, wobei er sich im Einklang mit Aussagen von LIPPITZ, KAISER und KLUG (1973), PIRKELMANN (1980), POELMA (1974), RIEMANN und RIX (1976) sowie SCHÖN (1969) sieht, so stünde der ökonomisch sich sehr günstig auswirkenden Einschränkung der Freßplatzzahl nichts im Wege, sofern das vorgelegte Futter den Qualitätsstandard, wie er in den Futtermischungen in den Versuchen gegeben war, aufweist. Denn nur so kann das für die rangniederen Tiere leistungsschädliche Selektieren der ranghöheren unterbunden werden.

Allerdings äußern sich andere Versuchsansteller auch zu Problemen der Einschränkung der Freßplatzzahl. ANDREA und PASIERBSKI (1973) warnen vor Einflüssen auf den Tagesrhythmus. METZ und MEKKING (1978) stellen sogar einen Rückgang in der Futteraufnahme fest und gelangen zu der Auffassung, daß durch die Einschränkung der Freßplatzzahl die natürliche Neigung der Rinder, synchron zu fressen, gestört wird. Sie berichten außerdem, daß bei den Versuchstieren (1,5 bis 2 Jahre alten Färsen) eine Verschlechterung der täglichen Zunahmen zu beobachten war. Sowohl GERSTLAUER als auch METZ und MEKKING weisen bei eingeschränkter Freßplatzzahl eine erhöhte Anzahl an Verdrängungen am Freßplatz und im Liege- und Laufbereich nach, wobei letztere bereits die Verdrängungsaktivitäten bei einem Freßplatz-Tier-Verhältnis von 1 : 1 für zu hoch ansehen und Abtrennungen zwischen den Freßplätzen vorschlagen. Als Ursache für die verminderte Futteraufnahme nennen METZ und MEKKING die Störung des "sozialen Stimulans", weil im Herdenverband nicht mehr synchron gefressen wird, und die auftretende Konkurrenz (Verdrängungsaktivität) fehlt. Eine nicht leistungsdienliche erhöhte Aktivität führt zudem noch zum unnötigen Verbrauch von Energie, die bei der "leistungsgerecht" gefütterten Hochleistungskuh für die Milchproduktion fehlen muß.

Da Verdrängungsaktivitäten schon bei einem Freßplatz-Tier-Verhältnis von 1 : 1 reichlich auftreten, sei es aus Gründen der Rangordnung, der Konkurrenz, oder wegen des steten Dranges zu selektieren (PORZIG, 1969), ist in jedem Fall zu prüfen, ob und wie der Freßplatzwechsel einzuschränken ist.

Wie SCHÖN (1969) feststellte, lassen sich Freßplatzwechsel mit Hilfe geeigneter Freßgitterformen reduzieren (Abb. 63). Die geringste Zahl der Platzwechsel ergäbe sich am Parallelogrammfreßgitter und am Spaltfreßgitter, das

mit einer zusätzlichen Seitenabtrennung versehen war. Am Spaltfreßgitter und am Palisadenfreßgitter traten außerdem mit 3,5 bis 5 % die geringsten Futterverluste auf.








Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Freßgitterform							
Bezeichnung	Nackenziegel	leiterförmig Freßgitter	V-förmiges Freßgitter	Parallelog-freßgitter	Palisaden-freßgitter	Spalt-freßgitter	Spaltfreßgitter m Seitenbuge!
\bar{x} Futterverluste in %	3,3	26,5	10	11	5	4,5	3,5
\bar{x} Platzwechsel pro Tier	17	14	22	9	14,5	11,5	9,5
\bar{x} Verzehrzeit pro Tier in min	106	89	85	82	90	78	80

Abb. 63: Vergleich verschiedener Freßgitterformen (4stündige Versuchsperiode, zweimalige Wiederholung, 6 Färsen, Maissilage) (SCHÖN, 1969)

Um die Verdrängungen gänzlich auszuschalten, bedarf es absperrbarer oder Fang-Freßgitter. Allerdings entstehen nach VERSBACH (1970) bei rationierter Fütterung und bestimmten Futtermitteln Probleme, weil die Befreiungsversuche mit der Zeit zunehmen, wodurch die Unruhe wächst. Besonders ausgeprägt waren diese Befreiungsversuche bei Maissilage, während sie bei begehrten Futtermitteln gering blieben.

Ein anderes Problem ist das Einfangen. Auch hier erweist sich die Silagefütterung als ungünstig. Selbst nach 45 bis 50 min ist erst die Hälfte der Herde am Freßgitter (Abb. 64). Bei Gras und Kraftfutter hingegen streben die Kühe nahezu unverzüglich zur Krippe. Als technische Hilfe für das Einfangen empfiehlt VERSBACH die exakte Anpassung der Freßgitterbreite an die Ganaschenweite. Aus der Messung von 200 Kühen ergibt sich, daß 36 % der Werte zwischen 20 und 21 cm liegen. SCHÖN (1969) und VERSBACH (1970) empfehlen als Kompromiß die Freßgitterspaltenweite von 19 cm, um bei Tieren mit schmalerem Hals noch sicher genug einzufangen, um Tieren mit breiterem Hals aber das Fressen nicht über Gebühr zu erschweren.

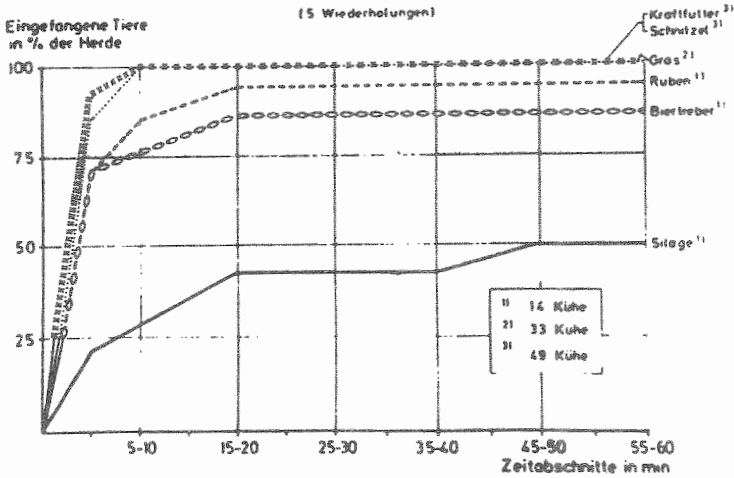


Abb. 64: Zeitlicher Ablauf des Einfangens (verschied. Herden, 6 - 61 Kühe) (VERSACH, 1970)

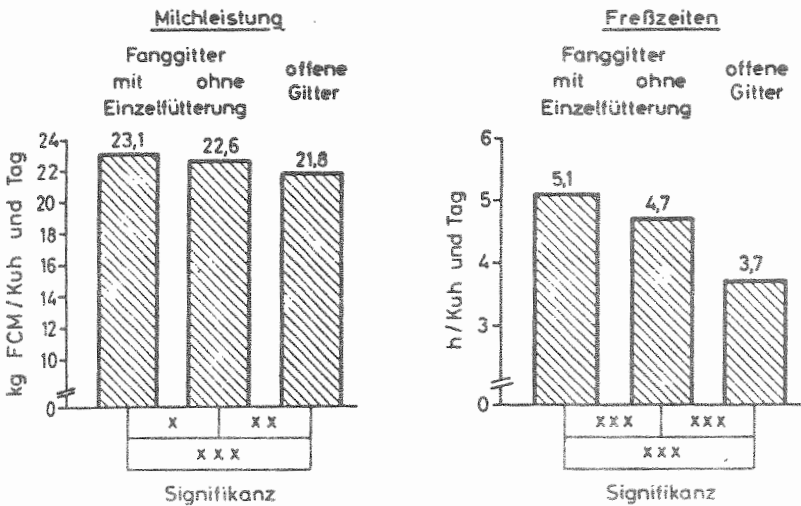


Abb. 65: Einfluß der Freßgitterform auf Freizeit und Milchleistung (3 Gruppen mit 5 Hochleistungskühen, nach WANDER, 1977)

In einem Vergleichsversuch konnte WANDER (1977) den Einfluß der Freßgitterform auf die Freßzeiten und die Milchleistung prüfen (Abb. 65). Während beim Fanggitter mit Einzelfütterung die täglichen Freßzeiten der Hochleistungskühe bei 5,1 Stunden je Kuh lagen, gingen sie beim Fanggitter ohne Einzelfütterung auf 4,7 und beim offenen Gitter auf 3,7 Stunden je Kuh zurück, woraus im Extrem ein Milchleistungsrückgang von ca. 1 kg/Tag resultierte. WANDER beobachtete außerdem am offenen Freßgitter eine größere Unruhe und eine höhere Verdrängungshäufigkeit und folgert, daß optimale Freßgitter dazu beitragen, die Rangordnungs rivalität bei der Futteraufnahme wirksam auszuschalten.

Fütterungsverfahren, die eine Gruppenunterteilung erfordern, tragen offensichtlich zu einer weiteren Unruhe und zu verstärkten Rankämpfen bei. Denn im Verlauf der Laktation müssen Kühe einen Gruppenwechsel durchmachen, der nach Untersuchungen von HAUPTMANN (1966) erheblichen Einfluß auf die Milchleistung nimmt (Abb. 66).

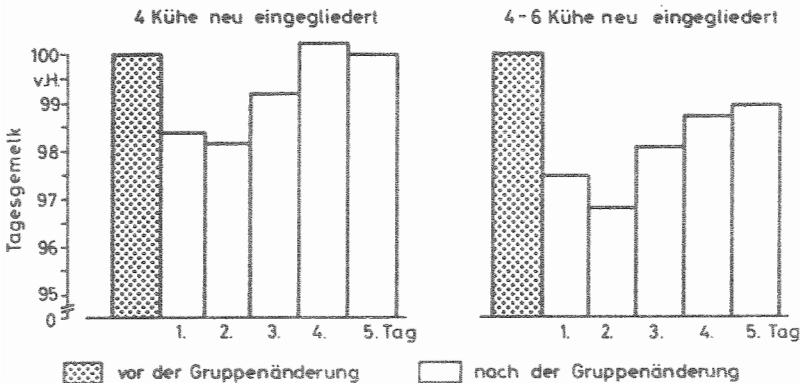


Abb. 66: Einfluß der Neueingliederung einer unterschiedlichen Zahl von Kühen auf die tägliche Milchleistung einer Gruppe von 50 enthornten Laufstallkühen (HAUPTMANN, 1966)

Während bei der Eingliederung von vier Kühen in eine Herde von 50 Kühen die Milchleistung bereits am vierten Tag wieder ihre volle Höhe erreicht hat, war der Leistungsabfall bei der Eingliederung von vier bis sechs Kühen mit ca. 3 % eindeutiger. Innerhalb der fünf Versuchstage konnte die volle Leistung nicht mehr erreicht werden. Diese Aussage deckt sich mit Ergebnissen von SCHEIN, HYDE und FOHRMANN (1955) und PORZIG und WENZEL (1968), die Einbußen in der Jahresmilchleistung von mehr als 5 % feststellen mußten und dies ebenso wie SAMBRAUS u. a. (1979) auf die erhöhte Verdrängungsaktivitäten zurückführen.

Diesen Erkenntnissen zufolge muß bei der Planung von Liegeboxenlaufställen auf eine Einschränkung der Zahl der Freßplätze verzichtet werden. Alle Maßnahmen der Freßplatzgestaltung und Futtervorlage, die zu einer Verringerung der Verdrängungsaktivitäten beitragen, sollten genutzt werden. Dazu gehören Freßgitter mit Spaltenweiten, die auf die Ganaschenweite der Herde abgestimmt sind. Inwieweit das Einsperren zur Beruhigung der Herde beitragen kann, hängt letztlich von der Futterration ab.

6. Trinkwasseraufnahme

Wasser erfüllt bei Rindern eine Reihe wichtiger Funktionen (Unterstützung des Kauens, Abschlucken der Bissen, Lösungsmittel, Transportmittel, Wärmeregulation). Wasserverluste durch Ausscheidung (Milch, Harn, Kot), Atmung und Verdunstung müssen wieder ausgeglichen werden.

Angesichts dieser vielfältigen und wichtigen Aufgaben kann es nicht verwundern, daß Wassermangel rasch zu einem Rückgang in der Milchleistung führt (Abb. 67). Bei der 87%igen Trinkwasserversorgung sank die Milchleistung von 12,5 kg/Tag auf 11,6 kg/Tag. Eine Unterversorgung von 13 % oder 4,1 kg/Tag an Trinkwasser hatte einen Milchleistungsrückgang von ca. 7 % bzw. etwa 1 kg Milch zur Folge. Im Extremfall mit nur 60 % der normalen Trinkwasserversorgung ging schließlich die tägliche Milchleistung um 16 % bzw. 2 kg zurück.

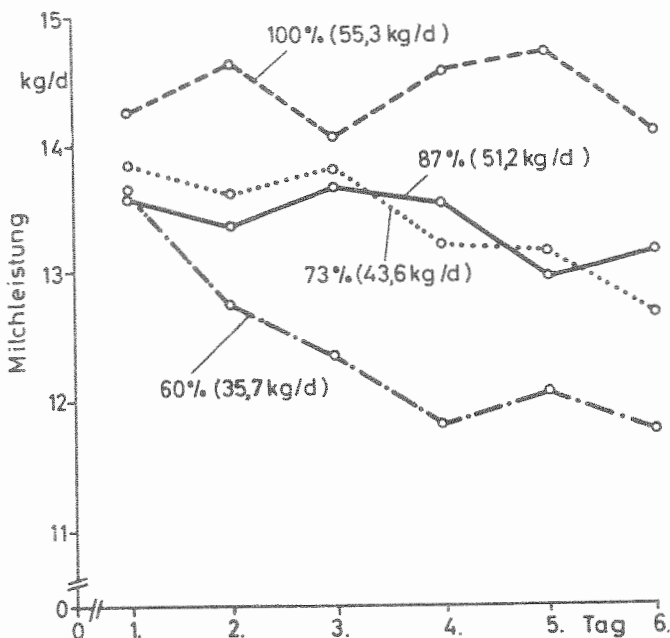


Abb. 67: Durchschnittliche Milchleistung von Kühen mit 100 %, 87 %, 73 % und 60 % ihrer vorherigen Wasseraufnahme (WITTLE, SANSOM, MANSTON und ALLEN, 1976)

Ursachen für einen Rückgang in der Wasseraufnahme können an technischen Mängeln (z. B. Ausfall einer Tränke, geringer Wassernachlauf), aber auch Probleme im Tierverhalten (Bedienungshebel, Montage, Standort, Zahl der Tränken) oder an der Wasserqualität liegen.

6.1 Trinkwasserbedarf

Relativ große Spannen in den Angaben über den Trinkwasserbedarf von Kühen, die sich zwischen 6 und 64 kg je Tag bewegten, veranlaßten CASTLE (1972), diesen Komplex näher zu untersuchen. Aus diesen Spannen resultierte auch die Schlußfolgerung, daß eine Reihe von Einflußfaktoren wirksam sein müssen, wenn verschiedene Autoren zu so unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Vor allem für die unter wechselnden Klimabedingungen ablaufenden Weideversuche mußte

die Witterung (Temperatur und Luftfeuchte) genau erfaßt werden. In den Stallversuchen mit Silagefütterung bestätigten die Einflußfaktoren Trockensubstanz der Futtermischung (oder deren Wassergehalt) und die Milchleistung ihre Wirksamkeit.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf insgesamt 840 British Frisian Kühe in 14 Herden. Die Beziehungen zwischen den Einflußfaktoren und der Trinkwasseraufnahme faßten CASTLE und THOMAS (1975) in folgenden Formeln zusammen:

$$(1) \quad y = 3,25x_1 - 4,58 \quad (\pm 12,98)$$

$$(2) \quad y = 0,5x_2 - 23,93 \quad (\pm 10,9)$$

$$(3) \quad y = 2,53x_1 + 0,45x_2 - 15,3 \quad (\pm 8,31)$$

y : Trinkwasseraufnahme

x₁ : tägliche Milchleistung je Kuh

x₂ : TS-Gehalt der täglichen Futtermischung

Formel (1) und (2) stellen die Beziehung zwischen Trinkwasseraufnahme und Milchleistung bzw. TS-Gehalt im Futter getrennt dar. Formel (3) beinhaltet beide Einflußfaktoren (Abb. 68).

Bei einem Trockensubstanzgehalt von 40 % beträgt demnach die Trinkwasseraufnahme bei einer täglichen Milchleistung von 10 kg durchschnittlich 27 kg. Bei auf 25 kg ansteigender täglicher Milchleistung erreicht der Trinkwasserbedarf 65 kg je Tag (Tab. 34).

Tab. 34: Tägliche Trinkwasseraufnahme von British Frisian Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung bei einem TS-Gehalt des Futters von 40 und 60 % (nach CASTLE und THOMAS, 1975)

Milchleistung	Trinkwasseraufnahme bei einem TS-Gehalt des Futters von	
	40 %	60 %
10 kg/d	27 kg	36 kg
25 kg/d	65 kg	75 kg

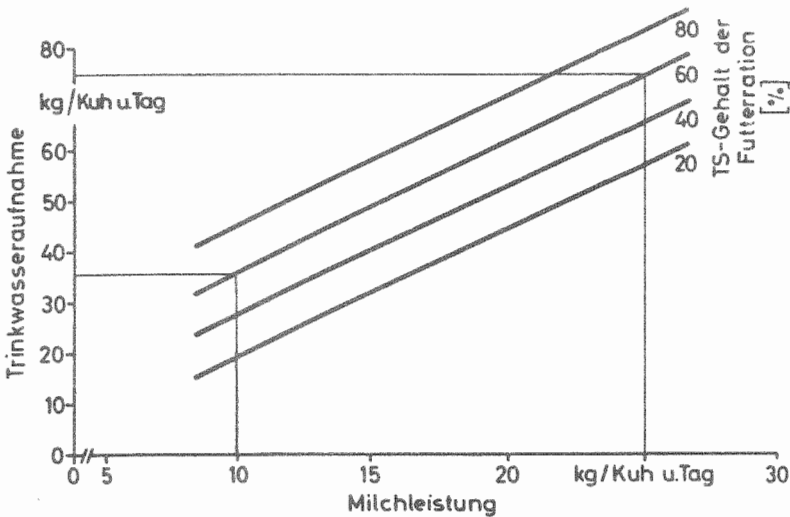


Abb. 68: Tägliche Trinkwasseraufnahme von British Frisian Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung bei unterschiedlichem TS-Gehalt in der Futtermation (berechnet nach Gleichung 3) (CASTLE und THOMAS, 1975)

Die in Weihenstephan durchgeführten Untersuchungen hatten als vordergründige Zielsetzung die Verbesserung von Tränkeeinrichtungen, weswegen die Versuchstechnik die Tieridentifizierung sowie die Erfassung der Trinkzeit und der je Trinkvorgang aufgenommenen Wassermenge ermöglichen mußte (Abb. 69). Auf diese Weise können neben Verhaltenskriterien Daten über die Inanspruchnahme der Tränke in Stoßzeiten ermittelt werden.

Eine an der Tränke montierte Lichtschranke löst mit Betreten der Tränke eine Kamera aus, die die Kuh (-Nummer), die Uhrzeit und die Wassermenge zu Beginn des Trinkvorganges festhält. Beim Verlassen der Tränke entsteht ein zweites Bild, so daß sich für die betreffende Kuh aus der Differenz der abgelichteten Werte die Verweildauer an der Tränke und die entnommene Wassermenge ergibt.

Durch die Summierung der Einzeldaten ließ sich auch für die beiden Ställe (Stall I: 15 Fleckviehkühe, Stall II: 33 schwarzbunte Kühe) die Beziehung zwischen Milchleistung und Trinkwasseraufnahme in folgende Regressionsgleichungen fassen (y = tägl. Trinkwasseraufnahme, x = tägl. Milchmenge, B = Bestimmtheitsmaß):

Stall I: $y = 27,7 + 1,3x$ ($B = 55 \%$, Fleckvieh)

Stall II: $y = 15,0 + 1,7x$ ($B = 62,7 \%$, Schwarzbunte)

Die Trockensubstanzaufnahme schwankt zwischen 12,5 und 15 kg/Tier un Tag. Für eine Ermittlung der Beziehung zwischen der Trockensubstanzaufnahme und der Trinkwasseraufnahme reichten die durchgeführten Versuche allerdings nicht aus.

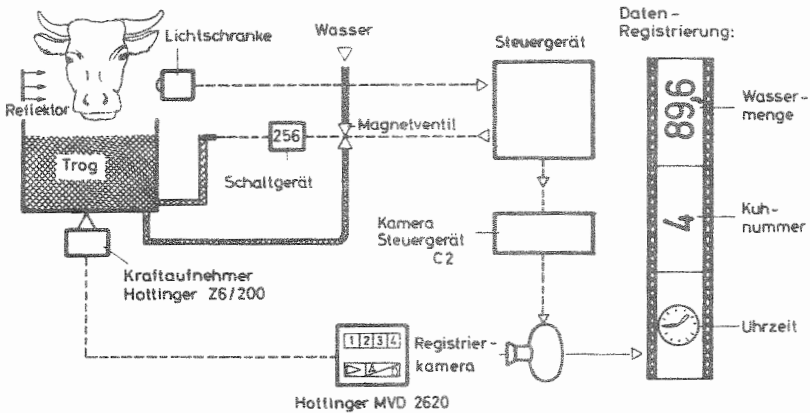


Abb. 69: Blockschaltbild für die Datenerfassung bei der Trinkwasseraufnahme von Kühen

Tab. 35: Tägliche Trinkwasseraufnahme bei zwei Laufstallherden in Abhängigkeit von der Milchleistung mit einer Vergleichsberechnung nach CASTLE und THOMAS (Formel 1)

Milchleistung	Trinkwasseraufnahme		British Frisians n = 840
	Stall I Fleckvieh (n = 15)	Stall II Schwarzbunte (n = 33)	
10 kg/d	40,7	32	27,9
25 kg/d	60,2	57,5	76,7

Die für die verschiedenen Versuche berechneten Durchschnittswerte weichen z. T. erheblich voneinander ab. Mag es nun tatsächlich an den Rassenunterschieden liegen oder am Bestimmtheitsmaß der Regressionsgleichungen: Der Trinkwasserbedarf von Kühen hoher Leistung ist beträchtlich. Nach dem Rechengang von CASTLE und THOMAS erreicht der tägliche Bedarf bei einer täglichen Milchleistung von 35 kg bereits 109 kg Wasser/Tier und Tag.

Die individuellen Wasseraufnahmemengen schwankten bei CASTLE zwischen 20,1 und 87,1 kg, in den Weihenstephener Untersuchungen bei Fleckvieh zwischen 27 und 61,3 kg, bei Schwarzbunten zwischen 30 und 80 kg je Tier und Tag.

Die Daten über die täglichen Trinkwassermengen geben zunächst nur erste Hinweise über den Wasserbedarf einer Herde. Für die Auslegung von Tränkeinrichtungen mit Wasserbevorratung ist vor allem die Gleichzeitigkeit der Trinkvorgänge in Verbindung mit der je Trinkvorgang aufgenommenen Wassermenge, für die Tränken mit direktem Wassernachlauf ist die Trinkgeschwindigkeit von Bedeutung.

6.2 Trinkgeschwindigkeit

Ebenso wie über den täglichen Trinkwasserbedarf liegen auch über die Trinkgeschwindigkeit Angaben in weiten Spannen vor. Die Werte schwanken zwischen 16 und 27 kg/min (MACLUSKY, 1959; THOMAS, 1971 u. 1974). METZNER (1976) hat daher an 46 Trinkvorgängen von Fleckviehkühen die aufgenommene Wassermenge und die Trinkdauer exakt ermittelt (Tab. 36).

Tab. 36: Wassermenge und Trinkdauer je Trinkvorgang bei freier Aufnahme (n = 46) (METZNER, 1976)

Element	Mittelwert \bar{x}	Standardabweichung s
aufgenommene Wassermenge l	10,0	4,98
Trinkdauer sec. (Saugtrinken)	30,5	17,60
Trinkgeschwindigkeit l/sec	0,3	0,13

Demnach dauert der Trinkvorgang durchschnittlich etwa eine halbe Minute. In dieser Zeit werden ca. 10 l Trinkwasser aufgenommen, woraus sich eine Trinkgeschwindigkeit von 18 l/min ergibt.

Für Trinken mit direktem Wassernachlauf, sollten sie das tiergemäße Saugtrinken ermöglichen, resultiert die Forderung nach einem Wassernachlauf von 0,3 l/sec. Dieser Wert beeinflusst nicht nur die Ventilkonzeption, sondern es muß auch das Rohrleitungssystem auf dieses Wassernachlieferungsvermögen ausgelegt sein. Wie sehr sich das mangelnde Nachlieferungsvermögen auf die je Trinkvorgang aufgenommene Wassermenge auswirkt, hat METZNER (1976) in einer zwei Tränkebecken umfassenden Meßreihe nachgewiesen (Abb. 70).

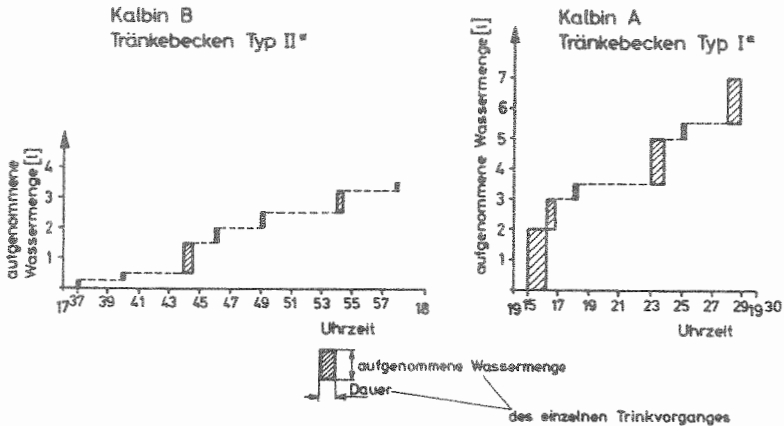


Abb. 70: Einfluß zweier Tränkebecken-Bauarten auf den Trinkrhythmus und die je Trinkvorgang aufgenommene Wassertrinkvorgänge (METZNER, 1976)

In den gezeigten Beispielen kommt es zu keiner Zeit der beiden Trinkvorgänge zum tiergemäßen Saugtrinken. Die größte zusammenhängende Aufnahmemenge beträgt 2 l und zwar in einer Zeitspanne von etwa einer Minute. Allerdings liegt der Wassernachlauf des Tränkebeckens II bei etwa dem anderthalbfachen des Wertes des Tränkebeckens I (bei 2,94 bar: I = 3,6 l/min; II = 10,0 l/min).

Da über die Beeinflussung der täglichen Wasseraufnahme durch die geringen Nachlaufmengen keine Erkenntnisse vorliegen, könnte man zu der vorerst

nicht widerlegbaren These gelangen, daß Kühe in Anbindeständen ausreichend Zeit verfügbar hätten, um das benötigte Wasser aufzunehmen. Selbst wenn im Laufstall die Gesamtzeit für die Wasseraufnahme an derartigen Tränken theoretisch noch reichen würde, so wäre doch durch die langen Tränkezeiten mit einer erhöhten Zahl von Verdrängungen zu rechnen. In jedem Fall wäre es jedoch günstig, den Kühen Tränken anbieten zu können, deren Wassernachlauf ihrer Trinkgeschwindigkeit angepaßt ist.

Vorratstränken, wie sie derzeit überwiegend in den Liegeboxenlaufställen eingesetzt werden, müssen hinsichtlich ihres Wasservorrates auch auf die maximal mögliche Wasserentnahme eingerichtet sein. Hier zählt jedoch nicht allein die Trinkgeschwindigkeit während des Saugtrinkens. Vielmehr kommt es darauf an, wie lange die Tiere den Platz an der Tränke blockieren und welche Mengen in dieser Zeit aufgenommen werden. Für Fleckviehkühe konnte je Trinkvorgang eine Aufenthaltsdauer von 1,7 - 2,0 min, für die Herde schwarzbunter Kühe 1,1 bis 1,7 min ermittelt werden (BOXBERGER und ZIPS, 1979). Allerdings treten gerade in der Fleckviehherde auch ausgeprägte Extremwerte auf (11,1 min, 12,7 min; 36,6 min).

Die meisten Trinkvorgänge lagen hinsichtlich der Aufnahmemengen zwischen 5 - 15 kg. Die Maximalwerte erreichten bei Fleckvieh 20,6 kg, bei den Schwarzbunten 29,8 kg/min. Unterstellt man trotz dieser erheblichen Schwankungen eine mittlere Wasseraufnahme von 10 kg je Trinkvorgang, so ergibt sich eine durchschnittliche Wasserentnahme von 5 bis 9 kg je Minute. Diese Wassernachlieferung reicht bei Trogtränken offensichtlich aus, denn wie die Häufigkeitsanalyse der Trinkvorgänge noch zeigen wird, liegt die Anzahl der tatsächlich ermittelten Trinkvorgänge noch unter diesen Werten.

6.3 Trinkverhalten

Aus dem Trinkverhalten sind eine Reihe wichtiger Hinweise zur Tränkeform (benötigte Wasseroberfläche, Wassertiefe, Bedienungseinrichtungen), aber auch über Montagehöhen oder Zuordnung zum Tier zu erwarten. Darüber hinaus ist aus Verhaltensbeobachtungen abzuleiten, welche Standorte in Laufställen geeignet sind bzw. welche Zahl von Tränken erforderlich ist.

Trotz des hohen Wasserbedarfes reicht den Rindern wegen der hohen Trinkgeschwindigkeit eine relativ kurze Zeit zur Wasseraufnahme. Somit können Rinder die Trinkwasseraufnahme ihren Bedürfnissen anpassen bzw. steuernd wirkenden äußeren Einflüssen nachgeben (z. B. Stimmungsübertragung).

Innerhalb einer neuntägigen Beobachtung von 19 Weiderindern an einem Auenfluß wurde das Trinkwasser hauptsächlich in zwei großen Blöcken am späten Vormittag und am späten Nachmittag aufgenommen (Abb. 71). Eine drastische Ausnahme bildete ein Tag mit einer um 5° unter dem Mittel liegenden Außentemperatur, an welchem die Herde nur einmal am Tag und zwar am frühen Nachmittag zur Tränke kam (Abb. 71, gestrichelte Säule).

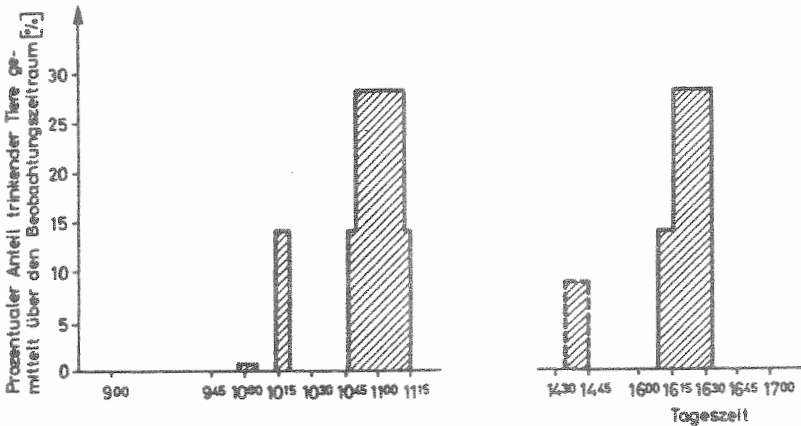


Abb. 71: Zeitliche Verteilung der Trinkwasseraufnahme einer Rinderherde an einem Auenfluß (METZNER, 1976)

Diese Beobachtungen decken sich mit Aussagen verschiedener Autoren, sowohl was die tageszeitliche Verteilung als auch den Temperatureinfluß betrifft (PORZIG, 1969).

Im Stall treten als wesentliche steuernde Einflüsse die Futtervorlage und das Melken auf. Dennoch scheint bei ausreichendem Angebot an Futter und Tränken der Trinkrhythmus, wie er auf der Weide zu beobachten ist, aufzutreten (Abb. 72). Die größte Wasseraufnahme einer 77 Kühe umfassenden Herde geschah zwischen 18 und 19 Uhr, als 29,3 % des Tagesbedarfes von 5036 kg in einer Stunde verbraucht wurden. Daraus errechnet sich ein stündlicher Verbrauch von 1475 kg.

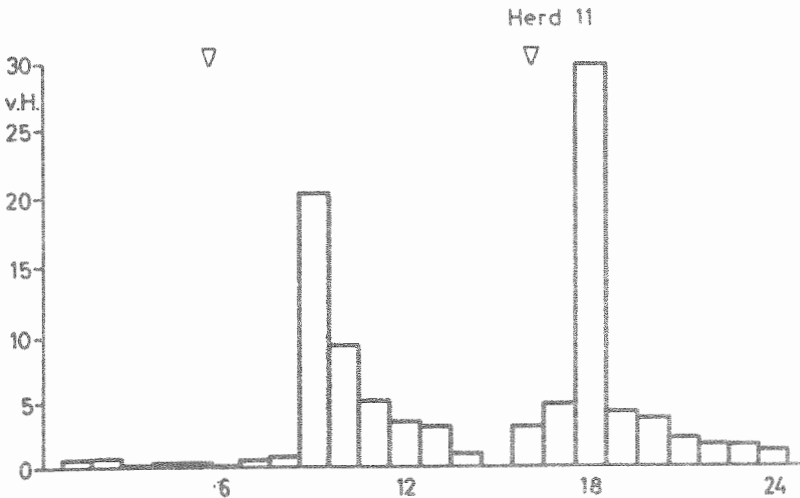


Abb. 72: Zeitliche Verteilung der Trinkwasseraufnahme einer Milchviehherde in einem Liegeboxenlaufstall (77 Kühe, Trogtränken; die Pfeile geben den Beginn der Melkzeiten an) (CASTLE und THOMAS, 1975)

Innerhalb der 14 Herden, die CASTLE untersucht hat, lag diese Herde in der Wasseraufnahme (65,4 kg/Kuh und Tag), in der Trinkgeschwindigkeit (4,4 min/Kuh und Tag) und der Trinkhäufigkeit (6,3mal/Kuh und Tag) an der oberen Grenze (Tab. 37). Bei den ansonsten hinsichtlich der Verhaltensdaten näher untersuchten Herden war die Trinkwasseraufnahme wesentlich besser verteilt.

Ein gewisser Zusammenhang scheint auch zwischen der täglichen Wasseraufnahme und der Trinkhäufigkeit zu bestehen. Trotz geringster Trinkgeschwindigkeit im Stall mit Beckentränken und geringer Trinkhäufigkeit kommen die Kühe auf die

tägliche Trinkwasseraufnahme von 35,4 kg. Die durch den geringen Wassernachlauf gehemmte Trinkgeschwindigkeit gleichen sie durch die mit 7,8 min/Kuh und Tag höchste Trinkdauer wieder aus.

Tab. 37: Trinkverhalten von fünf British Frisian Herden (nach CASTLE und THOMAS, 1975)

Zahl der Kühe	Tränkeart	Futter	Wasseraufnahme kg/Kuh u.Tag	Trinkdauer min/Kuh u.Tag	Trinkgeschwindigkeit kg/min	Trinkhäufigkeit je Kuh u. Tag
82	Trogtränke	Silage	28,2	2,0	14,1	2,8
93	Beckenstränke	Silage	35,4	7,8	4,5	4,5
94	Trogtränke	Silage	17,2	3,1	5,6	2,6
77	Trogtränke	Silage, getr. Gras, Stroh	65,4	4,4	14,9	6,3
16	Trogtränke	getrockn. Gras	74,0	5,3	14,0	7,0

Die Herdendurchschnitte der Trinkdauer je Kuh und Tag ergeben einen Mittelwert von 4,5 min. Sie schwanken zwischen 2,0 und 7,8 min. Selbst der höchste Wert erreicht angesichts der Fraß- und Liegezeiten kein bemerkenswertes Niveau. Das Extrem in der Trinkdauer, der Stall mit Beckenstränke und 93 Kühen ergäbe eine Gesamttrinkzeit von 725 min oder 12 Stunden je Tag. Eine Tränke würde sogar bei dieser Herdengröße theoretisch ausreichen.

Da jedoch, wie der Vergleich mit der Trinkwasseraufnahme am Auenfluß (Abb. 71) und der Herde mit 77 Kühen (Abb. 72) zeigt, die Kühe den Drang verspüren, das Trinkwasser in ganz bestimmten engen Zeitspannen innerhalb des Tagesablaufes aufzunehmen, bedeutet jede Behinderung dieses natürlichen Verhaltens zusätzliche Verdrängungsaktivitäten und zusätzliche Unruhe, die sich auf die gesamte Herde auswirken.

Während bei dreimaliger Kraftfuttergabe in die Krippe zumindest vormittags und gegen Abend eine Häufung der Trinkwasseraufnahme erkennbar ist (Abb. 73), kommt es bei zentraler Kraftfuttergabe in einem Kraftfutterstand (Transponder) zu einer Nivellierung, die sich in einer zusätzlichen Aktivität der Herde hauptsächlich in der Zeit von 7 bis 24⁰⁰ Uhr äußern muß. Sofern sich diese

Erscheinung auch bei anderen Herden mit Kraftfutterständen ergeben sollte, muß die zentrale, über den Tag verteilte Kraftfuttergabe als Steuerungseinfluß auf das Herdenverhalten angesehen werden.

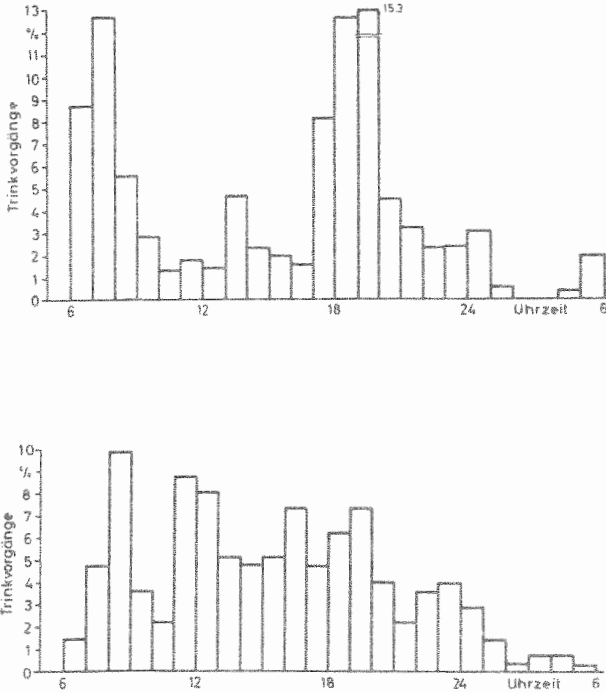


Abb. 73: Häufigkeitsanalyse der Trinkvorgänge zweier Herden im Liegeboxenlaufstall;
oben: 33 schwarzbunte Kühe, Kraftfuttergabe in die Krippe,
unten: 19 Fleckviehkühe, Kraftfuttergabe am Kraftfutterstand
(BOXBERGER u. ZIPS, 1979)

Das spezielle Tierverhalten während der Wasseraufnahme liefert für die Konstruktion von Tränken Hinweise über die Größe der Wasseroberfläche, den nötigen Wasserstand und auch über Form und Anordnung eventuell benötigter Bedienungshebel. Gerade wenn die Position der Kühe durch Abweisbügel oder wie im

Anbindestall durch die Anbindevorrichtung festgelegt ist, muß dennoch der Kopf in einen bestimmten Winkel zur Wasseroberfläche gebracht werden, und eine gewisse Eintauchtiefe gegeben sein. Denn nur wenn das Wasser bis zu den Nasenlöchern reicht und das Maul in das Wasser gesteckt werden kann, ist das Saugtrinken möglich (Abb. 74 u. Tab. 38).

Zur Ermittlung des Winkels werden in den zu vermessenen Bildern an den Kopf zwei Tangenten angelegt und der Schnittwinkel β ermittelt (Abb. 74). Dort, wo sich die Winkelhalbierende des Winkels β und die Linie der Wasseroberfläche schneiden, entsteht der Kopfneigungswinkel.

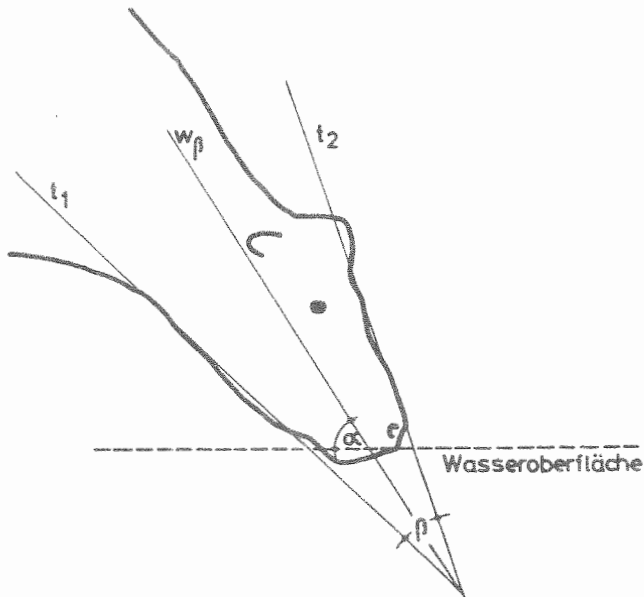


Abb. 74: Neigungswinkel des Kopfes zur Wasseroberfläche (METZNER, 1976)

METZNER hat diesen Neigungswinkel und auch die in Anspruch genommene Wasserfläche in drei Meßreihen an Urrindern (Auerochsen-Rückzüchtung), Jungrindern und Kühen untersucht. Unter Einbeziehung der Standardabweichung ist davon auszugehen, daß die Winkel nicht sehr voneinander abweichen (Tab. 38). Für Kühe wird daher ein Winkel von ca. 60° empfohlen.

Tab. 38: Kopfneigung trinkender Rinder in Grad (nach METZNER, 1976)

	n	Kopfneigung	
		\bar{x}	s
Urrinder (weiblich) Wassergraben	8	63,6	9,12
Jungrinder (Auenfluß)	28	62,0	5,6
Kühe (Versuchstrog)	17	57,2	3,03

Wesentlich größer sind die Unterschiede bei der in Anspruch genommenen Wasseroberfläche. Liegt der Wert für die Urrinder noch bei knapp 1400 cm^2 , so verringert sich dieser Anspruch bei Jungrindern auf etwa 1050 cm^2 und erreicht schließlich bei den Kühen am Versuchstrog ca. 610 cm^2 , wobei gleichzeitig auch die Standardabweichung zurückgeht. Zwar mag der Versuchstrog steuernd gewirkt haben. Da jedoch der Versuchstrog eine Oberfläche um 2000 cm^2 bot, kann von einer freiwilligen Beschränkung ausgegangen und für die Konstruktion von Tränken eine Wasserfläche von 600 cm^2 vorgeschlagen werden.

Tab. 39: Durchschnittlich von Rindern während des Trinkens (Saugtrinken) in Anspruch genommene Wasserfläche cm^2 (nach METZNER, 1976)

	n	Wasserfläche	
		\bar{x}	s
Urrinder (weiblich) Wassergraben	5	1391,4	651,86
Jungrinder (Auenfluß)	23	1057,0	446,9
Kühe (Versuchstrog)	20	608,5	158,16

Die Acrylglasverkleidung des Versuchstrogas erlaubte darüber hinaus auch, die Eintauchtiefe des Maules zu messen (Tab. 40). Die im Mittel mit 3 cm gering erscheinende Eintauchtiefe führt METZNER darauf zurück, daß während des Saugtrinkens, um ein seitliches Einströmen der Luft zu verhindern, die Kühe die Lippen weitgehend schließen, weswegen bei ruhendem Wasser diese Eintauchtiefe reicht.

Tab. 40: Eintauchtiefe (cm) des Mauls von Kühen bei der Trinkwasseraufnahme (METZNER, 1976)

n	\bar{x}	s
14	3,0	0,66

Bei den heute vorwiegend auf dem Markt befindlichen Beckentränken müssen die Kühe mittels eines Bedienungshebels den Wassernachlauf selbst auslösen, was sie innerhalb kurzer Zeit erlernen (PORZIG, 1969). Der Bedienungsmechanismus kann aber vom Tier nur dann so betätigt werden, daß das Ventil voll geöffnet ist, wenn er den Möglichkeiten der Kühe angepaßt ist. Bedienungshebel sollten daher leichtgängig sein und die Form muß, wenn Kühe wie z. B. im Anbindestand nur in einer bestimmten Kopfhaltung trinken können, der Kopfrichtung angepaßt sein. Das Grundkonzept der bei Kurzständen überwiegend eingesetzten Zungenventilbecken sah vor, daß die Kühe mit dem Kopf frontal zu dem Becken stehen und nicht wie bei der heute üblichen Montage über der Krippe den Kopf um 90° drehen müssen.

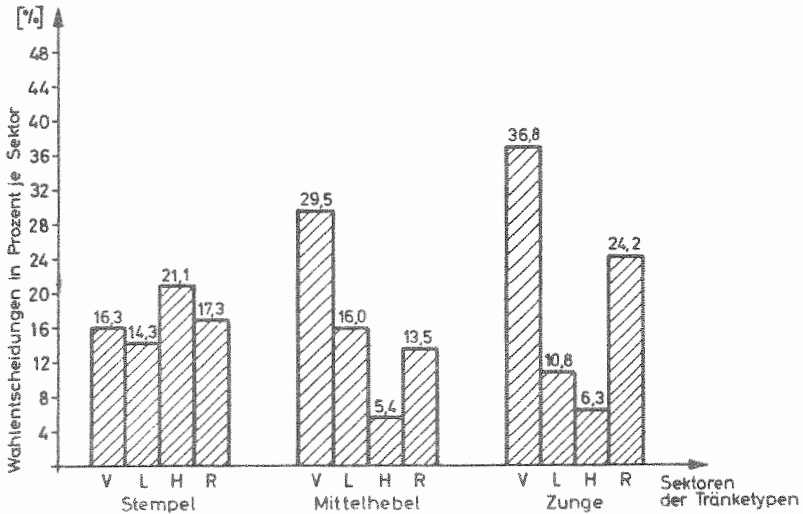


Abb. 75: Zutrittrichtung (bereinigte Wahlentscheidungen) zu verschiedenen Typen von Beckentränken (Sektoren: V = vorne, L = links, H = hinten, R = rech

Um die Beziehungen zwischen der Form des Bedienungselements und der Zuordnung zum Tier zu ergründen, wurde die Zutrittrichtung der Kühe zu verschiedenen Tränkebecken auf der Weide untersucht (Abb. 75).

Die geringste steuernde Wirkung hatte das Stempelventilbecken. Der Bedienungselement ermöglichte sogar die Betätigung von hinten. Beim Mittelhebelbecken kann der Hebel offensichtlich auch von vorne ausgelenkt werden. Die für den Kurzstand wichtigen Zutrittrichtungen L und R entsprechen mit einem Gesamtanteil von 29,5 % etwa dem des Stempelventilbeckens (31,6 % für L und R). Das Zungenventilbecken hat mit 36,8 % den höchsten Anteil von Zutritten von der Seite und mit 25 % den geringsten Anteil von Zutritten von den Seiten, womit auch hier der steuernde Einfluß des Bedienungselementes bestätigt ist.

6.4 Trinkwasserqualität

Gerade bei Trinkwasser nehmen die Rinder eine gründliche Qualitätsprüfung vor. Der Geruchssinn befähigt die Rinder nur zu einer groben Einschätzung, weil er beim Rind im Vergleich zu anderen Tierarten begrenzt ausgebildet ist. Über die endgültige Aufnahme entscheidet die geschmackliche Feinanalyse. Es ist nachgewiesen, daß Rinder auf die vier Geschmacksmodalitäten süß, sauer, salzig und bitter reagieren (TRIBE, 1949; BELL u. WILLIAMS, 1960; zitiert nach PORZIG, 1969).

Diesen Zusammenhängen entsprechend ist das Trinkverhalten entwickelt. SCHÖNHOLZER (1958) untergliedert den Trinkvorgang in Vorphase, Trinkeinleitung, eigentliches Trinken und Nachphase. Die eigentliche Geschmacksprüfung geschieht offensichtlich bei der Trinkeinleitung. Wegen der lappenden Zungenbewegungen wird dieser Vorgang auch als lappendes Trinken bezeichnet. Dabei bleiben die Mundränder knapp über der Wasseroberfläche und die Zunge befördert Flüssigkeit in den Mund (METZNER, 1976). Aus den Messungen der Trinkvorgänge geht hervor, daß für das lappende Trinken eine weit größere Wasseroberfläche in Anspruch genommen wird als für das Saugtrinken (vergl. Beispiel, Abb. 76).

Die Bedeutung der Geschmacksprüfung läßt sich auch aus dem zeitlichen Aufwand für das lappende Trinken ableiten (Tab. 41). Bei den Hausrindern dauert das lappende Trinken ungefähr sechs bis acht Sekunden bei einem etwa fünfmal so langen Saugtrinken. Die Urrinder prüfen dagegen doppelt so lange.

Hinsichtlich der bakteriologischen und chemischen Qualität gehen die verschiedenen Autoren davon aus, daß der für Menschen definierte Qualitätsmaßstab anzulegen ist (NEHRING, 1963; HIMMEL, 1964). Das Trinkwasser muß hygienisch einwandfrei sein, da die Erregerübertragung durch das Trinkwasser eine große Gefahr darstellt (KALICH, J. u. a., 1967; ZUCKER, 1964). Nach der Trinkwasserverordnung vom 31. Januar 1975 muß Trinkwasser frei sein von Krankheitserregern (kein Escherichia coli in 100 ml).

Diese Forderungen sind mit Selbsttränken um so eher zu erfüllen, je geringer die Wasserbevorratung ist, da die Tränken üblicherweise an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen werden. Die Qualitätsverschlechterung hängt somit von der Verweildauer des Wassers und vom Einsetzen von Keimen (z. B. Bekoten der Tränke) ab.

Tab. 42: Keimzahlen in Becken- und Trogtränken

	Gesamtkeimzahl je ml Wasser	E. coli je ml Wasser
Becken-Tränke *) Rinder	214 636	8
Trogtränke *) Pferde	22 500 000	2
Versuchs- Trogtränke **) Kühe	110 000	45

*) KALICH u. a., 1967

***) Durchschnittliche Keimzahlen des 2. bis 4. Versuchstages nach Frischwasserfüllung

Vergleicht man die Keimzahlen der beiden Trogtränken (Tab. 42), so überrascht zunächst der geringe Coligehalt in den Pferdetränken. Denn bei der Versuchstränke war zwar nach dem zweiten Tag die Gesamtkeimzahl noch vergleichsweise gering, der Coligehalt aber bereits auf 45 E. coli je ml Wasser angestiegen. Die rapide Qualitätsverschlechterung könnte auf ein Bekoten der Tränke oder ein Einschleppen beim Trinken zurückzuführen sein. In jedem Fall ist zu verhindern, daß Tränken bekotet werden können, und, da dies bei Laufställen nicht auszuschließen ist, eine Reinigung leicht durchgeführt werden kann.

Um die Reaktion von Kühen auf eine optische und geschmackliche Veränderung des Trinkwassers zu testen, hat METZNER (1976) in einem Wahlversuch in vier verschiedenen Weidetankwagen unterschiedliche Qualitäten angeboten und dann Wasseraufnahme und Tierverhalten registriert. Als Zusatzstoffe wurden Rinderkot, Rinderharn und eine gelbe, geruchs- und geschmacksfreie Speisefarbe verwendet. Die Farbe sollte allein eine visuelle Beeinflussung ergeben, wobei die Farbe derjenigen des in Wasser gelösten Rinderharnes angepaßt war.

Tab. 43: Wasseraufnahme in Abhängigkeit von Weidetankwagen und Zusatzstoffen (nach METZNER, 1976)

Wagen	Zusatzstoff	Menge in l	Beliebtheitsgrad	
			Vorversuch *)	Hauptversuch
A	Kot	2 156	1	4
B	Harn	3 161	2	2
C	Farbe	2 930	3	3
D	-	3 696	4	1

*) Wasser in allen Tankwagen, Beliebtheit von 1 nach 4 abnehmend

Im Hauptversuch (Tab. 43) wurde die höchste Menge an Tankwagen D mit reinem Wasser aufgenommen, der im Vorversuch in der Beliebtheitskala an vierter Stelle stand. Genau das Spiegelbild ergibt sich für Tankwagen A, der trotz Bevorzugung vom Vorversuch im Hauptversuch die geringste Abnahmemenge zeigte. Bei den Wagen B und C mit Harn- bzw. Farbzusatz scheinen sich die Einflüsse des Wagens und der Wasserqualität zu kreuzen.

Betrachtet man die beiden Extreme, reines Wasser (Tankwagen D) und Wasser mit Kot versetzt (Tankwagen A), so zeigt sich darüber hinaus, daß ranghöhere Tiere häufiger an die bessere Qualität kommen (36 % der Trinkvorgänge ihrer Ranggruppe gegenüber 19 %), rangmittlere und rangniedere aber auch auf die ungünstigere Qualität ausweichen müssen. Dies liefert einen zusätzlichen Beweis für das Erkennen und Einschätzen der qualitativen Merkmale des Trinkwassers.

Ein weiteres wichtiges Qualitätsmerkmal des Trinkwassers ist die Temperatur. Rinder bevorzugen abgestandenes und nicht ganz frisches Wasser. Bei kühlerem

Trinkwasser vermindert sich die Aufnahme geringfügig. MAC DONALD und BELL (1958) sowie KELLY und BOND (1960) (zitiert nach PORZIG, 1969) empfehlen daher, in kalten Jahreszeiten angewärmtes Wasser zu reichen. Dies deckt sich auch mit Empfehlungen von NEHRING (1963), SCHMIDT und VAN VLECK (1974). Trinkwasser muß nach seinem Eintritt in den Körper mehr oder weniger erwärmt werden, was u. U. einen Verbrauch an Futter bedeutet, welches bei der eigentlichen Produktion fehlt (KELLNER und FINGERLIN, 1943). Ein 500 kg schweres Rind mit einer täglichen Wasseraufnahme von 50 l mit 5 °C benötigt demzufolge 14,4 % seines Erhaltungsfutters zur Erwärmung des Wassers auf Körpertemperatur, bei 15 °C dagegen nur noch 10,8 %. Die Aufnahme kalten Wasser bedeutet nach diesen Aussagen einen Energieverlust, der bei hohen Umgebungstemperaturen positiv, bei niedrigen aber negativ sein dürfte.

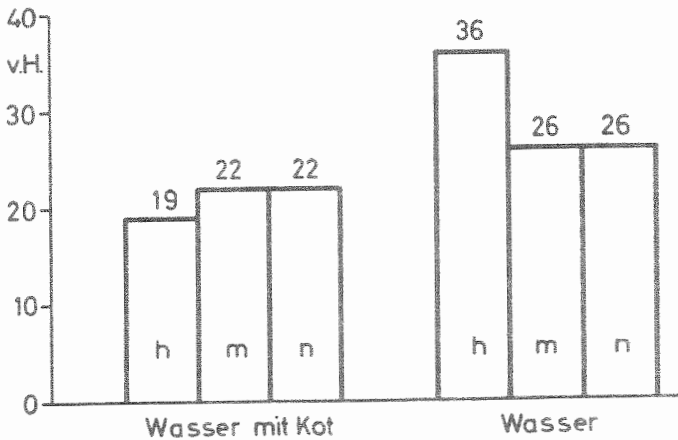


Abb. 77: Trinkvorgänge in % aller Trinkvorgänge einer Ranggruppe in Abhängigkeit von der Wasserqualität (h = hoher sozialer Rang, m = mittlerer, n = niedriger, vergl. Tab. im Anhang) (nach METZNER, 1976)

In einem Vergleichsversuch konnte der Einfluß auf die Milch- und Milchfettleistung untersucht werden (HIMMEL, 1964). Dabei stellte sich heraus, daß die Milchleistung bei Trinkwassertemperaturen von 20 °C mit 11,6 kg je Tier und Tag um 0,8 kg höher lag als bei der Vergleichsgruppe mit 3 °C Trinkwassertemperatur (Tab. 44).

Tab. 44: Einfluß der Trinkwassertemperatur auf Milch- und Milchfettleistung (Umgebungstemperatur 2,3 bzw. 2,8 °C, 23 Fleckviehkühe, Vergleichsversuch) (HIMMEL, 1964)

Trinkwassertemperatur	durchschnittliche tägl. Milchmenge	Fett
3 °C	10,8 kg	4,1 %
20 °C	11,6 kg	3,9 %

Bei wahlweisem Angebot von Kalt- und Warmwasser wendet sich der größere Teil einer Herde nach einer gewissen Eingewöhnungszeit dem warmen Trinkwasser zu (Abb. 78).

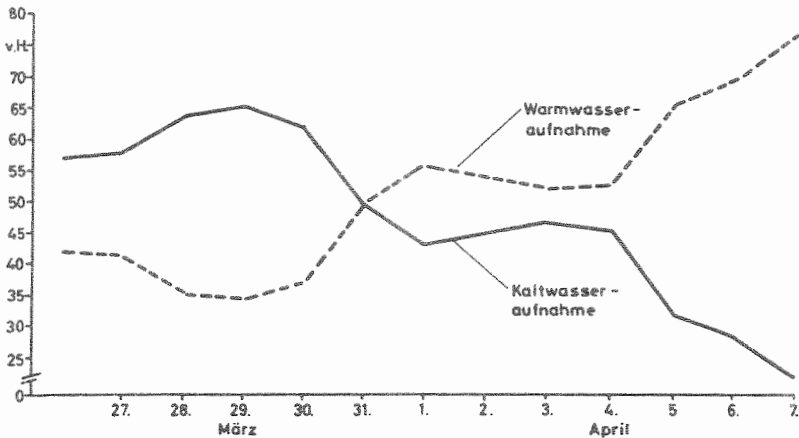


Abb. 78: Anteil der warm- und kaltwassertrinkenden Kühe (nach HIMMEL, 1964)

Bis zum vierten Versuchstag tritt im Tierverhalten zunächst keine Änderung ein. Danach steigt die Zahl der an der Warmtränke trinkenden Kühe von ca. 40 % auf annähernd 80 % an. Erstaunlicherweise scheinen manche Tiere zumindest in der zwölf-tägigen Versuchsperiode die Warmtränke nicht zu entdecken. Von den 23 Tieren haben sich 6, das sind immerhin mehr als 25 % der Gruppe, der Tränkestelle mit dem warmen Wasser nicht einmal genähert.

In einem Weihenstephaner Wahlversuch (Februar/März 1982), dessen Material bisher nur teilweise ausgewertet vorliegt, stieg der Warmwasserverbrauch schon jeweils am ersten Tag deutlich an. Offensichtlich hatte zumindest ein Teil der Herde die Warmtränke schnell entdeckt. Und dies, trotzdem für die Warmtränke der ungünstigere Standort gewählt worden war (Abb. 79).

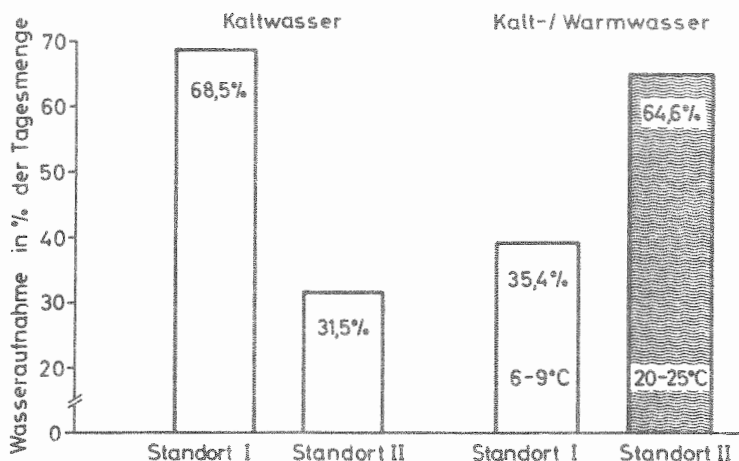


Abb. 79: Anteil der Wasseraufnahme bei Kalt- und Warmwasser und unterschiedlichem Standort der Tränke

Im dem Liegeboxenlaufstall mit 42 Kühen standen an zwei verschiedenen Standorten (beide am wandseitigen Gang gegenüber von einer Liegeboxenreihe) zwei Tränken gleicher Bauart zur Verfügung. Der Unterschied der beiden Standorte läßt sich dadurch beschreiben, daß die Tränke am Standort I näher am Melkstand montiert ist und von den Kühen eher zufällig passiert wurde. Die Tränke am Standort II befindet sich in einer leichten Sackgasse, weswegen die Kühe eher zielgerichtet an die Tränke herantreten.

Solange an beiden Tränken Kaltwasser zur Verfügung stand, wurden knapp 70 % des gesamten Trinkwassers am Standort I und etwas mehr als 30 % am Standort II getrunken. Als am Standort II Warmwasser zur Verfügung stand, kehrte sich das Bild nahezu um. Ca. 65 % wurden nun am Standort II, also an der Warmwassertränke, und ca. 35 % an der Kaltwassertränke aufgenommen. Der ungünstigere

Standort konnte offensichtlich die Wahl des warmen Trinkwassers nicht nachhaltig beeinflussen.

6.5 Tränkeeinrichtungen für Kurzstandanbinde- und Liegeboxenlaufstall

Um aus den erarbeiteten Grunddaten (s. Zusammenfassung in Tab. 45) Vorschläge zur Verbesserung entwickeln zu können, bedarf es vorweg einer kurzen Analyse der technischen Ausstattung der Trinkwasserversorgung von Anbinde- und Laufställen.

Tab. 45: Grunddaten zur Trinkwasserversorgung von Kühen nach CASTLE und THOMAS, 1975; METZNER, 1976; BOXBERGER u. ZIPS, 1980)

Wassermenge *)	50 - 70 (max. ca. 100) l/Tag 10 - 15 l/Trinkvorgang
Trinkdauer/Trinkvorgang	30 sec.
Trinkgeschwindigkeit:	
Saugtrinken	18 (max. 25) l/min
Trinkvorgang	14 - 15 l/min
Wasserfläche **)	600 cm ²
Wassertiefe ***)	3 - 4 cm
Kopfwinkel ****)	ca. 60°

- *) abhängig von Aufnahme an Trockensubstanz
- ***) während des Trinkvorganges benötigte Wasserfläche
- ****) vergl. Tab. 40
- *****) Winkel zwischen Kopfmittelachse und Wasseroberfläche

Während früher in Laufställen neben Tränketrögen auch herkömmliche Beckentränken eingesetzt wurden, kann man heute von einem geteilten Angebot sprechen: Beckentränken für Kurzstandanbindeställe, Trogtränken und Spezialbeckentränken für Liegeboxenlaufställe.

Wie bereits erwähnt, sind Beckentränken dadurch zu charakterisieren, daß der Wasservorrat im Becken nur ca. 0,5 l beträgt, also so gering ist, daß die Wasseraufnahme vom Wassernachfluß abhängt. Häufig kommt zum geringen Wassernachlauf eine ungünstige Form, die in Verbindung mit der Fixierung durch die Anbindevorrichtung zu einer Kopfhaltung zwingt, die das Saugtrinken fast unmöglich macht. Außerdem müssen Kühe schwergängige Bedienungshebel betätigen (Tab. 46).

Tab. 46: Überblick über einige technische Daten von Anordestall-Beckentränken

	\bar{x}	max.	min.
Wassernachfluß l/min bei 3 bar	7,8	11,7	3,3
Schalendurchmesser bzw. -weite cm	22,4	29,5	18,0
Schalentiefe (ab tiefster Stelle des Schalenrandes) cm	8,2	10,0	6,0
Bedienungshebel			
Auslösekraft N	16,5	50	8
Weg bis zur vollen Öffnung cm	3,3	10	1

Wie sich der geringe Wassernachlauf auf den Trinkvorgang auswirkt, wurde bereits in Kap. 6.3 gezeigt. Inwieweit die Behinderung des Trinkvorganges aber zu einer verminderten Wasseraufnahme führt, ist bisher nicht bekannt. Da die nachlaufenden Mengen im Extremfall (Druck unter 1 bar) bis auf etwa 2 l/min (Abb. 80), also einem Zehntel der Trinkgeschwindigkeit heruntergehen und damit die Hochleistungskuh mit einem täglichen Trinkwasserbedarf von 100 l zur Trinkwasseraufnahme statt fünf Minuten annähernd eine Stunde benötigt, ist zu befürchten, daß die Wasseraufnahme negativ beeinflusst wird. Die verringerte Wasseraufnahme aber trägt unmittelbar zu einem Rückgang in der Milchleistung bei (vergl. Kap. 6.1).

Will man bei den bisherigen Konstruktionen auf höheren Wassernachlauf kommen, so bedarf dies neben verbesserter Konstruktionen (siehe z. B. Becken 2 in Abb. 80) auch erhöhter Drücke. Entscheidend ist aber nicht der Druck im öffentlichen Versorgungsnetz, sondern der im innerbetrieblichen Rohrleitungsnetz, dessen Rohrleitungsquerschnitte bis zu den Tränken nach DIN 1988 berechnet sein müssen.

Der Schalendurchmesser sollte der Fläche angepaßt sein, die die Tiere am Versuchstrog beanspruchten. Bei 600 cm² ergibt sich ein Durchmesser von ca. 28 cm. Dieser Wert sollte in der Stoßrichtung des Kopfes verfügbar sein, wobei allerdings der Betätigungsweg des Ventilhebels auch in dieser Richtung liegen muß. Eine flache weite Schale hat nicht nur den Hygiene-Vorteil des geringen Wasservorrates und der leichten Reinigung. Bei Wasserzufluß baut sich auch

schneller eine größere Wasseroberfläche auf, wobei den Kühen die relativ geringe Eintauchtiefe von ca. 3 cm ausreicht.

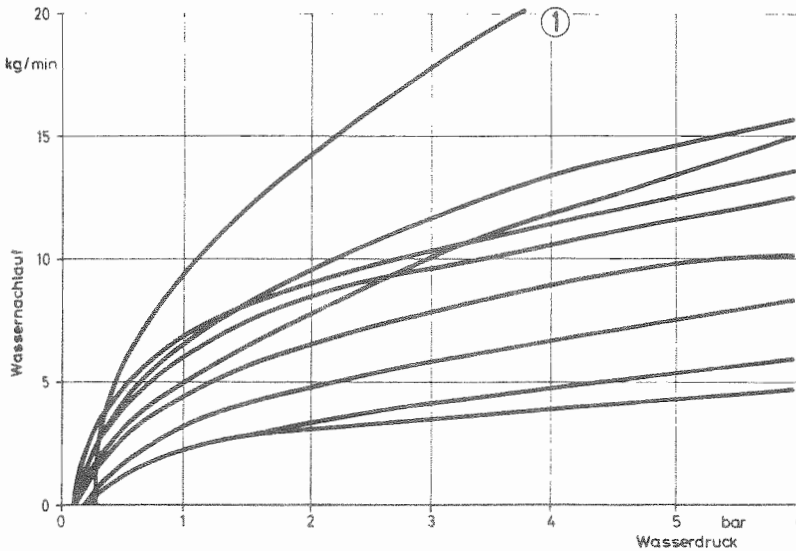


Abb. 80: Wassernachlauf von Anbindestalltränken in Abhängigkeit vom Wasserdruck (Laborversuch)

Tab. 47: Flotzmaulbreite (cm) von Fleckvieh- und Kreuzungskühen (36 Kühe)

\bar{x}	max.	min.
15,96	18	13,5

Die Messung der Flotzmaulbreite von 36 Fleckviehkühen zeigt außerdem, daß die Schalenweite mancher Tränkebecken so gering ist, daß sie gerade der Flotzmaulbreite entspricht (vergl. min. Schalenweite, Tab. 46, und max. Flotzmaulbreite, Tab. 47).

Als Ventilbetätigung sind leichtgängige Mittelhebel oder verlängerte Zungenhebel zu empfehlen (Abb. 81). Durch die Verlängerung wächst zwar der Betätigungsweg. Es nimmt aber auch gleichzeitig die aufzuwendende Kraft ab. Betätigungshebel

und Ventil sollten so abgestimmt sein, daß das Wasser ruhig ohne zu spritzen in das Becken strömt.

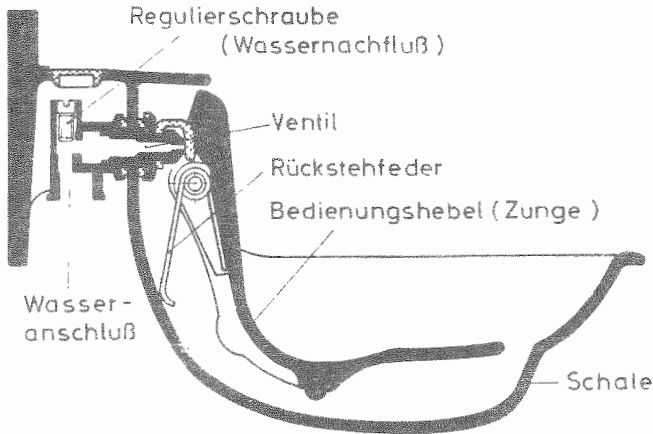


Abb. 81: Flachschaliges Doppeltränkebecken mit verlängertem Zungenhebel

Die Montage der Beckentränken erfolgt an jedem zweiten Standrohr der Anbindevorrichtung in einer Höhe von 70 - 80 cm. In dieser Höhe liegt das Becken außerhalb des Verschmutzungsbereiches durch das Futter. Bei den genannten Schalenweiten können die Kühe den Kopfneigungswinkel von ca. 60° nach einhalten.

Wegen des geringen Wassernachlaufes und der bei neueren Entwicklungen speziell angepaßten Form sollten Kurzstand-Beckentränken in Liegeboxenlaufställen nicht verwendet werden. Besser sind Trogtränken, die den Tieren einen Wasservorrat von 80 bis 100 l verfügbar machen. Auch hier sollte der Wassernachlauf nicht zu sehr unter der Trinkgeschwindigkeit für den gesamten Trinkvorgang, also etwa 15 l/min, liegen. Die höhere Nachlaufmenge ließe auch zu, den Wasservorrat zu reduzieren, was wiederum zur leichteren Sauberhaltung beitragen würde.

Wegen der Gefahr des Bekotens müssen Trogtränken regelmäßig kontrolliert und wöchentlich abgelassen und gereinigt werden. Dafür ist ein Wasserablauf erforderlich (Abb. 82). Nur die regelmäßige Reinigung schafft die in Kap. 6.4 geforderten qualitativen Bedingungen.

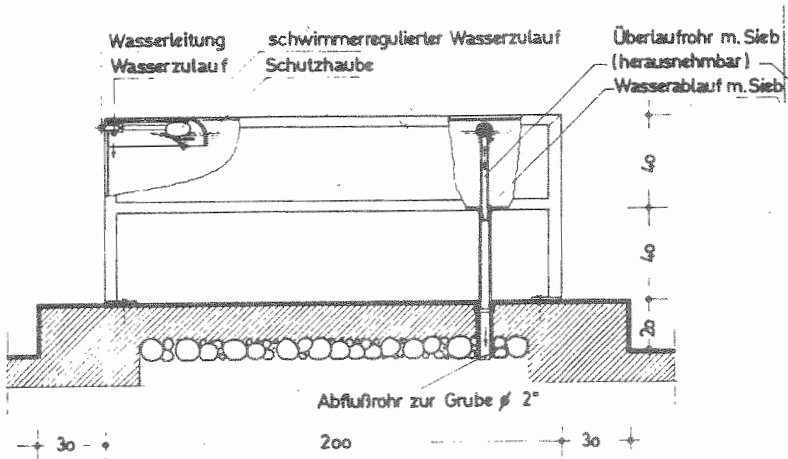


Abb. 82: Trogtränke mit schwimmerreguliertem Wasserzulauf und Wasserablauf

Bei einer weiteren Steigerung des Wassernachlaufes in die Größenordnung der Trinkgeschwindigkeit während des Saugtrinkens macht die aus hygienischer Sicht problematische Bevorratung von z. B. 100 l überflüssig. Die Größe eines derartigen Tränkesystems (Abb. 83) schrumpft auf die der Becken-tränken, wodurch Stallraum eingespart werden kann bzw. die Anordnung einfacher ist.

Zur Anzahl der Tränken in einem Liegeboxenlaufstall wird angegeben, daß eine Tränke für 30 - 40 Kühe ausreicht. Die Zahl der Tränken wird jedoch nicht allein von der Gruppengröße bestimmt. Nach SAMBRAUS (1973) blockieren ranghohe Kühe nach der Wasseraufnahme die Tränke, wodurch rangletzte Tiere manchmal stundenlang nicht an die Tränke kommen, wenn nur eine Tränke zur Verfügung steht. SAMBRAUS empfiehlt daher eine ausreichende Zahl von Tränken, die in genügendem Abstand (Ausschluß der gegenseitigen Beeinträchtigung) angeordnet sind.

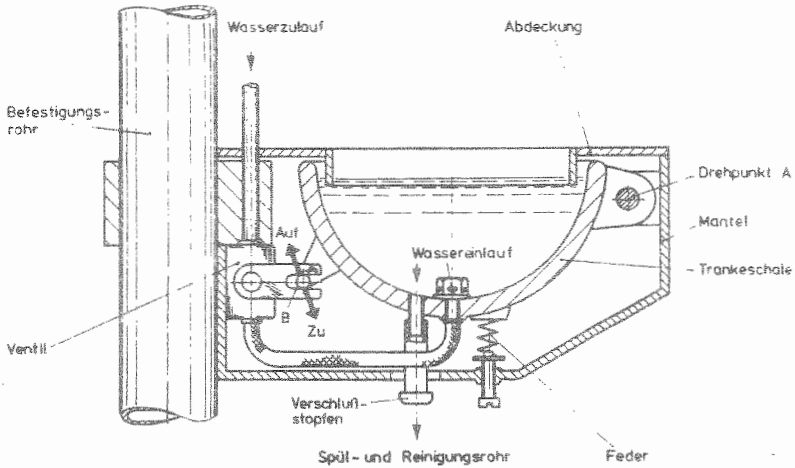


Abb. 83: Platzsparendes Tränkesystem für Liegeboxenlaufställe mit hoher Wassernachlaufmenge (vergl. Abb. 80, Kurve 1)

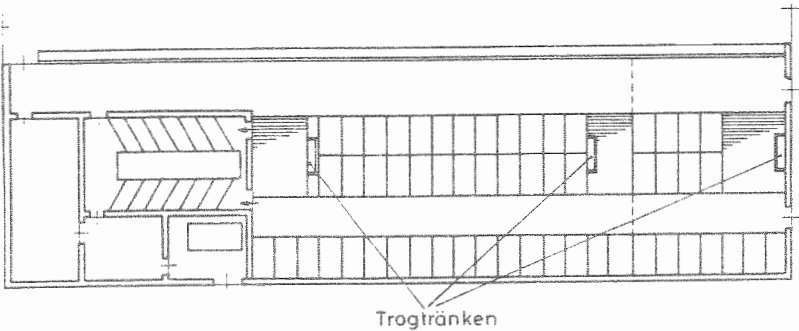


Abb. 84: Tränkestandorte in einem dreireihigen Liegeboxenlaufstall (ALB, 1977)

In zweireihigen Liegeboxenlaufställen mit gegenständigen Boxen eignet sich die Stallrückwand gut zur Tränkenanbringung (z. B. eine in der Nähe des Melkstandes, die andere nahezu am entgegengesetzten Ende der Wand). Im dreireihigen Liegeboxenlaufstall bieten sich die Durchgänge vom Freßplatz zur wandseitigen Liegeboxenreihe als Tränkestandorte an (Abb. 84). Allerdings sollte der Durchgang für diesen Zweck eine Breite von 3 m aufweisen, um das Blockieren der Durchgänge durch die trinkenden Kühe zu vermeiden.

Nicht geeignete Standorte sind der Platz am Freßgitter (Verschmutzung durch Futter, Inanspruchnahme von Freßplätzen) und der Melkstandaus- oder -eingang (Blockieren des Zu- und Abtriebs während des Melkens).

So positiv der Einfluß von wärmerem Trinkwasser in den bisher vorliegenden Untersuchungen gewertet wird, eine praxisreife Einrichtung befindet sich derzeit nicht im Angebot der Hersteller. Es fehlt auch derzeit noch an Hinweisen, ob eine Warmtränkeeinrichtung mit Durchlaufenwärmung oder mit Erwärmung eines Wasservorrates zu versehen ist. Die Wasserbevorratung böte den Vorteil, daß über das Trinkwasser auch Medikamente, Vitamine, Spurenelemente u. ä. verabreicht werden könnten. Andererseits besteht auch hier die Gefahr der Verschlechterung der Wasserqualität in bezug auf die Hygiene. Der Vorratsbehälter müßte daher einer regelmäßigen Reinigung unterzogen werden.

7. Abkoten und Harnen

7.1 Tierverhalten

Das Verhalten beim Abkoten und Harnen liefert Hinweise, mit welchen Maßnahmen die Kot- und Harnbeseitigung aus dem Tierbereich wirksam durchgeführt werden kann. Zwei Umstände verschärfen das Problem: Zum einen setzen Rinder ihren Kot nicht standortorientiert ab (diffuse Kotabgabe; HEDIGER, 1944, zitiert nach PORZIG, 1969; ZEEB, 1974), zum anderen legen sie sich in die verkoteten Stellen (HAFEZ, 1969).

Dazu kommt noch, daß sie zum Abkoten und Harnen eine typische Körperhaltung einnehmen, die offensichtlich darauf abzielt, die Verschmutzung des eigenen Körpers zu vermeiden. Sie heben den Schwanz und schieben die Hinterextremitäten unter den Körper. Letzteres führt zu einem mehr oder weniger starken Krümmen des Rückens (PORZIG, 1969). Kranke und erregte Kühe krümmen den Rücken weniger. Durch das Rückenkrümmen verkürzt sich der Körper um ca. 15 cm (WANDER, 1966).

Angesichts dieser Zusammenhänge stellt sich zunächst die Frage, wann und wie häufig Kühe abkoten und harnen. Denn bei häufigen, zeitlich gestreuten Ereignissen tendiert die "Sauberkeitsmaßnahme" zur Dauerlösung. Andernfalls können vorübergehende Maßnahmen eingesetzt werden (Beispiel Kurzstand: entweder Standverkürzung unter Liegelänge oder Kuhtrainer, SCHÖN und BOXBERGER, 1980).

Tab. 48: Abkothäufigkeit je Kuh und Tag

Quelle	Häufigkeit	Bemerkungen
FISHER u. a., 1954	14,5	Holstein Frisian
METZNER, Ch., 1979	11 (8 - 14)	-
PFADLER, 1981	16 (9 - 20)	kranks Tiere bis 27
PORZIG, 1969	10 - 18	

Die Abkothäufigkeit bewegt sich nach verschiedenen Quellen (Tab. 48) zwischen 11 und 16 Abkotvorgängen je Kuh und Tag. Nach GARY u. a. (1970) und SAMBRAUS (1969) harnen Rinder sechs- bis neunmal am Tag, nach PORZIG (1969) fünf- bis zwölfmal. Kranke und aufgeregte Rinder koten häufiger ab (PORZIG, 1969; PFADLER, 1980). Eine Beziehung zwischen Milchleistung und Abkothäufigkeit ist nicht gegeben, allerdings beeinflussen Futtermenge und -qualität die Abkothäufigkeit (PFADLER, 1980; PORZIG, 1969).

Aus der Verteilung der Abkotvorgänge sind sowohl hinsichtlich der Entmistungstechnik als auch in Bezug auf die Steuerungsmaßnahmen Schlüsse zu ziehen. Aus der zeitlichen Verteilung ist abzuleiten, ob Entmistungs- und Steuerungseinrichtungen zu festen Tageszeiten gezielt eingesetzt werden können.

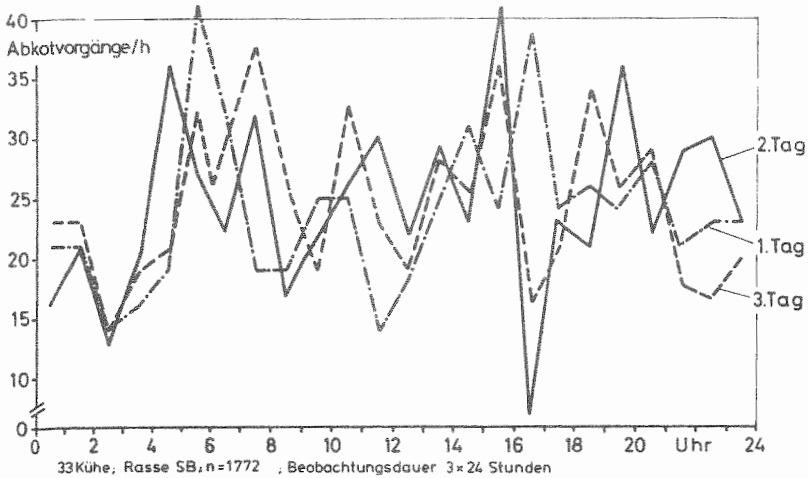


Abb. 85: Zeitliche Verteilung der Abkotvorgänge über die drei Versuchstage (33 schwarzbunte Kühe, n = 1772) (PFADLER, 1981)

Bildet man aus den drei Versuchstagen einer Untersuchung einer Liegeboxenlaufstallherde mit 33 Kühen den durchschnittlichen Häufigkeitsverlauf der Abkotvorgänge, so nivellieren sich die durch zeitlichen Versatz der Stallarbeiten leicht gegeneinander verschobenen Einzelkurven. Bei näherer Betrachtung des Verlaufes der Abkotvorgänge jedes einzelnen Versuchstages (Abb. 85) zeigt sich, daß in den Zeiten von 4.30 bis 6.00 Uhr und am Nachmittag zwischen 15.30 und 19.30 Uhr Spitzenwerte auftreten. PFADLER stellte fest, daß die hohen Spitzenwerte mit dem Beginn der Stallarbeiten zusammenfallen, was sich mit der Aussage von HEDIGER (1944) in Einklang bringen läßt, daß Rinder, wenn sie nach längerer Ruhezeit aufstehen, sofort Kot absetzen.

Damit ist der zeitliche Einfluß nur indirekt gegeben, denn dieser hat über die Tieraktivität gewirkt. Sortiert man die Abkothäufigkeit nach der Tieraktivität (Abb. 86), dann stellt sich tatsächlich heraus, daß sich 26 % der Abkotvorgänge nach dem Aufstehen ereignen, da auch die Abkotvorgänge in der Liegeboxe und im Stehen und im Gehen teilweise in kürzerem Abstand zum Aufstehen geschehen sind. Vergleicht man die beiden Längsgänge, den wandseitigen Gang an einer (Stall B) oder zwei Liegeboxenreihen (Stall A) mit dem Gang

hinter der Futterkrippe, so verteilen sich die Abkotvorgänge wie 55 : 45 (Stall A) bzw. 51 : 49 (Stall B) (Tab. 49).

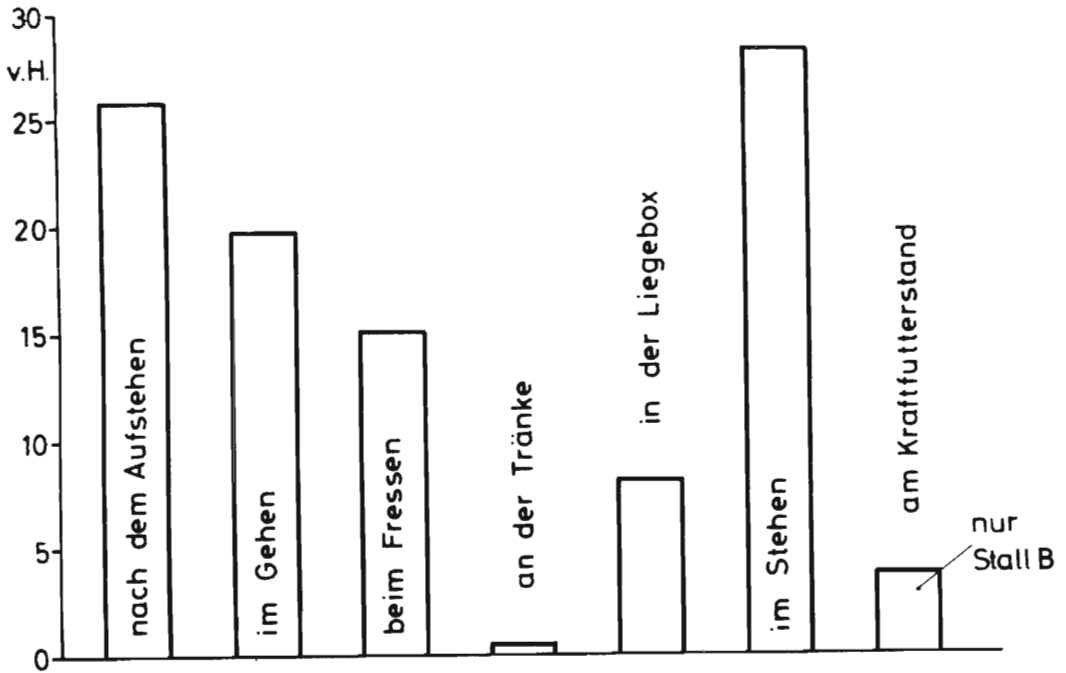


Abb. 86: Abkothäufigkeit von Kühen in Abhängigkeit von der Tieraktivität (Mittelwerte aus zwei Herden, Herde A: 33 SB-Kühe, Herde B: 28 DFV-Kühe, Beobachtungsdauer jeweils 3 x 24 Stunden) (nach PFADLER, 1981)

Tab. 49: Räumliche Aufteilung der Abkotvorgänge je m² und Tag auf die Längsgänge (nach PFADLER, 1981)

	Stall	
	A 33 Kühe	B 28 Kühe
Gang zwischen den Liegeboxen (Stall A)	4,50	-
Gang zwischen Wand und Liegeboxen (Stall B)	-	5,77
Gang an der Futterkrippe	3,74	5,59

Beide Werte für den Stall B liegen etwas höher. Wäre das Abkotverhalten in beiden Ställen gleich, so müßten im Gang mit nur einer angrenzenden Liegeboxenreihe (Stall B) relativ weniger Abkotvorgänge stattfinden als bei zwei

angrenzenden Liegeboxenreihe. Dies ist erneut ein Indiz dafür, daß sich die Verteilung nach der Tieraktivität und nicht nach räumlichen Gegebenheiten richtet. Lediglich steuernd wirkende Einflüsse auf die Aktivität der Herden schlagen sich dann im Gesamtbild nieder.

7.2 Berücksichtigung des Abkotverhaltens bei der Stand- und Boxen- gestaltung

Der Zusammenhang zwischen der Aktivität der Kühe und der Abkothäufigkeit läßt den Schluß zu, daß Kühe mit langen zusammenhängenden und synchron verlaufenden Liegezeiten, dadurch, daß man sie im Ruhen stört, zum Abkoten bewegt werden können. Diese Erkenntnis wird in der Praxis verschiedentlich schon seit längerem genutzt (z. B. vor dem Weideaustrieb, um das Abkoten auf den Stallgängen zu vermeiden).

Auf den Zusammenhang zwischen Kotanfall und Entmistung perforierter Laufflächen wird in Kap. 8.2 noch näher eingegangen, da hier die Bewegungsaktivität das Geschehen mit beeinflußt. An dieser Stelle soll nun untersucht werden, wie das artgemäße Abkotverhalten für die Stand- und Boxensauberhaltung nutzbar gemacht werden kann.

Kurzstände sollen zwar wegen der Standsauberhaltung knapp bemessen werden. Die Bemessungsgrundlage muß aber die für das Liegen erforderliche Fläche bilden (vergl. Kap. 4.1). Aufgrund der Größenunterschiede der Kühe innerhalb einer Herde (Rumpflängendifferenzen 22 - 28 cm) und der für die Bewegungsabläufe nötigen Freiräume in der Anbindevorrichtung (max. 35 cm in Standlängsachse) koten Kühe häufig auf der Standfläche ab. Um dies zu vermeiden, versucht man, die Kühe zum Abkoten in den Kotgraben oder Ableitungskanal zu bewegen, entweder durch ständiges Zurückdrängen beim aufrechten Stehen oder durch gezieltes Zurückdrängen nur beim Abkoten.

Das ständige Zurückdrängen während des aufrechten Stehens läßt sich über die Anbindevorrichtung oder über Schulterbügel vornehmen. Nach dem Vorschlag von WANDER (1967) sollen durch Zurückverlegen des oberen Anlenkpunktes um 15 cm zumindest die Rumpflängenunterschiede ausgeglichen werden (Abb. 87).

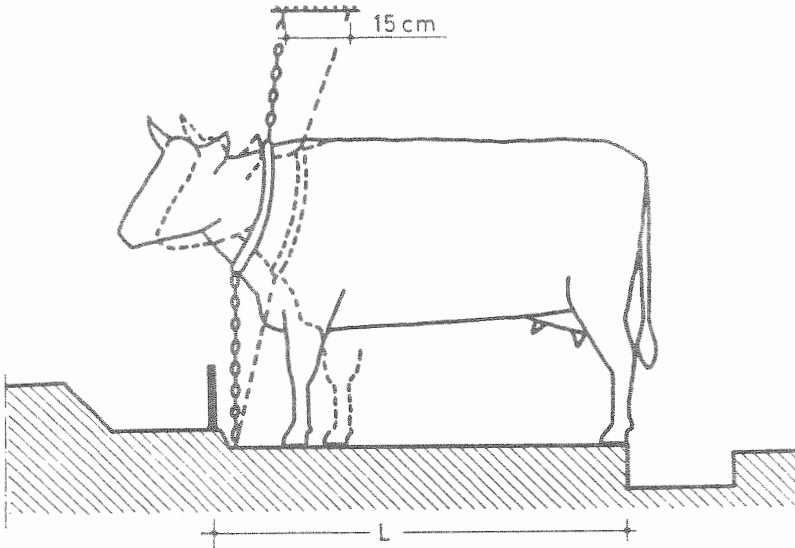


Abb. 87: Verstellung des oberen Anlenkpunktes der Anbindevorrichtung
(WANDER, 1967)

Aus holländischen Kurzstandställen ist bekannt, daß der obere Anlenkpunkt bis zu 40 cm hinter den unteren zurückgelegt werden kann. Die steuernde Wirkung der Anbindevorrichtung setzt aber grundsätzlich voraus, daß der Bewegungsraum der Kühe eingeschränkt wird. WANDER gibt als "Freiheitsmaß" (größter Abstand der seitlich abgezogenen Vertikalkette zur Mittellinie) 15 cm an.

Wenn die Bewegungsfreiheit in der Anbindevorrichtung voll verfügbar sein und gleichzeitig das Prinzip des Zurückdrängens während des aufrechten Stehens beibehalten sein soll, dann kommt es zur Funktionstrennung. Das Steuern der Kuh übernimmt ein verstellbarer Schulterbügel (Schulterstütze) (Abb. 88).

Um die Wirksamkeit des Steuerns mittels Anbindevorrichtung oder Schulterbügeln im Hinblick auf die Standsauberhaltung zu ergründen, kann das Abkotverhalten, aufgetragen nach Tieraktivität, dienen (vergl. Abb. 86 und Tab. 50).

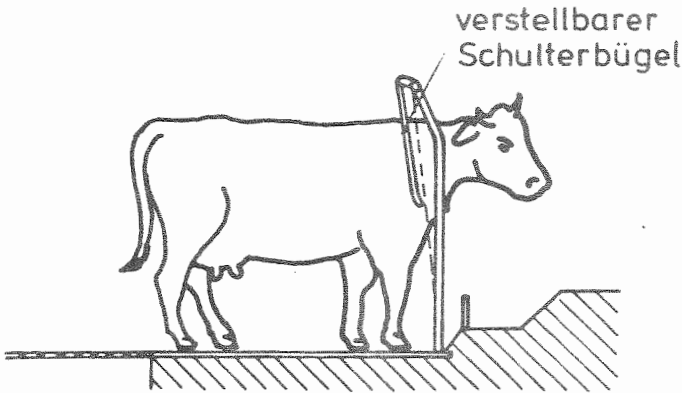


Abb. 88: Anbindestand mit verstellbarem Schulterbügel

Tab. 50: Abkotvorgänge während des Fressens (nach PFADLER, 1981)

Anteil	15,35 %
durchschnittliche Abkothäufigkeit je Tier und Tag	16,12
Abkotvorgänge je Tier und Tag während des Fressens	2,5

Da die Abkotvorgänge während des Fressens über 15% bei einer Spanne von 13 bis 20% ausmachen, ergeben sich bei einer durchschnittlichen Abkothäufigkeit von 16,12mal je Tier und Tag während des Fressens im Mittel 2,5 Abkotvorgänge je Tier und Tag bei einem Minimum von 1,1 und einem Maximum von 4,0. Bei diesen Abkotvorgängen landet der Kot unweigerlich auf der Standfläche, weil die Kühe in gebeugter Haltung ganz vorne stehen. Das ist auch durch eine noch so präzise Einstellung der Anbindevorrichtung oder der Schulterbügel nicht zu beeinflussen. Wieviel Kühe aufgrund ihrer unterschiedlichen Körpermaße von den Steuerungshilfen nicht erfaßt werden, darüber liegen keine genauen Daten vor. Die tatsächliche Standverkotung dürfte jedoch noch deutlich darüber liegen.

Als zweite Möglichkeit zur Verbesserung der Standauberhaltung wurde das gezielte Zurückdrängen der Kühe nur während des Abkotens und Harnens bereits angedeutet. Ansatzpunkt hierfür ist die typische Körperhaltung wie z. B. das Schwanzheben oder das Rückenkrümmen. Die Nutzbarkeit der Schwanzhaltung und des Rückenkrümmens wurde, wie aus einer Patentschrift aus dem Jahr 1928 (BOXBERGER u. LANGENEGGER, 1979) hervorgeht, schon sehr früh erkannt.

Heute wird hauptsächlich der elektrische Kuhtrainer empfohlen (KOLLER u. a.; 1979, GROMMERS, 1969; BOXBERGER, 1980). Die Wirkungsweise beruht auf dem Rückenkrümmen beim Abkoten. Über dem Widerrist befindet sich ein Drahtbügel, der an einem modifizierten Weidezaungerät angeschlossen ist. Wie bei den elektrischen Weidezäunen wird der Bügel mit Stromimpulsen beschickt, die von Vorschriften in ihren Maximalwerten (Stromfluß und Impulszeit) genau definiert sind (METZNER, CH., 1978).

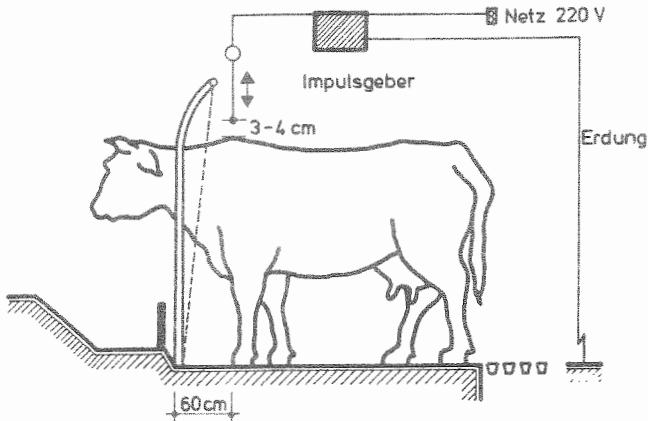


Abb. 89: Elektrischer Kuhtrainer, Schema und Anordnung

GROMMERS (1969) hat sich mit der Wirksamkeit des Kuhtrainers befaßt. Zwei Vergleichsgruppen aus 9 bzw. 10 Kühen wurden in unterschiedlichen Ständen mit und ohne Kuhtrainer aufgestellt und das Verhalten des Abkotens und Harnens 59,5 Stunden beobachtet (Tab. 51).

Tab. 51: Abkothäufigkeit mit und ohne Kuhtrainer (Beobachtungszeit 59,5 Std.)
(nach GROMMERS, 1969)

	mit Kuhtrainer	ohne Kuhtrainer
Zahl der Kühe	9	10
mittlere Rumpflänge	1,56 m	1,48 m
Standlänge	1,70 m	1,55 m
Standbreite	1,30 m	1,15 m
Abkotvorgänge je Tier und Tag	15,6	15,9
davon auf den Stand	3,1	5,2
Harnen je Tier und Tag	8,3	8,0
davon auf den Stand	0,4	6,2

Die 19 Kühe haben in der Beobachtungszeit 742mal abgekotet und 383mal geharnt. Die Umrechnung der Werte auf die Häufigkeit je Tier und Tag ergibt für beide Gruppen knapp 16 Abkotvorgänge. Dieser Wert deckt sich weitgehend mit den bereits zitierten (vergl. Tab. 48). Auf den Ständen mit Kuhtrainer koteten die Kühe ca. 3mal, auf denen ohne Kuhtrainer ca. 5mal auf den Stand.

Der letztgenannte Wert ermöglicht einen Vergleich zu den Angaben in Tab. 50. Der für das tägliche Abkoten je Tier während des Fressens errechnete Wert liegt bei 2,5. Das bedeutet, daß die Standverschmutzung im Vergleichsversuch von GROMMERS doppelt so hoch war und das, obwohl die Standlänge mit 1,55 m bereits drastisch unter die Liegelänge gekürzt war.

GROMMERS unterscheidet weiterhin, ob der Kot ganz oder nur teilweise auf der Liegefläche abgesetzt worden ist. Die Differenzierung gibt ein zusätzliches positives Bild für den Kuhtrainer. Etwa 1 % der Abkotvorgänge landeten gänzlich auf der Liegefläche des Kuhtrainerstandes, wo hingegen es beim Stand ohne Kuhtrainer 7 % waren.

Hinsichtlich der Standsauberhaltung ist somit dem Kuhtrainer ein ausgesprochen positiver Effekt zuzuschreiben, denn man kann davon ausgehen, daß mit einer Standverlängerung auf die Liegebedürfnisse der Kühe bei den Ständen ohne Kuhtrainer eine erhebliche zusätzliche Bekotung aufgetreten wäre. Allerdings

mußte auch festgestellt werden, daß knapp 5 % der Tiere den Rücken nicht oder nicht ausreichend krümmen (METZNER, Ch., 1978), wodurch die Wirksamkeit wiederum eingeschränkt wird.

Befürchtungen, daß durch den elektrischen Impuls Auswirkungen auf das Verhalten und auf Kreislauf- und Blutparameter der Kuh zu erwarten seien (ZEEB, 1973), haben sich nicht bestätigt (GROTH u. METZNER, Ch., 1979). Die Tiere gewöhnen sich schon nach kurzer Zeit an den Kuhtrainer. Sowohl im Verhalten als auch in den Kreislauf- und Blutparametern tritt nach einer kurzfristigen Belastung nach ein bis zwei Tagen wieder der Normalzustand ein.

Allerdings muß unbedingt vermieden werden, daß die Kühe unter Dauereinwirkung des Kuhtrainers geraten, denn dann kommt es zu deutlichen Streßreaktionen (GROTH u. METZNER, Ch., 1979). Neben der sorgfältigen Installation ist eine ständige Überwachung und Wartung der Anlage erforderlich. Bei rindernden und hochträchtigen Tieren und während des Melkens ist die Anlage außer Betrieb zu setzen.

Da die Kühe in den Liegeboxen nicht unbedingt aufrecht stehend verweilen und auch nicht fressen müssen, können sie mittels eines Nackenriegels zum Verlassen der Boxen unmittelbar nach dem Aufstehen gedrängt werden (SEUFERT, 1975). Die Wirkung des Nackenriegels setzt in dem Moment ein, in dem die Kühe die Vorhand aufstellen (vergl. Abb. 90). In diesem Augenblick tritt eine kräftige Gewichtsverlagerung von der Vorhand auf die Hinterhand ein. Da das Aufstellen der Vorhand eine ausschließlich vertikal gerichtete Bewegung ist, und sich der Nackenriegel auf einer Höhe von 1,10 m direkt über dem Widerrist befindet, geschieht es immer wieder, daß Kühe gegen den Nackenriegel stoßen. Ein neuerer Vorschlag nimmt darauf Rücksicht, indem sich der Nackenriegel mit einer Kraft von etwa 220 N 5 cm nach oben abheben läßt. Durch die Federbelastung des Nackenriegels nimmt die Kraft bei einem Abheben um 25 cm auf ca. 420 N zu. Der bewegliche Nackenriegel läßt sich, weil er weiter hinten angebracht werden kann, wirksamer einsetzen.

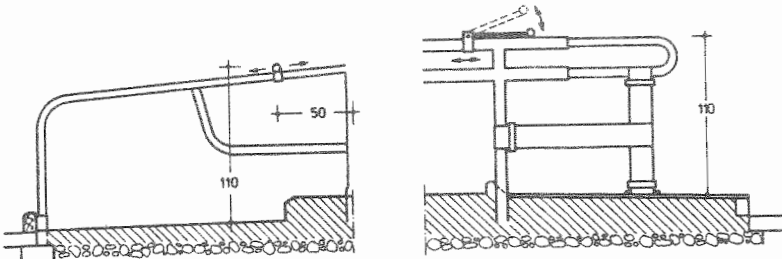


Abb. 90: Anbringung des Nackenriegels (nach ALB-Bayern, 1980),
rechts: Beweglicher Nackenriegel

8. Laufen

Aus den Kenntnissen über das Laufen der Kühe können wichtige Zusammenhänge geklärt werden, die allerdings vorwiegend auf Laufstallplanung und -betrieb Einfluß nehmen könnten. Für den Anbindestall gälte es festzustellen, welche grundsätzlichen Beweglichkeitsansprüche existieren bzw. ob es sich beim Laufen um eine essentielle Verhaltensweise handelt. Liegeboxenlaufställe, zumindest aber Standardformen (ALB, 1978) beinhalten Gangabmessungen und Ganganordnungen, deren Dimensionierung als eine Mischung aus Erfahrungswerten und wirtschaftlichen Zwängen anzusehen ist. Beim Laufen hat das Tier darüber hinaus den Kontakt mit dem Boden der Laufgänge, weswegen aus dieser Bewegung auch über die Ausführung von Laufflächen Erkenntnisse zu erwarten sind.

8.1 Laufstrecken und -zeiten

Nach ZEEB (1981) legen Rinder auf der Weide 100 bis 400 Schritte, im Stall 70 bis 150 Schritte in der Stunde zurück. Rinder gehen nicht spazieren. Das Laufen ist mehr oder weniger zielorientiert. Beim Weidegang hängt die zurückgelegte Entfernung z. B. vom Weidesystem, von der Koppelgröße und vom Grasbestand ab (PORZIG, 1969). Die Angaben verschiedener Autoren über die täglich auf der Weide zurückgelegten Wegstrecken schwanken zwischen 1690 und 4000 m (Tab. 52). Bei sehr großen Koppeln wurden auch tägliche Strecken von 9 km registriert.

Tab. 52: Täglich zurückgelegte Wegstrecken von Kühen

Quelle	Strecke m	Bemerkungen
WAITE, MCDONALD u. HOLMES, 1951 *)	1800	Weide, Ayshirekühe
TRIBE, 1953 *)	4000	Weide
CASTLE u. HALLEY, 1953 *)	3000	Weide
	1690	Portionsweide
	1840	Untriebsweide
BOCKISCH, ZIPS u. BOXBERGER, 1982	188 - 1166	dreireihiger Liegeboxen- laufstall:
	700	gesunde Tiere
	370	Klauenkranke Tiere
HAUPTMANN, 1969	280	Liegeboxenlaufstall
	(240 - 350)	mit getrenntem Liege- und Freßbereich

*) zitiert nach PORZIG, 1969

Tab. 53: Tägliche Wegstrecke, Aufenthaltsdauer auf den Gängen und Durchschnittsgeschwindigkeit einiger Kühe aus einer 24stündigen Beobachtung

	Wegstrecke m/d	Aufenthaltsdauer auf den Laufgängen h/d	Durchschnitts- geschwindigkeit m/h
Kuh 1 *)	188	0,993	189,3
Kuh 3	294	2,027	145,0
Kuh 23	654	3,157	207,2
Kuh 37	660	3,47	190,2
Kuh 12	1052	7,427	141,6
Kuh 11	1166	6,98	167,0

*) klauenkrank

Im Stall sind die täglichen Wegstrecken der Kühe wesentlich kürzer. BOCKISCH u. a. fanden in einer 24stündigen Beobachtung einer schwarzbunten Herde mit 39 Kühen tägliche Wegstrecken, die von fast 200 m bis knapp 1200 m reichten (Abb. 91). Der Mittelwert für die gesunden Kühe lag bei 700 m, der für die Kranken bei 370 m am Tag. Eine klauenkranke Kuh hat es innerhalb der Beobachtungsperiode nicht einmal geschafft, die mittleren Liegeboxenreihen zu umrunden (Abb. 92 und 93). Nahezu 50 % der Kühe lagen in der Wegstreckenklasse von 500 bis 750 m je Tag.

Aus der Aufenthaltsdauer auf den Laufgängen läßt sich, da die individuellen Wegstrecken bekannt sind, die Durchschnittsgeschwindigkeit errechnen, die zwar ein Mittel aus Gehen und Stehen darstellt, dennoch aber Hinweise auf Einflußgrößen liefern kann, wenn ausreichend Datenmaterial vorliegt. In der Stichprobe (Tab. 53) liegt die geringste Geschwindigkeit bei 142, die höchste bei 207 m je Stunde. Daß die klauenkranke Kuh eine der höchsten Durchschnittsgeschwindigkeiten erreicht, obwohl sie die geringste Wegstrecke zurücklegt, läßt den Schluß zu, daß sie zumindest teilweise getrieben wurde. Den langen Wegstrecken sind auch lange Aufenthaltsdauern auf den Laufgängen zuzuordnen, weswegen die Durchschnittsgeschwindigkeiten im Mittel bleiben. Auf die höchsten Durchschnittsgeschwindigkeiten kommen die zwei Kühe, die zur mittleren Wegstreckenklasse (vergl. Abb. 91) gehören.

Auf einem deutlich niedrigeren Niveau liegen die von HAUPTMANN ermittelten Werte, die von acht Kühen stammen, welche in großen Gruppen von 100 Kühen gehalten wurden. Diese Kühe legen durchschnittlich nur 280 m je Tag zurück, wobei die Werte von 240 bis 350 m schwanken. HAUPTMANN führt diese kurzen Wegstrecken auf das ruhige Verhalten der enthornten Kühe zurück und bemerkt dazu, daß sich mit mehr Bewegung die Ruhezeit verkürzt.

Es ist nicht auszuschließen, daß HAUPTMANN zufällig weniger aktive Kühe beobachtet hat. Es könnte aber auch sein, daß das Stallkonzept die Wegstrecken beeinflusst hat. Im Gegensatz zu den zur Zeit üblichen Liegeboxenlaufställen mit dichter Zuordnung von Liege- und Fraßbereich handelte es sich in der Untersuchung von HAUPTMANN um einen Liegeboxenlaufstall mit getrennten Funktionsbereichen. Bei diesem Stallsystem kommt es zu weniger Störungen der ruhenden Tiere und vermutlich auch zu weniger Unterbrechungen der Liegezeiten.

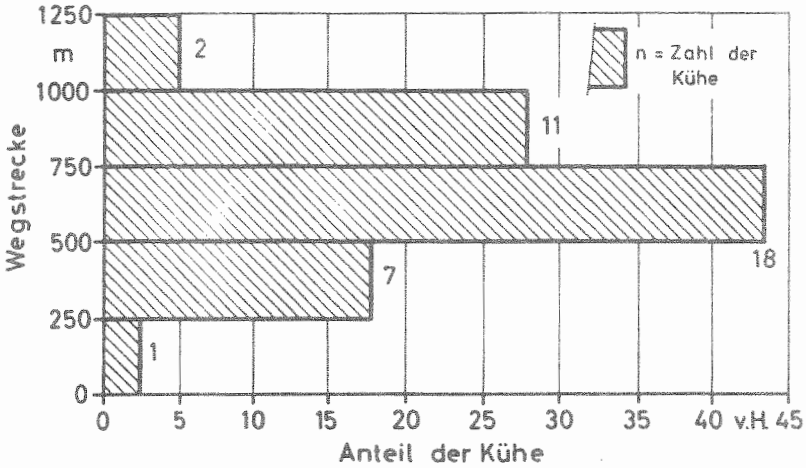


Abb. 91: Häufigkeitsanalyse der Wegstrecken im Liegeboxenlaufstall (39 SB-Kühe, 3reihige Liegeboxenanordnung, 24-Std.-Periode)

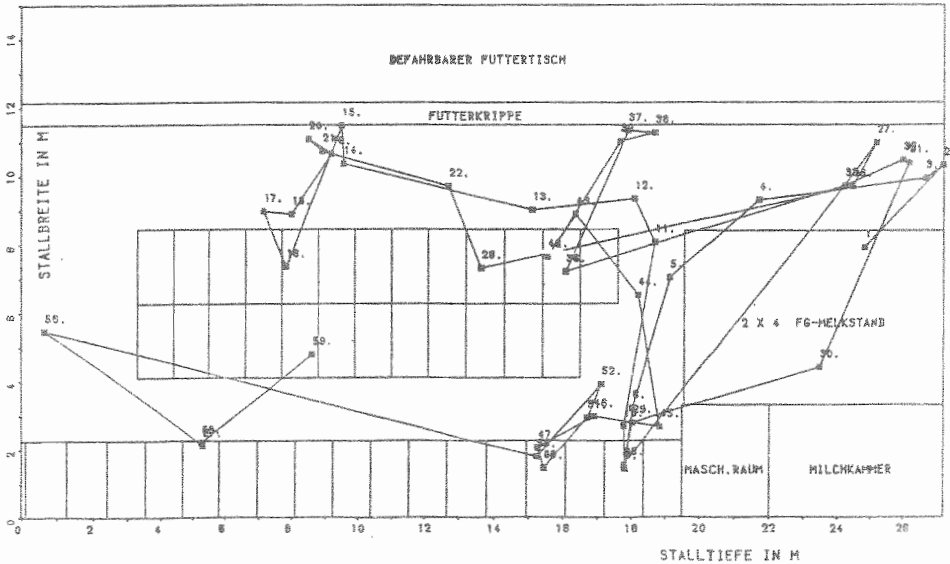


Abb. 92: Wegstrecke einer klauenkranken Kuh in einem dreireihigen Liegeboxenlaufstall (188 m) (BOCKISCH u. a., 1982)

aber Rückschlüsse zu, da in Freßliegeboxen der Mensch die Kühe nur zum Melken aus den Boxen zwingt (Tab. 54). Die untersuchte Tiergruppe verweilte 95 % der Zeit in der Boxe. Im Freßliegeboxenstall blieben die Kühe etwa 91 % der Zeit in ihren Boxen und in den beiden Liegeboxenställen waren es 65 % der Tageszeit. Die Differenz zur Freßliegeboxengruppe macht immerhin 25 % bzw. 6 Stunden aus.

Tab. 54: Durchschnittliche tägliche Gesamtaufenthaltszeiten in den Boxen (in %), unterteilt nach Ställen (SÜSS, 1973)

Stall	n	\bar{x}	s
Freßliegeboxen	10	90,48	4,52
Liegeboxen	10	65,09	6,89

Bei genauerer Analyse (Abb. 94) muß von der Gesamtaufenthaltszeit außerhalb der Boxen beim Liegeboxenaufstall noch die Freßzeit abgezogen werden. Die Aufenthaltszeit außerhalb der Boxen ist dann mit 262 min gegenüber 137 min im Liegeboxenaufstall annähernd doppelt so lange. In beiden Zeiten ist die Verweilzeit im Melkstand noch enthalten, die etwa 2 bis 3 % der Tageszeit einnehmen dürfte.

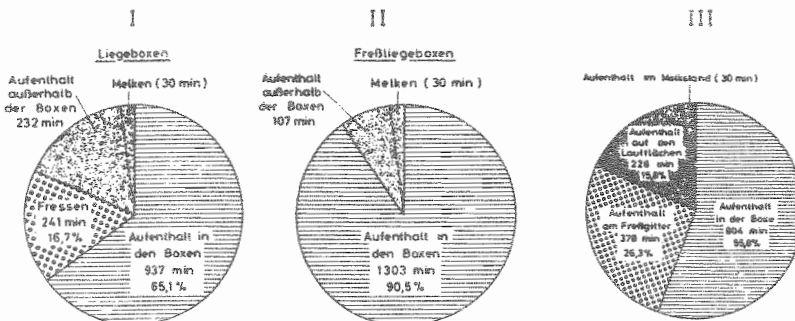


Abb. 94: Aufenthaltszeiten in und außerhalb der Boxen bei Freßliege- und Liegeboxenaufstall (I u. II; zwei Gruppen à 10 Kühe, nach SÜSS, 1973; III: 39 Kühe, 39 Liegeboxen, 39 Freßplätze, 2 x 4 FG Melkstand, BOCKISCH, ZIPS u. BOXBERGER, 1982)

Die Analyse einer 24stündigen Beobachtung einer Liegeboxenlaufstallherde (Abb. 94, III) ergibt ein noch ungünstigeres Bild. Durchschnittlich 288 min haben sich die Kühe auf den Spaltenbodengängen aufgehalten, auf Böden, die in Form und Abmessungen als klauenbelastend einzustufen waren.

Das Datenmaterial reicht auch hier für eine eindeutige Aussage nicht aus. Würde man aber, daß der Aufenthalt der Freßliegeboxen-Kühe außerhalb ihrer Boxen unbeeinflußt von anderen Faktoren (z. B. Störungen, klauenschädliche Fußböden im Laufbereich) war, so könnte in der Zeit von 137 min minus 30 min Melkstandaufenthalt das tatsächliche Bewegungsbedürfnis befriedigt worden sein.

Mit der gleichen Unterstellung ergäbe sich die Differenzzeit von 125 min zwischen der von SÜSS untersuchten Freßliege- und Liegeboxengruppe als initiierte oder erzwungene Bewegung. Im Vergleich zu dem Liegeboxenlaufstall mit 39 Kühen liegt der Differenzwert zum Freßboxenlaufstall bei 181 min.

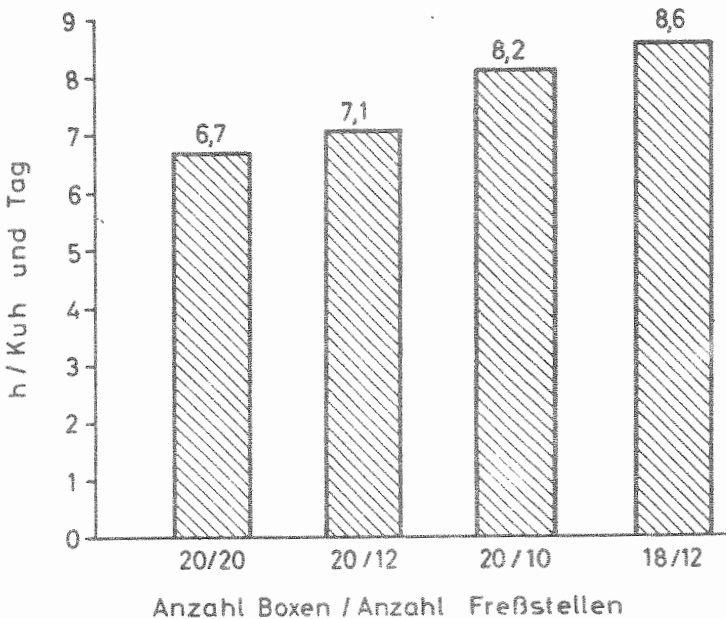


Abb. 95: Einfluß eingeschränkter Freß- und Liegeplatzzahlen auf den Aufenthalt auf den Laufgängen (20 Kühe, nach WANDER, 1977)

Wie sich in diesem Zusammenhang die Einschränkung der Zahl der Freß- und Liegeplätze auswirkt, konnte WANDER (1977) in einem Versuch nachweisen (Abb. 95). Mit der Veränderung des Freßplatz-Tierverhältnisses von 1 : 1 auf 1 : 2 wächst die Aufenthaltszeit auf den Stallgängen von etwas weniger als sieben Stunden auf über acht Stunden je Kuh und Tag an. Die zehnpromzentige Einschränkung der Zahl der Liegeplätze bewirkt einen weiteren Anstieg des Aufenthaltes auf den Stallgängen auf nahezu neun Stunden je Kuh und Tag. Im gleichen Versuch nahmen mit den genannten Einschränkungen die Liegezeiten und die Freßzeiten schrittweise ab.

Da es sich im Vergleich um unterschiedliche Herden mit zu geringen Tierzahlen handelt, bedarf es in jedem Fall weiterer Untersuchungen, denn wenn sich die Kühe zwei bis drei Stunden unnötig außerhalb der Boxen bewegen, dann wäre das nicht nur ein zusätzlicher über das Bewegungsbedürfnis hinausgehender Energieverbrauch. Gerade rangniedere Kühe sehen sich dann zusätzlichen Kämpfen und Verdrängungsaktivitäten ausgesetzt, die sich aus der Unterschreitung der Ausweichdistanzen in den Laufgängen ergeben, was unter Umständen auch die starke Streuung der täglichen Wegstrecken erklären könnte (Abb. 96).

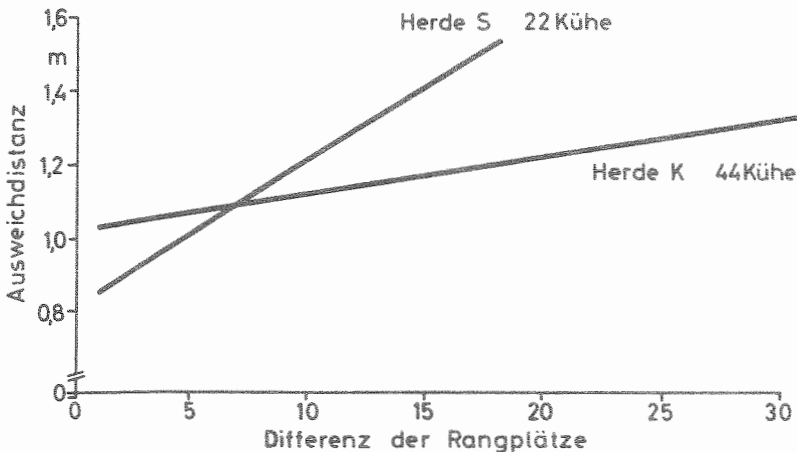


Abb. 96: Ausweichdistanz von SB-Kühen zweier Herden in Abhängigkeit von der Differenz der Rangplätze (nach SAMBRAUS, 1973)

Rinder sind "Distanztiere" (PORZIG, 1969). Als Individualdistanz nennt STRÄSSER 1 bis 2 m. SAMBRAUS (1973) hat an vier Herden auf der Weide insgesamt 1616 Ausweichdistanzen ermittelt und dabei festgestellt, daß die Ausweichdistanzen mit wachsendem Abstand in der Rangfolge signifikant bzw. hochsignifikant zunehmen. Rangbenachbarte Tiere weichen in einem Abstand von 50 bis 100 cm, die rangtiefsten gegenüber den ranghöchsten in einem Abstand von 100 bis 150 cm aus.

Da es sich bei den Werten für die Ausweichdistanz um den Abstand der Kopfpartien handelt, die sich am meisten annähern, müßte, um die Ausweichdistanz nicht zu unterschreiten, bei rangbenachbarten Kühen eine Mindest-Passagenbreite von 2,5 bis 3 m verfügbar sein. Zwischen rangtiefsten und ranghöchsten wären es 3 bis 3,5 m.

Bei den bisherigen Standardabmessungen mit 2 m Gangbreite zwischen den Liegeboxen und 3 m hinter der Krippe sind die genannten Ausweichdistanzen nicht oder kaum einzuhalten. Sofern Kühe sich im Stall auch nur in diesen Distanzen gegenseitig passieren, müßten breitere Gänge (auch Übergänge zwischen Freß- und Liegebereich) eingerichtet werden. SAMBRAUS empfiehlt, die erzwungene Benachteiligung rangtiefer Tiere durch eine ausreichende Zahl von Freß- und Liegeplätzen, Tränken usw. auszugleichen. Es ist also davon auszugehen, daß eine Einschränkung der Zahl der Liegeboxen und der Freßplätze bei gleichzeitig zentraler Tränke und Kraftfuttermenge rangtiefen Kühen zum Nachteil wird.

Kann das aber die Leistung beeinflussen? Hierfür ist zunächst zu klären, wodurch der soziale Rang beeinflusst wird. Ein direkter Zusammenhang zwischen Rang und Milchleistung scheint nicht zu bestehen. SAMBRAUS, FRIES und OSTERKORN (1979) ermittelten eine signifikante Beziehung zwischen Körpermasse und sozialem Rang und mutmaßen, daß hornlose rangtiefe Tiere es häufiger wagen, das Dominanzverhältnis zu überprüfen, wobei dann das gewichtsabhängige augenblickliche Kräfteverhältnis entscheidet. Ranghohe Tiere bleiben auch in den ersten Tagen nach der Geburt den rangtiefen überlegen. Ranghohe Kühe können sich in den Zeiten des höchsten Futterbedarfes ihren Anteil sichern. Rangtiefe bekommen nach der Geburt einen geringeren Futteranteil, weswegen das genetische Leistungspotential dieser Tiere nicht ausgeschöpft wird (SAMBRAUS, OSTERKORN u. KRÄUSLICH, 1979).

8.2 Bodenausführung und Kot-Harn-Beseitigung im Laufbereich

Der enge Zusammenhang zwischen Tierverhalten und Laufganggestaltung wirkt sich auch auf die Fußbodenausführung aus. So bestimmt das Abkotverhalten (vergl. Kap. 7.1) überwiegend den Kotanfall. Das zeigt der Vergleich zweier Ställe mit unterschiedlicher Zuordnung von Laufgängen und Liegeboxenreihen (Tab. 55). In Stall B mit je einer Liegeboxenreihe an jedem der beiden Gänge ist der Kotanfall annähernd gleich. In Stall A liegt der Kotanfall am Gang mit zwei Liegeboxenreihen gegenüber dem Gang hinter der Futterkrippe mit einer Liegeboxenreihe um 20 % höher.

Tab. 55: Kotanfall in den Laufgängen zweier Liegeboxenlaufställe
(A: 33 Kühe, B: 28 Kühe) (nach PFADLER, 1981)

Stall	Liegebereich		Freßbereich	
	A	B	A	B
Abkotvorgänge/m ² und Tag	4,5	5,77	3,74	5,59
Kotanfall *) kg/m ² und Tag	8,78	11,25	7,29	10,9

*) nach LEHMANN (1968): 1,95 kg Frischkot je Abkotvorgang

Dieser Unterschied wirkt sich bei planbefestigten Laufgängen und mechanischen Entmistungsanlagen zunächst nicht weiter aus (Ausnahme: Ställe mit vollständig getrennten Funktionsbereichen). Bei höherem Kotanfall kann die Entmistungsanlage (Flachschieber) über eine Zeitschaltuhr häufiger zum Einsatz gebracht werden. Das große Problem planbefestigter Laufgänge ist der anfallende Harn und dessen Ableitung. In Untersuchungen, die von KLEIBER (1966) an 10 Kühen mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 22,7 kg je Kuh und Tag betrug die durchschnittlich abgesetzte Harnmenge 16,7 kg je Kuh und Tag. Bei einem in Liegeboxenlaufställen üblichen Laufganganteil von 3 bis 5 m² je Kuh beträgt der Harnanfall ca. 3,5 bis 5,5 kg je m² und Tag (Tab. 56). Diese zunächst nicht allzu große Flüssigkeitsmenge verteilt sich zeitlich wie räumlich relativ gleichmäßig über die Laufgänge. Selbst geringe Mengen tragen zu einer Feuchtigkeitsaufnahme des Klauenkornes bei, welches dadurch an

Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung verliert (vergl. Abb. 100).

Tab. 56: Harnanfall und Häufigkeit des Harnens auf den Gängen in Liegeboxenlaufställen

tägliche Harnmenge je Kuh	6 - 20 kg (LÖFFLER, 1970) 16,7 kg (bei 22,7 kg tägl. Milchleistung, KLEIBER, 1966)
durchschnittlicher Harn- anfall (bei Laufganganteil von 3 - 5 m ² /Kuh)	ca. 3,5 - 5,5 kg/m ² und Tag
Häufigkeit des Harnens einer Kuh im Liegeboxenlaufstall für 50 - 60 Kühe	5 - 12mal/Tag (PORZIG, 1969) ca. 20 (10 - 30)mal/h

Auf planbefestigten Flächen wird der Harn gemeinsam mit dem Kot abgeschoben. Die getrennte Ableitung von Harn über Harnrinnen zeigt eine äußerst geringe Wirkung, da der Harn durch Kotreste am Abfließen zur Rinne gehindert wird. Zur Räumung planbefestigter Laufgänge in geschlossenen Liegeboxenlaufställen dienen Flachschieberanlagen (Falt- und Klappschieber), deren Arbeitgeschwindigkeit von 2 bis 4 m/min den Kühen das Ausweichen vor dem Schieber ermöglichen soll (Tab. 57). Trotzdem kommt es immer wieder vor, daß die Schieber auf Klauen auflaufen. Neben dieser Verletzungsquelle besteht bei Flachschieberanlagen eine weitere in der Zugvorrichtung. Bei oberirdischer Anordnung treten Kühe u. U. auf das Seil, bei versenkter Anordnung des Zugmittels in einer U-Schiene liegt in der Mitte des Laufganges ein 5 cm breiter Spalt (vergl. Belastung der Klauenschle, Abb. 99).

Wegen der Häufigkeit des Harnens der Kühe sind der Harnbeseitigung mittels Flachschieberanlagen aufgrund der Arbeitgeschwindigkeit und der Entmistungsdauer Grenzen gesetzt. In einem Liegeboxenlaufstall für 50 bis 60 Kühe harnen die Tiere 10- bis 30mal in der Stunde. Bei gleicher Verteilung auf zwei Laufgänge ergibt das im Mittel ein 10maliges Harnen je Stunde. Während der

Entmistungszeit von ca. 10 bis 20 Minuten auf den 35 bis 40 m langen Laufgängen harnen erneut zwei bis drei Kühe, während (nach PFADLER, 1981) durchschnittlich 3 bis 7 Kühe abkoten. Selbst bei einem durchgehenden Betrieb der Entmistungsanlage ist damit die rasche Harnableitung nicht sicherzustellen. Mit dieser Maßnahme nähme aber auch gleichzeitig das Verletzungsrisiko zu.

Tab. S7: Technische Daten von Flachschieberanlagen

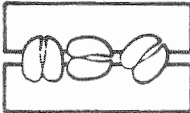
Bauart	Falt- oder Klappschieber
Antrieb	E-Motor: 0,25 - 2,25 kW
Arbeitsgeschwindigkeit	2 - 4 m/min
Zugmittel	Seil, Kette oder Schubstange
Führung	versenktes U-Profil, 5 x 5 cm oder durch Seilstraffung
Entmistungsdauer	bei 35 - 45 m Ganglänge: 8,7 - 22,5 min

Perforierte Laufflächen tragen demgegenüber zu einer raschen Harnableitung bei. Hier ergibt sich aber das Problem der Kotbeseitigung, insbesondere bei hohem Kotanfall, weil, wie noch zu zeigen sein wird, der Perforation durch das Laufverhalten und die Klauendimension gewisse Grenzen gesetzt sind, weswegen davon auszugehen ist, daß zwar der Harn, nicht aber der Kot direkt in den Kanal abgeleitet wird. Für den Rest erwartet man, daß ihn die Kühe durchtreten. Es liegt auf der Hand, daß zu wünschen ist, daß der Rest möglichst klein sein soll.

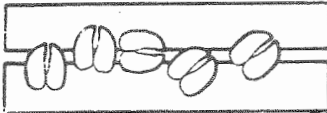
Um zu ergründen, welche Schlitzweiten (die Ergebnisse sind auf andere Perforationsformen übertragbar) als klauenfreundlich einzustufen sind, ist zunächst der Frage nachzugehen, ob Kühe beim Gehen oder Stehen den Schlitz meiden können. Wäre dies der Fall, dann müßte die Optimierung bei der Auftrittsbreite, beim sogenannten Spaltenbodenbalken, einsetzen. Anderenfalls kommt es darauf an, den Schlitz den Anforderungen der Tiere anzupassen.

PFADLER (1981) hat an 61 Kühen knapp 4000 Klauenpositionen auf Spaltenboden (Schlitzweite 38 - 40 mm, Auftrittsbreite 150 mm) untersucht und diese Klauenpositionen vier verschiedenen Klassen zugeordnet (Abb. 97 u. 98).

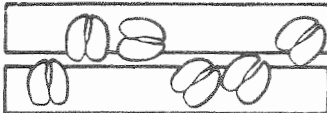
Am günstigsten ist die Klasse vier, bei der, was die Auftrittsbreite zuließ, die Klauen voll auf festem Untergrund stehen. Bei Aufsetzen der Klauen auf zwei Balken wurde unterschieden zwischen gleichmäßiger und ungleichmäßiger Nutzung (Klasse I und II). Die ungünstigsten Situationen sind in Klasse III zusammengefaßt. Die Klaue steht auf nur einem Balken und über dem Schlitz.



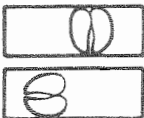
gleichmäßige Nutzung beider Balken, Klauensohlenfläche gleichmäßig über zwei Balken und Spalt verteilt, Klauendrucke bei ebenen gratfreien Balken ungefährlich, Abrutschen oder Abkippen in den Spalt nicht möglich.



ungleiche Nutzung beider Balken, Klauenfläche ungleich auf zwei Balken und Spalt verteilt, Klauendrucke relativ ungefährlich, evtl. stärkere Belastung der Tragränder, Abrutschen oder Abkippen in den Spalt evtl. möglich.



Nutzung eines einzelnen Balkens, Klauensohlenfläche nur auf einen Balken und den Spalt verteilt, sehr hohe partielle Flächendrücke mit Verletzungsgefahr, Abkippen oder Abrutschen in den Spalt sehr leicht möglich.



Nutzung eines Balkens, Klauensohlenfläche und Last voll auf einen einzelnen Balken, geringste Flächendrücke an der Klauensohle, Abkippen oder Abrutschen in den Spalt nicht möglich.

Abb. 97: Klassifizierung der Klauenpositionen von Kühen auf Spaltenböden (PFADLER, 1981)

Da sich bei 80 % der Klauenpositionen die Fußungsfläche auf Balken und Schlitz verteilt, ist davon auszugehen, daß die Kühe den Schlitz nicht bewußt meiden können. Besonders problematisch erscheint der mit 27 % relativ hohe Anteil klauengefährdender Positionen der Klasse III, der jedoch im Zusammenhang mit den vorliegenden Schlitzweiten von 38 bis 40 mm gesehen werden muß.

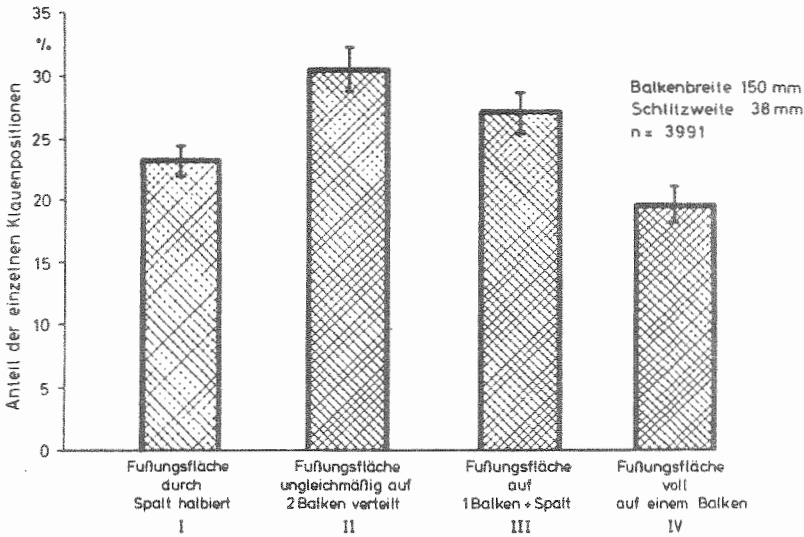


Abb. 98: Häufigkeitsverteilung der klassifizierten Klauenstellungen von Kühen auf Spaltenböden (PFADLER, 1981)

Das Stehen der Klauen über einem Schlitz bedeutet eine Verringerung der Fußungsfläche, die wiederum bei gleich einwirkender Kraft (Tiergewicht) zu einer Erhöhung der Druckbelastung der Klauensohle führt. Aus der Körpermasse, deren Verteilung und der Klauensohlenfläche kann der Druck für die auf einer ebenen Unterlage ruhig stehenden Klaue berechnet werden (Tab. 58).

Die Klauensohlendrücke schwanken bei den genannten Unterstellungen zwischen 1,47 und 1,52 bar. Um Rückschlüsse auf die von Böden ausgehende Gefährlichkeit ziehen zu können, bedarf es der Kenntnis der Härte oder der Widerstandsfähigkeit der Klauensohle (Tab. 59).

Tab. 58: Berechnung der Drücke an der Klauensohlenfläche von Fleckviehkühen in Abhängigkeit vom Lebensalter (nach PFADLER, 1981)

Lebensalter		48 Monate	60 Monate
Ø Körpermasse (kg)		665	678
Verteilung (kg)	vorne	356,77	369,30
	hinten	298,33	308,69
Klauensohlenfläche (cm ²)	vorne	118,02	119,82
	hinten	99,40	99,76
Drücke an der Klauensohle (bar)	vorne	1,48	1,51
	hinten	1,47	1,52

Tab. 59: Härte des Sohlenrandes und der Sohlenmitte von Klauen geschlachteter Rinder (Kugeleindruckversuch nach DIN 53 456, Kugeldurchmesser 5 mm, Kraft F = 132,4 N) (nach LASSON, 1976)

	Eindringtiefe mm in 60 sec	Härte bar
Sohlenmitte	0,26 - 0,58	1,46 - 3,26
Sohlenrand	0,12 - 0,30	2,87 - 7,06

Während die Klauenmitte durchwegs weicher ist, dringt die Kugel am Sohlenrand deutlich weniger in die Klauensohle ein. Die Belastbarkeit geht in diesem Bereich bis über 7 bar. Obwohl im Mittel mit knapp 5 bar eine durchschnittlich hohe Belastbarkeit vorliegt, muß vom untersten Wert ausgegangen werden, denn die betreffende Zone des Klauenrandes (2,87 bar), unter Umständen auch der Sohlenmitte (1,46 bar), ist jeweils die gefährdete.

Aus der mit zunehmender Schlitzweite sich verringernden Fußungsfläche läßt sich berechnen, wie die Drücke bei ungünstiger Klauenposition zunehmen (Abb. 99).

Bereits bei einer Schlitzweite von 25 mm liegt die Fußungsfläche dann unter 70 % und der vom Boden ausgehende Druck steigt auf etwas mehr als 2 bar an. Die Steigerung der Schlitzweite auf 45 mm ergibt eine Flächenreduzierung auf ca. 51 %. Die Klauenbelastung erreicht dann 2,92 bar, einen Wert, der bereits zum Teil über der Härte des Klauensohlenrandes liegt.

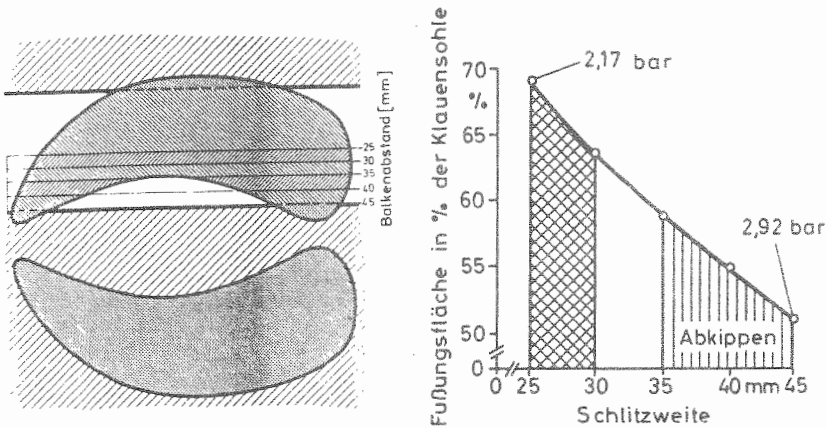


Abb. 99: Belastete Klauensohlenfläche in Abhängigkeit von der Schlitzweite (nach FESSL, 1968; LASSON, 1976; PFADLER, 1981)

Eine besondere Gefahr entsteht aber auch dadurch, daß ab ca. 35 mm Schlitzweite die Klaue in den Spalt abzukippen droht. Damit würde ein plötzlicher, drastischer Druckanstieg eintreten, der die Verletzungsgefahr stark erhöht. Die Berechnungen unterstellen außerdem eine optimale Balken- und Kantenausführung. Jede Höhendifferenz zwischen zwei Balken, jede scharfe Kante und jeder Grat trägt ebenfalls zu einem erhöhten Verletzungsrisiko bei.

Aus der Sicht des Verletzungsrisikos wären daher Schlitzweiten von 25 mm wünschenswert. Schlitzweiten bis 30 mm führen zwar zu steigenden Klauenbelastungen, wären gegebenenfalls aber noch hinzunehmen. Schlitzweiten mit 35 mm und

mehr sollten wegen der Gefahr des Abkippens der Klauen in den Spalt vermieden werden.

Andererseits besteht aber zwischen der Laufgangverschmutzung und der Widerstandsfähigkeit der Klauen ein fataler Zusammenhang. Mit zunehmender Feuchtigkeit des Klauenhorns sinkt die Widerstandsfähigkeit. Der durchschnittliche Wassergehalt des Klauenhorns beträgt 15 bis 25 %. In diesem Bereich ist der Klauenabrieb am geringsten (Abb. 100). Darunter wird das Klauenhorn spröde. Bei Feuchtigkeitsgehalten von über 30 % weicht das Horn auf und die Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung sinkt. Es wäre daher falsch, die Kotbeseitigung zu Lasten der Schlitzweite zu vernachlässigen. Zwischen beiden muß ein Kompromiß gefunden werden.

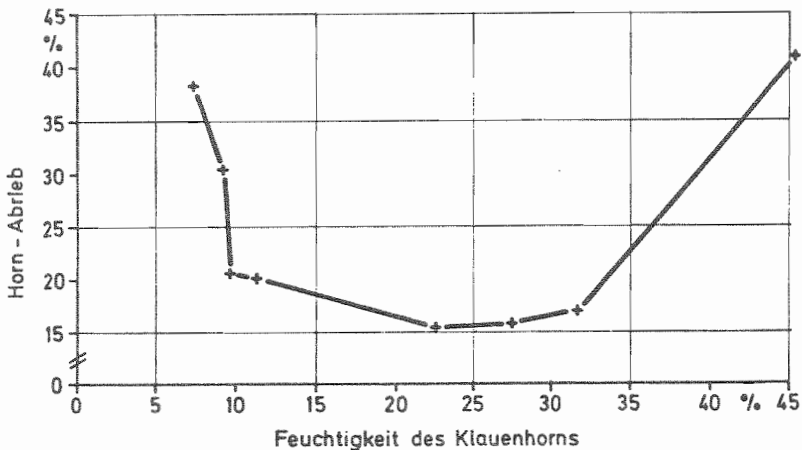


Abb. 100: Abriebverlust an Klauenhorn in Abhängigkeit vom H₂O-Gehalt (nach PFLUG, 1978)

Entscheidender Faktor für den Kotdurchlaß ist der Schlitzflächenanteil, wenn man von dem weniger zu beeinflussenden Faktor der Kotkonsistenz absieht (Abb. 101). Um bei schmalen Schlitzten auf eine entsprechende Schlitzfläche zu kommen, muß die Balkenbreite reduziert werden. Das hat den zusätzlichen Vorteil, daß auf schmalen Balken der Weg des durchzutretenden Kotes bis zum nächsten Schlitz kürzer ist, wodurch der Einfluß des Trittes wirksamer wird (Abb. 102).

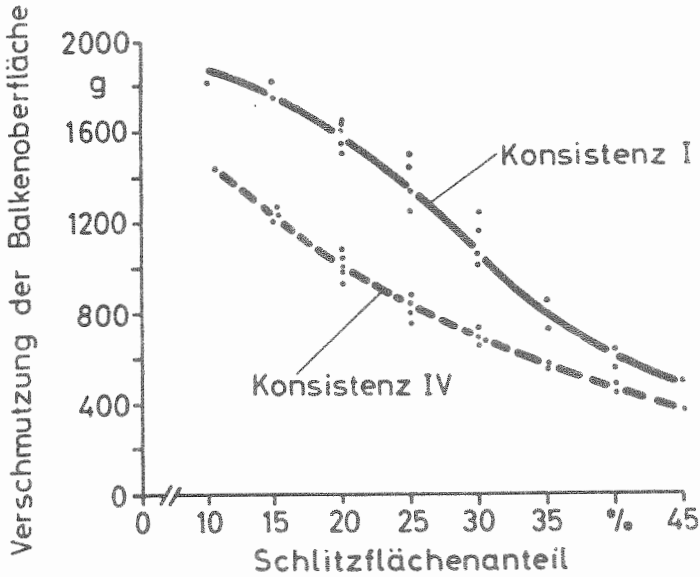


Abb. 101: Verschmutzung der Balkenoberfläche nach Abwurf einer Kotmenge von 2000 g in Abhängigkeit von Schlitzflächenanteil und Kotkonsistenz (Konsistenz I: zähflüssig, Konsistenz IV: suppig) (nach PFADLER, 1981)

Ohne Einfluß des Trittes beträgt die auf der Balkenoberfläche verbleibende Kotmenge bei 20 % Schlitzflächenanteil und einem Balkenbreiten-Schlitzweiten-Verhältnis von 140 zu 35 mm 1200 g, bei 80 zu 35 mm nur noch etwa 760 g. Durch die Verringerung der Auftrittsbreite ist die Restverschmutzung nach dem Kotabwurf beinahe nur halb so hoch. Die Werte steigen wieder an, wenn die Schlitzweite auf 30 (900 g) bzw. 25 mm (1050 g) reduziert wird.

Die Wirkung des Klauentrittes hängt von der Balkenbreite und der Anfangsverschmutzung ab. Bei annähernd gleichem Schlitzflächenanteil von 23 % (140/40 mm) und 24 % (80/25 mm) beseitigen die 10 Tritte bei der erstgenannten Kombination ca. 350 g, bei der zweitgenannten ca. 430 g. Mit geringerer Anfangsverschmutzung läßt die Wirkung der 10 Tritte bei gleicher Balkenbreite und steigender Schlitzweite nach (80/25 mm: 430 g; 80/30 mm: 387 g; 80/35 mm: 298 g).

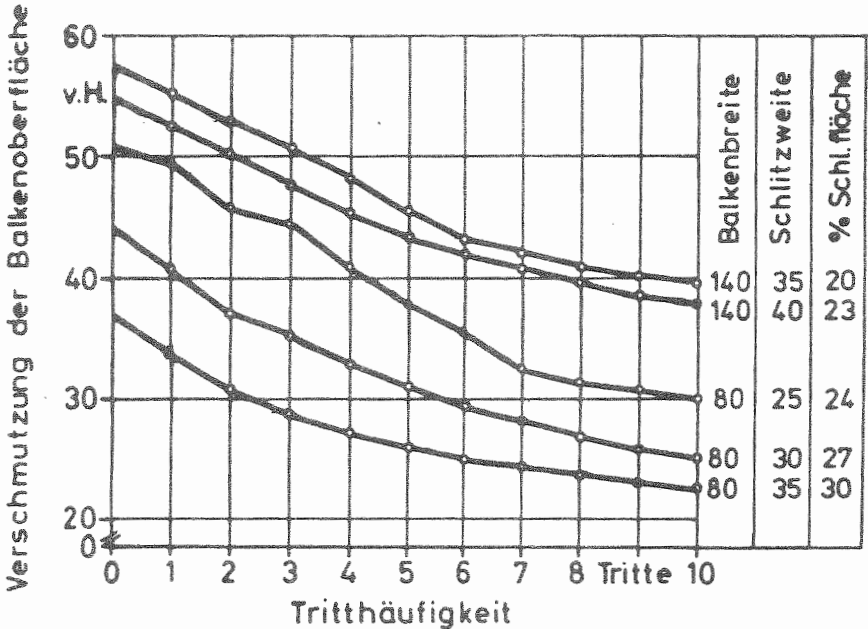


Abb. 102: Einfluß der Balkenbreite und Schlitzweite auf die Verschmutzung der Balkenoberfläche nach Abwurf der Kotmenge (Kotkonsistenz III) eines Abkotvorganges und in Abhängigkeit von der Tritthäufigkeit (BOXBERGER, 1982)

Auf die AnfangsverSchmutzung bezogen, entspricht der Einfluß von 10 Tritten (300 - 430 g) einer Schlitzweitenvergrößerung um mehr als 10 mm (80/25 mm auf 80/35 mm: 296 g). Die Tritthäufigkeit von 10 Tritten im Versuch (1200 cm²) liegt in der Größenordnung des Mittelwertes der Tritthäufigkeit des Laufganges hinter der Krippe (81,12 Tritte je m²). Der Mittelwert des Laufganges im Liegebereich beträgt 36,8 Tritte je m², was im Versuch der Tritthäufigkeit von 4,4 gleichzusetzen ist (Abb. 103).

Daß der Einfluß der Tritte im Liegebereich geringer ist, obwohl hier der meiste Kot anfällt, ist sekundär, wenn man davon ausgeht, daß möglichst viel Kot sofort durchfallen soll, um die Klauen weitgehend vom Kotwaten zu befreien. Als Kompromiß bietet sich an, bei gleichbleibender Auftrittsbreite von 80 mm die Schlitzweite im Liegebereich mit 30 (max. 35) mm an die obere Grenze zu legen. Im Fraßbereich, wo der Kotanfall geringer und die Tieraktivität höher ist, ließe sich die Schlitzweite dann auf 25 (max. 30) mm reduzieren

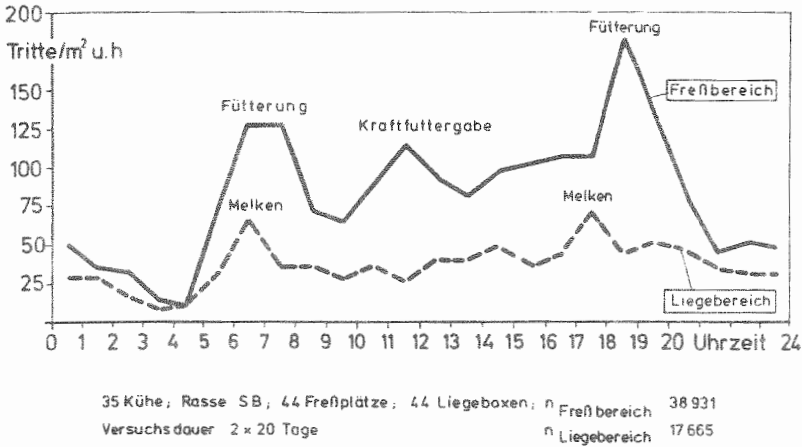


Abb. 103: Tritthäufigkeit im Freß- und Liegebereich über den Tagesablauf (PFADLER, 1981)

9. Verhaltensangepaßte Einrichtung von Kurzständen und Liegeboxenlaufställen

Bei der Übertragung der Erkenntnisse aus den Teilbereichen des für die Stalleinrichtung relevanten Verhaltens der Kühe kommt es zu Kompromissen, die mit der räumlichen Konzentration der Vorgänge zunehmen (Beispiel Kurzstand). Im Liegeboxenlaufstall lassen sich zwar die einzelnen Bereiche stärker spezialisieren, also den Tieren auch gezielter anpassen. Da aber nicht mehr nur das Einzeltier, sondern auch die Herde und die Wechselbeziehung zwischen Einzeltier und Herde wirksam werden, müssen eine Reihe zusätzlicher Erkenntnisse in das Stallkonzept eingearbeitet werden.

9.1 Kurzstand

Im Kurzstand (Tab. 60, Abb. 104) sind die Kühe auf einen relativ engem Raum fixiert, dessen Grundfläche den Liegebedürfnissen anzupassen ist. Die eigentliche Liegefläche erstreckt sich von der Hinterkante des Krippensockels bis

zur Kotgraben- oder Gitterrostkante. Sie wird seitlich von den anschließenden Ständen begrenzt. Liegellänge und Liegebreite müssen auf die Kuhherde abgestimmt werden. Die herdenspezifischen Maße lassen sich anhand der am Tier zu vermessenden schrägen Rumpflänge errechnen. Bei einheitlichen Standabmessungen dient das Maß der großen Kühe als Grundlage. Bei differenzierten Standabmessungen wird die Spannweite durch Messungen an kleinen, mittleren und großen Kühen ermittelt. Seitenabtrennungen im Liegebereich aus elastischem Material sichern den Kühen die ihnen zugedachte Liegefläche.

Als Standbelag eignet sich am besten elastisches Material (Gummi), wobei der zu fordernde Verformungswiderstand (kleiner 5 bar) bisher nicht wirtschaftlich realisierbar ist. Zusätzliche Einstreu von kurz gehäckseltem Stroh oder Strohmehl verbessert die Situation und stört die Mistbeseitigung selbst bei Flüssigableitungsverfahren nicht. Um den Wärmestrom auf 10 bis 12 W/m²K zu reduzieren, muß für eine entsprechende Wärmedämmung der Liegefläche gesorgt werden. Handelsübliche Standbeläge, z. B. aus Gummi reichen in ihrer Wärmedämmung vielfach nicht aus. Die Wärmedämmung sollte daher durch Einstreu bzw. durch einen entsprechenden Unterbau verbessert werden.

Solange man davon ausgehen kann, daß der geforderte Bewegungsraum zur Verfügung steht, kann die Auswahl der Anbindevorrichtung nach arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen: bei ganzjähriger Stallhaltung z. B. Vertikalbindung, bei Weidegang Gelenkhalssrahmen, evtl. mit Fangeinrichtung. Um den unteren Bewegungsraum (Aufstehen, Fressen) nach vorne zu erweitern, ist der untere Befestigungspunkt als Krippenanker ausgebildet.

Bei der Krippengestaltung müssen die Forderungen des Fressens und Aufstehens zu einem Kompromiß vereint werden. Dazu tragen die genannten Abmessungen (Krippenweite 50 cm), insbesondere das Krippenniveau (12 cm über Standfläche), die elastische Rückwand und das Futtertischniveau (max. 15 cm über Krippenniveau) bei.

An jedem zweiten Standpfosten wird ein Doppeltränkebecken in einer Höhe von 70 - 80 cm montiert. Auf ausreichenden Wassernachlauf (mind. 10 l/min), geringe Ventilauslösekraft und eine Schalenform, die die tiergemäße Trinkstellung des Kopfes ermöglicht, ist zu achten. Der Ventilhebel sollte in Stoßrichtung des Kopfes zu betätigen sein.

Tab. 60: Übersicht über die Kurzstandeinrichtung

Liegefläche	Liegelänge = $0,922 \times$ schräge Rumpflänge + $0,2$ m Liegebreite = $2 \times$ Schulterbreite Elastizität: Verformungswiderstand kleiner 5 bar Wärmestrom $10 - 12$ $\text{W/m}^2\text{K}$ Seitenabtrennung für stehende und liegende Kühe
Anbindevorrichtung	Auswahl nach arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten Locker einhängen; Bewegungsraum längs; mind. 35 cm, quer mind. 20 cm Krippenanker
Krippe	elastische Rückwand, Krippenweite 50 cm, Krippenniveau 12 cm, Futtertischhöhe max. 15 cm über Krippenniveau Material gegen Futtersäuren und mechanische Beanspruchung beständig
Tränkebecken	Schalenweite $20 - 25$ cm (bei sehr flachen Schalen auch weniger), Schalentiefe mind. 5 cm Ventil Auslösekraft max. $15 - 18$ N Wassernachlauf mind. 10 l/min
Kuhtrainer	Ausführung und Montage nach Vorschrift; hochziehbar; Bügelanordnung 60 cm hinter Krippenkante, $3 - 4$ cm über Widerrist

Besondere Aufmerksamkeit ist der Montage und dem Betrieb der Kuhtraineranlage entgegenzubringen, weil schon allein durch die zu tiefe Bügelein-
stellung Kühe unter schädlicher Dauereinwirkung der Stromstöße stehen. Die
Einstellung bzw. Anpassung der Bügel muß mit einfachen Handgriffen vorge-
nommen werden können und der Bügel dann sicher in der gewünschten Stellung

(60 cm hinter Krippenkante, 3 - 4 cm über Widerrist) bleiben. Wenn Kühe beim Abkoten oder Harnen den Rücken zu wenig oder gar nicht krümmen, darf keinesfalls der Bügelabstand zum Widerrist verringert werden. Über rindernden und hochträchtigen Kühen sind die Kuhtrainer-Bügel aus dem Tierbereich zu entfernen. Hochziehbare Bügelbefestigungen erleichtern das Wegnehmen der Kuhtrainer während der Melkzeiten oder bei anderen Gelegenheiten, wenn die Tiere gestört werden (z. B. Weidegang, Besichtigungen).

An die Liegefläche schließt sich im hinteren Standbereich der Gitterrost oder Kotgraben an. Die Konstruktion des Gitterrostes ist so ausgerichtet, daß Kühe darauf kurzzeitig gehen oder stehen können und Kot und Harn möglichst rasch und vollständig abgeleitet werden (Stabbreite 18 - 20 mm, Schlitzweite 35 - 40 mm). Der Übergang von der Liegefläche zum Rost sollte eben sein.

Bei Kotgrabenständen grenzt die Liegefläche hinten an den offenen, meist 20 cm tiefen Entmistungsgraben. Hier ist die Standlängen Anpassung besonders wichtig, damit vermieden wird, daß große Kühe im Kotgraben stehen.

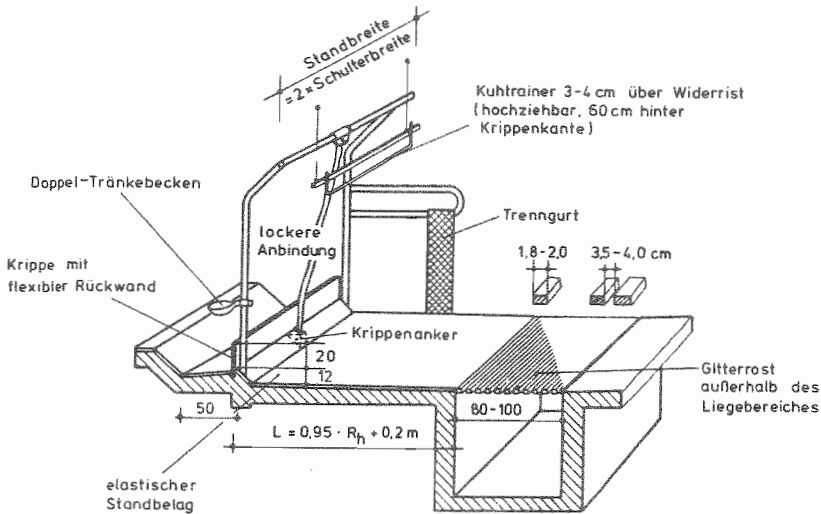


Abb. 104: Einrichtungen und Maße des Kurzstandes für Kühe

9.2 Liegeboxenlaufstall

Da in der Liegeboxe mit Ausnahme des Fressens und des aufrechten Stehens das Abliegen, Liegen und Aufstehen ebenso wie im Kurzstand stattfindet, sind auch die Anforderungen dieselben. An die Stelle des Krippensockels tritt die Bugschwelle oder der Kopfkasten. Diese Einrichtung hat die Aufgabe, die Kuh beim Abliegen und Liegen daran zu hindern, den für das Aufstehen erforderlichen Kopfschwingbereich zurichte zu machen. Für die Liegefläche der Hochboxen - gemessen ab Bugschwelle - gelten dieselben Maße wie für den Kurzstand. Bei der Tiefboxe können die Kühe nicht mit dem Becken über der Kotstufe auskragend liegen (was auch bei der Hochboxe nur für wenige großrahmige Tiere in begrenztem Umfang vorkommen sollte). Nur mit einer Maßzugabe von 10 cm ist zu verhindern, daß größere Kühe beim Abliegen auf die Abschlußbohle fallen bzw. auf der Bohle liegen (Abb. 105).

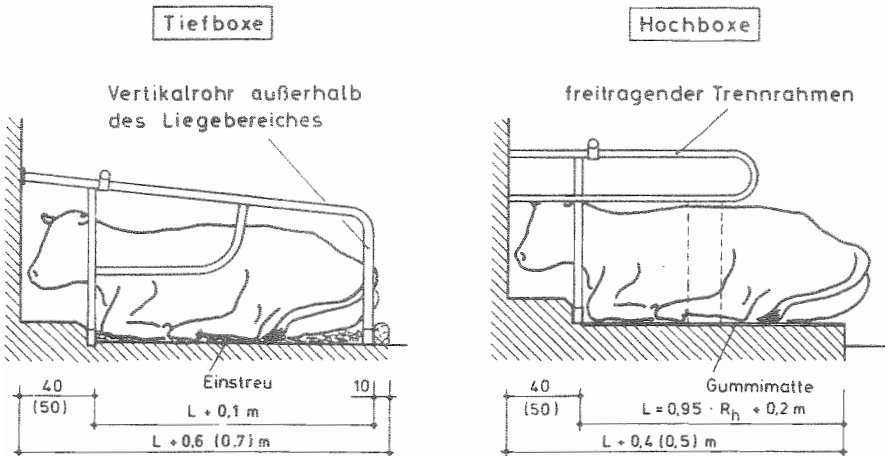


Abb. 105: Liegeboxenformen

Für jede Kuh sollte eine Liegeboxe zur Verfügung stehen. Eine geringere Liegeboxenzahl führt zu verstärkter Unruhe. Es wäre andererseits denkbar, daß die sozialen Auseinandersetzungen mit zunehmender Zahl von Reserveboxen weiter zurückgehen. Für eindeutige Empfehlungen dazu reicht der derzeitige Kenntnisstand nicht aus.

Auch beim Trennrahmen bedarf es einer Differenzierung. Während aufgrund der größeren Liegeflächenlänge das endständige Vertikalrohr zum Boden geführt werden kann, ohne beim Liegen zu behindern, müssen Hochboxen mit freitragenden Trennrahmen versehen sein. Trennrahmen für Wandboxen weisen vorne einen seitlichen, etwa 40 bis 50 cm (je nach Tiergröße) langen Freiraum für den Kopfschwung auf. Bei gegenständigen Boxen kann der Kopfschwung nach vorne erfolgen, wenn der Nasenriegel auf einer Höhe von 80 cm (50 cm vor der Bugschwelle) angebracht ist. Diese Anbringung setzt aber die Bugschwelle oder den Kopfkasten voraus.

Um die Verdrängungsaktivitäten und Rangkämpfe so gering wie möglich zu halten, sollte die Zahl der Freßplätze nicht unter der Tierzahl liegen. Die Nettofreßplatzbreite entspricht im Durchschnitt dem 1,15fachen der Schulterbreite (Abb. 7 u. 106). Für die Freßgittereinteilung empfiehlt sich die 1,3fache Schulterbreite der Kühe als Maßstab, da dann auch hochträchtige Kühe ausreichend Platz finden (WANDER u. FRICKE, 1974).

Gegenüber dem Kurzstand kann hier die Krippe gezielt auf die fressenden Kühe und das erforderliche Futtervolumen abgestimmt werden. Die Krippenweite beträgt 70 cm, die Höhe der Rückwand 45 - 50 cm. Das Niveau der Krippensohle liegt 20 cm über der Lauffläche.

Faustzahlen besagen, daß für 20 bis 30 Kühe eine Tränke ausreicht. Auch hier ist aber von dem Grundsatz auszugehen, daß mit mehr Tränken die Zahl der Verdrängungen und Rangkämpfe herabgesetzt wird. Wegen des hohen Platzbedarfes und der Hygieneprobleme sind Beckentränken mit einem tierangepaßten Wassernachlauf von 18 bis 20 l (bei 3 bar) je Minute zu bevorzugen. Die Standorte der Tränke sind nach dem Grundrißkonzept auszuwählen. Es eignen sich die rückwärtige Stallwand oder die Durchgänge zwischen Freß- und Liegebereich, wobei dann die Breite dieser Durchgänge 3 m betragen sollte. Kotabweisvorrichtungen hindern zwar die Kühe am Bekoten der Tränken, können es jedoch

nicht vollständig verhindern, weswegen auf eine einfache Reinigungsmöglichkeit zu achten ist.

Tab. 61: Übersicht über die Einrichtung des Liegeboxenlaufstalles

Liegeboxe	<p>Liegeboxen-Tierverhältnis 1 : 1 Liegefläche Hochboxe wie Kurzstand (ab Bugschwelle): Liegelänge = $0,922 \times$ schräge Rumpflänge + 0,2 m Liegebreite = 2 x Schulterbreite Elastizität: Verformungswiderstand kleiner 5 bar Wärmestrom 10 - 12 W/m²K Tiefboxe: Einstreu, Schüttungsstärke 10 - 15 cm, größere Boxenlänge (+ 10 cm) Trennrahmen: außerhalb des Liegebereiches; Hochboxe: freitragend, Tiefboxe: Vertikalrohre außerhalb des Liegebereiches Wandboxe: seitlicher (40 - 50 cm) Freiraum für Aufstehen; Bugschwelle oder Kopfkasten zur Erhaltung des Freiraumes für das Aufstehen (10 cm) gegenständige Boxe: Nasenriegel in 80 cm Höhe (50 cm vor Bugschwelle) Nackenriegel 110 cm hoch, 50 cm von vorne, verstell- bar, evtl. beweglich</p>
Freßplatz	<p>Freßplatz-Tier-Verhältnis 1 : 1 Freßplatzbreite: 1,15fache Schulterbreite, bei Freßgitter bis zu 1,3fache Schulterbreite Freßgitter Krippe: Krippenrückwand 45 - 50 cm hoch, Krippensohlen- niveau 20 cm, Weite 70 cm</p>
Tränke	<p>1 Beckentränke je 20 Kühe (besser je 10) Wassernachlauf 18 bis 20 l/min, einfache Reinigungsmöglichkeit, Kotabweisvorrichtung Standort: Stallrückwand, Durchgänge zwischen Boxen</p>
Laufgänge	<p>Breite am Freßplatz 3 m, zwischen Liegeboxenreihen mind. 2 m, Spaltenboden: Schlitzplatten Auftrittsbreite 80 mm, Schlitzweite am Freßplatz 25 mm, im Liegebereich 30 mm</p>

Mangels fundierter Untersuchungsergebnisse wird bei der Laufgangdimensionierung auf die vorliegenden Erfahrungswerte zurückgegriffen: am Freßplatz 3 m, im Liegebereich 2 m. Je zentraler die Futter- und Trinkwasserversorgung eingerichtet ist, um so eher müssen diese Maße als Mindestwerte angesehen werden, weil sie an der Untergrenze bisher bekannter Ausweichdistanzen liegen.

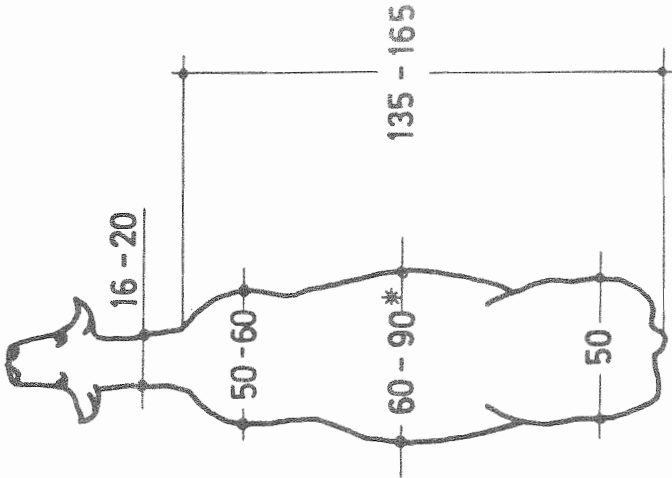


Abb. 106: Freßplatzrelevante Maße von Kühen (*) bei hochträchtigen Kühen)

Planbefestigte Böden in den Laufgängen bedürfen einer mehrmaligen täglichen Reinigung. Ebene Betonflächen und gut funktionierende Entmistungsgeräte sind die Voraussetzung für eine zufriedenstellende Reinigung. Probleme bereitet allerdings die Harnableitung.

Spaltenböden für Laufgänge sollten als Schlitzplatten ausgeführt sein, weil dadurch in sich ebenere Laufflächen hergestellt werden können. Die Auftrittsbreite beträgt 80 mm, die Schlitzweite im Freßbereich 25 mm, im Liegebereich 30 mm.

10. Zusammenfassung

Die Erfassung von Grunddaten des Tierverhaltens schafft die Möglichkeit, die Stalleinrichtung den Ansprüchen der Tiere gezielt anzupassen. Die Notwendigkeit dafür ergibt sich aus den in der Praxis immer größer werdenden Problemen der Tiergesundheit, der Lebensleistung und der Fruchtbarkeit von Kühen. Neben der Tierhaltung haben sich andere Einflußfaktoren ebenso stark oder noch nachteiliger ausgewirkt. Die Optimierung der Stalleinrichtung bildet jedoch die Grundvoraussetzung für die Leistungsentfaltung. In einer Vielzahl von Untersuchungen konnten Daten über das Ernährungs-, Ausruh-, Fortbewegungs- und Ausscheidungsverhalten gewonnen werden, auf die die Stalleinrichtung abzustimmen ist.:

1. Die Liegefläche ist in seinen Abmessungen so einzurichten, daß alle Liegeformen von den Kühen eingenommen werden können. Die Liegelänge läßt sich aus der horizontalen Rumpflänge, die Liegebreite aus der Schulterbreite errechnen. Bei einheitlichen Stand- oder Boxenabmessungen richten sich diese Werte nach den größeren Kühen der Herde.

Ein den Kühen entsprechender Wärmestrom in den Boden liegt bei 10 bis 12 W/m²K. Die höhere Oberflächentemperatur empfindlicherer Körperteile wie z. B. dem Euter trägt zu einem erhöhten Wärmeentzug bei, der bei der Wärmedämmung von Liegeflächen zu berücksichtigen ist.

2. Bei den Aufsteh- und Abliegevorgängen führen Kühe einen nach vorne und unten gerichteten Kopfschwung durch, der sich in Kraftspitzen in der Gewichtsverlagerung und in der Beanspruchung bestimmter Kopffreiräume äußert. Hindernisse wie Krippen, Anbindevorrichtungen und Nasenriegel schränken den Kopffreiraum ein. Das äußert sich in einer Änderung der Kopfschwungbewegung nach vorne oben und in einem unsteten Kurvenverlauf mit weniger ausgeprägten Kraftspitzen.

Die Aufsteh- und Abliegevorgänge bestimmen auch die Elastizität der Liegeflächen. Im Wahlversuch entscheiden sich Kühe für mehr Elastizität oder Plastizität, wobei Grenzwerte dann erreicht sind, wenn aufgrund des maximal eintauchenden Gelenkes die Druckbelastung minimiert ist.

3. Das Verhalten während der Futteraufnahme liefert Angaben zur tiergemäßen Krippengestaltung. Die Grunddaten kommen aus Messungen und Berechnungen der Reichweiten. Für die Krippendimensionierung sind die Minimalwerte anzuwenden, um die Krippenform den kleineren Kühen anzupassen. Kurzstandkrippen sind außerdem auf die Anforderungen der Kühe bei den Aufsteh- und Abliegevorgängen und auch für das Liegen einzurichten. Krippenniveau und Futtertischhöhe bleiben daher begrenzt. Die Krippenrückwand sollte elastisch sein.

Laufstallkrippen werden auf die Anforderungen der fressenden Kühe abgestimmt. Da die Krippenrückwand hochgezogen werden kann, steigt das Fassungsvermögen trotz höherem Krippenniveau an.

4. Der Trinkwasserbedarf von Kühen hängt vom TS-Gehalt des Futters, der aufgenommenen Trockensubstanz im Futter und der Milchleistung ab. Wassermangel wirkt sich auf die Milchleistung aus. Die Wasserqualität wird von den Kühen offensichtlich gründlich geprüft. Kühe bevorzugen sauberes, angewärmtes Wasser. Beckentränken müssen im Wassernachlauf der Trinkgeschwindigkeit der Kühe und in der Form und Anordnung den Anforderungen des Saugtrinkens angepaßt sein. Im Laufstall müssen mehrere Tränken verfügbar sein, weil ranghohe Tiere oft längere Zeit die Tränke blockieren.

5. Rinder koten hauptsächlich nach längeren Ruheperioden ab. In Liegeboxenlaufställen fällt daher der meiste Kot im Liegebereich an. Beim Abkoten nehmen Rinder eine typische Körperhaltung ein. Sie ziehen die Beine unter den Körper und krümmen den Rücken, Letzteres wird dazu benutzt, die Kühe mit Hilfe von Kuhtrainern auf Kurzständen zum Zurücktreten zu bewegen. Bei den Liegeboxen dient der Nackenriegel dazu, die Kühe unmittelbar nach dem Aufstehen zurückzudrängen.

6. Die Ursache für lange tägliche Laufstrecken liegen im Bereich der Futersuche. In Liegeboxenlaufställen legen Kühe täglich 300 bis 700 m zurück. Krankheiten tragen zu verkürzten Wegstrecken bei. Dabei halten sich Kühe, die Freßzeiten ausgenommen, zwei bis vier Stunden auf den Laufgängen auf. Wenn Kühe die auf der Weide ermittelten Ausweichdistanzen auch auf den Laufgängen im Stall benötigen, dann reichen die bisher verwendeten Erfahrungswerte für die Gangbreiten nicht aus.

Spaltenböden in den Laufgängen müssen so dimensioniert sein, daß die Kühe nicht im Kot waten. Der Kot muß möglichst rasch abgeleitet werden. Die Kotableitung hängt vom Schlitzflächenanteil ab. Steigende Schlitzweiten tragen zu erhöhten Klauensohlendrücken bei. Besondere Gefahrenmomente entstehen bei Schlitzweiten über 3,5 cm durch das Abkippen der Klauen in den Spalt.

7. Die Anpassung der Kurzstände an die Anforderungen der Kühe gestaltet sich besonders schwierig, weil Ruhen und Bewegungsabläufe auf begrenztem Raum stattfinden. Die Krippe muß z. B. nicht nur auf die Futteraufnahme, sondern gleichermaßen auf Abliegen, Liegen und Aufstehen abgestimmt werden. Beim Liegeboxenlaufstall lassen sich die einzelnen Stallbereiche den Anforderungen der Kühe gezielter anpassen. Schwierigkeiten bereitet die Dimensionierung der Laufgänge, denn dort tragen die Tiere teilweise Rangauseinandersetzungen aus, wobei es zu Benachteiligungen rangniederer Kühe kommen kann.

11. Literaturverzeichnis

ANDREAE, U.: Abstand zwischen Laufstall und Flachsilo mit Selbstfütterung. Mitteilungen der DLG 86 (1971), H. 47, S. 1193 - 1195

ANDREAE, U. u. PAPENDIECK, Th.: Verhalten von Milchkühen bei der Wahl ihrer Liegeboxen im Laufstall. Tierzüchter 23 (1971), S. 432 - 435

ANDREA, U. u. PASIERBSKI, Z.: Freßplatzbedarf von Milchkühen im Boxenlaufstall. Mitteilungen DLB 88 (1973), S. 1213 - 1216

ALTHAMMER, A.: Stand- und Liegeflächen im Rindvieh- und Schweinestall. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1961

BÄHR, H.: Untersuchungen über die Wärmeableitung von Stallfußböden. Deutsche Agrartechnik 17 (1967), S. 115 - 117

BÄHR, H.: Untersuchungsmethoden zur Prüfung der Wärmeableitung von Stallfußböden. Mh. vet. med. 22 (1967), S. 27 - 32

BARTELMUS, W.: Untersuchungen über die Wärmeableitung der Stallböden in Schweinezucht- und -mastställen. Dissertation München 1973

BÄUMELER, R.: Gliedmaßenbelastung der Milchkühe beim Abliegen und Aufstehen in Abhängigkeit vom Anbindesystem. Dipl.-Arbeit Zürich 1974

BLAXTER, K. L. u. WAINMAN, F. W.: Environmental temperature and the energy metabolism and heat emission of steers. J. Agric. Sci. 56 (1961), S. 81 - 90

BOCKISCH, F.-J.; ZIPS, A. u. BOXBERGER, J.: Gibt es die Normkuh im Liegeboxenlaufstall? In Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL-Schrift 280, Landwirtschaftsverlag Münster Hiltrup, 1982

BOXBERGER, J.; GROMMERS, F. J. u. KOLLER, G.: Der Kuhtrainer - nützliches Hilfsmittel. Bauen auf dem Lande 25 (1974), H. 2, S. 51 - 52

BOXBERGER, J. u. METZNER, R.: Verbesserte Kurzstandaufstellungen. Die Milchpraxis 12 (1974), H. 3, S. 6 - 8

BOXBERGER, J. u. METZNER, R.: Untersuchungen über das Trinkverhalten von Rindern zur Ermittlung tiergerechter Versorgungseinrichtungen. Der Tierzüchter 27 (1975), S. 69 - 71

BOXBERGER, J.; STANZEL, H. u. LASSON, E.: Meßergebnisse über Wärmeströme und Druckverhalten bei Bodenbelägen für Milchvieh. Der praktische Tierarzt (1975), S. 86 - 92

BOXBERGER, J.: Stand der Entwicklung bei Spaltenböden. Bauen für die Landwirtschaft. 16 (1979), H. 1, S. 3 - 6

BOXBERGER, J. u. LANGENEGGER, G.: Vom Langstroh zum Flüssigmist. dz 30 (1979), H. 4, S. 584 - 587

- BOXBERGER, J. u. ZIPS, A.: Untersuchungen zur Trinkwasseraufnahme von Milchkühen im Laufstall. Landtechnik 34 (1979), H. 7/8, S. 361 - 362
- BOXBERGER, J. u. PFADLER, W.: Untersuchungen zur Ausführung von Spaltenböden für Milchkühe. Landtechnik 35 (1980), H. 5, S. 227 - 231
- BOXBERGER, J.; HAMMER, K. u. MITTRACH, B.: Liegeboxen für Milchvieh. dlz 31 (1980), H. 6, S. 880 - 883
- BOXBERGER, J. u. ZIPS, A.: Trinkwasserversorgung von Rindern. Rinderwelt 5 (1980), H. 4, S. 134 - 137
- BOXBERGER, J. u. ZIPS, A.: Neues Tränkesystem für Kühe. top agrar 9 (1980), H. 8, S. R 18 - R 19
- BOXBERGER, J. u. PFADLER, W.: Lochböden - eine Alternative zum Spaltenboden? Landtechnik 35 (1980), H. 12, S. 564 - 565
- BOXBERGER, J.: Modernisierung von Anbindeställen für Milchkühe. DLG-Verlag, Frankfurt, 1980
- BOXBERGER, J.: Entwicklung und Bedeutung der Nahbereichsphotogrammetrie bei der Verhaltensbeobachtung von Rindern in "Einsetz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierhaltung". Schriftenreihe Landtechnik Weihenstephan, H. 6, 1981
- BOXBERGER, J. u. PFADLER, W.: Die Erfassung des Abkotverhaltens und der Bewegungsaktivität von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall. In Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1980, KTBL-Schrift 264, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 1981
- BOXBERGER, J. u. ZIPS, A.: Die Nahbereichsphotogrammetrie als Meßverfahren zur Erfassung und Quantifizierung des Tierverhaltens. In Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1980, KTBL-Schrift 264, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 1981
- BOXBERGER, J. u. PFADLER, W.: Anforderungen an Spaltenböden in Liegeboxenlaufställen. Landtechnik 37 (1982), H. 1, S. 41 - 44
- BOXBERGER, J.: Aufstallungsformen für Milchvieh. In Tätigkeitsbericht 1981. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, 8050 Freising, H. 1, 1982
- BURGER, H.-G. u. MÜLLER, H.: Tierkrankheiten für Landwirte ein dringliches Problem. Tierärztliche Umschau 33 (1978), S. 288
- BURGSTALLER, G.: Praktische Rinderfütterung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1979
- CASTLE, M. E.: A study of the intake of drinking water by dairy cows at grass. Journal of the British Grassland Society 27 (1972), S. 270 - 310
- CASTLE, M. E. u. WATSON, J. N.: The intake of drinking water by grazing dairy cows. Journal of the British Grassland Society 28 (1973), S. 203 - 207

- CASTLE, M. E. u. THOMAS, Th. P.: The water intake of British Friesian cows on rations containing various forages. *Animal Production* 20 (1975), S. 181 - 189
- CASTLE, M. E. u. WATSON, J. N.: Silage and milk production. A comparison between barley and dried grass as supplements to silage of high digestibility. *Journal of the British Grassland Society* 30 (1975), S. 217 - 222
- CASTLE, M. E. u. MACDAID, E.: The intake of drinking water by dairy cows at grass. *Journal of the British Grassland Society* 30 (1975), S. 7 - 8
- COMBERG, G. u. HINRICHSEN, J. K.: Tierhaltungslehre. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1974
- EICHHORN, H. u. SEDLMEIER, M.: Ein neues Boxenlaufstallsystem für Rinder, Bauen auf dem Lande 14 (1963), S. 49
- EICHHORN, H.: Technik-Gebäude-Arbeitswirtschaft bei der Planung von Milchviehställen. ALB-Schriftenreihe, Frankfurt (1965), H. 26
- EICHHORN, H.: Funktionsgerechte neue Aufstallungsformen in der Rindviehhaltung. Bayer. Landw. Jahrbuch 42 (1965), S. 67 - 116
- EICHHORN, H.: Die photographische Beobachtung des Einflusses von Stallhaltungsformen auf die Tiergewohnheiten. *Der Tierzüchter* 18 (1966), H. 24, S. 834 - 837
- EICHHORN, H.; BOXBERGER, J. u. SEUFERT, H.: Flüssigmist. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1970
- FRASER, A. F. u. BESSEI, W.: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1978
- FESZL, L.: Biometrische Untersuchungen der Bodenfläche der Rinderklauen und die Belastungsverteilung auf die Extremitätenpaare. *Zentralblatt für Veterinärmedizin* 15 (1968), S. 844 - 866
- FISHER, H. L.; GRAF, G. L.; HARDISON, W. A. u. THOMPSON, N. R.: The grazing of lactating cows on pasture. *Journal of Dairy science* 37 (1954), S. 666
- GARY, L. A.; SHERRITT, G. W. u. HALE, E. B.: Behaviour of Charolais cattle on pasture. *J. Anim. Sci.* 30 (1970), Nr. 2, S. 203 - 206
- GERSTLAUER, H.: Systematische Untersuchungen zur Freßstelleneinschränkung bei Milchkühen im Liegeboxenlaufstall. Diss. Hohenheim, 1979
- GRÄNZER, W.: Der Einfluß von glatten Standflächen auf einige stoffwechselrelevante Blutparameter des Rindes. *Tierärztliche Umschau* 32 (1977), H. 11, S. 85 - 87
- GRÄNZER, W.: Zum Thema "Technopathien bei Mastbullen". *Der praktische Tierarzt* 62 (1981), H. 4, S. 325 - 326

GRAVERT, H. G. u. CAMARA, S.: Untersuchungen über den Klauenabrieb bei Rindern. Züchtungskunde 43 (1970), S. 111 - 126

GRAVERT, H. G.: Klauenschäden durch erhöhte Abnützung. Die Milchpraxis 15 (1977), H. 4, S. 6 - 7

GROMMERS, F. J.: Der Kuhtrainer - eine Lösung des Standlängenproblems bei einstreulosen Gitterrostaufstellungen. Bauen auf dem Lande 20 (1969), S. 7274

GROMMERS, F. J.; BRAAK, A. E. van de u. 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

GROTH, W. u. EICHLER-STEINHAUFF: Haltungsbedingte Schäden bei Milchvieh. In Fortschritte der Veterinärmedizin, H. 28, Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg, 1978

GROTH, W. u. METZNER, Ch.: Der Einfluß des Kuhtrainers auf das Verhalten und auf Kreislauf- und Blutparameter der Kuh. Züchtungskunde 51 (1979), S. 85 - 95

GROTH, W. u. METZNER, Ch.: Die Wirkung gehäufter Stromimpulse des Kuhtrainers auf das Rind. Tierärztliche Umschau 34 (1979), S. 80 - 84

HAFEZ, E. S. E.: The Behaviour of Domestic Animals. 2nd ed.: Bailliére, Tindall & Cassell, London, 1969

HAUPTMANN, J.: Zaklady etologie skotu (Grundlagen der Ethologie des Rindes). Zivocisna vyroba 11 (1966), S. 108

HAUPTMANN, J.: Verhalten von Kühen in modernen Stallanlagen. Tierzucht 23 (1969), H. 11, S. 491 - 494

HEDIGER, H.: Die Bedeutung von Miktion und Defäkation bei Wildtieren. Schweiz. Z. Psychol. 3 (1944), S. 70

HEUSER, H. u. RIST, M.: Die Bedeutung nicht klimatischer Stallfaktoren für das Rind. Schweiz. landwirtschaftl. Monatshefte 48 (1970), S. 250

HILLEBRAND, W.: Wärmestromdichten u. Temperaturen zwischen liegenden Kühen und dem Stallfußboden in verschiedenen Laktationsstadien. Diplomarbeit Weihenstephan, 1973

HIMMEL, U.: Untersuchungen zum Verhalten von Kühen auf der Weide. Diss. Jena, 1964

HIMMEL, U.: Der Einfluß von temperiertem Tränkwasser auf Milchmenge und Fettgehalt bei Kühen. Tierzucht 18 (1964), H. 3, S. 133 - 136

JAKOB, P.: Bewegungsanalyse des Rindviehs auf Kurzständen. In Probleme tiergerechter Haltung. KTBL, Frankfurt/Main, 1976

KAISER, R.: Untersuchungen über die Eignung großer Anbindeställe für die Haltung von Milchkühen unter Berücksichtigung ihrer Bewirtschaftung. Diss. Dummerdorf, 1966

KALICH, J.; BAHAY, G. u. MAIER, E.: Die hygienische und wirtschaftliche Bedeutung von Selbsttränken. Tierärztliche Umschau 22 (1967), S. 134 - 138

KÄMMER, P.: Tiergerechte Liegeboxen für Milchvieh. KTBL-Arbeitspapier 58 (1981), KTBL, Battningstr. 49, 6100 Darmstadt 12

KÄMMER, P. u. SCHNITZER, U.: Die Stallbeurteilung am Beispiel des Ausruhverhaltens von Milchkühen. KTBL-Verlag, Darmstadt, 1975

KAUL, D.: Stalltemperatur und Gestaltung der Liegefläche für die Tiere. Deutsche Agrartechnik 25 (1975), H. 2, S. 81 - 83

KELLNER, O. u. FINGERLING, G.: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. 10. Auflage, Verlag Parey, Berlin, 1943

KIRCHGESSNER, M.: Tierernährung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main 1980

KLEIBER, H.: Liegezeitenvergleich von Hochleistungskühen bei Anbindehaltung mit Stroheinstreu und strohloser Haltung auf Gummimatten. Archiv Tierzucht 9 (1966), S. 139

KLEIBER, H.: Ergebnisse zur einstreulosen Rinderhaltung. Monatshefte für Veterinärmedizin 27 (1972), H. 7, S. 265 - 269

KOLLER, G.; HAMMER, K.; MITTRACH, B. u. SÜSS, M.: Rindviehställe, BLV-Verlag München, 1979

KOCH, G. u. ZEEB, K.: Ethologisch-ökologische Aspekte bei der Haltung von Hausrindern unter verschiedenen Bedingungen. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, 86 (1970), S. 232 - 239

KRÄUSSLICH, H. u. a.: Rinderzucht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1981

LASSON, E.: Untersuchungen über die Anforderungen von Rindern an die Wärme- und Härteeigenschaften von Stand- und Liegeflächen. Dissertation TU München-Weihenstephan, 1976

LASSON, E. u. BOXBERGER, J.: Untersuchungen zur Gestaltung des Stand- und Liegebereiches von Milchvieh in Anbindeställen. In Probleme tiergerechter Haltung, KTBL, Darmstadt, 1976

LIPPITZ, O.; KAISER, R. u. KLUG, F.: Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen im Boxenlaufstall bei unterschiedlichem Tier-Freßplatz-Verhältnis und ständig freiem Zugang zur Krippe. Die Tierzucht 27 (1973), S. 522 - 525

LITTLE, W.; SANSOM, B. F.; MANSTON, R. u. ALLEN, W. M.: Effects of restricting the water intake of dairy cows upon their milk yield, body weight and blood composition. Animal Production, 22 (1976), S. 329 - 339

LITTLE, W.; SANSOM, B. F.; MANSTON, R. u. ALLEN, W. M.: The effects of reducing the water intake of lactating dairy cows by 40 % for 3 weeks. Animal Production 27 (1978), S. 79 - 87

LÖFFLER, K.: Anatomie und Physiologie der Haustiere, Verlag Eugen Ulmer, 1970

LYHS, L.: Grundlagen und neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Temperaturregulation. Monatshefte für Veterinärmedizin 22 (1967), S. 721 - 726

MACLUSKY, D. S.: Drinking habits of grazing cows. Agriculture, Lond. 66 (1959), S. 383 - 386

MARTIN, A.: Untersuchungen zum Freß-, Liege- und Lokomotionsverhalten von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall. Diplomarbeit, Weihenstephan 1980

MATZKE, P. u. KOLLER, G.: Haltungsbedingte Beinschäden beim Rind. Der Tierzüchter 23 (1971), H. 17, S. 505 - 506

MATZKE, P. u. KOLLER, G.: Haltungsbedingte Euterschäden beim Rind. Der Tierzüchter 23 (1971), H. 19, S. 558 - 560

MEHLER, A. u. HEINIG, W.: Bauten für die Rinderhaltung. Neumann Verlag Radebeul 1968

METZ, J. H. M. u. MEKKING, B.: Verhaltensmaßstäbe für die Einrichtung des Futterplatzes in Rinderlaufställen. In Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1977, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 1978

METZNER, Ch.: Die Wirkung des Kuhtrainers auf physiologische Reaktionen und Verhalten der Kuh. Dissertation TU München - Weihenstephan, 1978

METZNER, R. u. BOXBERGER, J.: Ermittlung von Kennwerten zur Krippengestaltung für Kühe unter Kurzstandbedingungen. In Probleme tiergerechter Haltung, KTBL, Darmstadt, 1976

METZNER, R.: Ermittlung tierbezogener Kennwerte zur Krippengestaltung. Grundlagen der Landtechnik 28 (1978), H. 1, S. 26 - 32

METZNER, R.: Analyse tierischer Bewegungsabläufe zur Gestaltung artgemäßer Krippen. Landtechnik 33 (1978), H. 9, S. 397 - 404

METZNER, R.: Trinkverhalten des Rindes technisch richtig umsetzen. Landtechnik 33 (1978), H. 9, S. 386 - 391

MEYER-ÖTTING, U.: Reaktion von Milchrindern unterschiedlicher Nutzungsrichtung auf Formen strohloser Aufstallung. Dissertation Göttingen 1974

MEYER-ÖTTING, U.; LANGHOLZ, H.-J. u. SMIDT, D.: Zum Verhalten von Milchkühen bei unterschiedlichen Haltungsbedingungen. Der Tierzüchter 27 (1975), H. 4, S. 142 - 146

MINAKOV, K.-L.: Izmeneniya fiziologicheskikh protsessov u vysokoproduktivnykh korov. Sovetsk. Zootekh. 7 (1952) 84

NEHRING, K.: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. Neumann Verlag, Radebeul u. Berlin 1963

NICHELMANN, M.: Der Wärmehaushalt beim Rind. In Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere. VEB G. Fischer Verlag, Jena, 1971

OLOFFSSON, S.: Observationer av nötkreatur vid betesgång och stalluftfodring. Landbrucks högskolans Medd. Sev. A. 1964, 1

OBER, J. u. KIESL, H. P.: Wärmeableitung von Stand- und Buchtenfußböden mit und ohne Einstreu und mit perforierter Fläche in Viehställen. Bayer. Landw. Jahrbuch 41 (1964), S. 971 - 986

OBER, J. u. KIESL, H. P.: Differenzierte Gewichtsbestimmungen an Rindern und Schweinen als Grundlagen von Belastungsannahmen für Balken von perforierten Stallfußböden. Bayer. Landw. Jahrbuch 42 (1965), S. 971 ff

OBER, J. u. KIESL, H. P.: Stallfußböden. Landwirtschaftsverlag Hiltrup, 1970

OBER, J. u. KOLLER, G.: Rindviehställe. BLV-Verlag München, 1974

PIRKELMANN, H.: Fütterungsverfahren für Hochleistungskühe. In Landtechnik Weihenstephan 3/1977, Freising, 1977

PIRKELMANN, H.: Mechanisierung der Kraftfuttermittelverteilung an Milchvieh. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1980

PFADLER, W.: Ermittlung optimaler Funktionsmaße von Spaltenböden in Milchviehlaufställen. Dissertation TU München - Weihenstephan, 1981

PFLUG, W.: Die Anpassung des Fleckviehs in Süd- und Südwestafrika unter besonderer Berücksichtigung der Klauen. Dissertation, München, 1978

POELMA, H. R.: Die mechanische Heufütterung. CIGR S. Flevohof. Kongreßbericht 1974

PORZIG, E.: Die soziale Rangordnung bei Milchkühen des Deutschen Schwarzbunten Rindes. Dissertation Leipzig, 1966

PORZIG, E.: Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1969

PORZIG, E.; WENZEL, G.: Verhalten der Milchkühe nach der Umstellung aus dem Abkalbestall in den Boxenlaufstall. Tierzucht 23 (1969), H. 12, S. 535 - 537

RIEMANN, U. u. RIX, J.: Verfahren der Milchviehfütterung. RKL-Schrift 1976, S. 505 - 573

RIST, M. u. OLIVIER, J.: Beitrag zur Ermittlung des Fraßbereiches und einer tiergerechten Krippenform bei Milchkühen. Schweizerische landwirtschaftliche Monatshefte 49 (1971), S. 369 - 374

RIST, M.: Kurzstände für Milchvieh. Bauen auf dem Lande 22 (1971), H. 6, S. 219 - 222

RIST, M. u. MATHYS, H.: Zur Wärmeableitung von Tierlagerbelägen. Schweizerische Landw. Forschung 1 12 (1973), S. 51 - 102

ROHRER, M.: Grundlagen zur Bemessung der Standlänge für Kurzstände bei Braunviehkühen. Die Grüne 95 (1967), S. 1042 - 1047

SAMBRAUS, H. H.: Das Harnkosten des Rindes. Dtsch. tierärztl. Wschr. 76 (1969), Nr. 10, S. 158 - 259

SAMBRAUS, H. H.: Die Bedeutung der Verhaltensforschung für die Tierproduktion. *Der Tierzüchter* 23 (1971), H. 5, S. 241 - 243

SAMBRAUS, H. H.: Zum Liegeverhalten der Wiederkäuer. *Züchtungskunde* 43 (1971), S. 187 - 198

SAMBRAUS, H. H.: Ausweichdistanz und soziale Rangordnung bei Rindern. *Tierärztliche Praxis* 1 (1973), S. 301 - 305

SAMBRAUS, H. H.: Die Ausweichdistanz von Rindern gegenüber Menschen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 81 (1974), H. 2, S. 43 - 45

SAMBRAUS, H. H.; FRIES, B. u. OSTERKORN, K.: Das Sozialgeschehen in einer Herde hornloser Hochleistungsrinder. *Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 95 (1978/79), H. 2, S. 81 - 88

SAMBRAUS, H. H.; OSTERKORN, K. u. KRÄÜSLICH, H.: Beziehungen zwischen sozialem Rang und Milchleistung in einer Hochleistungsherde. *Züchtungskunde* 51 (1979), S. 289 - 292

SAMBRAUS, H. H.; FRIES, B. u. OSTERKORN, K.: Beziehungen zwischen sozialem Rang und Milchleistung in einer Hochleistungsherde. *Züchtungskunde* 51 (1979), S. 289 - 292

SCHEIN, M. W.; HYDE, C. E. u. FOHRMAN, M. H.: The effect of psychological disturbances on milk production of dairy cattle. *Proc. Ass. Sth. agric. Wkrs.* 52nd. Ann. Conv. 1955

SCHLICHTING, M. C.: Belastung von Stallböden durch landwirtschaftliche Nutztiere. *Der Tierzüchter* 22 (1970), S. 642 - 644 und 710 - 711

SCHWIDTH, G. H. u. VAN VLECK, L. D.: Principles of dairy science. Freeman and Company, San Francisco, 1974

SCHNEIDER, B.: Untersuchungen über das Treiben von Milchkühen in Laufstallanlagen. *Deutsche Agrartechnik* 20 (1970), H. 8, S. 354 - 355

SCHNITZER, U.: Bewegungsstudien an Milchkühen für die Bauplanung von Liegeboxen. In *Verhaltensforschung beim Rind*; KTBL, Frankfurt/Main, 1971

SCHNITZER, U.: Abliegen, Liegen und Aufstehen beim Rind im Hinblick auf die Entwicklung von Stalleinrichtungen für Milchvieh. *KTBL-Bauschrift 10*, Frankfurt/Main, 1971

SCHÖN, H.: Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen. *Dissertation Gießen 1969*

SCHÖN, H.: Mechanisierte Fütterungsverfahren für Rinder in Laufställen und ihre Auswirkungen auf das Tierverhalten und die Futteraufnahme. *Der Tierzüchter* 23 (1971), H. 5, S. 129 - 131

SCHÖN, H. u. BOXBERGER, J.: Tierische Produktion. In *Landtechnik-Bauwesen, Die Landwirtschaft*, Bd. 3 B, BLV-Verlag, München, 1980

SCHÖNHOLZER, L.: Beobachtungen über das Trinkverhalten bei Zootieren. *Dissertation Zürich, 1958*

SCHUBERT, U. u. ERNST, E.: Haltungsformen und Gesundheit bei Milchvieh. Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein 11 (1979), Nr. 296, S. 41 - 45

SEUFERT, H.: Liegeboxenlaufställe. Dissertation Universität Gießen, 1975

SOMMER, H. u. KOWERTZ, D.: Zur Entwicklung der Abgangsursachen von Milchkühen seit 1950. Der Tierzüchter 27 (1975), H. 10, S. 423 - 425

SOMMER, H.; GREUEL, E. u. MÜLLER, W.: Tierhygiene. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1976

SOMMER, O. a. u. KRIPPL, J.: Neuere Untersuchungen über Veränderungen an verschiedenen morphologischen und funktionellen Leistungsmerkmalen beim deutschen Fleckvieh. Schriftenreihe des Instituts für Tierzucht, TU München - Weihenstephan, 1964, H. 4

STRÄSSER, G.: Psychologische Studien über das Rind in bezug auf die Futteraufnahme. Dissertation München 1955

SÜSS, M.: Beitrag zum Verhalten von Milchkühen in Freßboxenställen und herkömmlichen Laufställen. Dissertation Wien 1973

SÜSS, M.; BOGNER, H.; KOLLER, G. u. AVERDUNK, G.: Beitrag zum Verhalten von Milchkühen in Freßboxenställen und herkömmlichen Laufställen. Bayer. Landw. Jahrbuch 52 (1975), S. 193 - 210

TAYLER, J. C.: The Grazing Behavior of Bullocks under two Methods of Management. The British Journal of Animal Behavior 1/2 (1953/54), S. 72 - 77

THOMAS, T. P.: Drinking by dairy cows at grass. Animal Production 13 (1971), S. 399 - 400

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

TSCHANZ, B. u. KÄMMER, P.: Verhaltensbiologische Ansätze zur Beurteilung von Liegeboxen. Der Tierzüchter 29 (1977), H. 4, S. 151 - 153

TSCHIRCH, H.: Untersuchungen über das Verhalten von Milchkühen bei unterschiedlicher Haltungsform, Dissertation München (1969)

TSCHIRCH, H. u. SOMMER, O. A.: Umfang, zeitlicher Ablauf und Häufigkeit der Trinkwasseraufnahme bei der Milchkuh. Züchtungskunde 42 (1970), S. 362 - 372

VERSBACH, M.: Technik und Verfahren der Einzeltierfütterung im Rindviehlaufstall. Dissertation Gießen, 1970

VOGT, C.: Technische Einrichtungen für neuzeitliche Milchviehställe. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1976

- WANDER, J.-F.: Methoden und Ergebnisse angewandter Verhaltensforschung in der Nutztierhaltung. Landbauforschung Völkensrode 15 (1965), H. 2, S. 145 - 152
- WANDER, J.-F.: Verhaltensuntersuchungen an Milchkühen als Planungsgrundlage für Kurzstände. Landbauforschung Völkensrode 17 (1967), H. 1, S. 43 - 54
- WANDER, J.-F.: Tierverhalten als Planungskriterium für Bau und Einrichtung von Rinderställen. In Verhaltensforschung beim Rind, KTBL, Frankfurt/Main, 1971
- WANDER, J.-F. u. FRICKE, W.: Zur Einrichtung von Liegeboxenlaufställen für Milchkühe. Bauen auf dem Lande 25 (1974), H. 5, S. 138 - 141
- WANDER, J.-F.: Zur Haltung von Absatzkälbern und Jungvieh in Liegeboxenlaufställen. Landtechnik 30 (1975), S. 401 - 405
- WANDER, J.-F.: Tieransprüche an Haltungseinrichtungen. Landtechnik 30 (1975), H. 11, S. 466 - 468
- WANDER, J.-F.: Verhaltensanpassung der Nutztiere an moderne Stallsysteme durch Übung, Gewöhnung und Lernen. Der Tierzüchter 28 (1976), H. 7, S. 314 - 316
- WANDER, J.-F.: Tierhaltungstechnischer Systemvergleich: Liegeboxen-Freßboxen für Milchvieh. Landbauforschung Völkensrode 27 (1977), S. 165 - 170
- WANDER, J.-F.: Versuchsergebnisse mit einer Lichtschrankenanlage im Boxenlaufstall für Milchvieh. In Aktuelle Fragen zur artgerechten Nutztierhaltung. KTBL-Schrift 223, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 1977.
- WEBSTER, A. J. F.: Heat loss from cattle with particular emphasis on the effects of cold. In MONTEITH, MOUNT 37 (1974), S. 205 - 231
- WEINREICH, O.: Das Verhalten des Rindes. Züchtungskunde 40 (1968), H. 2, S. 108 - 115
- WEISS, J.: Wärmestrommessungen an Stand- und Liegeflächen für Rinder und Schweine. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, TU München - Weihenstephan, 1981
- WENNER, H.-L.: Technik und Arbeitswirtschaft in neuzeitlichen Rindviehställen. Bayer. Landw. Jahrbuch 43 (1966), Sonderheft 1, S. 58 - 85
- WENNER, H.-L. u. SCHÖN, H.: Neuere landtechnische Entwicklungen in der Rinderhaltung. Bayer. Landw. Jahrbuch 48 (1971), Sonderheft 1, S. 88 - 105
- WENNER, H.-L.; SCHÖN, H. u. BOXBERGER, J.: Haltungsverfahren für Milchvieh. Bauen auf dem Lande 24 (1973), H. 2, S. 30 - 33
- WENNER, H.-L.: Neue Wege in der Milchviehhaltung. Der Tierzüchter 26 (1974), S. 388 - 392
- WITZMANN, P.: Untersuchungen über die Belastung der Extremitätenpaare bei Pferde und Rindern. Dissertation München, 1969

ZEDDIES, J.: Die optimal wirtschaftliche Nutzungsdauer einer Milchkuh. Der Tierzüchter 24 (1972), H. 16, S. 458 - 461

ZEDDIES, J.: Der wirtschaftliche Wert der Fruchtbarkeit. Schriftenreihe Schaumann-Stiftung. Verlagsgesellschaft für Tierzucht. Nachrichten, Hamburg, 1976

ZEDDIES, J.: Der wirtschaftliche Wert der Fruchtbarkeit. Mitteilungen der DLG 93 (1978), H. 18, S. 1048 - 1050

ZEEB, K.: Beobachtungen und ethologische Überlegungen bei stallbedingten Schäden in einigen Rinderbeständen. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 75 (1968), S. 630

ZEEB, K.: Futtertroghform und Freßverhalten beim Rind. KTBL Manuskriptdruck Nr. 18, Frankfurt/Main 1969

ZEEB, K.: Die Anbindung von Rindern im Kurzstand. Bauen auf dem Lande 24 (1973), H. 12, S. 322 - 323

ZEEB, K.: Ethologisch-ökologische Systematik der Tierhaltung. Tagungsbericht der 6. Arbeitstagung zu Fragen der Güllerei, Gumpenstein (Juni 1974), S. 1 - 11

ZEEB, K.: Umweltparameter für ethologische Grundlagenforschung. 11 Kongreßbericht, Fortschritte der Veterinärmedizin 25 (1976), S. 33 - 41

ZEEB, K.: Unveröffentlichte Manuskripte, 1981

ZIPS, A.: Beobachtungstechnik und erste Ergebnisse bei der Erfassung des Tierverhaltens von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall. In Einsatz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierbeobachtung. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, H. 6, 1981

ZUCKER, H.: Wasser - ein wichtiges Futtermittel. Der Tierzüchter 16 (1964), S. 421 - 423

Rinderproduktion 77, Landwirtschaftsverlag Hiltrup, 1977

Statistisches Jahrbuch 77, Landwirtschaftsverlag Hiltrup, 1977

Normen, Regelwerke, Arbeitsblätter

DIN 1988: Trinkwasser-Leitungsanlagen in Grundstücken. Beuth-Vertrieb, Berlin und Köln, Januar 1962

Wasserversorgung, Verbrauchsanlagen. Berechnungsanleitung zu DIN 1988. DVGW Regelwerk Arbeitsblatt W 308, Frankfurt, 1962

DIN 18 902: Schalen, Platten und Tröge aus Steinzeug. Beuth-Verlag, Berlin und Köln

DIN 18 908: Fußböden für Stallanlage, Spaltenböden, Maße, Anforderung, Verlegung. Beuth-Verlag, Berlin und Köln

ALB Arbeitsblätter, Arbeitsgemeinschaft Landw. Bauwesen in Bayern, 8011 Grub

Nr. 02.18.01 Selbsttränken für Rinder, 1977

Nr. 02.09.01 Rinderkrippen, 1977

Nr. 02.03.16 Laufstall mit Liegeboxen, 1978

Nr. 02.03.15 Liegeboxen für Milchvieh, 1976

10. Anhang

Anhang-Tab. 1: Daten einer Milchviehherde (zu Abb. 6, Tab. 53, Abb. 91, Abb. 92, Ab. 93).

Kuhname	Rasse	Geburtsjahr	schräge Rumpflänge in cm	Brustumfang in cm
Adele	SB/HF	1973	161	197
Agathe	SB/HF	1972	150	202
Agnes	SB/HF	1979	150	179
Ajax	SB/HF	1978	151	194
Albine	SB/HFxF1.	1974	150	203
Alexe	SB/HF	1977	162	209
Almke	SB/HF	1976	161	200
Amanda	SB/HFxF1.	1975	149	197
Anber	SB/HF	1979	149	205
Andrea	SB/HFxF1.	1975	152	200
Birgilt	SB/HF	1977	158	201
Dafra	SB/HF	1979	154	190
Dagmar	SB/HF	1972	155	199
Della	SB/HFxF1.	1975	146	206
Diana	SB/HF	1978	155	202
Dixi	SB/HF	1978	147	191
Dolli	SB/HFxF1.	1974	145	205
Dorte	SB/HF	1974	151	197
Eva	SB/HF	1977	151	194
Friede	SB/HF	1978	164	199
Hanni	SB/HF	1972	150	215
Hannelore	SB/HF	1978	155	207
Heidi	SB/HF	1975	148	184
Hera	SB/HFxF1.	1978	136	190
Herta	SB/HF	1979	157	207
Hulda	SB/HF	1972	152	204
Ilka	SB/HF	1978	149	180
Irni	SB/HF	1976	153	210
Iris	SB/HF	1977	157	198
Karre	SB/HF	1978	156	188
Lia	SB/HF	1978	157	191
Lodina	SB/HF	1977	158	186
Lorelei	SB/HF	1976	159	201
Maille	SB/HF	1978	143	208
Meise	SB/HF	1973	161	206
Meta	SB/HF	1973	152	198
Pauline	SB/HF	1977	160	198

Anhangtab. 2: Auswertung der Abliegekurven auf der Weide (Betrieb Graßl, Vötting)

erster Wert: x; zweiter Wert: y;

Vorgang	Punkt 1		Punkt 2		Punkt 3		Punkt 4		Punkt 5		Punkt 6		Punkt 7	
I	10	6	40	16	119	5	130	20	142	65	70	114	50	120
II	10	15	37	22	81	4	117	24	119	38	70	95	50	98
III	10	6	46	17	120	5	131	20	142	66	70	116	50	122
IV	10	9	44	16	90	9	118	23	121	50	70	104	50	104
V	10	8	89	26	131	17	144	21	145	29	70	113	50	119
VI	10	11	63	16	94	10	145	50	143	87	70	121	50	126
VII	10	4	38	12	94	2	138	43	138	45	70	111	50	120
Mittelwert	10	8,4	51	17,8	104	7,4	131,8	28,7	135,7	54,2	70	110,5	50	115,5
s	-	3,7	18,9	4,6	18,8	5,0	11,3	12,4	10,9	19,7	-	8,5	-	10,3

Anhangtab. 3: Daten der Versuchstiere (trockenstehende Fleckviehkühe)
Versuch Dürnast (D-F) und Veitshof (G-M)

Tier	Gewicht kg	Widerristhöhe cm	Schräge Rumpflänge cm	Bughöhe cm	HKZ-Länge cm
D	534	125	147	82	119
E	480	125	144	79	118
F	529	127	157	87	118
G	536	125	154	84	119
H	555	131	160	87	118
J	497	131	143	90	122
K	610	135	154	89	122
L	470	124	138	83	114
M	540	136	155	95	128

Anhangtbl. 4: Kontaktfläche und Druck in Abhängigkeit von der Eindringtiefe kalottenförmiger Körper ($r = 8,36$ cm) in eine elastische oder plastische Unterlage

Eindring- tiefe mm	Kontakt- fläche cm^2	Druck (bar) bei einer einwirkenden Kraft von	
		2000 N	2600 N
5	26,25	7,6	9,9
10	52,5	3,8	5,0
15	78,75	2,5	3,3
20	105	1,9	2,5
25	131,25	1,5	2,0
30	157,5	1,3	1,7
35	183,75	1,1	1,4
40	210	1,0	1,2
45	236,25	0,8	1,1
50	262,5	0,8	1,0
45	288,75	0,7	0,9
60	315	0,6	0,8
58	304,5	0,7	0,9

Anhang-Tab. 5: Unterstellungen zur Berechnung des täglichen Futtermolumens je Kuh, Grünfütterration

tägl. TS-Aufnahme aus dem GF		Grünfütter (lang gehäckselt; Ø 22 % TS) Futtermasse in kg	Futtermol./ Tag 1)	Futtermol.bei 2-maliger Vorlage	Futtermol.bei 3-maliger Vorlage	Futtermol.bei Freßplatz-Tierverhält. 1:2	Futtermol.bei 1:3
min.	11,5 kg/Kuh	52,3	785 1 (523 1046 1) ^a)	393 1 (262-523 1)	262 1 (174-349)	1570 1 (1046-20921)	2355 1 (1569-31381)
\bar{x}	12,5 kg/Kuh	56,8	852 1 (568-1136 1)	426 1 (284-568 1)	284 1 (189-379)	1704 1 (1136-22721)	2556 1 (1704-34081)
max.	13,5 kg/Kuh	61,4	921 1 (614-1228 1)	461 1 (307-614 1)	307 1 (205-409)	1842 1 (1228-24561)	2763 1 (1842-36841)

1) Schüttgewicht: 100 - 200 kg/m³ Frischmasse
150 kg/m³ sind als Durchschnittswert unterstellt

2) Die Schwankungsbreite beruht auf dem Schüttgewicht

Anhang-Tab. 6: Untersuchungen zur Berechnung des täglichen Futtervolumens je Kuh, Gras-Maissilage-Heu-Ration

tägl. TS-Aufnahme aus dem GF	Gras-/Maissilage/Heu1) Futtermasse in kg ²)	Futtervol./ Tag1)	Futtervol.bei 2-malig.Vorlage	Futtervol.bei 3-malig.Vorlage	Futtervol.bei Tiervershältnis 1:2	Freßplatz- 1:3
min. 11,5 kg/Kuh	28,6	201 l (184-222 l)	101 l (92-111 l)	67 l (61-74 l)	402 l (368-444 l)	603 l (552-666 l)
\bar{x} 12,5 kg/Kuh	31,2	219 l (200-243 l)	110 l (100-122 l)	73 l (67-81 l)	438 l (400-486 l)	657 l (600-729 l)
max. 13,5 kg/Kuh	35,6	249 l (228-277 l)	125 l (114-139 l)	83 l (76-92 l)	498 l (456-554 l)	747 l (684-831 l)

- 1) Grassilage: 37,5 % TS, Schüttgewicht: 180 kg/m³ (170-190 kg/m³)
 Maissilage: 30,0 % TS, Schüttgewicht: 380 kg/m³ (360-400 kg/m³)
 Heu : 85,5 % TS, Schüttgewicht: 35 kg/m³ (30-40 kg/m³)

- 2) Rationszusammensetzung in Prozent:
 Grassilage: 47,8 %
 Maissilage: 40,7 %
 Heu : 11,5 %

Anhangtab. 7: Anzahl der Trinkvorgänge in % in Abhängigkeit von Weidetankwagen und Zusatzstoffen bei sozial unterschiedlichen hochstehenden Milchkühen

Vorversuch:

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

Hauptversuch

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