

# **Systematische Untersuchungen zur Freßstelleneinschränkung bei Milchkühen im Liegeboxenlaufstall**

Dissertation

**Gerstlauer, H.**

Institut für Agrartechnik

Universität Hohenheim

1979

MEG Schrift 39

Sonderforschungsbereich 141

Produktionstechniken der Rinderhaltung

Endbericht Projekt A, Teilprojekt A 3

Ermittlung der quantitativen Beziehungen zwischen Haltungsformen und  
Leistungen beim Rindvieh



Moderne Halungsverfahren für Rinder berücksichtigen fast ausschließlich den Faktorbedarf von Arbeit und Kapital. Dabei wird die Beziehung zwischen Haltungsform und Tierleistung sehr oft unzureichend beachtet.

Neben dem nur schwer zu definierenden Wohlbefinden ergeben sich Auswirkungen vor allem aus der Versorgung der Tiere mit dem erforderlichen Grund- und Leistungsfutter. Ob und inwieweit dabei eine Einengung des Tier-Freßstellenverhältnisses auf die meßbare Leistung des Einzeltieres zu erwarten ist, sollte schwerpunktmäßig in diesem Teilprojekt untersucht werden.

Die nachfolgend aufgeführten Veröffentlichungen und die vorgelegte Dissertation von Dipl.-Ing. agr. Hans Gerstlauer geben über die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse Auskunft.

Weihenstephan, im Januar 1980

Der Sprecher des SFB 141

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Wenner', is written over the printed name.

Prof. Dr. H.L. Wenner



## V o r w o r t

Die Frage nach dem zweckmässigen Freßstellenbesatz in Milchvieh-Laufställen ist aus tierhalterischer, baulicher und kostenwirtschaftlicher Sicht gleichermaßen wichtig. Um diesem umfassenden Sachverhalt möglichst weitgehend zu entsprechen, mußten in der vorliegenden Untersuchung außer den technischen und arbeitswirtschaftlichen Kennwerten der Verfahrenstechnik auch die Auswirkungen veränderter Tier- Freßstellenverhältnisse auf das Tierverhalten und die Leistung festgestellt werden. Damit ergab sich eine besonders umfassende Versuchsanstellung und eine erfreuliche interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung dieses Versuches mit zahlreichen Institutionen, ohne die die vorliegende Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Dafür möchte ich mich als Betreuer dieser Arbeit ebenfalls herzlich bedanken. Im Hinblick auf die Bedeutung der hier zugrunde liegenden Fragestellung und wegen der angefallenen Erkenntnisse in sachlicher und versuchstechnischer Hinsicht ist eine weitere Bearbeitung dieses Themas besonders erwünscht.

Stuttgart-Hohenheim, den 25. 9. 1979



(Prof. Dr. Th. Bischoff)

Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der  
Tierproduktion und landw. Bauwesen  
der Universität Hohenheim



| <u>Inhaltsverzeichnis</u>                                                                      | <u>Seite</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 Einleitung und Zielsetzung                                                                   | 7            |
| 2 Die Problematik der Freßstelleneinschränkung<br>in der Literatur                             | 9            |
| 3 Eigene Untersuchungen                                                                        | 17           |
| 3.1 Versuchsplanung                                                                            | 18           |
| 3.2 Auswahl des Versuchsbetriebes                                                              | 24           |
| 3.3 Fütterungstechnik                                                                          | 26           |
| 3.4 Umfang und Technik der Datenerhebung                                                       | 31           |
| 3.4.1 Leistungsdaten                                                                           | 32           |
| 3.4.2 Verhaltensdaten                                                                          | 34           |
| 3.4.3 Zusätzliche Datenerhebung durch<br>Beobachtung der Einzeltiere einer<br>Tiergruppe       | 41           |
| 3.5 Methode der Auswertung                                                                     | 47           |
| 3.6 Versuchsbetreuung und Erfahrungen bei<br>der Versuchsdurchführung                          | 52           |
| 4 Ergebnisse der Untersuchungen                                                                | 56           |
| 4.1 Einfluß unterschiedlicher Freßstellen-<br>besätze auf die tierische Leistung               | 56           |
| 4.1.1 Tatsächliche und fettkorrigierte<br>Milchleistung                                        | 56           |
| 4.1.2 Milchfettgehalt                                                                          | 59           |
| 4.1.3 Tiergewicht                                                                              | 62           |
| 4.1.4 Futteraufnahme                                                                           | 65           |
| 4.2 Einfluß unterschiedlicher Freßstellen-<br>besätze auf das Tierverhalten                    | 68           |
| 4.2.1 Freßverhalten                                                                            | 69           |
| 4.2.2 Liegeverhalten                                                                           | 74           |
| 4.3 Ergebnisse der Erhebung zusätzlicher<br>Leistungs- und Verhaltensdaten einer<br>Tiergruppe | 78           |

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.1 Verdrängungsaktivität und soziale Rangordnung                                                                 | 79  |
| 4.3.2 Leistung und Verhalten einer Gruppe und einzelner Tiere, auch unter Berücksichtigung der sozialen Rangordnung | 86  |
| 5 Bedeutung der Freßstelleneinschränkungen für die Stallplanung                                                     | 95  |
| 6 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse                                                                      | 106 |
| 7 Zusammenfassung                                                                                                   | 113 |
| Verzeichnis der Abbildungen                                                                                         | 115 |
| Verzeichnis der Tabellen                                                                                            | 118 |
| Literaturverzeichnis                                                                                                | 119 |



## 1 Einleitung und Zielsetzung

Nach dem Materialband zum Agrarbericht der Bundesregierung 1977 werden gut 50% der Betriebseinkommen der Landwirtschaft von Futterbaubetrieben erzielt, die mit 50,5% den größten Anteil an der Gesamtzahl der Betriebe stellen. Etwa 25% der landwirtschaftlichen Verkaufserlöse werden allein von den milcherzeugenden Betrieben erreicht (1). Diese bilden somit den wichtigsten Produktionszweig der westdeutschen Landwirtschaft.

Trotz des Überschußproblems auf dem Milchmarkt sind diese Betriebe wegen der sich für sie ungünstig entwickelnden Preis-Kosten-Relation gezwungen, nach Möglichkeiten zur Sicherung und Steigerung ihres Einkommens zu suchen. Dieses Ziel kann erreicht werden durch

- Bestandserweiterung
- Leistungssteigerung durch Zuchtfortschritt
- Leistungssteigerung und/oder Kostensenkung durch Verbesserung der Haltungssysteme (Haltungsverfahren)

Für die Beurteilung der zuletzt erwähnten Möglichkeit der Leistungssteigerung und/oder Kostensenkung ist die Kenntnis quantitativer Beziehungen zwischen Haltungssystemen und tierischer Leistung erforderlich. Ein Haltungsverfahren ist dabei definiert als "eng abgegrenzter Teilbereich des Betriebes oder eines Betriebszweiges. Es ist durch Kennzeichnung seiner Ertrags-Aufwands-Relation nach Art und Menge eindeutig bestimmt" (7). Sind solche Faktor-Produkt-Beziehungen eines Haltungsverfahrens bekannt, so lassen sich durch Optimierung der Faktorausstattung des Verfahrens Maßnahmen zur Einkommensverbesserung ergreifen.

In mehreren Arbeiten z.B. MAJD (34), BAHIRI (6), SÖLCH (53), VERBACH (59), ANDREAE (5) u.a. sind

einige dieser Beziehungen bereits hergestellt worden. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit einer Beziehung aus dem Haltungsverfahren "Liegeboxenlaufstall", das für die moderne Milchviehhaltung mit Beständen von über 40 Kühen große Bedeutung erlangt hat. Es handelt sich um die quantitative Beziehung zwischen Freßstellenbesatz und tierischer Leistung. Die folgenden in der Arbeit verwendeten Begriffe werden nach WANDER (65) definiert:

Freßplatz: gesamter Funktionsbereich Fütterung mit Futtertisch, Krippe, Freßgitter und anteiligem Standplatz für die Tiere. Für die Ermittlung des Freßstellenbesatzes findet das Maß der Freßplatzlänge Verwendung.

Freßstelle: exakt der Raum, den ein Tier zum Fressen am Freßplatz einnimmt. Für die Ermittlung des Freßstellenbesatzes ist das Maß der Freßstellenbreite von Bedeutung.

Freßstellenbesatz: Relation zwischen der Anzahl vorhandener Freßstellen im Liegeboxenlaufstall und der Anzahl der aufgestellten Kühe. Der Freßstellenbesatz (abgekürzt FSB) errechnet sich nach folgender Formel:

$$FSB = \frac{\text{Freßstellenbreite} \times \text{Anzahl der Kühe}}{\text{Freßplatzlänge}}$$

Andere in der Literatur anstelle des Begriffes "Freßstellenbesatz" verwendete Bezeichnungen wie Tier-Freßplatzverhältnis, Besatzstärke, Freßplatzbreite (ausgedrückt in cm/Kuh, meist ohne Angabe der benötigten Freßstellenbreite) werden in dieser Arbeit nicht gebraucht.

Ziel der Untersuchung ist es, die Auswirkung verschiedener Freßstellenbesätze auf Leistung und Verhalten von Milchkühen systematisch zu ermitteln. Der Faktor "Freßstellenbesatz" soll dabei möglichst losgelöst von den

zahlreichen anderen für Leistung und Verhalten relevanten Einflußgrößen betrachtet werden, damit möglichst abgesicherte Ergebnisse erzielt werden können. Diese Ergebnisse sollen ein Urteil darüber erlauben, ob die bisher gebräuchlichen Varianten von Liegeboxenlaufställen mit bisher üblichem Freßstellenbesatz 1:1 zu bestätigen sind oder ob man unter bestimmten Bedingungen durch eingeschränkte Freßstellenbesätze zu Lösungen kommen kann, die eine ins Gewicht fallende Kostensenkung und/oder Leistungssteigerung bedeuten.

## 2 Die Problematik der Freßstelleneinschränkung in der Literatur

Die zahlreichen in der Literatur vorkommenden Aussagen zur Frage des Freßstellenbesatzes sind sehr uneinheitlich je nach Ausgangspunkt, Methode, Umfang und Zielsetzung der ihnen zugrunde liegenden Untersuchungen. Vielfach sind solche Aussagen in wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu finden, die sich mit Fragen der Fütterung und des Tierverhaltens in Rinderställen befassen und nur am Rande auf mögliche Auswirkungen unterschiedlicher Freßstellenbesätze eingehen. Manche Autoren nehmen theoretisch zu dem Problem aus der Sicht der Tierernährung und des Tierverhaltens Stellung. Zu berücksichtigen sind ferner Berichte über praktische Erfahrungen in Ställen, in denen eingeschränkter Freßstellenbesatz bereits eingeführt ist. Einige Arbeiten schließlich gründen auf praktischen Versuchen, deren spezieller Zweck es war, den Einfluß einer Freßstelleneinschränkung auf Leistung und/oder Verhalten von Rindern zu ermitteln.

Im folgenden werden aus dem wissenschaftlichen Schrifttum einzelne Stellungnahmen zum Thema Freßstellenbesatz

mit ihren konkreten Ergebnissen aufgeführt:

SCHÖN (52) findet in der einschlägigen Literatur Angaben über Freßstellenbesätze, die aber, wie er feststellt, lediglich Erfahrungswerte darstellen und keine Aussagen über Leistungs- und Verhaltensdaten enthalten. Es werden folgende Werte für mögliche Einschränkungen angegeben, alle bezogen auf Erfahrungen mit der Selbstfütterung am Flachsilo:

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| - Esmay 1953 . . . . .           | 1:2,8 |
| - Trow-Smith 1956 . . . . .      | 1:2   |
| - Hannsen 1958 . . . . .         | 1:2,5 |
| - Hedges-O'Conner 1960 . . . . . | 1:4,5 |
| - Schulze 1962 . . . . .         | 1:3-4 |
| - Huisman 1964 . . . . .         | 1:3   |
| - Wenner 1965 . . . . .          | 1:4   |
| - Vogt 1966 . . . . .            | 1:4,5 |
| - Bijsterveldt 1967 . . . . .    | 1:3,5 |

Wird neben der Selbstfütterung am Flachsilo Heu an der Heuraufe angeboten, so werden dafür nach SCHÖN folgende Werte für eine mögliche Freßstelleneinschränkung angegeben:

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| - Esmay 1953 . . . . .   | 1:5   |
| - Hannsen 1958 . . . . . | 1:2,5 |
| - Schulze 1962 . . . . . | 1:2-3 |
| - Huisman 1969 . . . . . | 1:3,5 |
| - Schulz 1965 . . . . .  | 1:5   |

SÜSS (55) untersuchte für den Vergleich verschiedener Laufstallsysteme in der Milchviehhaltung auch einen Liegeboxenlaufstall mit Selbstfütterung am Flachsilo bei einem Freßstellenbesatz von 1:3. Er stellte für diese Versuchsvariante die geringste Futteraufnahme je Tier und Tag und sehr niedrige Freßzeiten gegenüber den anderen Stallsystemen mit Freßstellenbesatz 1:1 fest.

Allerdings wurde jede Behandlung mit unterschiedlichen Tieren, unterschiedlichem Futterangebot, bei verschiedenen Stallklimaverhältnissen und Betreuungspersonen durchgeführt. Süß beobachtete beim Freßstellenbesatz 1:3 häufige Verdrängung rangniederer Tiere. Diese Tiere kamen nur zum Fressen, wenn ranghohe den Freßplatz verlassen hatten. Bei ihm ist auch der Satz zu finden: "Wenn das Herdenverhalten durch fehlende Freßplätze gestört wird, steigt die Unruhe am Freßplatz und ein hohes Leistungsniveau kann nicht erzielt werden."

POELMA (43) vergleicht bei reiner Heufütterung die rationierte Fütterung mit der Vorratsfütterung und kommt zu dem Schluß, daß für rationierte Fütterung ein Freßstellenbesatz von 1:1 notwendig ist, während er bei Vorratsfütterung eine Einschränkung auf 1:2,5 für durchführbar hält.

GELS (20) berichtet über positive Erfahrungen in holländischen Ställen mit eingeschränktem Freßstellenbesatz. Aufgrund dieser Erfahrungen aus der Praxis sieht er für laktierende Kühe einen Freßstellenbesatz von ca. 1:1,7 und für trockenstehende Kühe und Jungvieh ein Verhältnis von ca. 1:3,5 als möglich an.

Nach neuen holländischen Beobachtungen auf dem Versuchsgut Waiboerhoeve hält WESTENDORP (67) eine Einschränkung des Freßstellenbesatzes auf 1:6 ohne Leistungseinbußen für möglich. Dabei wird aber Vorratsfütterung von aufgewertetem und im Futtermisch- und verteilwagen vermischem Grundfutter zugrundegelegt. Er erwähnt auch einen holländischen Praxisbetrieb, der eine Einschränkung von 1:2,1 bei einer durchschnittlichen Jahresmilchleistung von 6200 l pro Kuh praktiziert.

Aus einer Darstellung von PIRKELMANN (42) geht hervor, daß ein Freßstellenbesatz von bis zu 1:3 für möglich gehalten wird, wenn das Problem der Kraftfutterzuteilung gelöst werden kann, also z.B. durch Einmischen von Kraftfutter in das Grundfutter oder durch Verabreichung mit im Laufbereich aufgestellten Kraftfutterautomaten.

HELLER (25) äußert Bedenken im Hinblick auf eine Einschränkung des Freßstellenbesatzes. Er befürchtet ungleiche Nährstoffversorgung der Tiere und eine ungenügende Futteraufnahme wegen gegenseitigen Verdrängens beim Fressen. Er fordert daher für die Planung von Liegeboxenlaufställen einen Freßstellenbesatz von 1:1, ausgehend von einer Freßstellenbreite von 70 cm pro Kuh.

Bei RIEMANN und RIX (46) wird die Problematik des Freßstellenbesatzes ebenfalls angeschnitten. Die Verfasser gelangen zu dem Schluß, daß ein Freßstellenbesatz von 1:1,5 bis 2,0 bei Vorratsfütterung nicht unterschritten werden sollte. Wird eine Milchviehherde jedoch in mehrere Leistungsgruppen unterteilt, fordern sie für die Gruppe mit der höchsten Leistung eine Freßstelle für jedes Tier.

ANDREAE und PASIERBSKI (4) untersuchten das Freßverhalten von 26 Milchkühen in einem Liegeboxenlaufstall. Den Tieren standen 26 Freßstellen am Futtertisch und 9 Freßstellen an der Heuraufe zur Verfügung. Am Futtertisch wurde Silage und Kraftfutter verabreicht. Die Verfasser warnen davor, allein die Verzehrzeit zur Ermittlung des Freßstellenbesatzes heranzuziehen, da auch der Tagesrhythmus von Fressen und Ruhen der Tiere beachtet werden müsse. Sie lehnen deshalb - und auch wegen der Gefahr unzureichend genauer Kraftfutterzuteilung - eine Einschränkung ab, räumen aber ein, daß bei Vorlage von vermischtem Grund- und Kraftfutter eine Einschränkung vorgenommen werden kann. Auch Freßstellenbesatz 1:1 an der Futterachse und eine Einschränkung auf 1:3 an der Heuraufe wird in ihrer Auswirkung auf das

Tierverhalten nicht als optimal bezeichnet. Leistungsdaten aus diesem Versuch werden nicht angegeben.

SCHÖN (52) stellte eigene Versuche zur Ermittlung der Auswirkungen von Freßstelleneinschränkungen an. Die Versuchsanstellung umfaßte nacheinander die Prüfung der vier Freßstellenbesätze 1:1, 1:2, 1:3 und 1:6. Es standen 6 Färsen im Versuch, an die Maissilage auf Vorrat verfüttert wurde. Mit elektronischen Einzelwaagen konnten Verzehrsgeschwindigkeit und Verzehrsmenge gemessen werden. Daten über das Tierverhalten wurden von einer Beobachtungsperson protokolliert. Aus je zwei Messungen oder Beobachtungen bei jedem der geprüften Freßstellenbesätze ergaben sich die Resultate des Versuches: bis zum Freßstellenbesatz 1:3 traten bei Verzehrszeit und Herdenverhalten keine nennenswerten Veränderungen auf, die Verzehrsmenge wurde nur geringfügig beeinträchtigt. Bei noch stärkerer Einschränkung auf 1:6 zeigte sich dann eine deutliche Benachteiligung der rangniederen Tiere. Ihr Freßrhythmus war gestört, ihre Verzehrsmengen und -zeiten fielen gegenüber denen der ranghohen Tiere stark ab. Schön hält aufgrund dieser Ergebnisse eine Einschränkung bis 1:3 für zulässig; bei Heufütterung parallel zur Silagefütterung kann der Freßstellenbesatz nach seinen Erfahrungen bis auf 1:5 reduziert werden. Selbst bei Grünfütterung muß nach seiner Auffassung nicht für jedes Tier eine Freßstelle zur Verfügung stehen. Da die Tiere für Grüngut eine längere Verzehrszeit benötigen, beziffert er hier die mögliche Einschränkung auf 1:2.

LIPPITZ,KAISER und KLUG (31) prüften in einer Versuchsanstellung die Freßstellenbesätze 1:2, 1:2,5 und 1:3. Es sollte festgestellt werden, inwieweit aus der Sicht des Tierverhaltens eine Reduzierung des Freßstellenangebotes bei Vorratsfütterung zulässig ist. Als wichtigste Daten wurden in 48-stündigen Beobachtungen die Freß- und

Liegezeiten sowie die Anzahl der Freß- und Liegeperioden pro Kuh ermittelt. Beim Freßstellenbesatz 1:2 konnten die längsten Freßzeiten festgestellt werden; von 1:2 bis 1:3 nahm die Anzahl der Freßperioden signifikant zu, was mit dem Anstieg der Verdrängungen im Zusammenhang stand. Mit enger werdendem Freßstellenbesatz wurde auch eine Abnahme der Liegezeiten vermerkt. Die Verfasser ziehen daraus den Schluß, daß für die Ausschöpfung des Leistungspotentials der Kühe ausreichend lange und ungestörte Freß- und Liegezeiten gewährleistet sein müssen. Eine stärkere Einschränkung als 1:2 erscheint ihnen nicht angängig. Leistungsdaten der im Versuch stehenden Tiere sind nicht verzeichnet.

WANDER (61) prüfte mit 6 nichtlaktierenden Kühen die vier Freßstellenbesätze 1:1, 1:2, 1:3 und 1:6. Die Tiere absolvierten jeweils für 10 Tage nacheinander die verschiedenen Freßstellenbesätze. Gefüttert wurde Heulage als Vorratsfütterung; Kraftfutter wurde nicht verabreicht. Daten des Tierverhaltens z.B. Belegungszeiten der Boxen und Freßstellen sowie die Anzahl der Belegungen ermittelte man kontinuierlich mit Hilfe einer elektronischen Lichtschrankenanlage. Wander stellte fest, daß die Unruhe unter den Tieren schon beim Freßstellenbesatz 1:2 erheblich zunahm. Bei Freßdauer und Futterverzehr war mit enger werdendem Freßstellenbesatz eine fortschreitende Abnahme zu verzeichnen. Die Abnahmeraten waren jedoch bis 1:3 nur gering, bei noch stärkerer Einschränkung konnten die Tiere ihren Futterbedarf nicht mehr decken. Die Freßgeschwindigkeit stieg geringfügig an. Wander zieht daraus den Schluß, daß in kleinen, geschlossen bewirtschafteten Herden eine Einschränkung bis 1:2 möglich ist; er befürwortet jedoch bei größeren Herden pro Tier eine Freßstelle, um Leistungseinbußen, Streß und Tierunfällen vorzubeugen.



METZ und MEKKING (37) stellten Untersuchungen zum Freßstellenbesatz mit 1,5 bis 2 Jahre alten Färsen an. Dabei wurden bei Heu-Vorratsfütterung die Freßstellenbesätze 1:1 und 1:2,8 miteinander verglichen. Es standen 17 Tiere im Versuch in Versuchsabschnitten von je 4 Wochen. Die Freßstellenbreite betrug 65 cm. Kraftfutter wurde nicht verfüttert. Die Verfasser ermittelten bei eingeschränktem Freßstellenbesatz einen Rückgang der Futteraufnahme. Hervorgehoben wurde insbesondere die Benachteiligung von rangniederen Tieren. Parallel dazu wurde eine Verminderung der Freßzeiten festgestellt, die wiederum bei den rangniederen Tieren ausgeprägter war. Die Autoren gelangten zu der Auffassung, daß bei Freßstelleneinschränkung die natürliche Neigung der Rinder, synchron zu fressen, gestört wird. Ferner stellten sie einen Anstieg der Verdrängungsaktivitäten sowohl am Freßgitter als auch auf der Lauffläche fest. In einem Folgeversuch wurden auch die täglichen Zunahmen der Tiere als Meßkriterium mit einbezogen. Sie lagen nach Aussage von Metz und Mekking bei Freßstellenbesatz 1:2,8 deutlich unter denen bei Freßstellenbesatz 1:1.

Aus dem Bereich der Bullenmast sei noch ein Versuch von EICHORN, HECHT und SEUFERT (14) erwähnt. Die Verfasser prüften mit einer Gruppe von 8 Bullen die Freßstellenbesätze 1:1, 1:2 und 1:3,5. Eine gleich große Gruppe wurde zum Vergleich ständig mit dem Freßstellenbesatz 1:1 gehalten. Die Datenerhebung umfaßte die Messung der Gewichtszunahmen und die Beobachtung des Sozialverhaltens der Tiere mit Hilfe von Filmaufnahmen. Es stellte sich heraus, daß in dem Versuchsabschnitt mit Freßstellenbesatz 1:3,5 die höchsten täglichen Zunahmen erzielt werden konnten. Probleme im Sozialverhalten der Tiere bei eingeschränktem Freßstellenbesatz werden nicht erwähnt. Die Autoren führen die günstigen Ergebnisse auf zunehmende Freßlust bei Freßstelleneinschränkung sowie auf den positiven Effekt der verabreichten Grundfutter-Kraftfuttermischung zurück.

EICHHORN u.a. (14) weisen in diesem Zusammenhang auch auf die planerischen Vorteile von Freßstelleneinschränkungen in der Bullenmast hin. Für Planungen größerer spezialisierter Bullenmastbetriebe wird heute schon häufig die kostengünstige Tiefbuchtenaufstallung bei Freßstellenreduzierungen bis 1:3-4 zugrundegelegt. Derartige Halungsverfahren erzielen - wie berichtet wird - einen guten Masterfolg, wenn die Möglichkeit besteht, das Kraftfutter dem Grundfutter beizumischen.

Aussagen, wie sie aufgrund der soeben besprochenen Untersuchung bei einem Bullenmastversuch gemacht werden konnten, sowie hinreichende praktische Erfahrungen mit eingeschränkten Freßstellenbesätzen und entsprechende Anwendung in der Planungspraxis gibt es für den komplexen Bereich der Milchviehhaltung noch nicht.

### 3 Eigene Untersuchungen

Die in der bisher erschienenen Literatur dargestellten Untersuchungen lassen noch keine bestimmte Aussage über die Auswirkung von Freßstelleneinschränkungen auf Leistung und Verhalten von Milchkühen zu. Vielmehr ist festzustellen, daß die bisher im Bereich Freßstellenbesatz angestellten Versuche nur einen begrenzten Aussagewert haben: zu geringe Tierzahlen, kurze Versuchsdauer, gleichzeitige Prüfung mehrerer Faktoren im selben Versuch stehen einer statistischen Absicherung der Ergebnisse entgegen. Der Umfang der Datenerhebung ist meist auf einige Verhaltensdaten beschränkt und als einziges Leistungsdatum wird die Futteraufnahme herangezogen. Angaben über Milchleistung und Milchfettgehalt werden nicht gemacht, denn in der Regel wurden für diese Versuche keine laktierenden Kühe verwendet. Moderne Fütterungstechniken kamen in den bisher durchgeführten Versuchen nicht zur Anwendung, auch findet man nur selten Angaben über Art und Qualität der verwendeten Futterstoffe. Die geringe Anzahl der bei unterschiedlichen Voraussetzungen gewonnenen und in der Literatur niedergelegten Untersuchungsergebnisse erlaubt keine Auswertung auf massenstatistischer Grundlage. Hierzu wären wesentlich mehr vergleichbare Ergebnisse aus der Literatur oder mehrjährige Erhebungen in einigen Betrieben mit eingeschränktem Freßstellenbesatz notwendig (16). Für leistungsbeeinflussende Faktoren wie Rasse, Fütterung, Stallklima u.a. liegen Ergebnisse vor z.B. bei SÖLCH (53), MAJD (34), BAHIRINI (6); wichtige produktionstechnische Fragen jedoch wie z.B. der Einfluß des Freßstellenbesatzes auf die tierische Leistung konnten dabei nicht beantwortet werden.

In Anbetracht der Bedeutung der Problematik des eingeschränkten Freßstellenbesatzes erschien es daher angezeigt, im Rahmen des in dieser Arbeit besprochenen Forschungsauftrages eine eigene Versuchsanstellung zu erarbeiten.

### 3.1 Versuchsplanung

Den im 1. Kapitel entwickelten Zielvorstellungen entsprechend lautet die Versuchsfrage: welche Auswirkungen hat der eingeschränkte Freßstellenbesatz auf Leistung und Verhalten von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall? Als Ausgangsbasis, an der die Einflüsse eingeschränkter Freßstellenbesätze zu messen sind, haben Leistungen und Verhalten in Laufställen beim herkömmlichen Freßstellenbesatz 1:1 zu gelten. Der Festlegung der zu prüfenden Freßstellenbesätze liegt die Hypothese zugrunde, daß sich spätestens beim Freßstellenbesatz 1:6 signifikante Wirkungsunterschiede im Vergleich zum Besatz 1:1 ergeben. So wurden neben diesen beiden, die als Kontroll- und Extrembehandlung gelten können, noch die Freßstellenbesätze 1:2, 1:3 und 1:4 ausgewählt; es sind also jeweils insgesamt 5 Freßstellenbesätze zu prüfen.

Bei den Überlegungen zur Versuchsplanung war das Ziel, einerseits einen möglichst großen Aussagebereich der Versuchsergebnisse zu erreichen und andererseits einen bestimmten finanziellen, technischen und organisatorischen Rahmen nicht zu sprengen. Nun sind von verschiedenen Autoren Grundsätze für Versuchsplanungen erarbeitet worden, die man bei Auswahl oder Konzipierung statistischer Versuchsanlagen tunlichst berücksichtigen sollte, um - gemessen an der Versuchsfrage - die günstigste Relation zwischen Aussagebereich und Versuchsaufwand herauszufinden und Versuchsanstellungen zu vermeiden, die entweder statistisch nicht auswertbar sind oder deren Ergebnisse zu falschen Schlußfolgerungen führen.

Im folgenden werden 5 Grundsätze für die Versuchsplanung aufgeführt. Die ersten 3 sind von LINDER (30), die beiden letzten von FEWSON und BISCHOFF (16) wörtlich übernommen.

- Grundsatz 1: Um den Versuchsfehler zuverlässig bestimmen zu können, müssen die Verfahren über mehrere Versuchseinheiten wiederholt werden.
- Grundsatz 2: Damit jede Einseitigkeit in der Zuteilung der Versuchseinheiten auf die verschiedenen Verfahren nach Möglichkeit vermieden wird, muß die Zuteilung zufällig vor sich gehen.
- Grundsatz 3: Um die Empfindlichkeit des Versuches zu erhöhen und um gleichzeitig eine möglichst breite induktive Basis zu gewährleisten, werden Blöcke mit unter sich möglichst gleichartigen Versuchseinheiten gebildet.
- Grundsatz 4: Um ein Vermengen der Wirkung verschiedener Faktoren zu vermeiden und eine einfache Auswertung zu gewährleisten, werden die Versuche symmetrisch angelegt.
- Grundsatz 5: Um kritische Aussagen über die Unterschiede zwischen den Verfahren machen zu können, ist eine Anpassung der Versuchsgenauigkeit an die zu prüfenden Differenzen anzustreben.

Mit dem Grundsatz der Wiederholung der Verfahren über mehrere Versuchseinheiten steht man bereits vor der Frage nach dem Umfang des anzustellenden Versuches. Nachdem die Literaturlauswertung (Kapitel 2) gezeigt hat, daß Versuche dieser Art, die mit nur wenigen Tieren durchgeführt wurden, keine gesicherten Ergebnisse zeigten konnten, fiel die Entscheidung zugunsten einer Versuchsanstellung in der bisher noch nicht vorgekommenen Größenordnung von 60 Tieren. Aus dieser Anzahl können 5 Gruppen (Versuchseinheiten) von je 12 zufällig zusammengestellten Tieren gebildet werden. Diese Tiergruppengröße schien auch deshalb geeignet, weil, wie

SCHÖN (52) urteilt, bei einer Einheit dieser Größe schon Herdenverhalten ausgeprägt ist. Die Zahl von 12 Tieren bietet ferner den Vorteil, daß so ohne Schwierigkeit die Freßstellenbesätze 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6 gebildet werden können. Es stehen damit für die jeweilige Behandlung 12, 6, 4, 3 oder 2 Freßstellen zur Verfügung.

Um zu gesicherten Ergebnissen zu gelangen, erschien es als zweckmäßig, den Versuch für eine Dauer von 20 Wochen anzulegen, aufgeteilt in Versuchsabschnitte zu je 4 Wochen. Eine Versuchsdauer von 20 Wochen erlaubt eine Auswahl von Kühen, die zwischen der 4. und 12. Laktationswoche stehen, eine Auswahl, die die Gewähr dafür bietet, daß keine Kuh vor Versuchsende ca. zwei Drittel ihrer Laktationsperiode schon überschritten hat. Das letzte Drittel der Laktation muß wegen der starken Abflachung der Laktationskurve für einen Versuch ausscheiden, bei dem Leistungsunterschiede - verursacht durch verschiedene Behandlungen - herausgearbeitet werden sollen.

Für die Bearbeitung der aufgeworfenen Versuchsfrage erschien eine Anordnung der Versuchsanlage als Lateinisches Quadrat am meisten geeignet. Dies ist anhand der oben aufgeführten Grundsätze nachzuweisen.

In Abbildung 1 ist der Versuchsaufbau als Lateinisches Quadrat dargestellt. Wie ersichtlich, besteht das Lateinische Quadrat aus je 5 Zeilen (Blöcken) und 5 Spalten (Säulen), daher auch 5 x 5 - Lateinisches Quadrat genannt.

Die Blöcke dieses Quadrats stellen die Versuchsgruppen dar, die Säulen dagegen die Versuchsabschnitte. Die einzelnen Behandlungen (Freßstellenbesätze) sind nach dem Zufallsprinzip so aufgeteilt, daß jede Behandlung in jedem Block (Versuchsgruppe) nur einmal vorkommt d.h. jeder Freßstellenbesatz wird von jeder Gruppe einmal geprüft und in jedem



Versuchsabschnitt läuft jede Behandlung einmal ab. Damit ist dem Grundsatz 2 entsprochen. Systematische Fehler (Übertragungseffekte) werden darüber hinaus noch dadurch ausgeschaltet, daß in jedem Versuchsabschnitt vor Beginn der eigentlichen Behandlung (s. Abb.1) eine Woche mit Freßstellenbesatz 1:1 vorgeschaltet wird. Grundsatz 1 wird dadurch eingehalten, daß die Behandlungen (bei Linder: Verfahren) von mehreren Gruppen (bei Linder: Versuchseinheiten) jeweils wiederholt werden. Nur so kann man feststellen, "ob die Differenzen zwischen den Verfahren auf Zufallsschwankungen zurückzuführen sind oder aber auf Wirkungsunterschieden zwischen den Verfahren beruhen können" (16).

Mit der Versuchsanstellung soll eine möglichst hohe Versuchsempfindlichkeit erreicht und gleichzeitig eine möglichst breite induktive Basis gewährleistet werden. Grundsatz 3 weist darauf hin, daß dies durch Blockbildung erreicht werden kann. Diesem Grundsatz entspricht das Lateinische Quadrat dadurch, daß jeweils 12 Tiere zu einem Block zusammengefaßt werden. Bei der Blockbildung sind somit nicht Leistungs- und Verhaltenswerte einzelner Tiere maßgebend, sondern der Gruppendurchschnittswert. Damit wird die Zufallsvariation der Versuchseinheit sehr klein gehalten und bei entsprechender Wiederholungszahl eine gute Versuchsempfindlichkeit erreicht. Unter diesen Umständen müssen die Versuchsbedingungen nicht mit hohem Aufwand standardisiert werden. Das 5 x 5 - Lateinische Quadrat entspricht dem Grundsatz 4, der eine symmetrische Versuchsanlage verlangt: jede Behandlung weist die gleiche Anzahl von Wiederholungen auf, die Gruppengrößen sind ebenfalls gleich. Die symmetrische Versuchsanlage ermöglicht eine Auswertung mit einfachen biometrischen Methoden und stellt sicher, daß der Mittelwert aller geprüften Verfahren mit gleicher Genauigkeit geschätzt wird (16). In Grundsatz 5 geht es um die für eine Versuchsanstellung notwendige Zahl von Wiederholungen, von



der neben der Zufallsabweichung der Versuchseinheit die Versuchsempfindlichkeit abhängt. Durch die Blockbildung wird erreicht, daß die Standardabweichung klein ausfällt. Eine weitere Verbesserung der Versuchsempfindlichkeit ist dann nur noch über die Erhöhung der Anzahl der Wiederholungen möglich. Die erforderliche Anzahl der Wiederholungen sollte schon bei der Versuchsplanung geschätzt werden; zu wenig Wiederholungen bringen ungenaue Ergebnisse, zu viele Wiederholungen erhöhen den Aufwand unnötig. Die Berechnung der Wiederholungszahl ist sehr umfangreich; am besten begnügt man sich für die Versuchspraxis mit der approximativen Formel von COCHRAN und COX (12):

$$n \cong \frac{2 s^2 (t_1 + t_2)^2}{d^2}$$

$n$  = Anzahl der Wiederholungen

$s^2$  = Varianz der Versuchseinheit

$t_1$  = Tabellenwert von  $t$  für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P = 5\%$  und für die Freiheitsgrade der Restvarianz

$t_2$  = Tabellenwert von  $t$  für eine Wahrscheinlichkeit von  $90\%$  und für die Freiheitsgrade der Restvarianz

$d$  = Differenz zwischen den Mittelwerten

MUDRA (39) hat anhand der Formel von Cochran und Cox eine Tabelle aufgestellt, aus der Wiederholungszahlen für verschiedene Empfindlichkeitsanforderungen hervorgehen. Demnach ist für den hier zur Diskussion stehenden Versuch eine Wiederholungszahl von 4 notwendig, wenn eine Variabilität der Versuchseinheit von  $2\%$  vorgeschätzt und signifikante Differenzen zwischen den Mittelwerten von  $5\%$  nachgewiesen werden sollen. Das  $5 \times 5$  - Lateinische

Quadrat weist an sich schon 5 Wiederholungen auf, so daß die gewünschte Empfindlichkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit erreicht wird, auch wenn die Vorschätzung der Variabilität der Versuchseinheit in Wirklichkeit noch etwas höher sein sollte. Das Lateinische Quadrat hat weiterhin den Vorteil, daß es ermöglicht, Variationsursachen in zwei Richtungen auszuschalten. Bei diesem Versuch ist dies von Wichtigkeit, da bei Milchkühen die Leistung vom Laktationsstand abhängig ist. Diese zeitlichen Einflüsse können durch die Versuchsabschnitte (Säulen im Lateinischen Quadrat) ausgeschaltet werden. Die Gesamtvarianz kann somit in Block-, Säulen-, Behandlungs- und Fehlervarianz aufgeteilt werden. Zusammenfassend läßt sich behaupten, daß die Versuchsanlage im Lateinischen Quadrat den Forderungen der oben aufgeführten Versuchsgrundsätze entspricht und für die Bearbeitung der Versuchsfrage geeignet erscheint.

### 3.2 Auswahl des Versuchsbetriebes

Aus der Versuchsplanung ergeben sich folgende Anforderungen an den auszuwählenden Betrieb:

- Die Betriebsleitung muß die Bereitschaft aufbringen, Erschwernisse, die eine Versuchsanstellung mit sich bringt, in Kauf zu nehmen.
- eine Kuhherde, aus der 60 geeignete Tiere für den Versuch ausgelesen werden können.
- ein 4-reihiger Liegeboxenlaufstall. Die 4-reihige Anordnung ermöglicht eine Aufteilung der Herde in mehrere Gruppen für einen reibungslosen Umtrieb zum Melkstand hin und zurück.

- ein Rotationsmelkstand. Hier betreten und verlassen die Tiere den Melkstand kontinuierlich, wodurch beim Umtrieb die Gruppe besser zusammengehalten werden kann.

Da ein geeigneter Versuchsbetrieb nicht zur Verfügung stand, mußte ein Praxisbetrieb ausfindig gemacht werden. In Oberschwaben konnte ein in allen Belangen geeigneter Betrieb mit einer Herde von ca. 140 schwarzbunten Kühen für den Versuch gewonnen werden. Es handelt sich dabei um einen Betrieb mit vorwiegender Herbstkalbung, so daß über 60 für den Versuch geeignete Tiere im Laktationsstadium zwischen der 4. und 12. Laktationswoche ermittelt werden konnten, von denen dann 60 Kühe - zufällig - ausgesondert wurden. Die Herde des Betriebes wies eine durchschnittliche Milchleistung von etwas über 5000 Liter pro Kuh und Jahr auf. Abbildung 2 zeigt eine Skizze vom Grundriß des Versuchsstalles.

In dem 4-reihigen Liegeboxenlaufstall mit durchfahrbarem Futtertisch und einem Rototandem "8" - Melkkarussell wurde für jeden Freßstellenbesatz ein Stallabteil in der Weise hergerichtet, daß je Abteil 12, 6, 4, 3 oder 2 Freßstellen zugänglich waren. Die Gruppen wechselten somit von Behandlung zu Behandlung das Stallabteil. In den noch verbleibenden Stallabteilen wurden die nicht im Versuch stehenden Tiere und gegenüber dem Melkstand - also außerhalb der Triebwege - die trocken stehenden Tiere untergebracht. Zwischen den einzelnen Stallabteilen ermöglichten schwenkbare Abtrennungen einen reibungslosen Umtrieb der Gruppen.

An Futter stand in dem Betrieb Mais- und Grassilage in Hochsilos, Heu aus dem Heuturm und in Form von Hochdruckpressballen sowie Kraftfutter zur Verfügung.

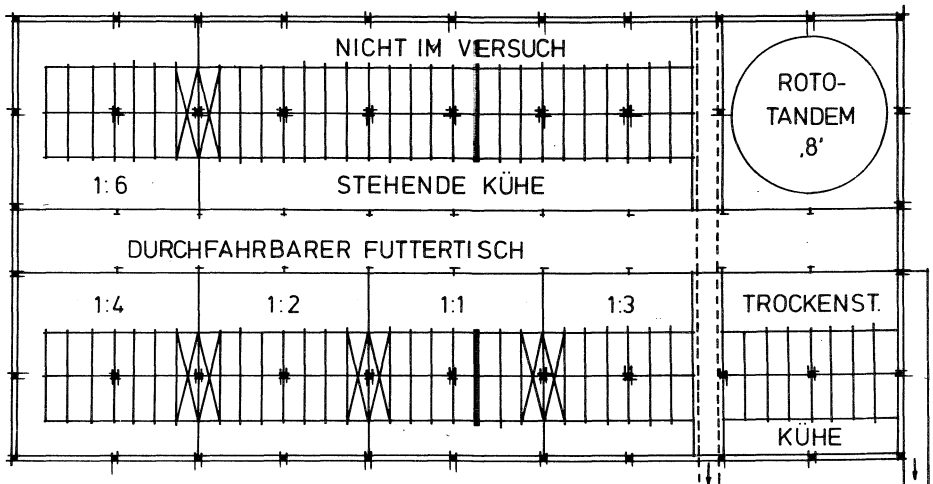


Abb.2: Grundrißskizze des Versuchsstalles

### 3.3 Fütterungstechnik

Einschränkungen bei den Freßstellen haben besondere Maßnahmen in der Fütterungstechnik zur Folge. Um sicher zu stellen, daß trotz Verringerung der Freßstellen alle Tiere ausreichend Futter aufnehmen können, muß Vorratsfütterung angewandt werden, d.h. es muß ständig Futter im Trog vorliegen.

Voraussetzung dafür, daß die Tiere leistungsgerecht versorgt werden und von jeder Komponente der Fütterung den ihnen zugedachten Anteil erhalten, ist die Lösung des Problems der Kraftfuttergabe. Ferner muß

die Fütterungstechnik so gestaltet werden, daß sie modernen Praxisanforderungen entspricht und den Versuchsablauf nicht stört.

Diese Forderungen führten zum Einsatz einer mobilen Technik mit dem Futtermisch- und verteilwagen. Grundlagen und praktische Anwendung dieser Fütterungstechnik sind von PIRKELMANN (41,42) untersucht und erprobt worden, so daß auf seinen Erkenntnissen aufgebaut werden konnte.

Der Futtermisch- und verteilwagen ist ein Muldenwagen mit Zwangsmischeinrichtung. Diese besteht aus einer über dem Muldenboden angeordneten Rührflügelwelle und zwei darüber eingebauten gegenläufigen Bandschnecken (Abb.3).

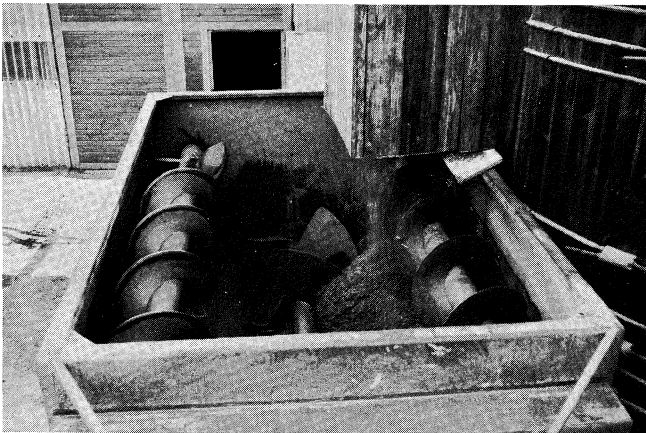


Abb.3: Zwangsmischeinrichtung des Futtermisch- und verteilwagens

Die Mischeinrichtung wird vom Schlepper aus über die Gelenkwelle und ein Kettengetriebe in Bewegung gesetzt. Mit dieser Einrichtung wird ein Gutkreislauf erzielt, der eine intensive Vermischung der Futterkomponenten gewährleistet. Die Mischzeit beträgt ca. 5 bis 6 Minuten. Der Gutaustrag geschieht durch eine höhenverstellbare Kratzkette. Der Kraftbedarf für den Futtermischwagen ist abhängig von den zu verarbeitenden Futterarten. Er steigt von der schütffähigen Maissilage bis zu den stark strukturierten Futterarten Grassilage und Langheu erheblich an und beträgt nach MAIER und WAGNER (33) ca. 22 - 48 KW/t Trockenmasse an Mischgut.

Die Futtermischtechnik ermöglicht eine einwandfreie Rationsgestaltung, indem die einzelnen Komponenten der Ration homogen vermischt werden und so jedes Tier zwangsläufig den ihm zugedachten Prozentsatz jeder einzelnen Komponente je Gewichtsanteil Mischfutter erhält. PIRKELMANN (41) untersuchte Rationen mit unterschiedlicher Mischgüte daraufhin, ob Milchkühe noch in der Lage sind, das Kraftfutter herauszusuchen. Dabei stellte sich heraus, daß in Zwangsmischern vermishtes Futter nicht mehr selektiert und daher als homogen bezeichnet werden kann. Derselbe Autor ermittelte auch, daß die tägliche TS-Futteraufnahme bei Mischfutter signifikant um 0,5 kg über der von Einzelfutter liegt. Ein fütterungsphysiologischer Vorteil des Mischfutters ist dadurch gegeben, daß dieses gleichmäßiger als Einzelfutter über den Tag verteilt gefressen wird. PIRKELMANN (41) stellte 10 - 15 Perioden fest, in denen das Futter aufgenommen wird. Ein solcher gleichmäßiger Freßrhythmus dient zur Schaffung günstiger Vormagenverhältnisse und verhindert einen raschen Abfall des pH-Wertes im Pansen.

Aus betrieblicher Sicht bietet der Futtermischwagen folgende Vorzüge: einmal lassen sich damit die meisten festen und flüssigen Futterkomponenten verwerten, zweitens ist die mobile Technik in mehreren Gebäuden und auch für das Jungvieh einsetzbar, und schließlich ergeben sich auch arbeitswirtschaftliche Vorteile bei der Fütterung, da sämtliche Komponenten auf einmal und nicht mehr jede für sich vorgelegt werden. Die Arbeitszeiteinsparungen bei der Fütterung werden im Einzelfall bis zu 30 - 40% beziffert (41). Diese moderne und praxisgerechte mobile Fütterungstechnik kam den Forderungen entgegen, die aufgrund der Versuchsanordnung zu stellen waren.

Die im Versuchsbetrieb vorhandenen Futtervorräte führten zu folgender Grundfütterration je Tier und Tag:

- 20 kg Maissilage
- 7 kg Grassilage
- 4 kg Heu

Diese Grundfütterration ermöglicht rechnerisch eine durchschnittliche Tagesleistung von ca. 10 bis 11 Litern Milch. Als Eiweißausgleich wurden zusätzlich 1,5 kg einer Eigenmischung beigegeben. Die ganze Mischung, hergestellt in einem 8 m<sup>3</sup> fassenden Futtermischwagen, erhielt eine zusätzliche Aufwertung durch Beigabe eines standardisierten Fertigfutters als Leistungsfutter. Der Umfang der Aufwertung orientierte sich am unteren Leistungsbereich der Versuchstiere. Bei Versuchsbeginn wurde eine Aufmischung auf eine Leistung von ca. 18 Litern Milch vorgenommen. Tiere mit höheren Leistungen erhielten die Kraftfutterspitze im Rotationsmelkstand. Kühe mit sehr hohen Tagesleistungen von 30 - 36 Litern verblieben während zwei Umdrehungen im Melkstand, damit sie genügend Zeit zur Kraftfutterraufnahme hatten. Eine Einteilung der Versuchsherde in Leistungsgruppen war aus versuchstechnischen Gründen nicht möglich, weil die Versuchstiere zufällig auf die einzelnen Gruppen hatten verteilt werden müssen.

Zweimal täglich während der Melkzeit wurde Futter vorgelegt. Die Tiere gewöhnten sich an das Mischfutter sehr rasch. Es wurde ohne Schwierigkeiten aufgenommen, und die Tiere fraßen, ohne lange im Futter zu wühlen. Die Verdaulichkeit des hergestellten Mischfutters betrug nach Analysen des Instituts für Tierernährung der Universität Hohenheim durchschnittlich 74% (35); der Rohfasergehalt der Mischungen belief sich im Mittel auf 22% in der Trockensubstanz und lag damit im Rahmen der Fütterungsrichtlinien für Milchkühe.

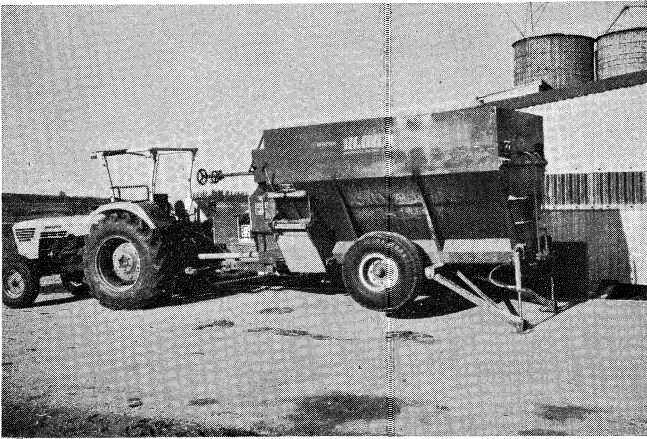


Abb.4: Futtermisch- und verteilwagen mit Wiegeeinrichtung



Um stets eine korrekte Zusammenstellung der Einzelkomponenten im Futtermischwagen zu erhalten, wurde dieser mit einer selbstgebauten elektronischen Wiegeeinrichtung ausgerüstet.

Zur Wiegung ließ sich der Wagen an drei Punkten hydraulisch anheben, nämlich an der Ackerschiene des Schleppers über die Deichsel sowie über zwei am Wagenheck angebrachte Hydraulikzylinder. Meßpunkte waren die Deichsel und zwei Bolzen, die an die Hydraulikzylinder angelenkt waren. Gemessen wurde mit an den Meßstellen angebrachten Dehnungsmeßstreifen, die über 2 Viertel- und 1 Halbbrücke zu einer Vollbrücke zusammengeschaltet waren. Auf diese Weise benötigte man für den Mischwagen nur einen Trägerfrequenzmeßverstärker. Die analogen Signale wurden über einen Spannungswandler an eine Digitalanzeige an der Wagenfront gegeben, wo das Füllgewicht abgelesen werden konnte. Die Wiegeeinrichtung arbeitete mit einer zufriedenstellenden Genauigkeit von ca.  $\pm 1\%$ .

### 3.4 Umfang und Technik der Datenerhebung

Hier ist zunächst zu vermerken, daß neben der Erhebung von Leistungs- und Verhaltensdaten auch Daten des Stall- und Außenklimas aufgenommen wurden. Man ermittelte sie mit 6 Thermohygrographen und einem 6-Kanal-Potentiometer-schreiber mit elektronischen Gebern. Sie erstreckten sich auf:

- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Globalstrahlung
- Regen und Trockenheit
- Luftdruck

Diese Daten wurden jedoch für diese Arbeit nicht ausgewertet.

Aus den oben geschilderten Überlegungen zur Versuchsplanung geht hervor, daß als Datenmaterial für die statistische Auswertung quantitativ erfaßbare Leistungs- und Verhaltensmerkmale vorliegen müssen. In Betracht kommen solche Merkmale, die durch Änderungen des Freßstellenbesatzes beeinflußt werden können.

#### 3.4.1 Leistungsdaten

Die Leistungsdaten werden nach COMBERG und HINRICHSSEN (13) in direkte Leistungsdaten vom Tier (output) und in indirekte Leistungsdaten (input), also Daten der Futteraufnahme, unterteilt.

Von den direkten Leistungsdaten steht im Vordergrund die Milchleistung. Sie wurde außer sonntags täglich morgens und abends gemessen. Im Melkstand war für diese volumetrische Messung jeder Kuhplatz mit einem Milchsammelbehälter ausgerüstet, der das volle Gemelk aufnehmen konnte. Die jeweilige Milchmenge wurde abgelesen und in ein Protokoll eingetragen. Die Meßgenauigkeit war befriedigend; Milch und Schaum waren gut voneinander zu trennen. Die monatliche Milchleistungskontrolle geschah ebenfalls über diese Sammelbehälter.

Der Milchfettgehalt wurde dreimal wöchentlich ermittelt, indem jeweils morgens und abends von derselben Person, die die Milchmenge protokollierte, eine Milchprobe vom Sammelbehälter in ein Probenfläschchen gezogen wurde. Vor der Probenahme ließ man in den unter Vakuum stehenden Behälter Luft ein, um so die Fettanteile in der Milch gleichmäßig zu verteilen. Anschließend wurde das Vakuum mittels einer Schlauchklemme unterbrochen und die Milch

ins Probenfläschchen abgelassen. Die Fettgehaltsbestimmung führte die nächstgelegene Milchprüfstelle mit einem Autoanalyzer durch.

Als weiteres Leistungsmerkmal war vor und nach jedem Versuchsabschnitt das Gewicht der Tiere zu ermitteln. Man wog die Kühe jeweils morgens nach dem Melken. Zur Wiegung wurde eine Laufgewichtswaage im Treibgang platiert, welche die Tiere nach dem Verlassen des Melkstandes zu passieren hatten.

Die Daten für die Futteraufnahme (indirekte Leistungsmerkmale) wurden auf folgende Weise ermittelt: um eine noch größere Genauigkeit bei der Zuteilung des Futters zu erzielen, als dies mit der elektronischen Wiegeeinrichtung des Futtermischwagens möglich war, wurde das Futter in einen handgeschobenen Muldenwagen eingefüllt, aus dem man, nachdem er auf einer Laufgewichtswaage gewogen worden war, das Mischfutter gruppenweise zuteilte. Das nicht verbrauchte Restfutter wurde vor dem Einwiegen zurückgewogen, so daß sich jeweils aus Ein- und Rückwiegen der Nettofuttermittelverbrauch pro Gruppe ergab. Zur Bestimmung des Trockensubstanzgehalts der Mischung zog man von jeder neu gemischten Charge eine Probe. Aus den Daten Nettofuttermittelverbrauch und Trockensubstanzgehalt der Mischung wurde die tägliche Trockensubstanzaufnahme errechnet.

### 3.4.2 Verhaltensdaten

Wichtige Verhaltensdaten im Zusammenhang mit dem Freßstellenbesatz sind in erster Linie das Freßverhalten und das Liege- oder Ruheverhalten. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende Daten:

- Dauer der Freßstellenbelegung
- Häufigkeit der Freßstellenbelegung
- Dauer der Boxenbelegung (Liegen)
- Häufigkeit der Boxenbelegung (Liegeperioden)
- Freßgeschwindigkeit = Quotient aus Futteraufnahme durch Dauer der Freßstellenbelegung

Der Versuchsanordnung im Lateinischen Quadrat entsprechend sind die Daten jeweils als Durchschnittsdaten von der einzelnen Gruppe zu ermitteln.

Was den Datencharakter betrifft, so geht es bei den oben genannten Daten um ein Messen von Zeitspannen und ein Zählen von Belegungen. Für das Erfassen dieser Daten können mehrere Tierbeobachtungstechniken angewandt werden:

1. Erfassen über Handprotokolle: Die Protokollführung erfordert die ständige Anwesenheit besonders dafür geschulter Beobachtungspersonen. Bei laufender Beobachtung von 5 Tiergruppen über 20 Wochen hinweg hätte dies zu einem nicht vertretbaren Personalaufwand geführt. Außerdem hätte man für die Auswertung sehr viel Zeit gebraucht, da solche Aufzeichnungen erst einer gewissen Aufbereitung bedürfen.
2. Registrierung mit Hilfe von Photographie oder Filmtechnik (Serienphotographie, Filmaufnahmen oder Aufnahmen mit einer Videoanlage): Für diese Verfahren bildete die Größe des Versuchsstalles ein Hindernis, weil für eine gleichzeitige Beobachtung der Tiergruppen mehrere Geräte oder Anlagen hätten eingesetzt

werden müssen. Innerhalb von 20 Wochen wäre sehr umfangreiches Filmmaterial angefallen, dessen Bearbeitung ebenfalls viel Zeit in Anspruch genommen hätte. Bei geringerem Versuchsumfang dagegen scheint dieses Verfahren geeignet zu sein: Filmaufnahmen wurden z.B. von EICHHORN u.a. (14) bei dem Versuch zur Freßstelleneinschränkung im Bullenmaststall angewandt.

3. Registrierung mit elektronischen Lichtschranken:  
Hier werden an den Meßstellen (im vorliegenden Fall: Freßstellen und Liegeboxen) elektronische Lichtschranken angebracht, die Zeitmessungen oder das Zählen von Belegungen übernehmen können. Die so erfaßten Daten lassen sich über periphere Geräte so speichern, wie es für die Weiterverarbeitung günstig erscheint. Für die elektronische Datenverarbeitung geeignete Datenträger erleichtern und verkürzen die Auswertungsarbeiten in hohem Maße, was angesichts des über eine lange Versuchsdauer hinweg entstehenden großen Datenanfalls von entscheidender Bedeutung ist. Ins Gewicht fällt auch, daß der Personalaufwand für eine solche Anlage sehr gering ist und die Funktionssicherheit dieser Technik nach Erfahrung von WANDER (65) als hoch eingeschätzt wird. Alle diese Gründe sprachen für eine Lichtschrankenanlage.

Voraussetzung für die Verwendung einer Lichtschrankenanlage zur Datenerfassung war, die Anlage so zu konzipieren, daß sie in dem für den Versuch vorgesehenen Praxisbetrieb installiert und betrieben werden konnte. Stalleinrichtung und Gebäudehülle durften nicht beschädigt werden. Deshalb wurden die Lichtschranken in Metallgehäuse eingebaut, die an den Rohren der Stalleinrichtung angeklemt werden konnten. Man brachte sie an jeder Freßstelle in der Weise an, daß Sender und Empfänger einander in der Ebene des Freßzaunes schräg gegenüberstanden und der Lichtstrahl jeweils die ganze Freßstellenöffnung erfaßte (Abb.5).

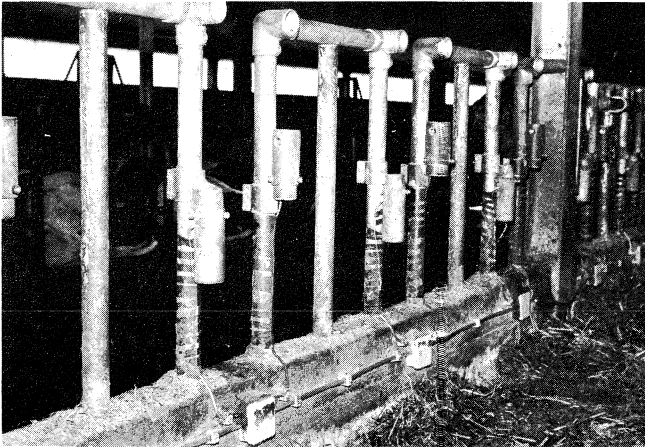


Abb.5: Freßgitterlichtschranks

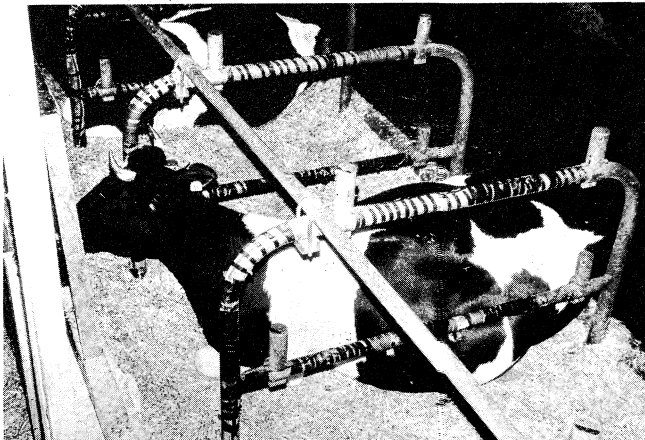


Abb.6: Liegeboxenlichtschranks

Ebenso wurden an den Liegeboxenabtrennungen in ca. 55 cm und 105 cm Höhe Lichtschranken montiert, welche Liegen und Stehen der Kühe in der Box anzeigen sollten. Auch hier geschah die Anbringung von Sender und Empfänger so, daß der Lichtstrahl diagonal durch die Liegebox ging (Abb.6).

Auf diese Weise wurden im ganzen Stall 147 Lichtschranken installiert, davon 27 an dem für die 5 verschiedenen Freßstellenbesätze hergerichteten Freßgitter und 120 an den Liegeboxen. Die Steuerung der Lichtschrankenanlage und die anschließende Auswertung übernahm bei der Anlage von WANDER (61) ein unweit des Versuchsstalles untergebrachter Prozeßrechner. Diese Lösung kam für den Versuch in dem Praxisbetrieb nicht in Betracht. Daher wurden die im Infrarotbereich arbeitenden Lichtschranken von einer speziell für diesen Versuch entwickelten Zentraleinheit gesteuert. Der Ablauf der Datenübertragung kann anhand des Blockschaltbildes der Lichtschrankenanlage in Abbildung 7 verdeutlicht werden. Ein elektronischer Taktgeber (Multiplexer) ist in der Lage, sämtliche 147 Lichtschranken innerhalb von 0,2 Sekunden abzufragen, ob eine Belegung (Unterbrechung des Infrarotlichtstrahls) vorliegt oder nicht. Über eine im Blockschaltbild L/S-Logik genannte Schaltung kann ermittelt werden, ob es sich im Falle der Liegeboxenlichtschranke um liegende oder stehende Kühe handelt. Zeigen beide Lichtschranken oder nur die obere "belegt" an, so steht eine Kuh in der Box, ist jedoch nur der Lichtstrahl der unteren Lichtschranke unterbrochen, so zeigt dies eine liegende Kuh an. Nach der Abfrage und gegebenenfalls der liegend-stehend-Entscheidung spricht die Speichersteuerung einen Verzögerungszeitzähler und nach Ablauf einer kurzen Verzögerungszeit einen Belegungszähler an, der die Belegungszeit in 4-Sekunden-Einheiten zählt. Nach beendeter Belegung und wiederum einer Verzögerungsphase werden die Impulse auf einen Ausgabespeicher übernommen. Die Zwischenschaltung von Verzögerungsphasen schien notwendig, um Bagatellbelegungen durch

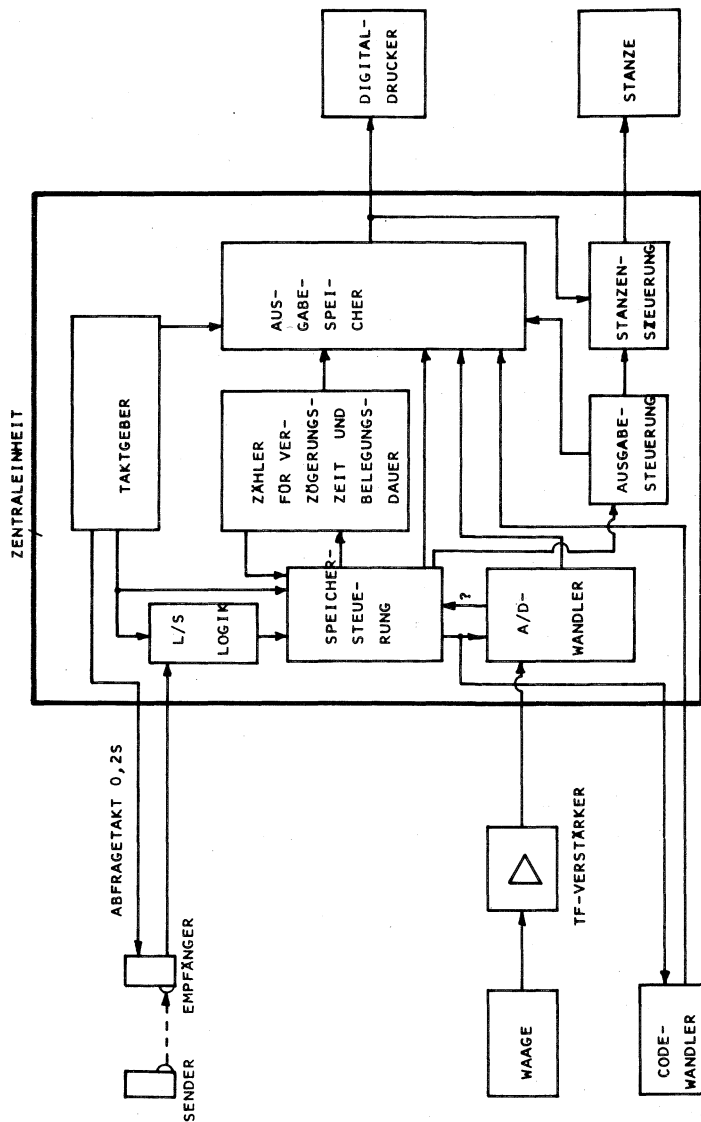


Abb.7: Blockschaltbild der Lichtschränkanlage



Schwanzwedeln o.ä. auszuschalten. Der Ausgabespeicher wiederum steuert die Ausgabe der Impulse an die peripheren Geräte, Digitaldrucker und Lochstreifenstanze. Der Lochstreifenstanze mußte noch eine spezielle Stanzensteuerung vorgeschaltet werden. Auf den Loch- und Druckstreifen wurden das Datum, die Nummer der belegten Lichtschranke, der Zeitpunkt des Endes der Belegung und die Belegungsdauer registriert. Über die Lichtschrankennummer konnte dann bei der Auswertung die betreffende Tiergruppe mit ihrer jeweiligen Behandlung ausfindig gemacht werden. Der Druckstreifen diente als ständige Kontrolle für die Vorgänge der Datenerfassung; der Lochstreifen stellt einen Datenträger dar, der direkt auf einer Computeranlage ausgewertet werden kann.

Die Anlage wurde zusätzlich mit Sicherungs- und Kontroll-einrichtungen ausgerüstet. Sollte eine Lichtschranke länger als zehn Stunden ausfallen, so wurde dies durch Rotdruck auf dem Druckstreifen angezeigt. Bei Stromausfall übernahm sofort eine Autobatterie die Speisung der Zentraleinheit. So blieb die im Ausgabespeicher enthaltene Information erhalten und konnte nach Behebung der Störung wieder auf die peripheren Geräte übernommen werden. Für die rasche Überbrückung solcher Engpässe stand ein Notstromaggregat bereit. Mit einem Kontrollgerät, das an das System angeschlossen werden konnte, war man in der Lage, die Funktion der Lichtschranken zu überprüfen. Am Kontrollgerät war für jede Lichtschranke eine Leuchtdiode angebracht, die bei Belegung aufleuchtete, bei Nichtbelegung aber nur glimmte. Morgens und abends während des Melkens bei nichtbelegten Freßstellen und Boxen kontrollierte man die Lichtschranken. Leuchtete trotz der Abwesenheit von Kühen eine Leuchtdiode auf, so handelte es sich dabei um eine defekte, dejustierte oder verschmutzte Lichtschranke. Auf diese Weise stand die Anlage ständig unter Bewachung.

Zentraleinheit und periphere Geräte durften nicht dauernden Temperaturschwankungen und hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt werden, wie dies im Stall der Fall gewesen wäre. Daher wurde unmittelbar neben dem Stall eine transportable heizbare und wärmegeämmte Meßkabine aufgestellt, die das elektronische Gerät aufnahm. Die einzelnen Lichtschranken im Stall waren mit dieser Zentrale und untereinander mit abgeschirmten Kabeln verbunden (Abb.8).

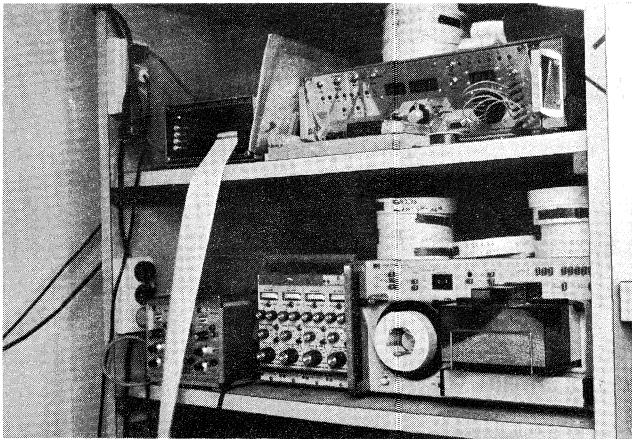


Abb.8: Elektronische Geräte in der Meßkabine

### 3.4.3 Zusätzliche Datenerhebung durch Beobachtung der Einzeltiere einer Tiergruppe

Die in den Abschnitten 3.4.1 und 3.4.2 dargestellte Erfassung der Leistungs- und Verhaltensdaten zielt auf die Ermittlung von Durchschnittswerten einer ganzen Tiergruppe ab. Diese Werte gehen in das Auswertungsschema des Lateinischen Quadrats ein. Für eine statistische Versuchsanlage stellt, wie in Abschnitt 3.1 erläutert, nicht das Einzeltier sondern die Tiergruppe, bestehend aus 12 Tieren, die Versuchseinheit dar. Über die dem Versuchsplan entsprechende Datenerhebung hinaus interessieren aber auch Daten einzelner Tiere. Mit Hilfe solcher Daten können beim Einzeltier Leistungsentwicklung und Verhalten bei verschiedenen Freßstellenbesätzen und unter Berücksichtigung des sozialen Rangs des betreffenden Tieres verfolgt werden. Daten des Sozialverhaltens, also Daten, die eher in einen qualitativen als in einen eindeutig quantitativ erfaßbaren Bereich gehören, sind für die Beurteilung der Wirkungen verschiedener Freßstellenbesätze ebenfalls von Belang. Diese zusätzlichen Daten wurden nur bei der Tiergruppe II, im folgenden "Beobachtungsgruppe" genannt, als Ergänzung und parallel zur statistischen Versuchsanlage im Lateinischen Quadrat erhoben.

Milchleistung, Fettgehalt und Tiergewicht fallen naturgemäß als Daten vom Einzeltier an. Dies ist lediglich bei der Ermittlung der Futteraufnahmedaten nicht der Fall. Für die Registrierung der individuellen Futteraufnahme wurden daher spezielle Futterwaagen für jede Freßstelle konstruiert (Abb.9). Dabei handelt es sich um Waagen nach dem Schräglenkerprinzip, bestehend aus zwei Rahmen, von denen einer als Tragrahmen, der andere als Wiegerahmen ausgebildet ist. Trag- und Wiegerahmen sind durch 4 unter einem Winkel von  $45^{\circ}$  angelenkte Bleche miteinander verbunden. Auf dem Wiegerahmen wird der Wiegebehälter in Form eines Holztrogaufsatzes

befestigt. Die Kraft, mit der der Wiegerahmen belastet wird, verleiht diesem die Tendenz, an den Schrägblechen in die Senkrechte zu schwingen. Dies wird durch einen Kraftaufnehmer verhindert, der einerseits mit dem Wiegerahmen und andererseits mit einem am Tragrahmen befestigten Biegestab verbunden ist. Auf diesem Biegestab ist ein Dehnungsmeßstreifen aufgeklebt, über den die auf den Wiegerahmen aufgebrachte Kraft gemessen werden kann.

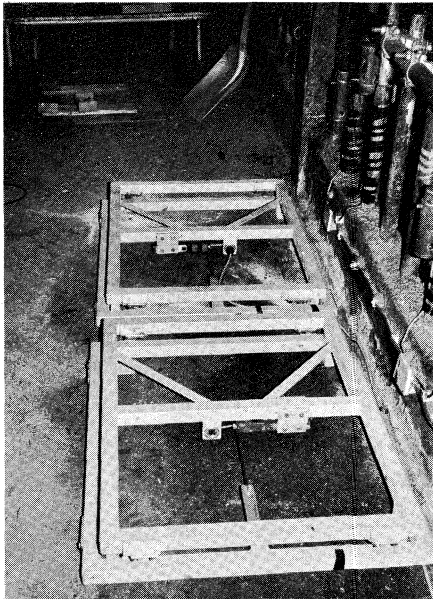


Abb.9: Elektronische Schräglenkerwaagen

Zur Registrierung der individuellen Futteraufnahme wurden die Waagen mit den Holztrogaufsätzen vor den Freßstellen montiert und über einen Adapter an die Lichtschrankenanlage angeschlossen. Bei Unterbrechung einer Freßstellenlichtschranke durch eine Kuh erfolgt sofort eine Gewichts-

bestimmung. Der erfaßte analoge Meßwert wird von einem Trägerfrequenzmeßwertverstärker verstärkt und über einen Analog-Digital-Wandler digitalisiert (s. Abb. 7, Blockschaltbild einer Lichtschrankenanlage). Darüber hinaus führt über Ausgabespeicher und Ausgabesteuerung derselbe Schaltungsweg zu den peripheren Geräten Digitaldrucker und Lochstreifenstanze. Wird die Freßgitterlichtschranke nach dem Fressen freigegeben, löst dies wiederum eine Wiegung aus, so daß aus Anfangs- und Endgewicht die jeweilige Futteraufnahme bestimmt werden kann. Ein Beobachter hat dabei die Nummer der gerade fressenden Kuh über einen Code-Wandler in das System einzugeben (Abb. 10).



Abb. 10: Vor dem Freßgitter installierte Futterwaagen mit Holztrogaufsatz

Die mittels der peripheren Geräte ausgegebenen Daten werden somit um die folgenden erweitert: Kuhnnummer, Waagennummer und Futtergewicht bei Beginn und Ende der Freßtätigkeit. Man erhält so zusätzliche Informationen hinsichtlich der Futteraufnahme sowie der Freßzeiten und Freßhäufigkeit der einzelnen Tiere der Beobachtungsgruppe.

Zur leichteren Identifizierung der zu beobachtenden Kühe wurden die für die Zeit des Versuches eingeführten besonderen Kuhnnummern mit Fassadenfarbe auf das Fell der Tiere aufgebracht. Kaltbrand verbot sich, weil "Versuchsnummern" und "Betriebsnummern" verschieden waren. Versuche mit Wollfarbe u.a. scheiterten. Die Fassadenfarbe blieb etwa für eine Woche sichtbar und mußte dann erneuert werden.

Diese Messungen der individuellen Futteraufnahme und der dazugehörigen Freßzeiten und Freßhäufigkeit wurden in den beiden letzten Wochen jedes Versuchsabschnittes durchgeführt. Da für jede Freßstelle ein Trägerfrequenzmeßwertverstärker notwendig war, aber nur 6 zur Verfügung standen, kamen die Messungen nur für die Freßstellenbesätze 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6 in Betracht.

Während der oben beschriebenen Messungen waren in 4-stündigem Wechsel ständig Personen zur Eingabe der Kuhnnummern und zur Beobachtung der Tiere eingeteilt. Sie hatten in einem Handprotokoll auch die individuellen Liegezeiten der Kühe festzuhalten, indem sie Anfang und Ende der Liegezeit, Kuh- und Boxennummer registrierten.

Eine weitere Aufgabe der Beobachter war die Ermittlung von Daten über das Sozialverhalten der Tiere. Durch Handprotokoll erfassten sie die Verdrängungen innerhalb der Beobachtungsgruppe (Abb.11).

Beobachtungsprotokoll

Datum: 23.3.76.

| Boxen-<br>Nr.<br>Zeit | 73 | 75 | 77 | 79 | 81 | 83 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | Über-<br>legen | Unter-<br>legen |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|-----------------|
| 08 10                 |    |    |    |    |    |    | 25 | 36 | 29 |    | 30 |    |                |                 |
| 17                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 27             | 32              |
| 19                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 26             | 30              |
| 25                    |    |    | 33 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                |                 |
| 26                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 27             | 34              |
| 27                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 26             | 30              |
| 38                    |    |    |    |    |    |    |    | -  |    |    |    |    |                |                 |
| 42                    |    | 35 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                |                 |
| 57                    |    |    |    |    | 26 |    |    |    |    |    |    |    | 27             | 28              |
| 09 09                 |    |    |    |    |    |    |    | -  |    |    |    |    |                |                 |
| 10                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 27 |    |    |                |                 |
| 18                    |    |    | 36 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                |                 |

Abb.11: Muster des Handprotokolls zur Erfassung individueller Liegezeiten und der Verdrängungsaktivitäten

Als Verdrängungen werden nach PORZIG (44) "alle Droh- und Angriffshandlungen bezeichnet, die zur Flucht oder zum Abdrehen des Gegners führen, die Flucht des Gegners auf eine Drohgeste, das Abdrehen einer Kuh vom drohenden Gegner, der Erfolg beim gegenseitigen Abdrängen während des Fressens und das Aufjagen liegender Kühe." Der Protokollant trug die Nummer der unterlegenen bzw. überlegenen Kuh in die Spalten "unterlegen" oder "überlegen" ein. Die Uhrzeit wurde

ebenfalls vermerkt. Dadurch ergaben sich einmal der Verlauf der Verdrängungsaktivitäten über den Tag hinweg und zum andern eine große Anzahl von Dominanzbeobachtungen bei jedem der von der Beobachtungsgruppe geprüften Freßstellenbesätze. Aus diesen Dominanzpaarungen läßt sich die soziale Rangordnung der Beobachtungsgruppe für die verschiedenen Freßstellenbesätze aufstellen. Damit wird nachprüfbar, ob zwischen den verschiedenen Besätzen Verschiebungen in der Rangordnung eintraten.

Nach BRANTAS (11) und SAMBRAUS (49) ergeben sich für eine Kuhherde mit  $n$  Tieren  $\frac{n(n-1)}{2}$  mögliche Dominanzbeziehungen, die in der Regel nicht linear sind. Zur Bestimmung der sozialen Rangordnung schien die Indexmethode nach BRANTAS (11), modifiziert durch SAMBRAUS (48), am meisten geeignet zu sein. Trotz intensiver Beobachtungen können nicht für alle Tierkombinationen dominanzanzeigende Ermittlungen gemacht werden. Es ergeben sich Notierungen, nach denen das als ranghöher erkannte Tier trotzdem ein- oder mehrfach unterlegen war. Nach SAMBRAUS (49) ist ein Dominanzverhältnis dann geklärt, wenn mindestens 2 sich nicht widersprechende Beobachtungen vorliegen oder ein Tier mindestens zweimal häufiger als das andere ranghöher eingestuft wurde. Hatte das tieferstehende Rind jedoch 3 oder mehr Dominanzen, dann gilt das soziale Verhältnis dieser beiden Tiere als ungeklärt. Solche Unklarheiten können bei Verwendung der Indexmethode zur Bestimmung der Rangordnung ausgeschaltet werden. Der Dominanzindex einer Kuh stellt das Verhältnis zwischen der Zahl der rangmäßig unterlegenen zur Zahl derjenigen Herdenmitglieder dar, zu denen das Dominanzverhältnis geklärt ist. Dieser Index kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen. Die Rangordnung wird nun nach der Reihenfolge der Indexzahlen festgelegt, wobei die Rangposition umso höher ist, je höher die Indexzahl ausfällt. Dieser Index ist von der Tierzahl unabhängig und daher für Herdenvergleiche geeignet. Der sozialen



Rangordnung kommt bei Verringerung der Freßstellen eine besondere Bedeutung zu, da sich die Tiere dann in Konkurrenz um die vorhandenen Freßstellen befinden.

### 3.5 Methode der Auswertung

Die Auswertung des 5 x 5 - Lateinischen Quadrats geschieht durch eine Varianzanalyse. Dabei wird die Gesamtvarianz in verschiedene Komponenten und den ungeklärten Rest, für den es keine Gruppierungsmöglichkeit mehr gibt, zerlegt. Dieser Rest wird dem Zufall zugeschrieben (Rest-, Zufalls-, Fehlervarianz). Die Bewertung der Fehlervarianz wird mit dem F-Test vorgenommen.

Im folgenden wird die Verrechnung des 5 x 5 - Lateinischen Quadrats nach MUDRA (33) und (LOCHOW (32) an einem praktischen Beispiel aus dem Versuch gezeigt. Das 5 x 5 - Lateinische Quadrat ergibt eine Aufteilung der Freiheitsgrade von:

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| Gesamt . . . . .             | 25 - 1     |
| Versuchsabschnitte . . . . . | 5 - 1      |
| Gruppen . . . . .            | 5 - 1      |
| Freßstellenbesätze . . . . . | 5 - 1      |
| Fehler . . . . .             | 4 x 3 = 12 |

Für das Beispiel wurde die Verrechnung des Leistungsmerkmals Milchleistung ausgewählt. Die gemessenen Werte der Milchleistung werden dabei, wie in Tabelle 1 dargestellt, aufbereitet.

Tab.1: Milchleistung von 5 Gruppen über 5 Versuchsabschnitte  
bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

| Gruppe                  | V e r s u c h s a b s c h n i t t |              |              |              |              | Gruppen-<br>summe |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
|                         | 1                                 | 2            | 3            | 4            | 5            |                   |
| I                       | 1:3<br>19,21                      | 1:1<br>17,93 | 1:6<br>16,60 | 1:2<br>16,15 | 1:4<br>15,94 | 85,83             |
| II                      | 1:1<br>20,04                      | 1:6<br>18,38 | 1:2<br>17,30 | 1:4<br>16,00 | 1:3<br>14,87 | 86,59             |
| III                     | 1:6<br>20,63                      | 1:2<br>19,10 | 1:4<br>17,36 | 1:3<br>15,80 | 1:1<br>15,45 | 88,34             |
| IV                      | 1:4<br>19,17                      | 1:3<br>17,47 | 1:1<br>16,24 | 1:6<br>14,83 | 1:2<br>13,78 | 81,49             |
| V                       | 1:2<br>22,17                      | 1:4<br>21,19 | 1:3<br>20,95 | 1:1<br>20,03 | 1:6<br>18,50 | 102,84            |
| Versuchs-<br>abschn.Se. | 101,22                            | 94,07        | 88,45        | 82,81        | 78,54        | 445,09            |
| FSB<br>FSB-Se.          | 1:1<br>89,69                      | 1:2<br>88,50 | 1:3<br>88,30 | 1:4<br>89,66 | 1:6<br>88,94 | 445,09            |

Zuerst müssen die Gruppendurchschnittswerte der Milchleistung jeweils über den ganzen Versuchsabschnitt addiert werden. Die Gruppendurchschnittsleistung über den ganzen Versuchsabschnitt hinweg erhält man, indem man die errechnete Summe durch die Anzahl der Versuchstage pro Versuchsabschnitt dividiert. Die so für jede Gruppe und jeden Versuchsabschnitt errechneten Durchschnittswerte werden in die Quadrate mit den entsprechenden Freßstellenbesätzen wie in Tabelle 1 eingetragen. Zusätzlich werden am rechten Rand der Tabelle die Gruppensummen ermittelt, am unteren Rand die Versuchsabschnitts- und die Freßstellenbesatzsummen. Addiert man die 5 Gruppen-, Versuchsabschnitts- und Freßstellenbesatzsummen, so muß sich jeweils der gleiche Gesamtwert ergeben.

Als nächster Schritt in der Varianzanalyse wird das Subtraktionsglied (SG) berechnet. Dazu wird die Summe der Einzelwerte ( $\sum x$ ) entsprechend Tabelle 1 quadriert und durch die Anzahl aller Einzelwerte (N) dividiert:  
 $SG = (\sum x)^2 / N$ . Für das hier vorliegende Beispiel errechnet sich das Subtraktionsglied wie folgt:

$$SG = (19,21 + 17,93 + \dots + 18,50)^2 / 25 = 7924,20$$

Als nächster Rechenschritt werden die Summen der Abweichungsquadrate (SQ) für jede Streuungskomponente errechnet:

SQ - Gesamt

$$\begin{aligned} &= \text{Summe der Quadrate aller Einzelwerte } (\sum x)^2 \text{ abzüglich des Subtraktionsgliedes (SG)} \\ &= (19,21^2 + 17,93^2 + \dots + 18,50^2) - 7924,20 = 121,85 \end{aligned}$$

SQ - Versuchsabschnitte

$$\begin{aligned} &= \text{Summe der Quadrate aller Versuchsabschnittssummen dividiert durch 5 minus Subtraktionsglied} \\ &= (101,22^2 + 94,07^2 + \dots + 78,54^2) / 5 - 7924,20 = 64,62 \end{aligned}$$

SQ - Gruppen

$$\begin{aligned} &= \text{Summe der Quadrate aller Gruppensummen dividiert} \\ &\quad \text{durch 5 minus Subtraktionsglied} \\ &= (85,83^2 + 86,59^2 + \dots + 102,84^2)/5 - 7924,20 = 52,85 \end{aligned}$$

SQ - Freßstellenbesätze

$$\begin{aligned} &= \text{Summe der Quadrate aller Freßstellenbesatzsummen} \\ &\quad \text{dividiert durch 5 minus Subtraktionsglied} \\ &= (89,69^2 + 88,5^2 + \dots + 88,94^2)/5 - 7924,20 = 0,34 \end{aligned}$$

SQ - Fehler

$$\begin{aligned} &= \text{SQ-Gesamt minus SQ- Versuchsabschnitte minus SQ-Grup-} \\ &\quad \text{pen minus SQ-Freßstellenbesätze} \\ &= 121,85 - 64,62 - 52,85 - 0,34 = 4,04 \end{aligned}$$

Anschließend wird eine Varianztabelle aufgestellt, in der aus den Quotienten Abweichungsquadrate (SQ) dividiert durch Freiheitsgrade (FG) die mittleren Abweichungsquadrate (MQ) oder Varianzen ( $s^2$ ) errechnet werden (Tab.2).

Tab.2: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Milchleistung

|              | FG | SQ     | MQ    | F                   |
|--------------|----|--------|-------|---------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 64,62  | 16,15 | 47,92 <sup>++</sup> |
| Gruppen      | 4  | 52,85  | 13,21 | 39,20 <sup>++</sup> |
| FSB          | 4  | 0,34   | 0,085 | 0,25                |
| Fehler       | 12 | 4,04   | 0,337 |                     |
| Gesamt       | 24 | 121,85 |       |                     |

Die F-Werte für die 3 Streuungskomponenten, nämlich Versuchsabschnitte, Gruppen und Freßstellenbesätze, werden als Quotient aus dem MQ-Wert der jeweiligen Streuungskomponente und dem MQ-Wert des Fehlers berechnet. Die Signifikanzprüfung kann nun dadurch vorgenommen werden, daß in der F-Tabelle die Grenzwerte für F mit 4 und 12 Freiheitsgraden nachgesehen werden. Sie betragen im Beispiel des  $5 \times 5$  - Lateinischen Quadrats für Signifikanz 3,26 (d.h. mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P = 5\%$ ) und für hohe Signifikanz 5,41 (d.h. mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P = 1\%$ ). Aufgrund der im Beispiel ermittelten Werte ist zu sehen, daß die Milchleistung zwischen den Gruppen und den Versuchsabschnitten hochsignifikant variiert. Die Unterschiede in der Milchleistung zwischen den Freßstellenbesätzen sind dagegen unwesentlich. Demnach variiert die Milchleistung unabhängig vom Freßstellenbesatz.

Mit Hilfe des hier dargestellten Ansatzes sind sämtliche in der Versuchsanstellung ermittelten Leistungs- und Verhaltensmerkmale auf ihre Beeinflussung durch den Freßstellenbesatz zu prüfen. Zur Verrechnung des Lateinischen Quadrats müssen, wie oben dargestellt (Tab.1), als Ausgangswerte die Gruppendurchschnittswerte jeweils für einen ganzen Versuchsabschnitt ermittelt werden. Die Durchschnittswerte für die überschaubaren und in Handprotokollen festgehaltenen Daten der Leistungsmerkmale Milchleistung, Fettgehalt, Futteraufnahme und Tiergewicht wurden aus den Protokollen mit dem Tischrechner erhoben. Die weiteren Schritte der varianzanalytischen Auswertung geschahen mit Hilfe des programmierbaren Tischrechners HP-65.

Für die auf Lochstreifen registrierten Tierverhaltensdaten (ca. 3 Millionen Einzeldaten) mußte ein anderer Weg der Aufbereitung gewählt werden. Diese wurden im Rechenzentrum der Universität Hohenheim über einen Lochstreifenleser eingelesen und auf Magnetband übertragen. Im weiteren Verlauf der Auswertung mußten die Versuchsabschnitts-

Gruppendurchschnittswerte als Grundlage der varianzanalytischen Verrechnung ermittelt werden. Zu diesem Zweck erstellte man ein dafür geeignetes Programm in der Programmiersprache FORTRAN IV, mit dem die auf Magnetband befindlichen Daten in der Großrechenanlage der Universität Hohenheim, einer ICL 1904 A, ausgewertet wurden.

Anhand des Beispiels "Belegungsdauer am Freßgitter" sei der Programmablauf erläutert: aufgrund des eingegebenen Datums können die einzelnen Versuchstage und mit Hilfe der Lichtschrankennummern die einzelnen Tiergruppen mit dem entsprechenden Freßstellenbesatz auseinandergehalten werden. Für jede Gruppe und jeden Versuchstag werden nun die Belegungszeiten der Freßgitterlichtschranken addiert und durch die Anzahl der Tiere (je 12) pro Gruppe dividiert. Daraus ergeben sich die Tages-Gruppendurchschnittswerte für die Freßgitterbelegung. Diese werden für den gesamten Versuchsabschnitt addiert und durch die Anzahl der Versuchstage pro Versuchsabschnitt dividiert. Das so errechnete Ergebnis stellt den gewünschten Versuchsabschnitts-Gruppendurchschnittswert für die Freßgitterbelegung dar. Analog dazu werden die Werte für alle anderen mit der Lichtschrankenanlage registrierten Verhaltensmerkmale ermittelt. Die weiteren varianzanalytischen Berechnungen werden mit dem programmierbaren Tischrechner vorgenommen.

### 3.6 Versuchsbetreuung und Erfahrungen bei der Versuchsdurchführung

Der Versuch fand in der Winterfütterungsperiode 1975/76 von Dezember bis April statt. Die ständige Überwachung des Versuches oblag zwei Personen. Ihre Tätigkeit umfaßte:

- die Herstellung der Futtermischungen und die Zuteilung an die Tiergruppen
- den Umtrieb der Tiere zum Melkstand hin und zurück
- die Notierung der Milchleistung und die Milchprobenahme während des Melkens
- die Überwachung der Lichtschrankenanlage mit dem dazugehörigen Gerät

Während der Versuchsphasen, in denen zusätzliche Leistungs- und Verhaltensdaten durch Beobachtung erhoben werden mußten und an den Tagen, an denen die Kühe gewogen wurden, standen zusätzlich 2 weitere Personen zur Verfügung.

Die gesamte Technik für die elektronische Datenerhebung wurde in Zusammenarbeit mit der Meßtechnik- und Werkstattabteilung des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim entwickelt, gebaut und installiert.

Der Umbau des 4-reihigen Liegeboxenlaufstalles in mehrere getrennte Abteilungen brachte für den Umtrieb der Tiere zum Melken keinen Nachteil, da die leicht schwenkbaren und sicher arretierbaren Buchtenabtrennungen einen reibungslosen Verkehr gestatteten. So konnte eine Person den Umtrieb bewältigen, ohne daß die Leistung des Rotationsmelkstandes beeinträchtigt wurde oder die Gefahr bestand, daß Tiere in falsche Buchten gerieten.

Die Herstellung einer wiederkäuergerechten Futtermischung unter Einbeziehung langfasriger Komponenten wie Heu- und Grassilage warf anfänglich Schwierigkeiten auf wegen mehrmaligen Kettenbruchs am Futtermischwagen. Ein Austausch der Rührflügelwelle gegen eine solche mit geringerer Steigung und teilweise geschlossenen Rührflügeln schaffte Abhilfe. Die mobile Futtermischtechnik kann somit für die Herstellung kompletter Milchviehrationen als ausgereift und praxistauglich bezeichnet werden.

Die Lichtschranksanlage erwies sich als ein sehr zuverlässiges Instrument; Ausfälle einzelner Lichtschranks gab es durch Verschmutzung des Glases vor der Fotodiode oder vor dem Fototransistor und seltener durch Dejustierung. Solche Pannen konnten bei den täglichen Routinekontrollen entdeckt und behoben werden. Ständig überwacht werden mußten auch die Verbindungskabel zwischen den Lichtschranksen, die, um Beschädigungen zu vermeiden, an der Stalleinrichtung mit Isolierband befestigt waren. Durch Scheuern der Tiere wurde das Band stellenweise beschädigt, so daß nachgebessert werden mußte.

Der über die Lichtschranksanlage vermittelte enorme Datenanfall führte an eine obere Grenze der Verwendbarkeit der peripheren Geräte Digitaldrucker und Lochstreifenstanze. Beim Drucker mußten einige Male stundenweise Ausfälle durch Defekte hingenommen werden, so daß die Datenregistrierung ohne optische Kontrolle durch die Betreiber weiterlaufen mußte. Die Lochstreifenstanze hatte keine technischen Pannen zu verzeichnen, stellte jedoch beim Wechsel des Lochstreifens manchmal vor Probleme. Nach Möglichkeit wurde der Streifenwechsel während des Melkens vorgenommen; war jedoch ein Wechsel während des laufenden Meßbetriebes fällig, gingen zwangsläufig einige Datensätze verloren. Mit den zahlreich anfallenden gestanzten Lochstreifen mußte sorgfältig umgegangen werden, um mechanische Beschädigungen zu vermeiden. Solche Beschädigungen, also etwa schon wenige eingerissene Führungslochungen, führten zu einem Stopp beim Einlesen oder zum Abreißen des Streifens. Beim Einlesen der Lochstreifen in das optische Lesegerät mußte also sehr behutsam verfahren werden, um den Zeitaufwand in Grenzen zu halten. Hätte man die Daten an Ort und Stelle bei laufendem Versuch auf einen magnetischen Datenträger aufnehmen können, wäre der große Datenanfall leichter zu bewältigen gewesen. Ein derartiges Verfahren hätte jedoch wesentlich höhere Geräte-



kosten verursacht und außerdem ein konstantes Raumklima vorausgesetzt, was in dem Praxisbetrieb nicht zu schaffen gewesen wäre.

Der Versuchstierbestand kann im wesentlichen als gesund und unproblematisch bezeichnet werden. Eine Kuh aus der Beobachtungsgruppe jedoch verendete gegen Schluß des zweiten Versuchsabschnittes an einer Vergiftung unbekannter Ursache. Sie wurde im nachfolgenden Versuchsabschnitt durch eine Kuh mit ähnlichen Lebens- und Leistungsdaten ersetzt. Eine Kuh mußte wegen einer Zitzenverletzung behandelt werden; im übrigen waren einige leicht verlaufende Klauenerkrankungen zu verzeichnen. Wenn eine Kuh rinderte, wurde einer der beiden Bullen der Herde in die betreffende Bucht verbracht; nie wurde deshalb eine Kuh aus ihrer Gruppe herausgenommen.

Betriebs- und Versuchsgeschehen liefen eng verzahnt nebeneinander ab. Die Unterstützung der Versuchstätigkeit von seiten des Betriebes war vorbildlich. Insgesamt kann gesagt werden, daß der Versuch in dem ausgewählten Praxisbetrieb unter sehr günstigen Bedingungen durchgeführt werden konnte.

#### 4 Ergebnisse der Untersuchungen

##### 4.1 Einfluß unterschiedlicher Freßstellenbesätze auf die tierische Leistung

Dieser Abschnitt der Arbeit bringt die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung der nach der Versuchsanlage des Lateinischen Quadrats angelegten Untersuchungen für die direkten und indirekten Leistungsdaten.

##### 4.1.1 Tatsächliche und fettkorrigierte Milchleistung

In Abschnitt 3.5 wurden am Beispiel der im Versuch ermittelten tatsächlichen Milchleistungen Auswertung und Verrechnung des 5 x 5 - Lateinischen Quadrats demonstriert. Die Milchleistungsergebnisse der Gruppen in den einzelnen Versuchsabschnitten sind in Tabelle 1 und die Ergebnisse der Auswertung in Tabelle 2 (Varianztabelle) dargestellt. Aus diesen Tabellen ist ersichtlich, daß der Freßstellenbesatz keinen signifikanten Einfluß auf die Milchleistung hat. Zum Zweck des Leistungsvergleichs wird meist die sogenannte FCM-Milchleistung herangezogen. FCM ist die Abkürzung für "fat corrected milk" und bedeutet nach HELFFERICH und GÜTTE (24) die energieäquivalente Menge Milch mit einem Fettgehalt von 4%. Die Umrechnungsformel nach Frederiksen und Gainer (zit. nach Helfferich und Gütte) lautet:

$$x \text{ kg Milch mit } y\% \text{ Fett} = x (0,4 + 0,15y) \text{ kg FCM}$$

Mit dieser Formel werden die tatsächlichen Milchleistungen mit ihrem jeweiligen Fettgehalt in kg FCM umgerechnet.

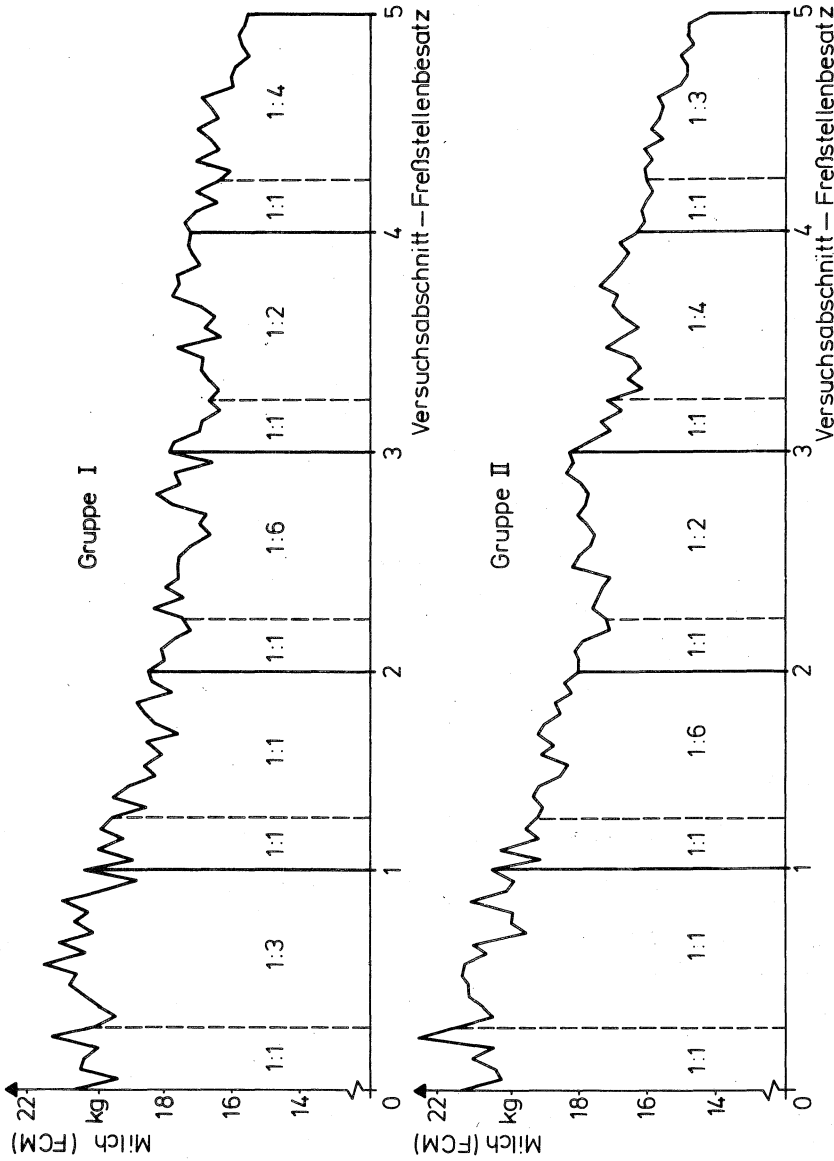


Abb.12: Laktationsverlauf der Versuchsgruppen I und II bei 5 verschiedenen Freistellenbesätzen über 20 Wochen

Abbildung 12 zeigt als Beispiel den Laktationsverlauf in kg FCM der Versuchsgruppen I und II bei den 5 geprüften Freßstellenbesätzen. Auch die jedem Versuchsabschnitt vorgeschaltete Übergangsphase mit Besatz 1:1 wird auf dieser Abbildung erkennbar. Leistungseinbrüche, wie sie bei den extremen Freßstellenbesätzen 1:4 und 1:6 etwa erwartet werden konnten, sind aus den Kurven nicht feststellbar. Diese scheinen vielmehr Teil eines ganz normalen Laktationsverlauf zu sein. Einen ähnlichen Verlauf weisen die Milchleistungskurven der 3 anderen im Versuch stehenden Gruppen auf. Der optische Eindruck wird durch die Ergebnisse der Varianzanalyse erhärtet. Die Varianztabelle (Tab.3) weist aus, daß sich die FCM-Milchleistung zwischen den Freßstellenbesätzen nicht erheblich unterscheidet.

Tab.3: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die FCM-Milchleistung

|              | FG | SQ     | MQ    | F                   |
|--------------|----|--------|-------|---------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 66,68  | 16,67 | 94,72 <sup>++</sup> |
| Gruppen      | 4  | 44,45  | 11,11 | 63,14 <sup>++</sup> |
| FSB          | 4  | 0,29   | 0,072 | 0,412               |
| Fehler       | 12 | 2,11   | 0,176 |                     |
| Gesamt       | 24 | 113,53 |       |                     |

Hinsichtlich der Leistungen zwischen den Versuchsabschnitten und den Gruppen sind allerdings sehr erhebliche Unterschiede sichtbar. In Abbildung 13 sind für die einzelnen

Freßstellenbesätze die Durchschnittswerte pro Kuh und Tag der FCM-Milchleistung angegeben, wie sie sich bei der Bildung der Freßstellenbesatzsummen in der varianzanalytischen Verrechnung des Lateinischen Quadrats ergeben. Diese Werte sind um die Einflüsse der Versuchsabschnitte (Zeit) und der Gruppen bereinigt. Hier wird wieder deutlich, wie dicht die bereinigten Werte beieinander liegen.

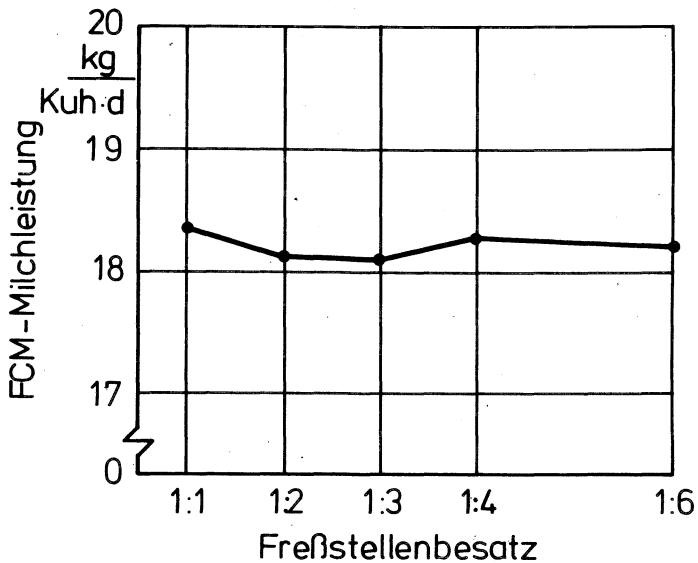


Abb.13: Durchschnittliche tägliche FCM-Milchleistung bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

#### 4.1.2 Milchfettgehalt

Für die Ermittlung der FCM-Milchleistung (s. 4.1.1) wurden die dreimal wöchentlich erhobenen Fettgehaltswerte bereits verwendet. Der Verlauf dieser Werte wird hier noch einmal separat betrachtet. Abbildung 14 zeigt

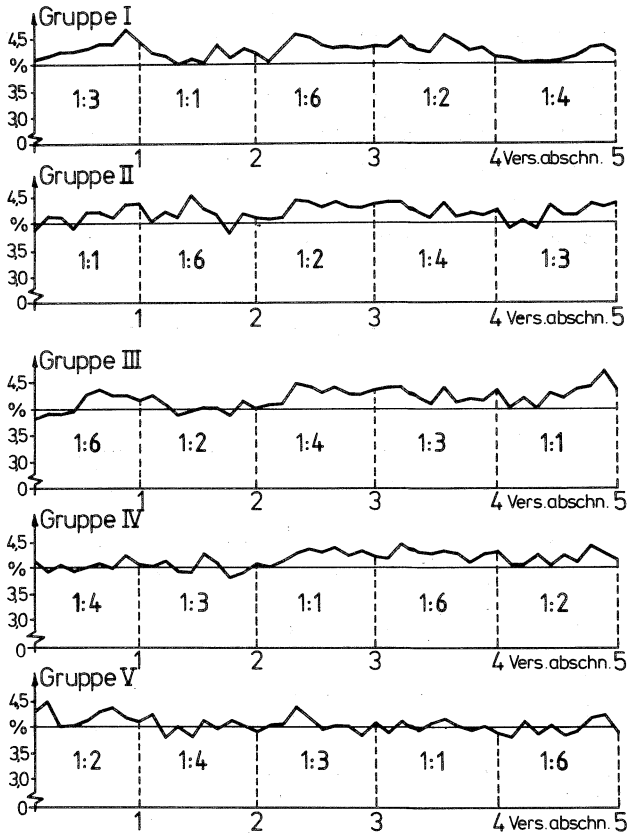


Abb.14: Verlauf der Fettgehaltswerte der 5 Versuchsgruppen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen über 20 Wochen

den Verlauf der Fettgehaltswerte aller 5 Versuchsgruppen bei den 5 Besätzen über die ganze Versuchsdauer hinweg. Diese Fettgehaltswerte weisen einen sehr gleichmäßigen Verlauf auf und bewegen sich auf einem für eine

schwarzbunte Herde hohen Niveau von fast durchweg über 4%. Lediglich Gruppe 5 fällt etwas ab, da in dieser Gruppe mehrere in der ersten Laktation befindliche Tiere standen. Bei den extremen Freßstellenbesätzen sind auch hier, wie nach den dargestellten FCM-Milchleistungswerten zu vermuten war, keine Leistungseinbrüche zu beobachten. Das Rechenergebnis weist dementsprechend keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den verschiedenen Freßstellenbesätzen in bezug auf den Fettgehalt auf (s.Tab.4).

Tab.4: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf den Fettgehalt

|              | FG | SQ     | MQ     | F                 |
|--------------|----|--------|--------|-------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 0,10   | 0,025  | 2,92              |
| Gruppen      | 4  | 0,15   | 0,037  | 4,38 <sup>+</sup> |
| FSB          | 4  | 0,007  | 0,0018 | 0,21              |
| Fehler       | 12 | 0,1027 | 0,0085 |                   |
| Gesamt       | 24 | 0,36   |        |                   |

Auch zwischen den verschiedenen Versuchsabschnitten zeigen die Fettgehaltswerte keine signifikanten Unterschiede. Der F-Wert mit 2,92 ist jedoch nicht weit von der Signifikanzschwelle (3,26) entfernt. Trotzdem wird ersichtlich, daß der Zeitfaktor innerhalb der Laktation keinen allzu großen Einfluß auf den Milchfettgehalt hat. Zwischen den Gruppen existieren aber auch hier beachtenswerte Unterschiede. Der über Gruppen- und Versuchsabschnitte hinweg

für jeden geprüften Freßstellenbesatz ermittelte durchschnittliche tägliche Milchfettgehalt variiert so gering, daß sein Verlauf fast als Parallele zur x-Achse erscheint (Abb.15). Diese sehr geringen Schwankungen finden auch in dem geringen F-Wert von 0,21 für die Varianz der Freßstellenbesätze ihren Ausdruck.

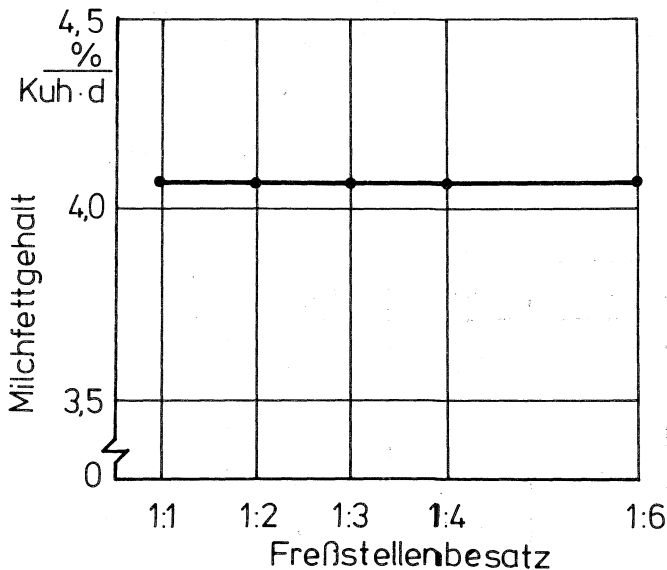


Abb.15: Durchschnittlicher täglicher Milchfettgehalt bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

#### 4.1.3 Tiergewicht

Der Verlauf des vor und nach jedem Versuchsabschnitt festgestellten Tiergewichts für die 5 Gruppen ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Durchschnittsgewichte



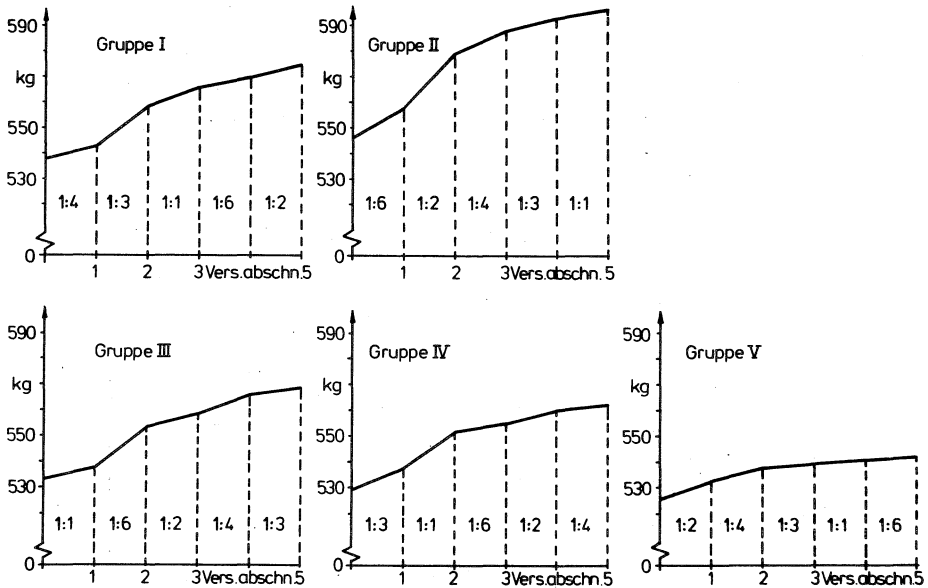


Abb.16: Verlauf der Entwicklung des Tiergewichts der 5 Versuchsgruppen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen über 20 Wochen

liegen zwischen 530 - 600 kg und ergeben in ihrer Entwicklung über die 5 Versuchsabschnitte hinweg einen ansteigenden Verlauf. Bei den Kurven handelt es sich um Summenkurven; die Zunahmen setzen sich aus entwicklungsbedingten und trächtigkeitsbedingten Zunahmen zusammen. Die Versuchsgruppe 5 weist die kleinsten Zunahmeraten auf, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß diese Gruppe auch die ungünstigste Trächtigkeitsquote hatte. Es sind aber bei keiner Gruppe bei irgendeinem Freßstellenbesatz Einbrüche in der Gewichtsentwicklung festzustellen. Die F-Werte der Varianztabelle (Tab.5) zeigen, daß die Gewichtsentwicklung der Versuchstiere unabhängig vom Freß-

stellenbesatz variiert. Dagegen sind die Unterschiede zwischen den Versuchsabschnitten sehr erheblich, was schon aus Abbildung 16, die den zeitlichen Verlauf zeigt, deutlich wird. Die Unterschiede zwischen den Gruppen liegen mit ihrem F-Wert von 3,25 direkt an der Signifikanzschwelle von  $F = 3,26$ .

Tab.5: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf das Tiergewicht

|              | FG | SQ     | MQ     | F                   |
|--------------|----|--------|--------|---------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 672,05 | 168,01 | 14,63 <sup>++</sup> |
| Gruppen      | 4  | 149,23 | 37,31  | 3,25                |
| FSB          | 4  | 22,94  | 5,74   | 0,50                |
| Fehler       | 4  | 137,75 | 11,48  |                     |
| Gesamt       | 12 | 981,98 |        |                     |

Abbildung 17 schließlich zeigt den Gewichtsverlauf noch einmal auf, bereinigt um Gruppen- und Zeiteinflüsse und ausgedrückt in durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahmen pro Kuh. Diese schwanken zwischen 200-300 g/Kuh und Tag.

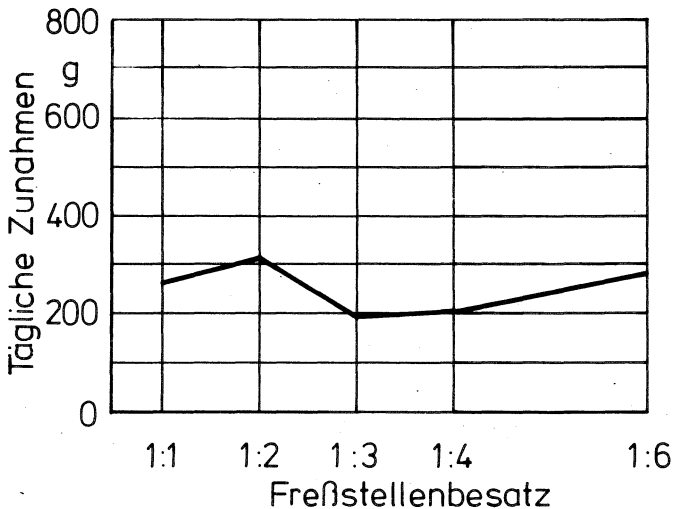


Abb.17: Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahmen pro Kuh bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

#### 4.1.4 Futterraufnahme

Der Verlauf der Futterraufnahme wird in Abbildung 18 an den Versuchsgruppen I und II veranschaulicht. Auch hier werden die vor jedem Versuchsabschnitt eingeschalteten Übergangsphasen mit Freßstellenbesatz 1:1 in der Graphik ersichtlich. Die täglichen Schwankungen liegen zwischen 13 und 16 kg Trockenmasse. Von den üblichen Schwankungen abgesehen, verlaufen die Futterraufnahmen ziemlich gleichmäßig über alle Besätze weg; auch beim Leistungsdatum Futterraufnahme werden also keine Einbußen erkennbar, was auch für die Versuchsgruppen III - V gilt.

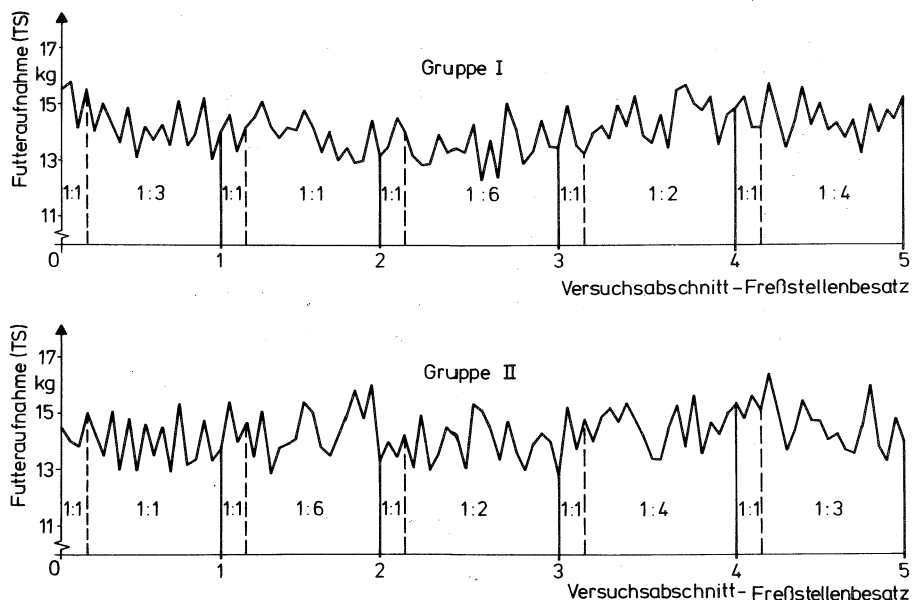


Abb.18: Verlauf der TS-Aufnahme der Versuchsgruppen I und II bei 5 verschiedenen Freistellenbesätzen über 20 Wochen

Dies bestätigt auch die statistische Auswertung der Daten. Mit einem F-Wert von 0,27 in der Varianztabelle (Tab.6) unterscheidet sich die Futtermenge zwischen den Freistellenbesätzen bei weitem nicht signifikant. Auch variiert die Futtermenge unabhängig von zeitlichen Einflüssen; die Gruppen allerdings haben eine stark unterschiedliche Aufnahme aufzuweisen.

Tab.6: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Futteraufnahme

|              | FG | SQ   | MQ    | F                 |
|--------------|----|------|-------|-------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 1,71 | 0,427 | 2,86              |
| Gruppen      | 4  | 2,49 | 0,622 | 4,17 <sup>+</sup> |
| FSB          | 4  | 0,16 | 0,04  | 0,27              |
| Fehler       | 12 | 1,79 | 0,149 |                   |
| Gesamt       | 24 | 6,15 |       |                   |

Der geringe F-Wert bei der Varianz der Freßstellenbesätze spiegelt sich auch in der Darstellung der bereinigten durchschnittlichen täglichen Trockensubstanzaufnahme wider, deren Werte einen fast waagrechten Verlauf haben (Abb.19).

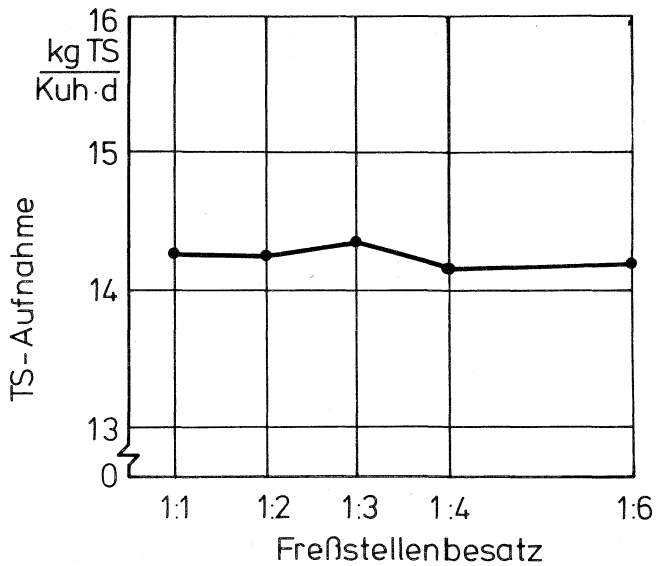


Abb.19: Durchschnittliche tägliche TS-Aufnahme bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

#### 4.2 Einfluß unterschiedlicher Freßstellenbesätze auf das Tierverhalten

In diesem Abschnitt werden Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung für die mit der Lichtschrankenanlage ermittelten Verhaltensdaten vorgestellt.

#### 4.2.1 Freßverhalten

Es wurden folgende Daten erhoben:

- Belegungszeiten am Freßgitter
- Anzahl der Belegungen am Freßgitter

Hier ist darauf hinzuweisen, daß die Belegungszeiten des Freßgitters als Freßzeiten gewertet werden, obwohl darin auch Freßpausen enthalten sind, die mit der Lichtschrankmethode dann nicht erfaßbar sind, wenn ein Tier nach dem Fressen den Kopf nicht aus der Freßstellenöffnung zurückzieht. Entsprechend wird auch die Anzahl der Belegungen des Freßgitters mit der Anzahl der Freßperioden gleichgesetzt. Die Auswertung der Lichtschrankendaten ergibt eine Freßzeit von durchschnittlich zwischen 140 und 210 Minuten pro Tier und Tag. Das Ergebnis der Verrechnung dieser Werte ist in Tabelle 7 wiedergegeben.

Tab.7: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Belegungsdauer am Freßgitter

|              | FG | SQ       | MQ      | F                   |
|--------------|----|----------|---------|---------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 850,84   | 212,71  | 4,83 <sup>+</sup>   |
| Gruppen      | 4  | 673,25   | 168,31  | 3,82 <sup>+</sup>   |
| FSB          | 4  | 10286,24 | 2571,56 | 58,43 <sup>++</sup> |
| Fehler       | 12 | 528,16   | 44,01   |                     |
| Gesamt       | 24 | 12338,49 |         |                     |

Man sieht, daß sich die Belegungszeiten am Freßgitter zwischen den Freßstellenbesätzen sehr erheblich unterscheiden. Zwischen den Versuchsabschnitten und den Gruppen ist ebenfalls ein deutlich wahrnehmbarer Unterschied festzustellen. Der Verlauf der um die Versuchsabschnitts- und Gruppenunterschiede bereinigten durchschnittlichen Freßzeiten pro Tag ist in Abbildung 20 graphisch wiedergegeben.

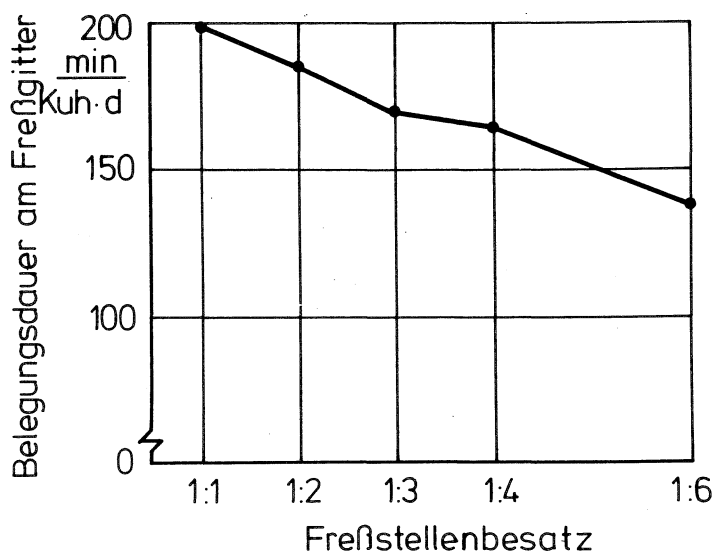


Abb.20: Durchschnittliche tägliche Belegungsdauer am Freßgitter bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

Die Kurve fällt von Besatz 1:1 bis 1:6 ständig ab. Zwischen 1:1 und 1:2 sowie zwischen 1:2 und 1:3 beträgt die Abnahmerate jeweils ca. 20 Minuten. Zwischen 1:3 und 1:4 erfolgt dann nur noch eine geringe Abnahme von ca. 5 Minuten, während



die durchschnittliche tägliche Freßzeit zwischen 1:4 und 1:6 um noch einmal ca.25 Minuten abnimmt.

Die Anzahl der Freßgitterbelegungen schwankt im Durchschnitt zwischen 28 und 66. Die Varianztabelle (Tab.8) weist hier zwischen den Freßstellenbesätzen sehr erhebliche Differenzen auf. Diese variieren unabhängig voneinander zwischen den Versuchsabschnitten, zeigen jedoch zwischen den Gruppen sehr augenfällige Unterschiede. Die graphische Darstellung (Abb.21) zeigt einen ständigen Abfall von 1:1 bis 1:6.

Tab.8: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Anzahl der Freßgitterbelegungen

|              | FG | SQ      | MQ     | F                   |
|--------------|----|---------|--------|---------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 179,32  | 44,83  | 1,86                |
| Gruppen      | 4  | 619,14  | 154,78 | 6,44 <sup>++</sup>  |
| FSB          | 4  | 1068,51 | 267,13 | 11,12 <sup>++</sup> |
| Fehler       | 12 | 288,38  | 24,03  |                     |
| Gesamt       | 24 | 2155,35 |        |                     |

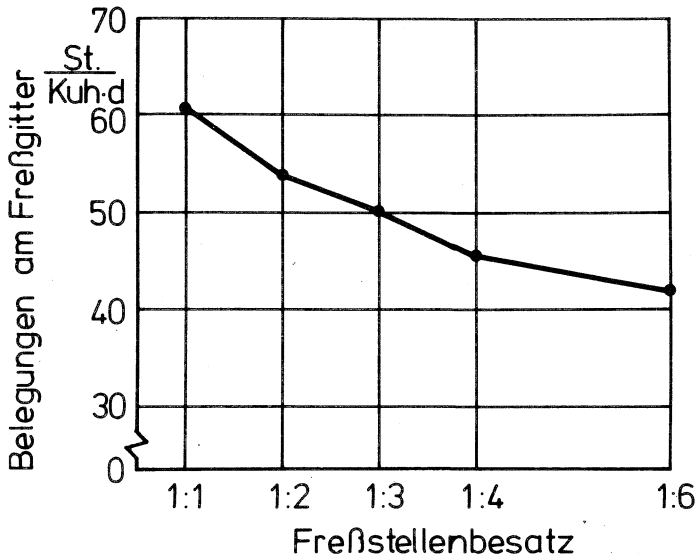


Abb.21: Durchschnittliche tägliche Anzahl der Freßgitterbelegungen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

Aufgrund der Ergebnisse von 4.1.4 für das Leistungsmerkmal Futteraufnahme steht fest, daß die Futteraufnahme bis 1:6 nicht beeinträchtigt wird. Andererseits ist aber ein hochsignifikanter Rückgang der Freßzeiten bei zunehmender Einschränkung der Freßstellen zu verzeichnen. Dieser Tatbestand lenkt die Aufmerksamkeit auf die Freßgeschwindigkeit, denn nur über eine Erhöhung der Freßgeschwindigkeit lassen sich gleichbleibende Futteraufnahme und Rückgang der Freßzeit erklären. Die Freßgeschwindigkeit ist zwar nicht direkter Bestandteil der Datenerhebung, sie kann jedoch aus den Daten Futteraufnahme und Freßzeit berechnet werden. Wie aus den bisherigen Ergebnissen nicht anders zu erwarten,

beeinflusst der Freßstellenbesatz die Freßgeschwindigkeit hochsignifikant (s.Tab.9).

Tab.9: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Freßgeschwindigkeit

|              | FG | SQ      | MQ     | F                   |
|--------------|----|---------|--------|---------------------|
| Vers.abschn. | 4  | 208,92  | 52,23  | 4,85 <sup>+</sup>   |
| Gruppen      | 4  | 170,93  | 42,73  | 3,97 <sup>+</sup>   |
| FSB          | 4  | 2645,96 | 661,49 | 61,47 <sup>++</sup> |
| Fehler       | 12 | 129,09  | 10,76  |                     |
| Gesamt       | 24 | 3154,90 |        |                     |

Nach der Graphik weist die durchschnittliche Freßgeschwindigkeit bei den einzelnen Freßstellenbesätzen von 1:1 bis 1:6 einen steigenden Verlauf auf. Sie wächst von ca.70 g TS/min auf ca.100 g TS/min an. Dabei sind die Zunahmeraten von 1:1 bis 1:4 etwa ebenso groß wie die von 1:4 bis 1:6. Die Kühe gleichen also die Verringerung der Freßzeiten mit erhöhter Freßgeschwindigkeit aus (Abb.22).

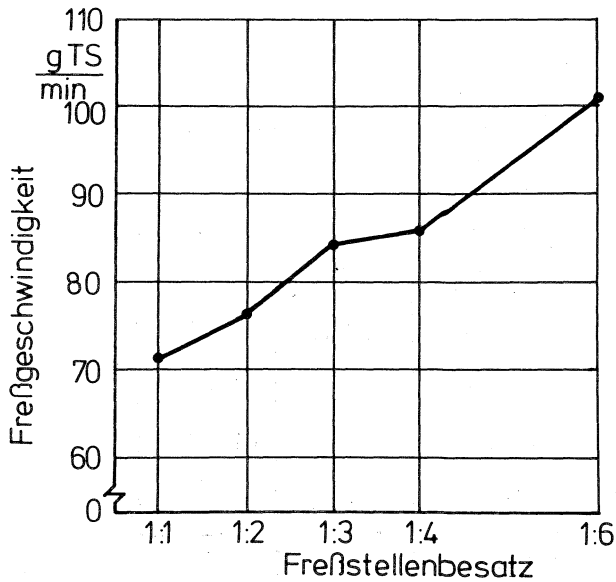


Abb.22: Durchschnittliche Freißgeschwindigkeit bei 5 verschiedenen Freißstellenbesätzen

#### 4.2.2 Liegeverhalten

Mit der Lichtschranksanlage wurden weiterhin ermittelt:

- die Belegungszeiten der Liegeboxen
- die Anzahl der Liegeboxenbelegungen

Die Boxenbelegungszeiten werden auch Liegezeiten und die Anzahl der Boxenbelegungen auch Liegeperioden genannt.

Die durchschnittlichen Liegezeiten schwanken zwischen 520 und 720 Minuten pro Tier und Tag. Die Liegezeit-

unterschiede zwischen den Freßstellenbesätzen erweisen sich als nicht signifikant (Tab.10). Die Liegezeiten variieren also unabhängig vom Freßstellenbesatz. Auch die Versuchsabschnitts- und Gruppenvarianz zeigen keine signifikanten F-Werte; letztere rücken aber schon in die Nähe der Signifikanzschwelle.

Tab.10: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Belegungsdauer der Liegeboxen

|              | FG | SQ       | MQ      | F    |
|--------------|----|----------|---------|------|
| Vers.abschn. | 4  | 8522,18  | 2130,54 | 0,90 |
| Gruppen      | 4  | 25444,22 | 6361,05 | 2,69 |
| FSB          | 4  | 3864,23  | 966,06  | 0,41 |
| Fehler       | 12 | 28304,80 | 2358,73 |      |
| Gesamt       | 24 | 66135,43 |         |      |

Der um die Versuchsabschnitts- und Gruppeneinflüsse bereinigte Verlauf macht sichtbar, daß die durchschnittlichen täglichen Liegeboxen-Belegungszeiten nur geringfügig um den Wert von 600 Minuten pro Tier und Tag schwanken (Abb.23).

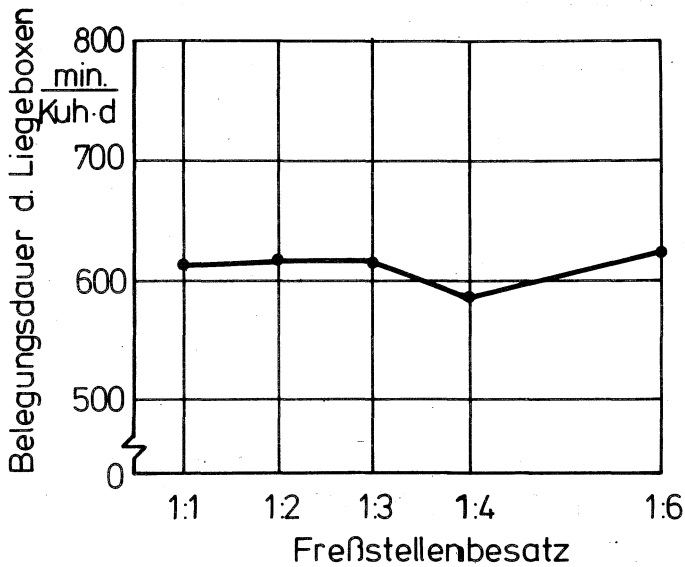


Abb.23: Durchschnittliche tägliche Belegungsdauer der Liegeboxen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

Die Anzahl der täglichen Liegeperioden variierte im Durchschnitt zwischen 9 und 16. Hier ergaben sich weder für die Freßstellenbesatz-, noch für die Versuchsabschnitts-, noch für die Gruppenvarianz signifikante F-Werte (Tab.11).

Tab.11: Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Anzahl der Liegeperioden

|              | FG | SQ    | MQ   | F    |
|--------------|----|-------|------|------|
| Vers.abschn. | 4  | 10,22 | 2,55 | 0,95 |
| Gruppen      | 4  | 17,98 | 4,49 | 1,69 |
| FSB          | 4  | 20,20 | 5,05 | 1,90 |
| Fehler       | 12 | 31,90 | 2,66 |      |
| Gesamt       | 24 | 80,30 |      |      |

Die Anzahl der Liegeperioden schwankt also unabhängig von Einflüssen des Freßstellenbesatzes und der Gruppe sowie unabhängig von Zeiteinflüssen. Ermittelt man wiederum die Werte für die durchschnittliche Anzahl von Liegeperioden pro Tier und Tag, bereinigt um zeitliche und Gruppeneinflüsse, so bietet sich das in Abbildung 24 dargestellte Bild. Die Kurve verläuft fast waagrecht und schwankt geringfügig zwischen 10 und 13 Liegeboxenbelegungen.

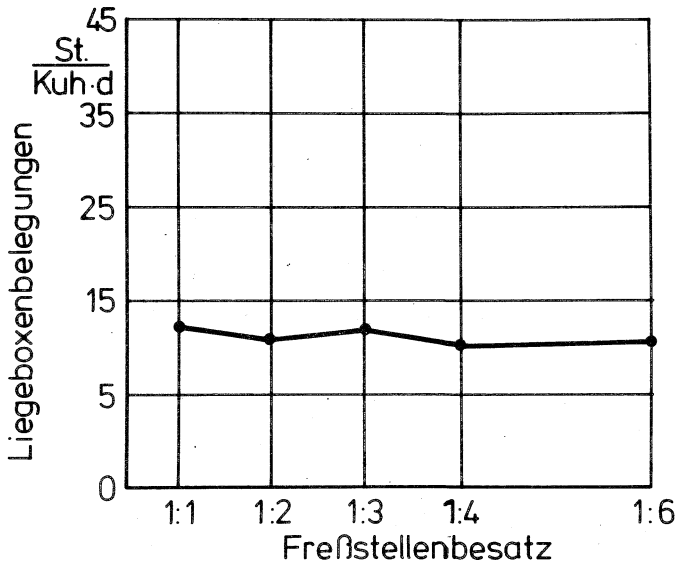


Abb.24: Durchschnittliche tägliche Anzahl an Liegeboxenbelegungen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen

#### 4.3 Ergebnisse der Erhebung zusätzlicher Leistungs- und Verhaltensdaten einer Tiergruppe

Hier finden solche Ergebnisse ihren Niederschlag, die parallel zur Versuchsanlage im Lateinischen Quadrat gewonnen wurden und die sich nur auf die Beobachtungsgruppe und einzelne Tiere dieser Gruppe beziehen.



#### 4.3.1 Verdrängungsaktivität und soziale Rangordnung

Wie oben in Abschnitt 3.4.3 schon dargelegt, konnte die Verdrängungsaktivität bei der Beobachtungsgruppe nur für die Freßstellenbesätze 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6 ermittelt werden. In Abbildung 25 sind die prozentualen Veränderungen bei der Verdrängungsaktivität als Säulendiagramm dargestellt. Dabei wurde die Anzahl der Verdrängungen bei Freßstellenbesatz 1:2 gleich 100 gesetzt. Das Diagramm zeigt, daß sich von 1:2 bis 1:3 nur ein ganz geringer Anstieg ergibt, während bei den Besätzen 1:4 und 1:6 die Verdrängungsaktivität auf das 3 bzw. 4-fache anwächst. Bei der Protokollierung der Verdrängungen wurden Begegnungen am Freßgitter von solchen im Lauf- und Liegebereich unterschieden. Dabei ergab sich, daß die Verdrängungen im Lauf- und Liegebereich nur einen geringen Anteil an der Gesamtzahl ausmachen. Den Beobachtungen zufolge wurden ganz selten liegende Tiere aus den Boxen aufgejagt. In Abbildung 26 werden die Verdrängungsaktivitäten im Tagesverlauf wiederum als Säulendiagramm dargeboten. Jede Säule veranschaulicht die absolute Anzahl von Verdrängungen innerhalb von 30 Minuten im Gruppendurchschnitt von 6 Erhebungstagen pro Freßstellenbesatz. Bei den Freßstellenbesätzen 1:2 und 1:3 erhält man fast gleiche Ergebnisse: die Anzahl der Verdrängungen je halbe Stunde schwankt meist zwischen 0 und 2 mit Spitzen von ca. 4. Die Freßstellenbesätze 1:4 und 1:6 liegen auf wesentlich höherem Niveau mit Spitzen von durchschnittlich über 14 Verdrängungen in der Zeiteinheit. Bei allen 4 Freßstellenbesätzen fällt die Höhe der Verdrängungsaktivität nach dem Abendmelken zwischen 19 und 21 Uhr auf, obwohl das Futter zweimal täglich morgens und abends nach dem Melken vorgelegt wurde.

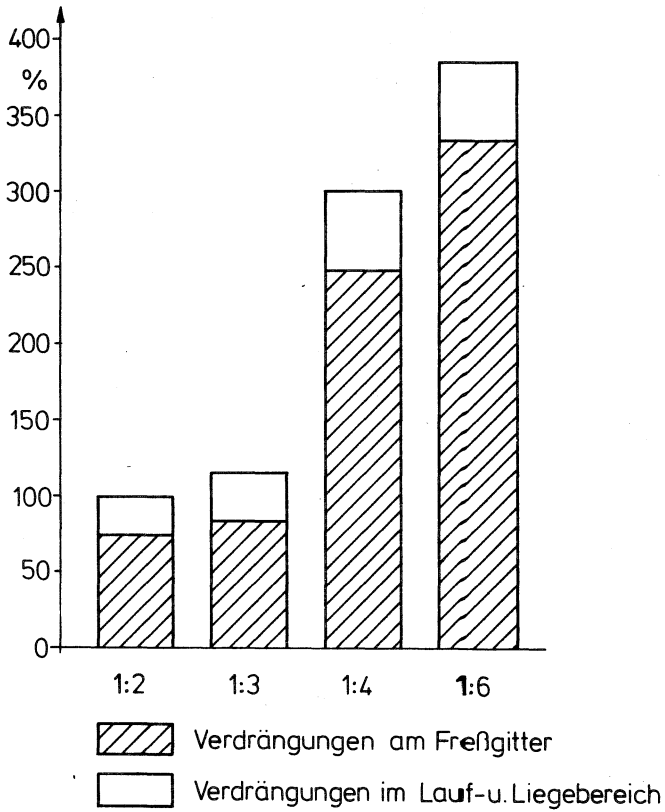


Abb.25: Verdrängungsaktivitäten bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen (1:2 = 100)

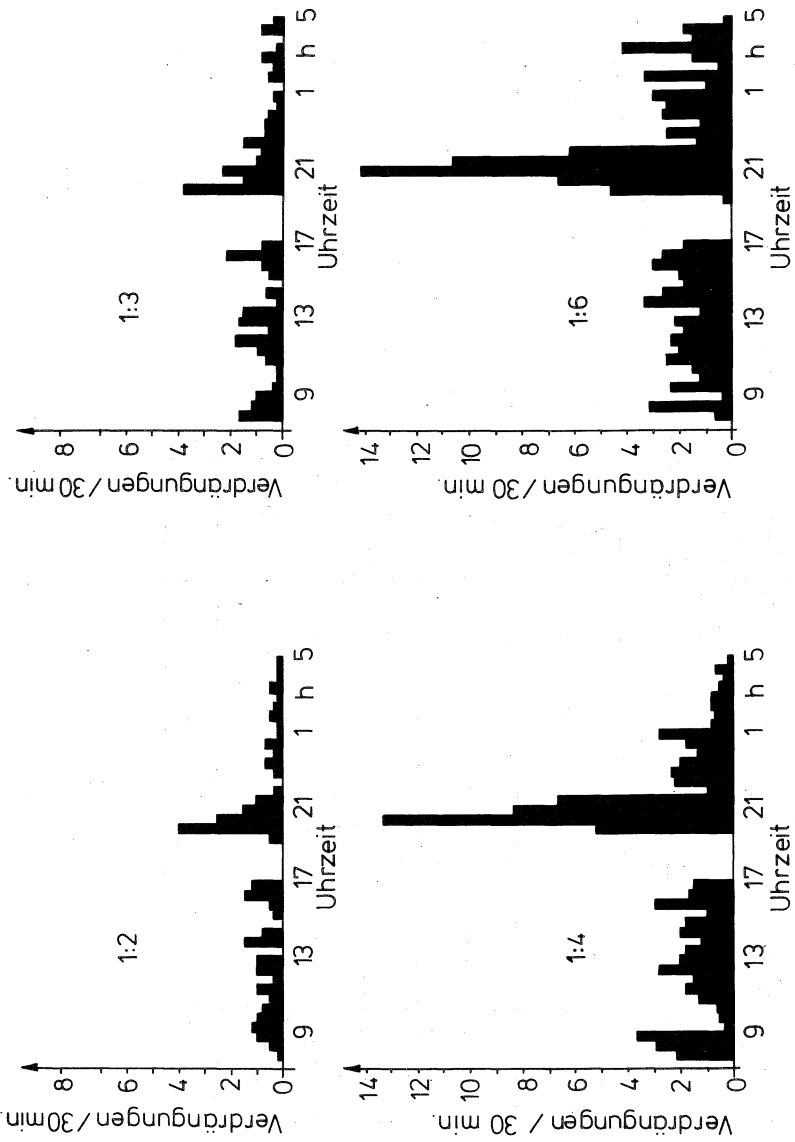


Abb. 26: Verlauf der Verdrängungsaktivitäten bei 4 verschiedenen Freistellenbesätzen

Mit Hilfe der bei den Freßstellenbesätzen 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6 jeweils während 6 Tagen durchgeführten Beobachtungen zur Verdrängungsaktivität konnte die Rangordnung innerhalb der Beobachtungsgruppe für jeden Freßstellenbesatz festgelegt werden. Dazu wurde die unter 3.4.3 beschriebene Methode herangezogen. Zunächst erstellte man Ranglisten (55), in die sämtliche während der Beobachtungsphasen protokollierten Unter- und Überlegenheitssituationen strichlistenartig eingetragen wurden. Als Beispiel sei in Abbildung 27 die Rangliste für den Freßstellenbesatz 1:3 aufgeführt.

| Kuh-       |    | Überlegen |      |      |     |      |    |      |    |      |      |    |      |
|------------|----|-----------|------|------|-----|------|----|------|----|------|------|----|------|
| Nr.        |    | 25        | 26   | 27   | 28  | 29   | 30 | 31   | 32 | 33   | 34   | 35 | 36   |
| Unterlegen | 25 |           |      | o    | o   |      | o  |      |    | ooo  |      |    | oo   |
|            | 26 | ooo       |      |      | ooo | o    |    |      |    | o    |      | o  | o    |
|            | 27 | oooo      | ooo  |      |     | o    | oo |      |    |      | oo   | o  | oooo |
|            | 28 | oooo      | oo   | o    |     | oooo | o  | oooo |    | o    | ooo  | o  | oooo |
|            | 29 |           | oooo |      | o   |      |    |      |    | o    | oo   |    |      |
|            | 30 |           | oooo |      |     | oo   |    |      |    | o    |      | oo |      |
|            | 31 |           | o    | o    | oo  | o    |    |      | o  | oooo | o    | oo | oo   |
|            | 32 | oo        | oooo | oo   | o   | oo   | o  | ooo  |    |      |      |    | o    |
|            | 33 |           |      | oooo | oo  |      |    | oooo |    |      | oo   | oo |      |
|            | 34 | oooo      | oo   | ooo  |     | o    | oo | oooo | o  | oo   |      | o  |      |
|            | 35 |           | oooo | ooo  | o   | oooo |    | oooo |    | ooo  | oooo |    | oooo |
|            | 36 |           | oooo |      | oo  |      | o  |      |    | oo   | o    | o  |      |

Abb.27: Rangliste der Beobachtungsgruppe für Freßstellenbesatz 1:3

Anhand dieser Ranglisten kann festgestellt werden, zwischen welchen Kühen eine Begegnung stattfand, mit welchem Ausgang und mit welcher Häufigkeit. Anschließend wurden für jede Kuh geklärte und ungeklärte Dominanzverhältnisse und aus diesen Angaben die Rangindices berechnet. Die Rangordnung ergibt sich schließlich aus der Reihenfolge der Indices, wobei die Kuh mit der höchsten Indexzahl den höchsten Rang erhält usw. Dieses Vorgehen ist in Abbildung 28, wieder am Beispiel des Freßstellenbesatzes 1:3 dargestellt.

Aus Abbildung 29 ist die soziale Rangordnung der Beobachtungsgruppe für die geprüften Freßstellenbesätze 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6 zu ersehen. Darin werden die Freßstellenbesätze in ihrer zeitlichen Reihenfolge entsprechend den Versuchsabschnitten 2 - 5 angeordnet. Die einzelnen Kuhnummern sind von Freßstellenbesatz zu Freßstellenbesatz miteinander durch Linien verbunden, so daß das Auf und Ab einer Kuh im sozialen Gefüge deutlich wird.

Wie schon oben erwähnt, fiel die Kuh Nr.36 gegen Ende des 2. Versuchsabschnitts aus und wurde zu Beginn des 3. Abschnitts durch eine andere Kuh ersetzt, die ebenfalls unter der Nummer 36 geführt wurde. In der Abbildung 29 ist diese Nummer mit einem Kreis versehen.

Die Verschiebungen in der Rangordnung, die sich zwischen den Freßstellenbesätzen ergeben, erweisen sich bei näherer Betrachtung meist als geringfügig. Eine Ausnahme davon machen nur die Kühe Nr.33 und 32, die von Mittelpositionen auf den ersten bzw. letzten Platz wechseln. Im übrigen finden Positionswechsel nur innerhalb weniger Ränge statt. Es gibt keine eindeutig ranghöchste Kuh. Die 12 Tiere der Beobachtungsgruppe können dem Rang nach über die 4 Freßstellenbesätze hinweg in eine Spitzen-, Mittel- und Schlußgruppe eingeteilt werden. Innerhalb dieser Ranggruppen vollziehen sich, von den genannten Ausnahmen abgesehen, die Wechsel in den Rangpositionen.

| Kuh-Nr.                                                              | Überlegen                      | Unterlegen                     | Ungeklärt  | Index |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|-------|
| 25                                                                   | 26, 27, 28, 32, 34             | 30, 33, 36                     | 29, 31, 35 | 0,62  |
| 26                                                                   | 27, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36 | 25, 28, 33                     | -          | 0,73  |
| 27                                                                   | 28, 31, 32, 33, 34, 35         | 25, 26, 29, 30, 36             | -          | 0,54  |
| 28                                                                   | 26, 32, 33                     | 25, 27, 29, 30, 31, 34, 36     | 35         | 0,30  |
| 29                                                                   | 27, 28, 30, 31, 32, 35         | 26, 33, 34                     | 25, 36     | 0,67  |
| 30                                                                   | 25, 27, 28, 32, 34, 36         | 26, 29, 33, 35                 | 31         | 0,60  |
| 31                                                                   | 28, 32, 34, 35                 | 26, 27, 29, 33, 36             | 25, 30     | 0,44  |
| 32                                                                   | 34                             | 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 36 | 33, 35     | 0,11  |
| 33                                                                   | 25, 26, 29, 30, 31, 35, 36     | 27, 28                         | 32, 34     | 0,78  |
| 34                                                                   | 28, 29, 35, 36                 | 25, 26, 27, 30, 31, 32         | 33         | 0,40  |
| 35                                                                   | 30                             | 26, 27, 29, 31, 33, 34, 36     | 25, 28, 32 | 0,125 |
| 36                                                                   | 25, 27, 28, 31, 32, 35         | 26, 30, 33, 34                 | 29         | 0,60  |
| Rangfolge: 33 - 26 - 29 - 25 - 30 - 36 - 27 - 31 - 34 - 28 - 35 - 32 |                                |                                |            |       |

Abb.28: Ermittlung der sozialen Rangordnung innerhalb der Beobachtungsgruppe beim Freßstellenbesatz 1:3

Eine totale Umgruppierung von Behandlung zu Behandlung findet nicht statt. Somit legen die gewonnenen Ergebnisse den Schluß nahe, daß Einschränkungen des Freßstellenbesatzes keine schwerwiegenden Änderungen im sozialen Gefüge der Herde hervorrufen.

| Versuchs-<br>abschnitt | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| FSB<br>Rang            | 1:6 | 1:2 | 1:4 | 1:3 |
| 1                      | 25  | 25  | 29  | 33  |
| 2                      | 29  | 29  | 25  | 26  |
| 3                      | 26  | 30  | 26  | 29  |
| 4                      | 30  | 26  | 33  | 25  |
| 5                      | 27  | 36  | 30  | 30  |
| 6                      | 33  | 27  | 36  | 36  |
| 7                      | 28  | 33  | 27  | 27  |
| 8                      | 32  | 32  | 34  | 31  |
| 9                      | 34  | 31  | 28  | 34  |
| 10                     | 31  | 34  | 31  | 28  |
| 11                     | 35  | 28  | 32  | 35  |
| 12                     |     | 35  | 35  | 32  |

Abb.29: Rangordnung innerhalb der Beobachtungsgruppe bei verschiedenen Freßstellenbesätzen

#### 4.3.2 Leistung und Verhalten einer Gruppe und einzelner Tiere, auch unter Berücksichtigung der sozialen Rangordnung

Die Auswertung der Milchleistungsdaten nach der Versuchsanlage des Lateinischen Quadrats hat ergeben, daß die Milchleistung unbeeinflusst vom Freßstellenbesatz variiert. Dies ist statistisch abgesichert. Es wäre jedoch denkbar, daß bei Kühen mit sehr hoher Leistung extreme Freßstelleneinschränkungen zu Einbrüchen in der Milchleistung führen, die über die in der Varianzanalyse registrierten Gruppennittelwerte nicht mehr erfaßt werden können. Zur Prüfung dieses Einwurfs wurden die Laktationsverläufe zweier Kühe mit hohem und niederem Leistungsniveau einander gegenübergestellt (Abb.30). Kuh Nr.1 weist eine Spitzenleistung von über 34 kg FCM auf, Kuh Nr.7 setzt bei ca. 16 kg FCM ein. Abbildung 30 zeigt den Laktationsverlauf beider Tiere über alle 5 geprüften Freßstellenbesätze hinweg; die Übergangsphasen mit Freßstellenbesatz 1:1 zwischen den einzelnen Behandlungen sind ebenfalls enthalten. Beide Laktationskurven zeigen einen normalen, langsam abfallenden Verlauf. Die täglichen Schwankungen fallen bei der Hochleistungskuh geringfügig stärker aus. Nichts deutet jedoch auf Einbrüche in der Milchleistung bei den extremen Freßstellenbesätzen 1:4 und 1:6 hin. Dies unterstreicht die Ergebnisse der Versuchsauswertung nach der Versuchsanlage im Lateinischen Quadrat.

Es folgen Ergebnisse aus den Datenbereichen Futteraufnahme und Freßverhalten für einzelne Tiere der Beobachtungsgruppe. Dabei sollen auch Bedeutung und Einfluß der sozialen Rangordnung in bezug auf Leistung und Verhalten von Kühen aufgezeigt werden.

Bei der Ermittlung der sozialen Rangordnung wurde keine eindeutig lineare Rangordnung festgestellt, sondern eine Spitzen-, Mittel- und Schlußgruppe, die sich von Freßstellenbesatz zu Freßstellenbesatz nur geringfügig



umgruppierten. Da hier nicht Leistung und Verhalten aller beobachteten Einzeltiere aufgeführt werden können, soll aus jeder der oben erwähnten Ranggruppen ein Tier herausgegriffen werden. Für die Spitzengruppe wurde die Kuh Nr.25 ausgewählt, die nach Abbildung 29 bei allen Freßstellenbesätzen unter den ersten Tieren rangierte und zweimal den ersten Rangplatz einnahm. Die Mittelgruppe wird am besten durch Kuh Nr.27 repräsentiert, die auf den Rängen 5 bis 7 zu finden ist. Als Beispiel für eine rangniedere Kuh kann

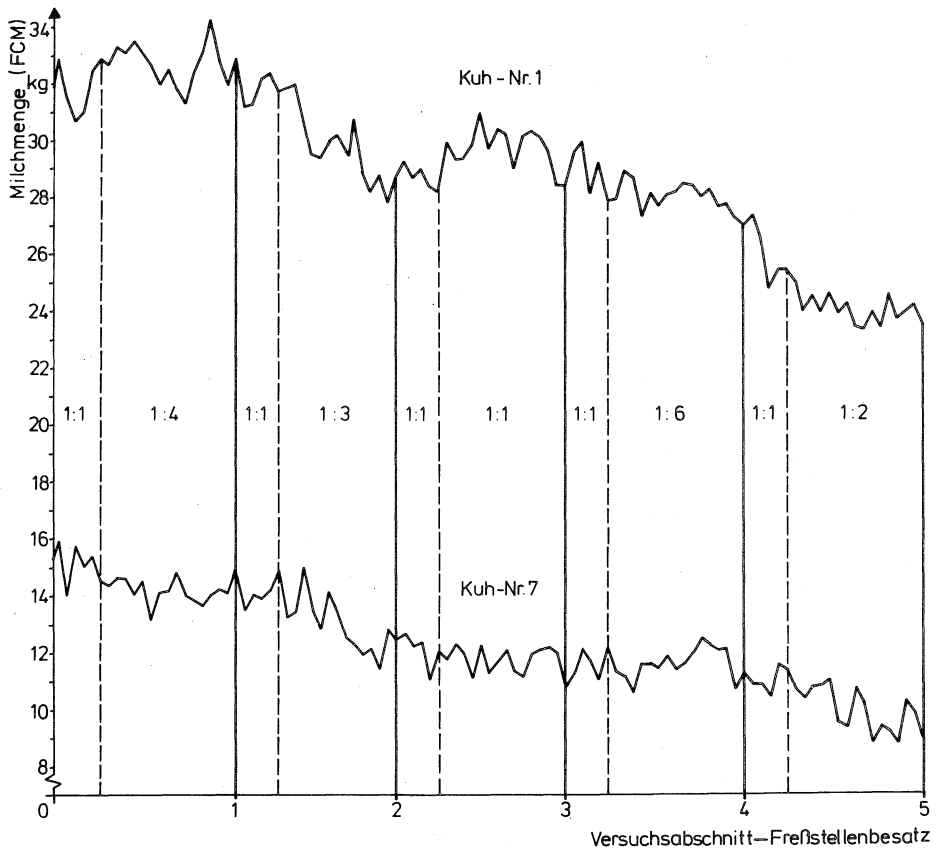


Abb.30: Laktationsverlauf zweier Kühe mit hohem und niedrigem Leistungsniveau bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen über 20 Wochen

Kuh Nr.35 gelten, die immer eine der beiden letzten Rangpositionen einnahm.

In Abbildung 31 ist die durchschnittliche Futteraufnahme der 3 Tiere bei den Freßstellenbesätzen 1:2, 1:3, und 1:6 aus je sechs Tagen aufgetragen. Die ranghöchste Kuh Nr.25 hat die höchste Futteraufnahme aufzuweisen; diese fällt zwar bei den Besätzen 1:3 und 1:4 etwas ab, steigt jedoch bei 1:6 wieder auf über 14 kg TS an. Die Futteraufnahme der beiden anderen Kühe verläuft mit ganz geringen Schwankungen auf einem etwas niedrigeren Niveau. Alle 3 Tiere können bei allen Freßstellenbesätzen, auch bei 1:6, noch genügend Futter aufnehmen. Eine Benachteiligung der rangniederen Kuh ist nicht ersichtlich. Damit bestätigen auch diese Ergebnisse von Einzeltieren die Ergebnisse der Varianzanalyse hinsichtlich der Futteraufnahme.

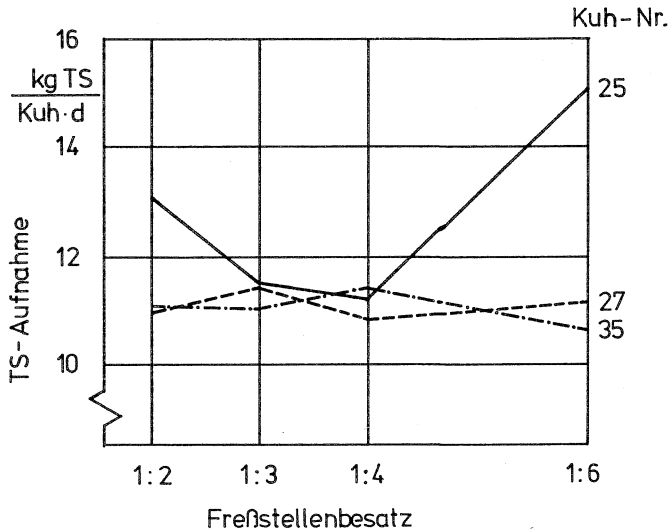


Abb.31: Futteraufnahme von Einzeltieren mit unterschiedlichem sozialem Rang bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen

Abbildung 32 zeigt die Freßzeiten der 3 Kühe zur in Abb.31 dargestellten Futteraufnahme. Dabei fällt vor allem der starke Rückgang der Freßzeit bei der rangniederen Kuh Nr.35 auf, die beim Freßstellenbesatz 1:6 auf etwa 120 Minuten pro Tag absinkt. Bis zum Freßstellenbesatz 1:3 bewegte sie sich noch im Bereich der Freßzeit der beiden anderen Kühe mit ca. 150 bis 200 Minuten pro Tag. Dieser Vorgang findet eine Erklärung, wenn man die Freßgeschwindigkeit der 3 Kühe bei den verschiedenen Freßstelleneinschränkungen betrachtet (Abb.33). Bei der ranghohen Kuh Nr.25 ist die geringste Freßgeschwindigkeit festzustellen: diese steigt bei den enger werdenden Freßstellenein-

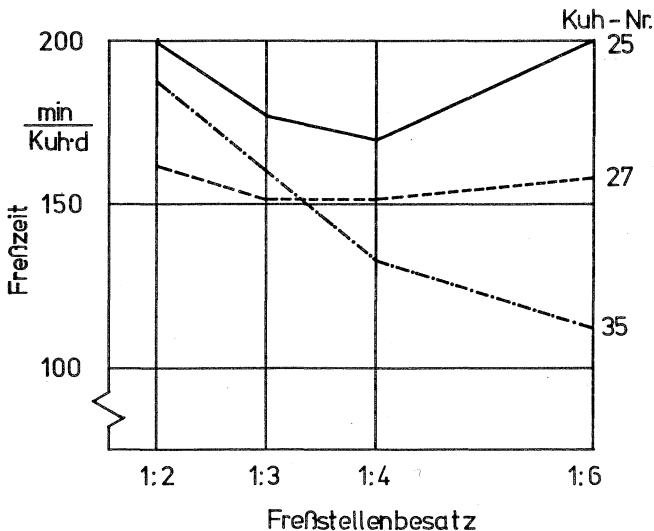


Abb.32: Freßzeiten von Einzeltieren mit unterschiedlichem sozialem Rang bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen

schränkungen gleichmäßig an, ihre Gesamtsteigerung beträgt aber lediglich ca. 10 g TS/min. Auch die Freßgeschwindigkeit von Kuh Nr.27 aus der sozialen Mittelgruppe verläuft ähnlich, jedoch bereits auf einem ca. 10 g TS/min höheren Niveau. Die rangniedere Kuh Nr.35, die beim Freßstellenbesatz 1:2 noch etwa dieselbe Freßgeschwindigkeit von ca. 60 g TS/min wie Kuh 25 zu verzeichnen hat, weist einen starken Anstieg in der Freßgeschwindigkeit bis ca. 95 g TS/min auf. Dabei verläuft die Kurve bis zum Freßstellenbesatz 1:3 noch im Bereich der Freßgeschwindigkeit der beiden anderen Kühe, steigt dann aber bei 1:4 und 1:6 sprunghaft an. Daraus wird deutlich, daß zwar bei allen sozialen Rängen die Freßgeschwindigkeit

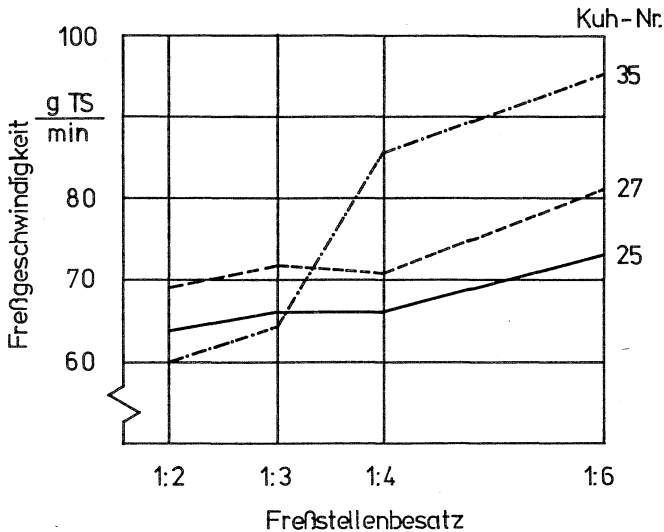


Abb.33: Freßgeschwindigkeit von Einzeltieren mit unterschiedlichem sozialem Rang bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen

mit enger werdendem Freßstellenbesatz ansteigt, jedoch sozial schwache Tiere den bei weitem stärksten Anstieg der Freßgeschwindigkeit zu verzeichnen haben, da sie die gegenüber der sozialen Spitzen- und Mittelgruppe geringere Freßzeit kompensieren müssen. Diese Erscheinung tritt aber nur bei den Freßstelleneinschränkungen 1:4 und 1:6 hervor.

In Abbildung 34 ist die Anzahl der Freßperioden für Kuh Nr. 25, 27 und 35 und vier verschiedene Freßstellenbesätze verzeichnet. Für alle 3 Kühe gilt gemeinsam, daß ihre Freßperioden einen ganz ähnlichen Kurvenverlauf aufweisen, der zeigt, daß mit enger werdendem Freßstellenbesatz die

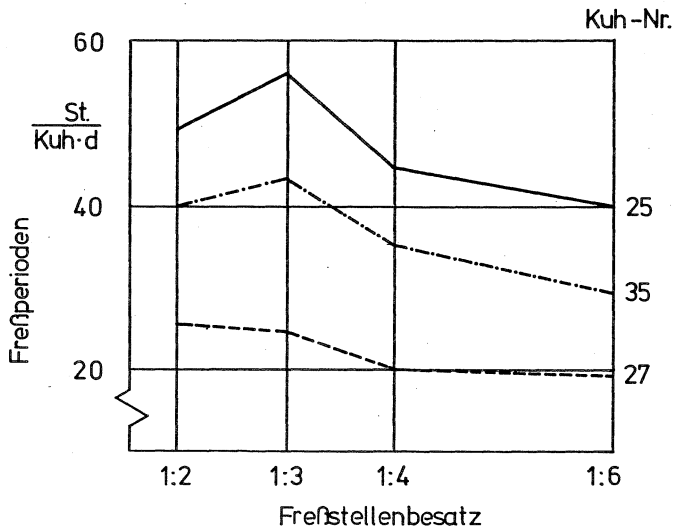


Abb.34: Anzahl der Freßperioden von Einzeltieren mit unterschiedlichem sozialem Rang bei verschiedenen Freßstellenbesätzen

Anzahl der Freßperioden sich verringert. Auch in der Varianzanalyse der Freßperioden der Tiergruppen wurde ein sehr auffallender Einfluß des Freßstellenbesatzes auf die Anzahl der Freßperioden festgestellt, was wiederum die Werte bei den drei Einzeltieren bestätigen. Die geringste Anzahl an Freßperioden hat Kuh Nr.27 aus der sozialen Mittelgruppe aufzuweisen; die höchsten Werte sind bei Kuh Nr.25 aufgetragen, dazwischen liegt die rangniedere Kuh Nr.35. Die Anzahl der Freßperioden gibt gleichzeitig auch die Anzahl der Freßstellenwechsel an. In 4.3.1 wurde dargelegt, daß der größte Teil der Verdrängungen beim Fressen erfolgt. Die Ergebnisse bezüglich der Anzahl der Freßperioden führen daher zu dem Schluß, daß die Tiere der sozialen Spitzen- und Schlußgruppe aufgrund der Verdrängungssituationen am Freßplatz mehr Freßstellenwechsel und damit auch Freßperioden in Kauf nehmen müssen als Tiere der sozial weniger aktiven Mittelgruppe.

Schließlich sind noch die Freß- und Liegezeiten im Tageslauf zu betrachten. Abbildung 35 zeigt die Liege- und Freßzeiten der Beobachtungsgruppe in Prozent je halbe Stunde für die vier geprüften Freßstellenbesätze 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6 über jeweils einen Tag hinweg. Was den Freßrhythmus im Tagesverlauf anbelangt, so sind bei geringer Freßstelleneinschränkung ca. vier Zeitabschnitte als bevorzugte Hauptfreßzeiten zu erkennen: so der späte Vormittag von 9 bis 12 Uhr und der Nachmittag zwischen 14 und 16 Uhr. Auffällig stark belegt ist die Zeit nach dem Abendmelken; eine kleinere Gruppe bevorzugt die Zeit um Mitternacht. Beim Freßstellenbesatz 1:4 sind diese Differenzierungen kaum mehr erkennbar, während beim extremen Besatz 1:6 die Unterschiede völlig verwischt sind. Auch sind die Prozentanteile pro halbe Stunde bei 1:4 und 1:6 im Gesamtniveau schon meist unter 20%, während sie sich bei 1:2 und 1:3 noch häufig über 20% bewegen;

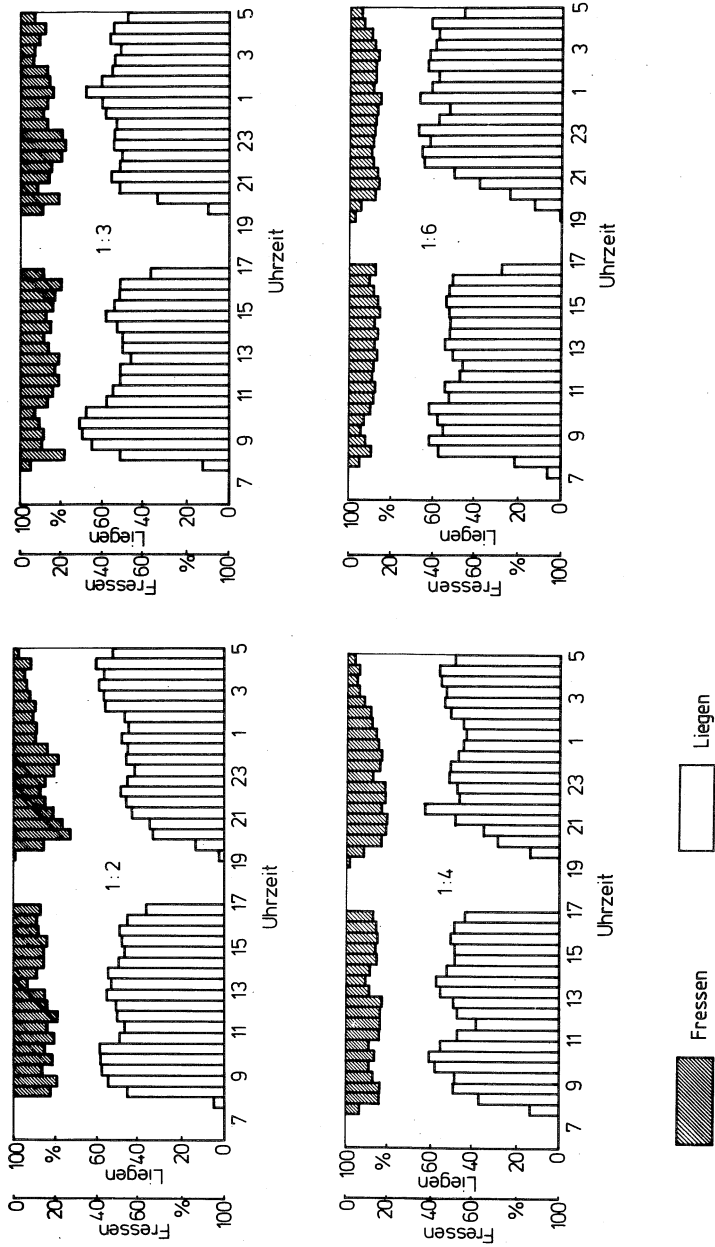


Abb.35: Fressen und Liegen bei der Beobachtungsgruppe in % pro halbe Stunde im Tagesverlauf bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen

die Spitzen bei 1:2 erreichen fast 30%. Auch diese Tatsache gibt wieder einen Hinweis auf die Reduzierung der Freßzeit mit zunehmender Einschränkung der Freßstellen.

Die Liegezeiten dagegen sind bei allen Freßstellenbesätzen ziemlich gleichmäßig über den Tag verteilt. Bei Tag und Nacht werden ungefähr gleich große Prozentanteile für das Liegen erreicht. Zwischen den einzelnen Freßstellenbesätzen werden keine Unterschiede in der Verteilung oder in der Höhe der Prozentsätze der Liegezeiten deutlich. Die Prozentanteile pro halbe Stunde für das Liegen betrugen meist zwischen 50 und 70%. Die Graphik erhärtet ebenfalls die Aussage, daß der Freßstellenbesatz keinen Einfluß auf das Liegeverhalten ausübt.



## 5 Bedeutung der Freßstelleneinschränkungen für die Stallplanung

Die Ergebnisse des Versuchs über Zulässigkeit und Tragweite von Freßstelleneinschränkungen bei der Milchviehhaltung in Liegeboxenlaufställen berühren unmittelbar auch die Stallplanung; man kann sogar von wechselseitiger Abhängigkeit zwischen möglicher Einschränkung von Freßstellen und Stallbau sprechen.

Der bisher bei Planungen üblicherweise geforderte Freßstellenbesatz 1:1 fixiert für die Planung die Länge der Futterachse (Freßstellenbreite mal Anzahl der aufzustallenden Tiere). Alle übrigen Funktionsbereiche unterliegen dieser mit dem Freßstellenbesatz 1:1 gegebenen Restriktion und müssen dementsprechend angeordnet werden. So werden für die jeweilige Situation günstige Grundrissvarianten blockiert, die realisiert werden könnten, wenn der Freßstellenbesatz ohne Schaden für Leistung und Verhalten der Tiere eingeschränkt werden könnte. Ein Vorteil von Freßstellenreduzierungen läge somit in der Schaffung von Planungserleichterungen und in der Vergrößerung der Auswahl von Planungsvarianten. Dadurch könnten sich Einsparungen beim Bauen ergeben, die jedoch nur für den speziellen Fall quantifizierbar sind.

Ins Gewicht fallende Kapitalbedarfseinsparungen beim Bau von Liegeboxenlaufställen durch eine Reduzierung der Freßstellen kommen dadurch zustande, daß Grundrisse möglich werden, die gegenüber den bisherigen Varianten eine deutliche Verringerung der Stallgrundfläche pro Tier bringen. Damit erhöht sich die Milchproduktion pro Flächeneinheit, was zu einer Erhöhung der speziellen Intensität des Betriebszweiges Milchviehhaltung führt. Das Verhältnis Deckungsbeitrag zu eingesetztem Kapital kann günstiger gestaltet werden, oder es wird Kapital für verfahrenstechnische Verbesserungen (z.B. eine höherwertige Fütterungs-

technik wie Futtermischwagen) freigesetzt, die sich leistungserhöhend und/oder arbeitssparend auswirken.

Von den Planungsvarianten für Liegeboxenlaufställe kann heute der Boxenlaufstall mit kombinierten Funktionsbereichen als vorherrschend bezeichnet werden. Nach BISCHOFF (8) "sind bei diesem Stallsystem die Funktionsbereiche Fressen und Liegen räumlich besonders eng zusammengefaßt, ergänzt durch den nahe zugeordneten Melkbereich." Dabei gibt es grundsätzlich zwei Zuordnungsmöglichkeiten von Futterachse und Liegeboxenreihen:

1. Parallelanordnung: Futterachse und Liegeboxenreihe sind einander parallel zugeordnet. Für die bei uns vorwiegenden Bestandsgrößen in Liegeboxenlaufställen finden meist 2-reihige und 3-reihige Systeme Anwendung, wobei die Liegeboxenreihen für Kühe auf der einen, Jung- und Mastviehbuchten auf der anderen Futtertischseite untergebracht werden. Für größere Bestände werden 4- oder 6-reihige Laufställe mit 2 bzw. 3 Liegeboxenreihen rechts und links des Futtertisches gebaut. Auch 3+1-Aufgliederungen der Boxenreihen auf beiden Seiten des Futtertisches sind vorzufinden. Bei den Varianten mit beidseitig angeordneten Boxenreihen muß das Jung- und Mastvieh in einem separaten Stall untergebracht werden.
2. Queranordnung (Queraufstallung): Futterachse und Liegeboxenreihen sind einander im Winkel von  $90^{\circ}$  zugeordnet. Die Anzahl der Liegeboxenreihen wird von der Bestandsgröße bestimmt.

Die folgenden Überlegungen gehen von Grundrissen aus, die entweder Parallelanordnung mit auf einer Futtertischseite angeordneten 2 bzw. 3 Liegeboxenreihen oder Queraufstallung haben. Was die Auswirkung eingeschränkter Freßstellen anbelangt, genügt die Betrachtung des Freßstellenbereiches auf einer Futtertischseite. Für die Berechnungen

wird eine Freßstellenbreite von 75 cm zugrundegelegt, die nach WANDER (61) erforderlich ist, um einer Kuh ausreichend Platz beim Fressen zu bieten. Bei Planungen wird häufig von geringeren Freßstellenbreiten ausgegangen, womit ungewollt bereits eine Freßstellenreduzierung vorgenommen wird.

2-reihiger Liegeboxenlaufstall: Dieser Stalltyp wird viel gebaut, da sich bei dieser Variante der Freßstellenbesatz 1:1 am einfachsten realisieren läßt. Nimmt man Melkstand- und Nebenraumlänge zur Futterachse hinzu, so können mit dieser Lösung ca. 100 Tiere mit Freßstellenbesatz 1:1 aufgestellt werden. Für einen größeren Tierbestand oder für den Fall, daß der Melkbereich nicht längs angebaut wird, muß der Freßstellenbesatz verringert werden. Dies trifft vor allem auch dann zu, wenn der Stall als Vierreihiger (Aufgliederung 2+2) gebaut wird und nur auf einer Seite des Futtertisches der Melkbereich zur Verlängerung des Freßplatzes zur Verfügung steht. Die Einschränkungen in den genannten Fällen belaufen sich aber lediglich auf ca. 1:1,2 bis 1,35. Wenn Freßstellenreduzierungen in diesem Rahmen möglich sind, ergeben sich für die 2-reihigen Grundrisse Planungserleichterungen und mehr Planungsvarianten. Die Nutzung von Altgebäuden wird dadurch eher möglich. Nennenswerte Kapitalbedarfseinsparungen durch eine Verringerung der Grundfläche pro Tier treten in diesem Fall nicht auf.

3-reihiger Liegeboxenlaufstall: Dieser Stall ist nach SCHLICHTING (51) heute für die Bestandsgröße von 40 - 60 Kühen die Standardlösung. Er nutzt die Fläche dadurch gut aus, daß der eine Laufgang als Zugang für zwei Liegeboxenreihen dient. Abbildung 36 zeigt, daß bei der 3-reihigen Lösung unter Zugrundelegung von 75 cm Freßstellenbreite und längs angebautem Melkstand ein Freßstellenbesatz von 1:1 nur bis zur Bestandsgröße von ca. 27 Kühen möglich ist.

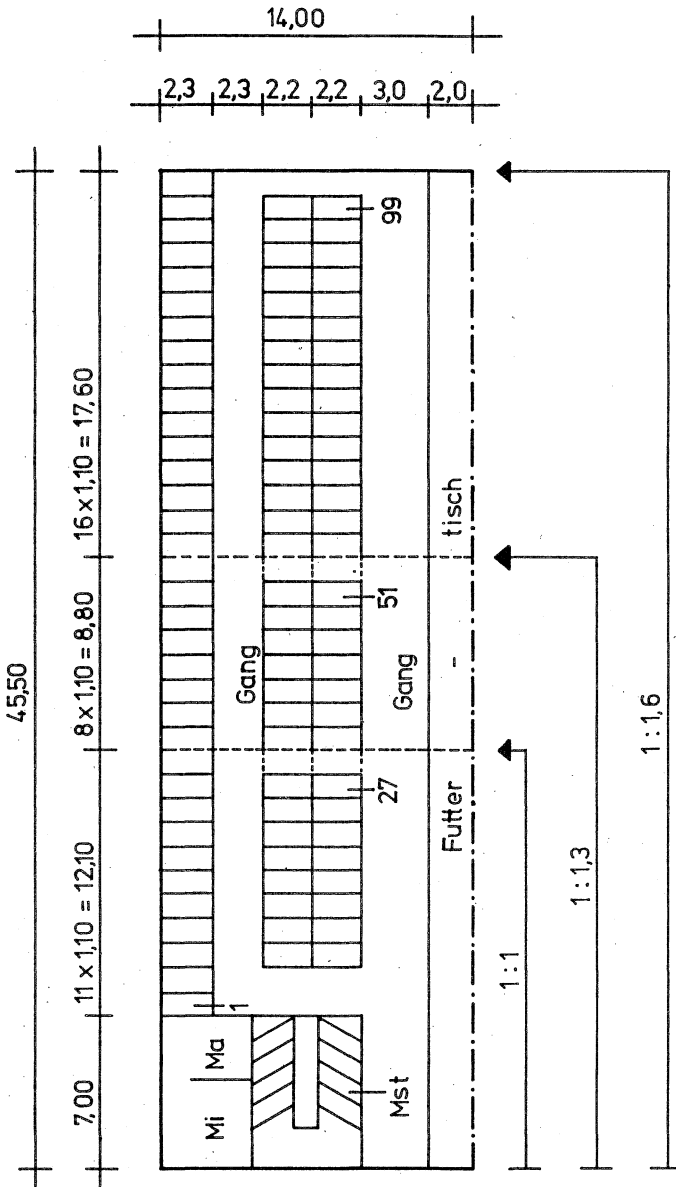


Abb. 36: Grundriß für 3-reihigen Liegeboxenlaufstall bei 3 Bestandsgrößen und den daraus resultierenden Freßstellenbesätzen

Für einen so kleinen Tierbestand ist aber ein Laufstall nicht lohnend. Eine Bestandsgröße von 51 Kühen ergibt einen Freßstellenbesatz von 1:1,3 und bei 99 Tieren verengt er sich auf 1:1,6. Kann der Freßbereich nicht über den Melkstand hinaus verlängert werden und bestimmt die Liegehallenlänge das Maß für die Futtertischlänge, so läßt sich für die Bestandsgröße von 50 Tieren ein Besatz von 1:1,9 und für 98 Tiere einer von 1:1,96 errechnen. Dies ist dann der Fall, wenn bei größeren Beständen eine 3+3-Aufgliederung der Boxenreihen vorgenommen wird und somit auf einer Futtertischseite der Melkstand zur Freßbereichserweiterung entfällt.

In Tabelle 12 sind Grundflächen- und Kapitalbedarf pro Tier für die verschiedenen Bestandsgrößen und die daraus resultierenden Freßstellenbesätze und die durch die Freßstelleneinschränkungen ermöglichten Einsparungen aufgeführt. Zur Errechnung der Grundfläche wird lediglich der Liege- und Freßbereich herangezogen; Melkstand und Nebenräume bleiben unberücksichtigt. Die Kapitalbedarfsermittlung geschieht auf der Grundlage der Kubikmetermethode. Für eine wärmegeämmte Liegehalle wird  $120 \text{ DM/m}^3$  angenommen, woraus sich bei 3 m Lichtraumhöhe ein  $\text{m}^2$ -Preis von 360 DM ergibt (29). Der Kapitalbedarf bei Freßstelleneinschränkungen wird auch durch das Freßgitter beeinflusst: pro Freßstelle eines Palisadenfreßgitters werden 120 DM angesetzt und anteilmäßig je nach Freßstellenbesatz dem Gebäudekapitalbedarf zugeschlagen, woraus sich der Gesamtkapitalbedarf ergibt. Wie aus Tabelle 12 hervorgeht, sind gegenüber Freßstellenbesatz 1:1 Einsparungen bei der Grundfläche von über  $2 \text{ m}^2$  und beim Gesamtkapitalbedarf von über 900 DM/Kuh möglich, was einer prozentualen Einsparung von über 30% entspricht, obwohl die Freßstellenreduzierung auch bei sehr großen Beständen kaum über 1:2 hinausgeht. Einschränkend muß aber gesagt werden, daß nicht für jede Bestandsgröße ein bestimmter Freßstellenbesatz eingeplant werden kann, sondern daß die Bestandsgröße automatisch den



Freßstellenbesatz bestimmt. Wenn eine Einschränkung des Freßstellenbesatzes ohne nachteilige Folgen für die Tierleistung möglich ist, stellt sich die 3-reihige Lösung als wirtschaftliche und flexible Lösung auch für Bestände von über 60 Tieren dar.

Queraufstallung: gegenüber den Varianten der Parallelanordnung von Liegeboxen und Futterachse, bei denen sich der Freßstellenbesatz aus der Bestandsgröße ergibt und nur kleine Verschiebungen durch entsprechende Anordnung des Melkbereiches vorgenommen werden können, kann bei der Queranordnung von Liegeboxen und Futterachse die Zahl der Freßstellen in höherem Maße unabhängig von der Bestandsgröße eingeschränkt werden. Die Parallelanordnung mit 3-reihiger Aufstallung läßt bei großen Beständen höchstens eine Einschränkung bis 1:2 zu. Abbildung 37 zeigt schematisch ein Segment einer Queraufstallung mit 2 Liegeboxenreihen, die zusammen mit dem Gang eine Freßplatzbreite von 6,60 m ergeben. Je nach Anzahl der Liegeboxen kann nun der Freßstellenbesatz bestimmt werden, wie es in der Abbildung 37 für einige Beispiele mit Pfeilen angezeigt wird. Für einen bestimmten Freßstellenbesatz kann dann die Bestandsgröße als Vielfaches der Boxenzahl pro Liegeboxenreihe gewählt werden.

In Tabelle 13 können für die Queraufstallung Gesamtfläche und Gesamtkapitalbedarf pro Kuh bei zunehmender Freßstelleneinschränkung sowie die Einsparungsmöglichkeiten gegenüber 1:1 abgelesen werden. Demnach kann schon von 1:1 bis 1:2 der Grundflächenbedarf pro Kuh um rund  $2 \text{ m}^2$  auf ca.  $6 \text{ m}^2$  und der Gesamtkapitalbedarf um ca. 800 DM/Kuh gesenkt werden. Verfolgt man die Werte bis zur extremen Einschränkung 1:6, so ergeben sich Einsparungen im Grundflächen- und Kapitalbedarf von über 40%. Die Kurve in Abbildung 38 und Tabelle 13 weisen nach, daß die höchsten Einsparungen zwischen Freßstellenbesatz 1:1 und 1:3 liegen. Bei engeren Besätzen sind keine gravierenden zusätzlichen Einsparungen zu verzeichnen.





Tab.13: Grundflächen- und Kapitalbedarf sowie Einsparungsmöglichkeiten bei Queraufstallung und verschiedenen Freßstellenbesätzen

| FSB | Grundfl./Kuh<br>$\frac{m^2}{Kuh}$ | Kap.bed./Kuh<br>DM/Kuh | Einsparungen gegenüber 1:1 |      |          |       |
|-----|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|------|----------|-------|
|     |                                   |                        | $\frac{m^2}{Kuh}$          | %    | DM/Kuh   | %     |
| 1:1 | 8,09                              | 3.032,--               | -                          | -    | -        | -     |
| 1:2 | 6,01                              | 2.223,--               | 2,08                       | 25,7 | 809,--   | 26,7  |
| 1:3 | 5,28                              | 1.940,--               | 2,81                       | 34,7 | 1.092,-- | 36,-- |
| 1:4 | 4,82                              | 1.765,--               | 3,27                       | 40,4 | 1.267,-- | 41,8  |
| 1:6 | 4,45                              | 1.622,--               | 3,64                       | 44,9 | 1.410,-- | 46,5  |

Das Stallsystem der Queraufstallung eignet sich auch gut zur Bildung von Leistungsgruppen, was bei der Parallelanordnung eher mit Schwierigkeiten verbunden ist. Gebäudeerweiterungen sind in zwei Richtungen möglich: in Richtung der Futterachse unter Beibehaltung des eingestellten Freßstellenbesatzes oder in Richtung der Liegeboxenreihe mit der Folge weiterer Einschränkung von Freßstellen. Gut denkbar ist dieses System auch für Einfachbauten wie z.B. den Fahrradständerstall. Solche Gebäude können als Liegehallen mit je zwei Boxenreihen und stirnseitig angeordnetem überdachtet oder nicht überdachtetem Freßbereich gebaut werden. Somit können Planungsvarianten der Queraufstallung bei möglichen Freßstelleneinschränkungen flexibel gehandhabt werden und bieten erhebliche Einsparungsmöglichkeiten an Grundfläche und Kapital.

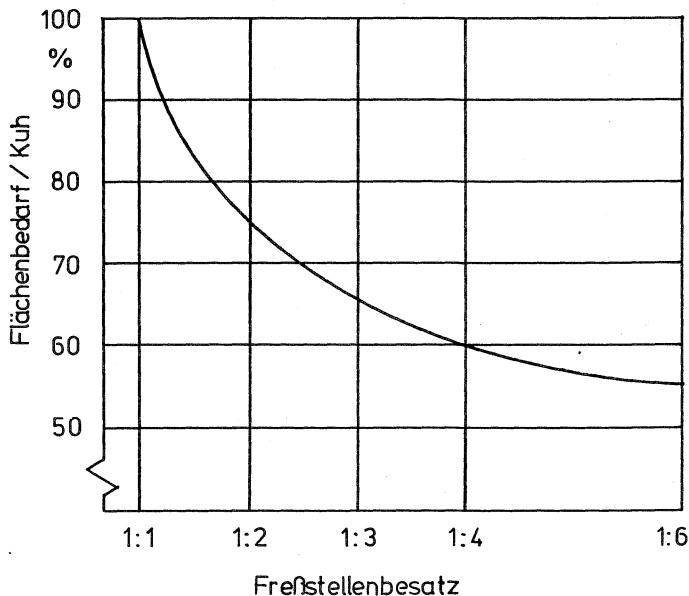


Abb.38: Prozentuale Grundflächeneinsparungen bei zunehmender Einschränkung des Freßstellenbesatzes am Beispiel der Queraufstallung

Erwähnenswert sind auch die durch Freßstelleneinschränkungen möglichen Arbeitszeiteinsparungen, da sich bei Freßstellenreduzierungen eine Verkürzung der Wege bei der Fütterung ergibt. Weitere Arbeitszeiteinsparungen resultieren aus der Anwendung der Technik der Vorratsfütterung mit aufgewertetem Grundfutter. Die Futtervorlage beschränkt sich im Gegensatz zur Verabreichung von Einzelkomponenten auf einen Durchgang pro Futterzeit. PIRKELMANN (40) vergleicht den Arbeitszeitbedarf bei der Futtervorlage von Einzelkomponenten mit dem der Vorlage von aufgewerteten Grundfuttermischungen. Danach ergeben sich Arbeitszeiteinsparungen von 20 - 40% zu gunsten des Mischfutters.

## 6. Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse des hier beschriebenen Versuchs beruhen einerseits auf Daten über tierische Leistungen, nämlich Milchleistung, Milchfettgehalt, Tiergewicht und Futteraufnahme, andererseits auf Tierverhaltensdaten, wozu die Daten über Freßzeiten, Anzahl der Freßperioden, Liegezeiten und Anzahl der Liegeperioden, sowie Daten über das soziale Verhalten der Tiere gerechnet werden.

Im Bereich der direkten Leistungsdaten erbrachte die statistische Auswertung der Daten keinen signifikanten Einfluß auf das erstgenannte Leistungsmerkmal, die Milchleistung. Die Untersuchung des Laktationsverlaufes von Tieren mit hohem und niedrigem Leistungsniveau gibt auch keinen Hinweis dafür, daß Hochleistungstiere Leistungseinbußen hinnehmen müssen. Ebenso variieren auch Fettgehalt und Tiergewicht unabhängig vom Freßstellenbesatz. Beim Fettgehalt fällt der besonders gleichmäßige Verlauf auf. Dies hängt damit zusammen, daß die im Versuch verabreichte Futtermischung ein gleichbleibendes Nährstoffangebot bewirkte und den Freßrhythmus der Tiere in Richtung auf eine gleichmäßig über den Tag verteilte Futteraufnahme beeinflusste, wodurch günstige Vormagenverhältnisse geschaffen wurden, die eine Stabilisierung des Fettgehaltes herbeiführten. Ein Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Kontrollergebnissen des Vorjahres läßt auch die Annahme zu, daß der Fettgehalt aufgrund dieser Fütterungstechnik um 0,1 - 0,2% gesteigert werden konnte.

Auch beim indirekten Leistungsdatum Futteraufnahme konnte kein gesicherter Einfluß des Freßstellenbesatzes festgestellt werden. WANDER und FRICKE (60) konstatierten bei ihren Versuchen einen Rückgang der Futteraufnahme bei Freßstelleneinschränkungen ab 1:3. SCHÖN (52) verzeichnet Einbußen bei der Verzehrsmenge beim extremen Besatz 1:6. In beiden Versuchen wurden Einzelfutterkomponenten

auf Vorrat verabreicht. Hier dürften die widersprüchlichen Versuchsergebnisse aufgrund der unterschiedlichen Fütterungstechnik zustandegekommen sein. Nach PIRKELMANN (41) wird bei Vorlage von Mischfutter eine um 0,5 kg TS höhere Futteraufnahme gegenüber der Vorlage von Einzelkomponenten erreicht. Diese Aussage bestätigt die Vorteile der im Versuch verwendeten Fütterungstechnik mit dem mobilen Futtermischwagen, die mit dazu beigetragen hat, daß im Bereich sämtlicher Leistungsdaten keine signifikanten Auswirkungen der Freßstelleneinschränkung zu verzeichnen waren.

Was die Verhaltensdaten betrifft, so seien zunächst die Freßzeiten analysiert. Die ermittelten absoluten Freßzeiten von 140 - 210 Minuten pro Tier und Tag liegen etwa im unteren Drittel der in der Literatur genannten Werte. Im Mittel entsprechen die im Versuch gewonnenen Werten, die SÜSS (55) für Tiere im Liegeboxenlaufstall mit Selbstfütterung ermittelt hat, nämlich 173 Minuten pro Tier und Tag. Die Varianzanalyse ergibt, daß sich die Freßzeiten zwischen den Freßstellenbesätzen hochsignifikant unterscheiden. Damit übereinstimmend stellen auch SCHÖN (52), WANDER (61) und METZ und MEKKING (37) rückläufige Freßzeiten bei zunehmender Einschränkung fest. Die Betrachtung von Einzeltielergebnissen zeigt, daß bei den extremen Einschränkungen 1:4 und 1:6 besonders Tiere mit niedrigem sozialem Rang betroffen sind. Diese Aussage wird auch von SCHÖN (52) sowie von METZ und MEKKING (37) gestützt.

Unmittelbar im Zusammenhang mit dem Rückgang der Freßzeiten bei gleichzeitig unverminderter Futteraufnahme steht die Entwicklung der Freßgeschwindigkeit. Wie die Ergebnisse zeigen, gibt es bezüglich der Freßgeschwindigkeit zwischen den Freßstellenbesätzen hochsignifikante Unterschiede. Die rückläufigen Freßzeiten werden also über eine Erhöhung der Freßgeschwindigkeit kompensiert. SCHÖN (52) und WANDER (61) trafen bei ihren Versuchen

dieselbe Feststellung; bei Wander ist jedoch von einer nur geringen Steigerung der Freßgeschwindigkeit die Rede. Die Auswertung der im Versuch gewonnenen Einzeltierdaten unter Berücksichtigung der sozialen Rangordnung hat erwiesen, daß zunehmende Freßgeschwindigkeit hauptsächlich bei den sozial schwachen Tieren zu beobachten ist. Eine gravierende Zunahme ist allerdings erst bei den Besätzen 1:4 und 1:6 zu erkennen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt auch SCHÖN (52).

Bei Betrachtung der Anzahl der Freßperioden fällt zunächst auf, daß die absolute Anzahl der im Versuch ermittelten Freßperioden jeweils weit über der liegt, die in der Literatur genannt wird. So nennt SÜSS (55) für verschiedene Stallssysteme zwischen 9 und 17 Freßperioden, PIRKELMANN (41) erwähnt bei Aufnahme von Mischfutter durchschnittlich 10 - 15 Perioden. Nach den Ergebnissen des eigenen Versuchs schwankt die Anzahl der Freßperioden zwischen 28 und 66. Diese hohen Zahlen sind jedoch auf die Registrierung mit der Lichtschrankenanlage zurückzuführen, bei der alle, auch die sehr kurzen Belegungen erfaßt wurden, die bei den Angaben der oben erwähnten Autoren wegen anderer Erhebungsmethoden nicht mitgezählt wurden. Die Ergebnisse zeigen, daß die Anzahl der Freßperioden mit zunehmender Einschränkung rasch sinkt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Tiere bei enger werdendem Freßstellenbesatz einem zunehmenden Konkurrenzdruck ausgesetzt sind und nicht mehr wie gewohnt die Freßstellen besuchen können. Die geringste Anzahl von Freßperioden sind bei den Tieren der sozial nicht so aktiven Mittelgruppe zu beobachten. Ranghohe und rangniedere Tiere, die häufiger in Auseinandersetzungen verwickelt sind, weisen wegen häufigen Freßstellenwechsels infolge von Verdrängungen eine höhere Anzahl von Freßperioden auf.

Beim Freßrhythmus ergeben sich Änderungen mit zunehmender Einschränkung der Freßstellen. Die Ausprägung bevorzugter Hauptfreßzeiten erscheint verwischt: die zur Verfügung stehenden Freßstellen sind auch zu ungünstigen Zeiten wie etwa in den frühen Morgenstunden ständig belegt. Nach SCHÖN (52) ist diese Nivellierung des Freßrhythmus notwendig, um allen Tieren noch ausreichend Freßzeit einzuräumen.

Unter den Daten des Liegeverhaltens sind zunächst diejenigen für die Liegezeiten zu besprechen. Mit Liegezeiten von 520 - 720 Minuten pro Tier und Tag liegen die Versuchsergebnisse im Rahmen von in der Literatur erwähnten Werten: PORZIG (44) nennt für Liegeboxenlaufställe eine durchschnittliche Liegezeit von 615 Minuten pro Tier und Tag; SÜSS (55) ermittelte für verschiedene Stallsysteme Werte von 577 - 703 Minuten pro Tier und Tag. Die statistisch ausgewerteten Ergebnisse des eigenen Versuchs zeigen, daß die Liegezeiten unabhängig vom Freßstellenbesatz variieren. Dieses Ergebnis wird gestützt von einer ähnlichen Aussage bei METZ und MEKKING (37), während WANDER (61) sowie LIPPITZ, KAISER und KLUG (31) bei Freßstelleneinschränkungen von rückläufigen Ruhezeiten berichten.

Die letztgenannten Autoren erwähnen auch einen Einfluß des Freßstellenbesatzes auf die Anzahl der Boxenbelegungen (Liegeperioden). Im eigenen Versuch konnten hier keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden. Die absolute Zahl an Liegeperioden mit 9 - 14 pro Tier und Tag liegt etwas über den von verschiedenen Autoren genannten Werten und dürfte wiederum auf die Erfassung mit der Lichtschrankenanlage zurückzuführen sein. SÜSS (55) nennt Mittelwerte von 6,5 bis 7,9; PORZIG (44) und LIPPITZ, KAISER und KLUG (31) erwähnen 7 bis 8,8 Liegeperioden pro Kuh und Tag.

Der im eigenen Versuch bei einer Tiergruppe durch Beobachtung ermittelte Verlauf der Liegezeiten ist so gleichmäßig,

daß daraus keine Unterschiede zwischen den Freßstellenbesätzen abgeleitet werden können.

Hinsichtlich der Verdrängungsaktivität waren starke Zunahmen vor allem bei den Freßstellenbesätzen 1:4 und 1:6 festzustellen, besonders abends nach dem Melken. WESTENDORP (67) berichtet ebenfalls aufgrund eigener Versuche von dieser Erscheinung. Der starke Anstieg der Verdrängungsaktivität bei den extremen Einschränkungen der Freßstellen läßt eine zunehmende Belastung durch Streß vermuten. Eine sichere Aussage könnte hier allerdings nur mit Hilfe physiologischer Parameter getroffen werden (18).

Die soziale Rangordnung bei der daraufhin untersuchten Tiergruppe erwies sich als nicht linear. Vielmehr bildeten sich mehrere Untergruppen, nämlich eine soziale Spitzen-, Mittel- und Schlußgruppe heraus (69). Von Freßstellenbesatz zu Freßstellenbesatz gibt es vorwiegend innerhalb dieser Untergruppen Positionswechsel im sozialen Rang. Ein Einfluß des Freßstellenbesatzes auf die soziale Rangordnung wird daraus jedoch nicht erkennbar.

Betrachtet man die oben diskutierten Ergebnisse, so läßt sich die eingangs aufgestellte Hypothese, daß sich innerhalb der geprüften Freßstellenbesätze Leistungseinbußen oder Verhaltensstörungen ergeben, nicht aufrecht erhalten. Zunächst stellt sich heraus, daß sämtliche untersuchten Leistungsmerkmale vom Freßstellenbesatz nicht beeinflußt werden. Das Bild ändert sich jedoch bei Betrachtung der Verhaltensmerkmale. Dieser Umstand macht deutlich, wie wichtig Beobachtungen und Messungen des Tierverhaltens sind, und daß ohne die Ermittlung solcher Daten die Beurteilung tierischer Leistungen unvollständig bleibt. Die oben besprochenen Reaktionen der Tiere beim Freßverhalten legen den Schluß nahe, daß bei engeren Einschränkungen als 1:3 Verhaltensänderungen als Kompensationsleistungen zur



Erhaltung der tierischen Leistungen auf die Dauer nicht erbracht werden können. Die Untersuchungen zeigen, daß solche Verhaltensänderungen insbesondere bei den sozial schwachen Tieren zu beobachten sind. Hierher gehört auch die Tatsache, daß die sozialen Auseinandersetzungen bei den Freßstellenbesätzen 1:4 und 1:6 in einem Maß zunehmen, daß die daraus erwachsende Streßbelastung auf lange Sicht nicht ohne Beeinträchtigung von Leistung und Gesundheit mindestens einzelner sozial schwacher Tiere ertragen werden kann.

Die durch den Versuch gewonnenen Ergebnisse lassen sich so beurteilen: Freßstelleneinschränkungen bis 1:3 können ohne Leistungsminderungen und Verhaltensstörungen verkraftet werden. Voraussetzung dafür sind konsequente Vorratsfütterung mit aufgewertetem Grundfutter sowie sorgfältige Tierbeobachtung und -betreuung. Für die Praxis empfiehlt sich eine Unterteilung der Herde in Leistungsgruppen.

Wie das vorhergehende Kapitel zeigt, ergeben sich auch in der Baupraxis vorteilhafte Möglichkeiten für Anwendung von Freßstelleneinschränkung bis 1:3. Darunter fallen verbesserte Planungsmöglichkeiten bei Liegeboxenlaufställen mit Parallelanordnung, verbunden mit einem wirtschaftlich beachtlichen Grundflächen- und Kapitaleinsparungseffekt beim 3-reihigen Laufstall. Die für Freßstelleneinschränkungen gut geeignete Queraufstallung schöpft bereits bis 1:3 die größten Einsparungsquoten aus. Aus der Verkürzung der Wege bei der Fütterung sowie aus der Anwendung der Technik der Vorratsfütterung mit aufgewertetem Grundfutter resultieren auch Arbeitseinsparungen.

Für die Beantwortung der Frage, inwieweit die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen für die landwirtschaftliche Praxis verwertbar sind, ist es von besonderer Bedeutung, daß der eigene Versuch unter Praxisbedingungen mit in hoher Leistung stehenden Kühen, unter Einsatz einer modernen Fütterungstechnik und einer aufwendigen Daten-

erfassungstechnik durchgeführt werden konnte. Durch Beachtung der Grundsätze für die Versuchsplanung wurde einerseits eine hohe Versuchsempfindlichkeit, andererseits eine breite induktive Basis erreicht. Unter solchen Bedingungen stellt der Versuch eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit ähnlich gelagerter Betriebe dar, also: Liegeboxenlaufstall mit schwarzbunten Tieren unter süddeutschen Futter- und Klimabedingungen. Demnach können aus den Ergebnissen des Versuches auch Schlüsse für die Praxis gezogen werden. Im Sinne einer noch breiteren Absicherung der Ergebnisse wäre es allerdings vorteilhaft, wenn ein ähnlicher Versuch noch in einigen anderen Betrieben unter geänderten Rahmenbedingungen angestellt werden könnte.

Die Freßstelleneinschränkung gehört zu den wenigen Maßnahmen in der Landwirtschaft, mit denen eine Verringerung von Kapital und Arbeit bis zu einem gewissen Grad ohne Leistungseinbußen und Verhaltensstörungen bei den Tieren möglich ist. Diese Chance sollte dort, wo es die Gegebenheiten erlauben, genutzt werden.

## 7 Zusammenfassung

Aus den zahlreichen Beziehungen zwischen Haltingsverfahren und Milchleistung wird in dieser Arbeit der Einflußfaktor Freßstellenbesatz in der Milchviehhaltung systematisch untersucht. In einer Versuchsanstellung wurde ermittelt, welche Auswirkungen eine Freßstellenverringerung im Liegeboxenlaufstall auf Leistung und Verhalten von Milchkühen hat.

Die Versuchsplanung ergab eine Versuchsanlage im 5 x 5 - Lateinischen Quadrat. In einem Praxisbetrieb mit 4-reihigem Liegeboxenlaufstall konnte der Versuch durchgeführt werden. Aus den 140 schwarzbunten Kühen des Betriebes wurden 60 Tiere ausgewählt, die auf 5 Gruppen mit je 12 Tieren verteilt wurden. Geprüft wurden die Freßstellenbesätze 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 und 1:6.

Der für die Winterfütterungsperiode 1975/76 angesetzte Versuch lief in 5 Versuchsabschnitten von je 4 Wochen Dauer ab. Nach jedem Versuchsabschnitt wechselten die Gruppen entsprechend der Anordnung im Lateinischen Quadrat die Behandlung, so daß sich insgesamt 5 Wiederholungen ergaben. Wegen der Freßstelleneinschränkung wurde als Fütterungstechnik Vorratsfütterung mit aufgewertetem Grundfutter gewählt.

Es wurden Daten aus den Bereichen der tierischen Leistung und des Tierverhaltens erhoben: Milchleistung, Milchfettgehalt, Tiergewicht, Futteraufnahme, Freßzeiten, Anzahl der Freßperioden, Liegezeiten, Anzahl der Liegeperioden. Futteraufnahme und Verhaltensdaten wurden mit Hilfe einer elektronischen Lichtschrankenanlage registriert. Darüber hinaus wurden Leistungs- und Verhaltensdaten innerhalb einer Tiergruppe vom Einzeltier ermittelt und das soziale Gefüge der Gruppe untersucht.

Die gewonnenen Ergebnisse lassen erkennen, daß sämtliche Leistungsbereiche (Milchleistung, Fettgehalt, Tiergewicht und Futteraufnahme) vom Freßstellenbesatz nicht signifikant beeinflußt werden. Beim Tierverhalten gilt dies nur für das Liegeverhalten. Dagegen übte die Freßstelleneinschränkung einen wesentlichen Einfluß auf das Freßverhalten aus. Die Futteraufnahme blieb zwar gleich hoch, bei den Freßzeiten und der Anzahl der Freßperioden war jedoch ein Rückgang zu beobachten. Parallel dazu konnte ein starker Anstieg der Freßgeschwindigkeit verzeichnet werden. Somit kompensierten die Kühe ihre verminderte Freßzeit durch erhöhte Freßgeschwindigkeit. Diese Änderungen im Verhaltensmuster der Tiere traten verstärkt bei den Einschränkungen ab 1:4 auf. Die Auswertung zeigt, daß davon besonders die sozial schwachen Tiere betroffen waren. Ab 1:4 wuchs auch die Verdrängungsaktivität stark an. Dagegen ergaben sich bei der sozialen Rangordnung keine gravierenden Änderungen von Freßstellenbesatz zu Freßstellenbesatz.

Somit kann das Fazit gezogen werden, daß bei Anwendung geeigneter moderner Fütterungsverfahren und bei sorgfältiger Tierbetreuung und -beobachtung Freßstelleneinschränkungen bis 1:3 durchgeführt werden können. Bei engeren Besätzen sind Verhaltensstörungen bei den Tieren zu befürchten. Hervorzuheben ist noch, daß im Bereich bis 1:3 bedeutende Möglichkeiten für Kapitalbedarfs- und Arbeitszeiterparnis bei Planung und Bau von Liegeboxenlaufställen liegen.

Verzeichnis der Abbildungen

| <u>Abbildung</u>                                                                                                               | <u>Seite</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 Versuchsanlage Lateinisches Quadrat                                                                                          | 21           |
| 2 Grundrißskizze des Versuchsstalles                                                                                           | 26           |
| 3 Zwangsmischeinrichtung des Futtermisch-<br>und verteilwagens                                                                 | 27           |
| 4 Futtermisch- und verteilwagen mit<br>Wiegeeinrichtung                                                                        | 30           |
| 5 Freßgitterlichtschrangen                                                                                                     | 36           |
| 6 Liegeboxenlichtschrangen                                                                                                     | 36           |
| 7 Blockschaltbild der Lichtschrangenanlage                                                                                     | 38           |
| 8 Elektronische Geräte in der Meßkabine                                                                                        | 40           |
| 9 Elektronische Schräglenkerwaagen                                                                                             | 42           |
| 10 Vor dem Freßgitter installierte Futter-<br>waagen mit Holztrogaufsatz                                                       | 43           |
| 11 Muster des Handprotokolls zur Erfassung<br>individueller Liegezeiten und der Ver-<br>drängungsaktivitäten                   | 45           |
| 12 Laktationsverlauf der Versuchsgruppen<br>I und II bei 5 verschiedenen Freßstellen-<br>besätzen über 20 Wochen               | 57           |
| 13 Durchschnittliche tägliche FCM-Milchleistung<br>bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                                     | 59           |
| 14 Verlauf der Fettgehaltswerte der 5 Versuchs-<br>gruppen bei 5 verschiedenen Freßstellenbe-<br>sätzen über 20 Wochen         | 60           |
| 15 Durchschnittlicher täglicher Milchfettgehalt<br>bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                                     | 62           |
| 16 Verlauf der Entwicklung des Tiergewichts<br>der 5 Versuchsgruppen bei 5 verschiedenen<br>Freßstellenbesätzen über 20 Wochen | 63           |
| 17 Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahmen pro<br>Kuh bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                              | 65           |

|    |                                                                                                                              |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 18 | Verlauf der TS-Aufnahme der Versuchsgruppen I und II bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen über 20 Wochen                  | 66 |
| 19 | Durchschnittliche tägliche TS-Aufnahme bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                                               | 68 |
| 20 | Durchschnittliche tägliche Belegungsdauer am Freßgitter bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                              | 70 |
| 21 | Durchschnittliche tägliche Anzahl der Freßgitterbelegungen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                           | 72 |
| 22 | Durchschnittliche Freßgeschwindigkeit bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                                                | 74 |
| 23 | Durchschnittliche tägliche Belegungsdauer der Liegeboxen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                             | 76 |
| 24 | Durchschnittliche tägliche Anzahl an Liegeboxenbelegungen bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                            | 78 |
| 25 | Verdrängungsaktivitäten bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen (1:2 = 100)                                                  | 80 |
| 26 | Verlauf der Verdrängungsaktivitäten bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen                                                  | 81 |
| 27 | Rangliste der Beobachtungsgruppe für Freßstellenbesatz 1:3                                                                   | 82 |
| 28 | Ermittlung der sozialen Rangordnung innerhalb der Beobachtungsgruppe beim Freßstellenbesatz 1:3                              | 84 |
| 29 | Rangordnung innerhalb der Beobachtungsgruppe bei verschiedenen Freßstellenbesätzen                                           | 85 |
| 30 | Laktationsverlauf zweier Kühe mit hohem und niedrigem Leistungsniveau bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen über 20 Wochen | 87 |
| 31 | Futteraufnahme von Einzeltieren mit unterschiedlichem sozialem Rang bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen                  | 88 |
| 32 | Freßzeiten von Einzeltieren mit unterschiedlichem sozialem Rang bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen                      | 89 |

|    |                                                                                                                                     |     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 33 | Freßgeschwindigkeit von Einzeltieren<br>mit unterschiedlichem sozialem Rang<br>bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen              | 90  |
| 34 | Anzahl der Freßperioden von Einzeltieren<br>mit unterschiedlichem sozialem Rang<br>bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen          | 91  |
| 35 | Fressen und Liegen bei der Beobachtungs-<br>gruppe in % pro halbe Stunde im Tagesverlauf<br>bei 4 verschiedenen Freßstellenbesätzen | 93  |
| 36 | Grundriß für 3-reihigen Liegeboxenlauf-<br>stall bei 3 Bestandsgrößen und den daraus<br>resultierenden Freßstellenbesätzen          | 98  |
| 37 | Grundrißsegment einer Queraufstallung<br>mit 2 Liegeboxenreihen                                                                     | 102 |
| 38 | Prozentuale Grundflächeneinsparungen bei<br>zunehmender Einschränkung des Freßstellen-<br>besatzes am Beispiel der Queraufstallung  | 104 |

Verzeichnis der Tabellen

| <u>Tabelle</u>                                                                                                                                                                    | <u>Seite</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 Milchleistung von 5 Gruppen über 5 Versuchsabschnitte bei 5 verschiedenen Freßstellenbesätzen                                                                                   | 48           |
| 2 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Milchleistung                                                                                | 50           |
| 3 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die FCM-Milchleistung                                                                            | 58           |
| 4 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf den Fettgehalt                                                                                   | 61           |
| 5 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf das Tiergewicht                                                                                  | 64           |
| 6 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Futteraufnahme                                                                               | 67           |
| 7 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Belegungsdauer am Freßgitter                                                                 | 69           |
| 8 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Anzahl der Freßgitterbelegungen                                                              | 71           |
| 9 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Freßgeschwindigkeit                                                                          | 73           |
| 10 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Belegungsdauer der Liegeboxen                                                               | 75           |
| 11 Varianztabelle zur Prüfung des Einflusses verschiedener Freßstellenbesätze auf die Anzahl der Liegeperioden                                                                    | 77           |
| 12 Grundflächen- und Kapitalbedarf sowie Einsparungsmöglichkeiten beim 3-reihigen Liegeboxenlaufstall für verschiedene Bestandsgrößen und daraus resultierende Freßstellenbesätze | 100          |
| 13 Grundflächen- und Kapitalbedarf sowie Einsparungsmöglichkeiten bei Queraufstallung und verschiedenen Freßstellenbesätzen                                                       | 103          |



Literaturverzeichnis

1. Agrarbericht 1977. Materialband. Deutscher Bundestag. Drucks. 8/81. 1977.
2. Andreae, U.: Abstand zwischen Laufstall und Flachsilo mit Selbstfütterung. DLG-Mitt. 86.1971, S.1193-1195.
3. Andreae, U.: Besatzdichte und Besatzstärke von Mastbullen am Flachsilo. DLG-Mitt. 86.1971, S.125-128.
4. Andreae, U., u. Z. Pasierbski: Freßplatzbedarf von Milchkühen im Boxenlaufstall. DLG-Mitt. 88.1973, S.1213-1216.
5. Andreae, U.: Reaktionen von Milchkühen auf die Haltung im Boxenlaufstall. Der Tierzüchter. 25.1973, S.303-06.
6. Bahrini, S.: Der Einfluß von Haltungsform, Rasse und Fütterung auf die Milchleistung bei Rindern in Nordwürttemberg. Hohenheim, Diss. 1973.
7. Begriffssystematik für die landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebslehre. 5.Aufl. Bonn 1973.
8. Bischoff, Th.: Haltungssysteme der Milchproduktion. In: Handbuch der tierischen Veredlung. 1977, S.404-418.
9. Bischoff, Th.: Ökonomie der Rindviehhaltung. In: KTBL-Schrift 164. 1972, S.53-71.
10. Bogner, H., u. M. Süss: Untersuchungen über das Tier-Freßplatz-Verhältnis bei Milchkühen. Niederschr. üb. die Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Agrartechnik in der Tierhaltung am 3.3.78, S.8-12 (Manusk.).
11. Brantas, G.C.: On the dominance order in Friesian-Dutch dairy cows. Zeitschr. f. Tierzüchtung u. Züchtungsbiologie. 84.1967/68, S.127-151.
12. Cochran, W.G., u. M.G. Cox: Experimental designs. New York 1964.
13. Comberg, G., u. J.K. Hinrichsen: Tierhaltungslehre. Stuttgart 1974.
14. Eichhorn, H., H. Hecht u. H. Seufert: Freßplatzbreiten und Baukosten in Laufställen für die Bullenmast. Bauen auf d. Lande. 25.1974, S.170-173.
15. Eichinger, H.: Die Telemetrie als Hilfsmittel in der Verhaltensforschung bei Haustieren. Der Tierzüchter. 28.1976.
16. Fewson, D., u. Th. Bischoff: Planung von Versuchen zur Prüfung von Haltungsverfahren. KTBL-Manusk.-Druck 8.1967.

17. Fütterungstechnik, Biologische. Eine automat. Anlage zur biolog. Fütterung von Milchkühen. Landtechnik. 26.1972, S.317-320.
18. Gabr, H.: Die Rangposition von Kühen in Laufstallgruppen u. ihre Auswirkung auf Verhalten u. Leistungsmerkmale. Göttingen, Diss.1973.
19. Gabr, H., U. Andreae, U.E. Pfeleiderer u. D. Smidt: Untersuchungen über Rangivalitäten von Milchkühen an der Futterachse und Liegebox. Züchtungskunde. 44.1975, S.198-205.
20. Gels, J.A.: Torensilobedrijf met mechanisch voersysteem. Instituut voor Landbouwbedrijfsgebouwen. Wageningen 1974.
21. Gerstlauer, H.: Einige Beobachtungen über das Verhalten von Milchkühen bei unterschiedlichem Freßstellenbesatz. KTBL-Schrift 223. Aktuelle Fragen zur artgerechten Nutztierhaltung. 1977, S.22-27.
22. Gerstlauer, H.: Ermittlung der quantitativen Beziehungen zwischen Haltungsverfahren und Leistungen beim Rindvieh. Sonderforschungsbereich 141 der TU München-Weihenstephan. Forschungsbericht 1974-76, S.39-49.
23. Handbuch der tierischen Veredlung. Osnabrück 1977.
24. Helfferich, B., u. J.O. Gütte: Tierernährung in Stichworten. Kiel 1972.
25. Heller, D.: Fütterung der Milchkühe im Laufstall. Betriebswirtsch. Mitt. d. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. 1977, Nr.272,273.
26. Kaiser, R., u. O. Lippitz: Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen im Boxenlaufstall bei unterschiedlichem Tier-Liegeplatz-Verhältnis und ständig freiem Zugang zur reduzierten Krippe. Die Tierzucht. 28.1974, S.187-189.
27. Kaufmann, W.: Alleinfutter oder nicht? Top agrar. 1973, H.6, R 15,16.
28. Kirchgessner, M.: Tierernährung. 3.Aufl. Frankfurt/M. 1975.
29. KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft. 1978.
30. Linder, A.: Planen und Auswerten von Versuchen. 2.Aufl. Basel 1959.
31. Lippitz, O., R. Kaiser u. F. Klug: 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.

32. Lochow, J.von, u. W. Schuster: Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Frankfurt/M. 1961.
33. Maier, L., u. M. Wagner: Herstellung und Verteilung von Futtermischungen. In: Moderne Fütterungsverfahren in der Rinderhaltung. Freising-Weihenstephan 1978, S.62-72.
34. Majd, F.: Der Einfluß verschiedener Haltungsverfahren auf die Mastleistung von Bullen unter Berücks. von Fütterung und Rasse. Hohenheim, Diss. 1973.
35. Menke, K.H.: Persönliche Mitteilung 1976.
36. Metz, J.H.M., u. G. Borel: Equipment for recording, feeding, drinking, rumination and standing-lying behaviour of cattle. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 1975, S.1-12.
37. Metz, J.H.M., u. P. Mekking: Verhaltensmaßstäbe für die Einrichtung des Futterplatzes in Rinderlaufställen. KTBL-Schrift 233. Aktuelle Arbeiten zur artgerechten Tierhaltung. 1978, S. 149-164.
38. Meyer-Ötting, U., H.J. Langholz u. D. Smidt: Zum Verhalten von Milchkühen bei unterschiedlichen Haltungsbedingungen. Der Tierzüchter. 27.1975, S.142-146.
39. Mudra, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin 1958.
40. Pirkelmann, H.: Einsatzversuche und Erarbeitung landtechnischer Kenndaten neuerer Fütterungsverfahren. Sonderforschungsbereich 141 der TU München-Weihenstephan. Forschungsbericht 1974-76, S.76-86.
41. Pirkelmann, H.: Erarbeitung von Grundlagen für die Verfütterung aufgewerteter Grundfuttermischung. Sonderforschungsbereich 141 der TU München-Weihenstephan. Forschungsbericht 1974-76, S.51-65.
42. Pirkelmann, H.: Verfahren und technische Lösungen zur Vorlage verschiedener Futtermittel in der Rinderhaltung. Niederschr. üb.d.Sitzung d.Arbeitsgemeinschaft Agrartechnik in der Tierhaltung am 25.11.1977, S.23-33 (Manuskript.).
43. Poelma, H.R.: Die mechanische Heufütterung. CIGR 5. Flevohof. Kongreßbericht 1974.
44. Porzig, E.: Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Berlin 1969.
45. Reinbrecht, L.: Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen im Anbindestall und im Laufstall. Kühn-Archiv. 83.1969, S.337-388.

46. Riemann, U., u. J. Rix: Verfahren der Milchviehfütterung. RKL-Schrift 1976, S.505-573.
47. Rohr, K.: Kenndaten der Tierernährung und ihre Bedeutung für die Fütterungstechnik. Niederschr. üb.d. Sitzung d. Arbeitsgemeinschaft Agrartechnik in der Tierhaltung am 25.11.77, S.8-22 (Manusk.).
48. Sambraus, H.H.: Beobachtungen und Überlegungen zur Sozialordnung von Rindern. Züchtungskunde. 44.1975, S.8-14.
49. Sambraus, H.H.: Zur sozialen Rangordnung von Rindern. Zeitschr.f. Tierzucht u. Züchtungsbiologie. 86.1970, S.240-257.
50. Sambraus, H.H.: Die soziale Rangordnung von Rindern und ihre Folgen. Der Tierzüchter. 23.1971, S.249-251.
51. Schlichting, M.: Zusammenfassung der bisher erarbeiteten fütterungstechnischen Gesichtspunkte für die Rindviehfütterung. Niederschr. üb.d. Sitzung d. Arbeitsgemeinschaft Agrartechnik in der Tierhaltung am 3.3.78, S.1-7 (Manusk.).
52. Schön, H.: Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen. KTBL-Berichte über Landtechnik 133.1969.
53. Sölch, A.: Der Einfluß von Haltungsformen, Rasse und Fütterung auf die Milchleistung bei Rindern in Nordbaden. Hohenheim, Diss.1975.
54. Stuber, A.: Beziehungen zwischen Tierverhalten und Stallsystem. CIGR 4. Gent. Kongreßbericht 1970.
55. Süß, M.: Beitrag zum Verhalten von Milchkühen in Freßboxenställen und herkömmlichen Laufställen. Wien, Diss.1973.
56. Thöni, H.P.: Statistische Aspekte der Versuchsplanung. KTBL-Schrift 223. Aktuelle Fragen zur artgerechten Nutztierhaltung. 1977, S.16-21.
57. Thöni, H.P.: Planung von Versuchen. Die Landarbeit. Wiss.Beih.8.1974, S.52-59.
58. Thöni, H.P.: Persönliche Mitteilung 1975.
59. Versbach, M.: Technik und Verfahren der Einzelfütterung im Rindviehlaufstall. KTBL-Berichte üb. Landtechnik. 1970.
60. Wander, J.F., u. W. Fricke: Zur Einrichtung von Liegeboxenställen für Milchkühe. Bauen auf d. Lande. 25.1974, S.138-144.
61. Wander, J.F.: Freßplätze für Rinder bei Zuteil- und Vorratsfütterung mit mobilem Gerät. CIGR 5. Flevohof. Kongreßbericht 1974, S.1-7.

62. Wander, J.F.: Haltungs- und verfahrenstechnisch orientierte Verhaltensforschung. Züchtungskunde. 48.1976, S.447-459.
63. Wander, J.F.: Verhaltensforschungen an Jungrindern im Boxenlaufstall. Landbauforschung Völkenrode. Jg. 18. 1968, S.39-52.
64. Wander, J.F.: Versuchsergebnisse zur Einrichtung von Boxenlaufställen. Die Milchpraxis. 1974, H.4.
65. Wander, J.F.: Persönliche Mitteilung 1974.
66. Westendorp, T.: Haltungssysteme für Milchvieh. Kolloquium Agrartechnik Hohenheim 24.10.77 (Manuskript.).
67. Westendorp, T.: Persönliche Mitteilung 1977.
68. Zeeb, K.: Ethologisch-ökologische Haltungssysteme am Beispiel Milchvieh. 10.Landwirtsch. Fachgespräche: Milchproduktion - Systeme im Vergleich. 8./9.11.1973.
69. Zeeb, K., u. M. Zimmermann-Müller: Sozialstruktur und Aktivität bei Milchkühen. Der Tierzüchter. 23.1971, S.251-253.

### VIII Einordnung der Ergebnisse und Folgerungen für die Arbeiten des Sonderforschungsbereiches

Die Ergebnisse aus dem Teilprojekt A 3 erbrachten wertvolle Hinweise auf die weiteren Arbeiten im Sonderforschungsbereich.

In erster Linie wirken sich die Erkenntnisse über das geänderte Verhaltensmuster bei einem Tier:Freßstellenverhältnis ab 4:1 auf die weiteren Arbeiten im Projektbereich L aus. Zwei wesentliche Ansatzpunkte müssen dort in den Mittelpunkt weiterer Untersuchungen gestellt werden:

- Verstärkte methodische Arbeit für eine k o n t i n u i e r l i c h e und q u a n t i f i z i e r b a r e Tierbeobachtung.
- Systematische Analysen mit einer derartigen neuen oder speziell abgewandelten Methode über das Tierverhalten allgemein (Freßzeit, Ruhezeit, Länge der zurückgelegten Wege, Ermittlung von Zonen stärkerer Frequentierung u.a.m.) sowie spezielle Analysen zum Verhalten durch eingeschränkten Freßstellenbesatz, eingeschränkte Laufgänge, eingeschränkte Liegeboxenanzahlen.

Derartige Untersuchungen sollen somit unter definierten Bedingungen Kennwerte für die Planung und für die Fragen des Tierschutzes erbringen. Im Hinblick auf den derzeitig überaus hohen Stellenwert aller Fragen um den Tierschutz müssen die genannten Methoden vor allem in Bezug auf die Quantifizierbarkeit, exakte Dokumentation und der statistischen Absicherung hohen Ansprüchen genügen.

Neben der reinen Verhaltensanalyse bedarf auch die weitere Untersuchung aller Auswirkungen auf die Tierleistung bei geänderten Halteverfahren gesonderter Beachtung. Da der Versuch hierüber nicht die hypothetisch zu erwartenden Ergebnisse gebracht hat und ähnliche Bemühungen in der Literatur zum gleichen Resultat kamen, müssen vorerst weitere spezielle Bemühungen zu diesem Problemkreis sehr vorsichtig beurteilt werden. Richtiger erscheint vielmehr die Lösung solcher Fragen im Rahmen aller geplanten Arbeiten und durchzuführenden Untersuchungen als begleitendes Untersuchungsmerkmal. Unter Umständen kann dann zu einem späteren Zeitpunkt mit Hilfe statistischer Methoden (Massenstatistik) eine mehr befriedigende Antwort gegeben werden.

In zweiter Linie erbrachten die Untersuchungen im Teilprojekt A 3 eine Bestätigung bisher schon erwarteter Möglichkeiten der Freßplatzeinengung. So können vorerst - wobei das geänderte Verhaltensmuster der Tiere die Grenze darstellt - bei allen Planungen im Projektbereich A ein Freßplatz:Tierverhältnis von 1:1 bis 1:3 einbezogen werden. Diese Parameter besitzen auch Gültigkeit für alle weiteren Arbeiten im Projektbereich F und insgesamt erbrachte somit Teilprojekt A 3 wesentliche Ansatzpunkte für die weiteren Arbeiten im SFB 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung".

