

**Sonderforschungsbereich 141
der
TU-München Weihenstephan**

**Produktionstechniken
der
Rinderhaltung**

**Forschungsbericht
1.3.1979 - 31.3.1982**

April 1982

Sonderforschungsbereich 141

der

TU - München Weihenstephan

PRODUKTIONSTECHNIKEN DER RINDERHALTUNG

Forschungsbericht

1.3.1979 - 31.3.1982

Landtechnik Weihenstephan
der TU - München - Weihenstephan

April 1982

Bezeichnung des Sonderforschungsbereiches

"Produktionstechniken der Rinderhaltung"

Sprecherhochschule

TU - München/Weihenstephan

Sprecher

o.Prof. Dr. Heinz Lothar Wenner

Sekretariat des SFB

Dr. Manfred Schurig

Dienstanschrift

Institut für Landtechnik
Vöttinger Straße 36
8050 Freising

Dienstanschrift

Bayer.Landesanstalt für Landtechnik
Vöttinger Straße 36
8050 Freising

Telefon

08161/71441

Telefon

08161/71452

Freising, 30.4.1982



Sprecher des SFB 141

Aus der Arbeit des Sonderforschungsbereiches ist unmittelbar kein wirtschaftlicher Gewinn gezogen. Die Ergebnisse seiner Forschung haben nicht zur Erlangung von gewerblichen Schutz- oder Patentrechten geführt.

Vorbemerkungen

zur wissenschaftlichen Entwicklung des Sonderforschungsbereiches 141 und zum Forschungsbericht 1980 - 1982

Nachdem der Sonderforschungsbereich "Produktionstechniken der Rinderhaltung" im Herbst 1973 an der Technischen Universität München-Weihenstephan eingerichtet wurde, waren die ersten Jahre der Aufbauphase durch einige Anlaufschwierigkeiten sowie erhebliche finanzielle Restriktionen gekennzeichnet; infolgedessen konnten in den Jahren 1974 bis 1976 die wissenschaftlichen Zielvorstellungen nicht voll erreicht werden. Ferner war in wichtigen Bereichen des SFB zunächst die Entwicklung neuer Methodiken notwendig (insbesondere in den Projektbereichen A - G - L), die einen längeren Zeitraum als vorgeplant benötigten. Ab 1976 erreichte dann jedoch der SFB 141 seine volle Leistungsfähigkeit und konnte im Forschungsbericht über den Zeitraum vom 1.6. 1976 bis 30.3.1979 bereits bedeutende Fortschritte nachweisen. Auch im abgelaufenen Berichtszeitraum vom 1.3.1979 bis zum 31.3.1982 hielt die wissenschaftliche Ergiebigkeit der Arbeiten des SFB in voller Höhe an, wie dieser Forschungsbericht nachweist. In ihm sind die wesentlichen Ergebnisse zusammengefaßt, die im Förderungszeitraum gewonnen wurden. Dabei kann in einer solchen, vom Umfang her begrenzten Schrift nur auf die wichtigsten Erkenntnisse und wissenschaftlichen Zusammenhänge eingegangen werden; zum vertieften Einstieg in die einzelnen Problembereiche stehen zahlreiche anderweitige Publikationen zur Verfügung, wie sie jeweils bei den Projektbereichen und Einzelprojekten angegeben sind.

Die wichtigsten wissenschaftlichen Fortschritte des Sonderforschungsbereiches in den letzten 3 Jahren seien kurz genannt:

Im Projektbereich A grundlegende arbeitswirtschaftliche Analysen der Milchviehhaltung und Bullenmast, die Auffüllung der Grunddaten über den Kapitalbedarf der Betriebsgebäude, die Ergänzung der Energieverbrauchsdaten, und die Erstellung einer verbesserten Kostenrechenmethode.

Im Projektbereich F weitere ernährungsphysiologische Grundlagenkenntnisse über den Einsatz von Futtermischungen und die Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Rationsanpassung an die Tierleistungen, umfassende Kenntnisse über den Einsatz und die Techniken bei Futtermischungen, bedeutende Funktionsverbesserungen an Kraftfutterdorsierern sowie die Entwicklung von Kälbertränkeautomaten mit Identifizierungssystemen.

Im Projektbereich G die Optimierung der Melkparameter Vakuumbreite, Pulsfrequenz und Saugphasenlänge je nach Milchentzugssystem, Vertiefung der Grundkenntnisse über die biologischen Vorgänge bei der Vorstimulation sowie bedeutende Fortschritte zur Verminderung der Zitzenbelastungen durch verbesserte neuartige Melktechniken.

Im Projektbereich L Grundlagenerkenntnisse über Spaltenböden für Milchviehlaufställe mit konkreten Angaben der zweckmäßigsten Balken- und Schlitzweiten, wesentlich verbesserte Techniken für die Trinkwasseraufnahme sowie die Fertigstellung einer neuartigen Exaktmethode zur Vermessung der Tierbewegungen im Laufstall mit ersten Ergebnissen.

Im Projektbereich M die Ausarbeitung und Nutzung einer umfassenden Methode für die Berechnung des Wärmehaushaltes von Stallungen in Abhängigkeit aller Einflußfaktoren, wichtige Fortschritte zur Verbesserung der Luftführung in Stallungen mit Traufen-First-Lüftung, und die Erarbeitung von Grundlagendaten über technisch

verschieden ausgeführte Wärmetauscher für die Stallabluft.

Diese kurz skizzierten hauptsächlich wissenschaftlichen Fortschritte sowie der hohe Erkenntnisstand über die Produktionstechniken der Rinderhaltung wären ohne das Bestehen dieses SFB auch nicht annäherungsweise zu erzielen gewesen. Insbesondere hat die intensive Verbundforschung innerhalb des Sonderforschungsbereiches und die starke Verflechtung der Teilprojekte wesentlich dazu beigetragen, den heutigen sehr hohen wissenschaftlichen Kenntnisstand über wichtige Produktionstechniken der Rinderhaltung zu erzielen. Allein durch die große integrierende Funktion des Projektbereiches A (Prozeßanalyse und Systemoptimierung) ergibt sich eine intensive Verflechtung der Projektbereiche und der Teilprojekte.

So hat auch die Kooperation der im Sonderforschungsbereich zusammengefaßten Wissenschaftler im Berichtszeitraum weiter zugenommen. Dazu dienten zunächst infolge vielfältiger fachlicher Querverbindungen regelmäßige Diskussionen zwischen den Arbeitsgruppen der Teilprojekte, da vielfältige Querverbindungen und Einflußfaktoren zu berücksichtigen sind sowie oft ähnliche Forschungsmethoden und Auswertungsrechnungen angewandt werden können. Während der Projektbereich A mit allen anderen Teilprojekten des SFB ständig intensive Verbindung hält, ergeben sich weitere wissenschaftliche Verflechtungen vom Projektbereich "Fütterung" zu den Problemen der Aufstallungsformen, den baulichen Anforderungen und dem Herdenmanagement, vom Projektbereich "Melken" über die tägliche Milchmengenerfassung zur leistungsbezogenen Kraftfütterzudosierung und zum Herdenmanagement, vom Projektbereich "Halteverfahren" zur baulichen und technischen Ausführung aller Stalleinrichtungen sowie zur Raumkonzeption und zum Wärmehaushalt des Stalles sowie letztlich vom Projektbereich "Wärmehaushalt" zu den Problemkreisen der Aufstallungsformen, der Klimagestaltung und der baulichen Stallausführung. Vielfältige ineinandergreifende wissenschaftliche Frage-

stellungen zwingen praktisch zu ständigen Einzelgesprächen und Überprüfungen der Teilzielvorstellungen, damit umfassend optimale Lösungen möglich werden. Diese intensive wissenschaftliche Zusammenarbeit wird wesentlich erleichtert durch die räumliche Konzentration in Weihenstephan.

Ein besonderer Stellenwert wird darüber hinaus jedoch größeren Arbeitstagungen und Fachgesprächen der einzelnen Projektbereiche beigemessen. Wie schon im vorhergehenden Berichtszeitraum wurde nun in den letzten 3 Jahren dieses Instrument, fachspezifische Symposien vor einem erweiterten Kreis von Wissenschaftlern unter Einbeziehung der Gutachter des SFB zu veranstalten, in verstärktem Umfang aufgegriffen, indem 7 größere wissenschaftliche Fachgespräche stattfanden. Diese Maßnahme, die auch von den Gutachtern im letzten Bewilligungsschreiben ausdrücklich anerkannt und zur Fortführung empfohlen wurde, trägt ganz wesentlich dazu bei, die erzielten Forschungsergebnisse in oft harten Diskussionen einzuordnen und eine ständige Überprüfung der Zielvorstellungen zu erreichen. Neben diesen wissenschaftlichen Fachgesprächen fanden regelmäßig Delegiertenversammlungen statt, auf denen die weitere Forschungsstrategie und die intensive Verbundforschung festgelegt wurden. Mit Fug und Recht kann behauptet werden, daß durch alle diese Maßnahmen die innere Zusammenarbeit des Sonderforschungsbereiches noch weiter gestärkt wurde und zugenommen hat.

Aufgrund der Erkenntnis, daß auch die wissenschaftliche Effizienz dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses unterliegt, und daß die wissenschaftliche Tätigkeit nicht zum Selbstzweck werden darf, kamen die am Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler in harten Diskussionen und in der Delegiertenversammlung zu dem Ergebnis, den Sonderforschungsbereich 141 Ende 1985 zum Abschluß zu bringen. Zwar ist es im Berichtszeitraum gelungen, die volle Leistungsfähigkeit des SFB unter Beweis zu stellen, und auch für die nächsten 3 Jahre ist

noch ein hoher Effizienzgrad zu erwarten; auf der anderen Seite sind sich alle am SFB beteiligten Wissenschaftler der großen Verantwortung und Verpflichtung bewußt, die beträchtlichen Mittel der DFG äußerst sparsam und nutzbringend einzusetzen, und folglich dann auch frühzeitig einen Schlußstrich zu ziehen, wenn das Gesamtziel des SFB in erreichbare Nähe gerückt ist.

Zweifellos wird auch in weiterer Zukunft der Problembereich der Produktionstechniken für die Rinderhaltung ein Schwerpunkt in Weihenstephan bleiben, *sein Hauptaugenmerk auf diesen Bereich zu richten, der durch die Arbeiten des SFB im Berichtszeitraum zu einer umfassenden Diskussionsbasis auch für die benachbarten wissenschaftlichen Disziplinen und die gesamte agrarwissenschaftliche Fakultät in Weihenstephan führten.* In gemeinsamen Seminaren und Kolloquien der Universität werden die Ergebnisse des Sonderforschungsbereiches vorgetragen und mit allen wissenschaftlichen Randgebieten besprochen. *Da größere Forschungsplanungen innerhalb einer Fakultät oder gar einer Sprecherhochschule infolge der heute gültigen Universitätsgesetze kaum noch möglich sind und die finanzielle Grundausstattung mehr als bescheiden ist, kommt es in Zukunft mehr denn je auf die Aktivität einzelner Wissenschaftler an, größere Problembereiche gemeinsam weiter zu bearbeiten. Dafür liegen gerade in Weihenstephan die besten Voraussetzungen vor.*

Große Unterstützung fand der SFB im Berichtszeitraum wiederum durch die Universitätsverwaltung - speziell durch die Verwaltungsstelle Weihenstephan - bei der Abwicklung der umfangreichen Verwaltungsaufgaben; hierfür muß ausdrücklich gedankt werden. Ferner ergab sich eine Verbesserung der personellen Grundausstattung, indem neben der Bereitstellung einer Planstelle für eine techn. Hilfskraft ein hochqualifizierter Wissenschaftler des SFB (Dr. Englert) zusätzlich in die Landesanstalt für Landtechnik übernommen werden konnte. Durch das Ausscheiden eines anderweitigen akademischen Mitarbeiters der Landtechnik

wurde weiterhin ein Wissenschaftler des SFB (Dr. Rittel) in die Grundausrüstung überführt, so daß als Folge der Aktivitäten des Sonderforschungsbereiches nunmehr das Fachgebiet "Landwirtschaftliche Bautechnik" im Rahmen des Haushalts der Landesanstalt für Landtechnik langfristig gesichert ist. Weitergehende Verstärkungen der Grundausrüstung von Seiten der Hochschule fanden nicht statt, obwohl vielfältige Anstrengungen in dieser Hinsicht unternommen wurden.

Die Arbeiten des Sonderforschungsbereiches und deren Ergebnisse haben im Berichtszeitraum die studentische Ausbildung in Vorlesungen und in fachspezifischen gemeinsamen Seminaren außerordentlich beeinflußt; vielfältige Grundlagenzusammenhänge der Veredelungsproduktion konnten in einigen Disziplinen der Agrarwissenschaften nur auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse des SFB dargelegt und vertieft werden. Sehr positiv wirkte sich ferner die Einbeziehung der EDV-Kalkulationssysteme in Planungsseminaren aus; damit wurden die Studenten in die Lage versetzt, ihre spezifischen Planungsvarianten mit neuestem Datenmaterial für den Arbeitszeitbedarf und für die Wärmeisolierung der Gebäude zu versehen. Gleichzeitig lernten die Studenten dabei jene Systeme kennen, welche künftig in der Beratung das tägliche Arbeitshilfsmittel sein werden. Darüber hinaus stehen diese Kalkulationssysteme auch allen Lehrstühlen der Fakultät zur Verfügung. Von besonderer Bedeutung war die zunehmende Anzahl von Diplomarbeiten (Abschlußarbeiten) aus Themenbereichen des SFB; allein 34 Diplomarbeiten von 1980 bis heute mit teils hohem Schwierigkeitsgrad wurden von Studenten der höheren Semester oder nach der mündlichen Abschlußprüfung angefertigt, dazu sind noch einige im letzten Halbjahr 1982 zu erwarten. Gegenüber dem Arbeitsbericht 1976 - 1979 erfolgte hier also eine starke Intensivierung. Ferner wurden im Berichtszeitraum 6 Dissertationen aus dem Fachgebiet des SFB abgeschlossen, weitere 12 Dissertationen sind in Bearbeitung und stehen teils

kurz vor der Vollendung. Die große Bedeutung des hiesigen Sonderforschungsbereiches für die universitäre Ausbildung wird weiterhin dadurch unterstrichen, daß aus seinem Forschungsprogramm 3 Habilitationen in nächster Zeit zu erwarten sind. Ohne die umfassenden wissenschaftlichen Arbeiten des Sonderforschungsbereiches wäre eine derartige Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses nicht denkbar.

Nicht unerwähnt bleiben darf ferner, daß einige wissenschaftliche Mitarbeiter des SFB mit abgeschlossener Promotion und auch ausgeschiedene Mitarbeiter des technischen Bereiches (5 Jahre Sperrfrist) gute Stellen in Instituten, Organisationen und in der Industrie finden konnten - auch das nur aufgrund der vertieften Weiterbildung im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeiten des SFB.

Nur durch große Aktivität und Einsatzbereitschaft aller am Sonderforschungsbereich beteiligten Mitarbeiter aus dem wissenschaftlichen und technischen Bereich gelang es, das hohe Niveau und die wissenschaftliche Effizienz der Arbeiten im Berichtszeitraum aufrecht zu erhalten; dafür sei allen am Sonderforschungsbereich Mitwirkenden vielmals gedankt.

Der vorliegende Forschungsbericht gibt in komprimierter Form Zeugnis über die wichtigsten, im Bearbeitungszeitraum gewonnenen Erkenntnisse und wissenschaftlichen Fortschritte. Möge dieser Arbeitsbericht dazu beitragen, die wissenschaftlichen Ergebnisse des Weihenstephaner Sonderforschungsbereiches allen landwirtschaftlichen Fakultäten, den landtechnischen Fachkräften und der interessierten Praxis nutzbar zu machen.

Freising-Weihenstephan
27. April 1982


o.Prof. Dr. H.L. Wenner
Sprecher des SFB 141

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Projektbereich A

11

Prozeßanalyse und Systemoptimierung der Produktionsverfahren in der Rinderhaltung.

Leiter: Dr. H. Auernhammer, AOR

Projektbereich F

70

Technologien zur optimalen Futterkonservierung, Lagerung und Fütterung.

Leiter: Dr. H. Pirkelmann, OLR

Projektbereich G

144

Untersuchungen zur optimalen Gestaltung des maschinellen Milchentzuges.

Leiter: o.Prof. Dr. H. Karg

Projektbereich L

235

Ermittlung von Kennwerten für die optimale Stallhaltung von Rindern.

Leiter: Dr. J. Boxberger, OLR

Projektbereich M

257

Optimierung des Wärmehaushaltes von Rinderställen unter dem Gesichtspunkt eines sinnvollen Energieeinsatzes.

Leiter: Dr. H. Schulz, LD

Projektbereich A

Prozeßanalyse und Systemoptimierung der Produktionsverfahren
in der Rinderhaltung

Leiter: Dr. H. Auernhammer
Institut für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71442

Die Arbeiten des Projektbereiches A im vergangenen Förderungszeitraum können insgesamt wie folgt charakterisiert werden:

1. Die methodischen Arbeiten nahmen wiederum einen sehr breiten Raum bei allen Aktivitäten ein. So wurde die Arbeitszeitanalyse durch den Schritt des Soll-Ist-Vergleiches zwischen Modellkalkulation und Praxismessung vervollständigt. Für die Kalkulation der Kosten landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte zeigen sich erfolgversprechende Ansätze.
2. Die Datenerhebung machte weitere Fortschritte, ebenso die Modellbildung und die Verfahrensanalyse anhand deterministischer Simulation.
3. Der Bereich der Kapitalbedarfsermittlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude erlitt durch das Ausscheiden des hauptverantwortlichen Mitarbeiters eine nicht unerhebliche zeitliche Verzögerung. Mittlerweile ist jedoch dieser Zeitverzug überwunden und die planmäßige Besetzung aller Personalstellen eröffnet umfassende Arbeitsmöglichkeiten.
4. Durch die Mittelkürzungen in der Gesamtfinanzierung des SFB konnten die Arbeiten zum Systemvergleich erst verspätet im Teilprojekt A 6 in Angriff genommen werden. Die erarbeitete Methodik für die Gegenüberstellung einer 40er-Kuhherde mit Nachzucht im Anbinde- oder Laufstall wurde in den ersten Schritten in die Tat umgesetzt. Derzeit werden die erforderlichen Arbeitszeitbedarfskalkulationen durchgeführt, an welche sich dann die erforderliche Datenbereitstellung der anderen Projektbereiche anschließen wird.

Darüberhinaus ergaben sich sehr wesentliche Fortschritte in der Zusammenarbeit mit den anderen Projektbereichen im SFB, von denen insbesondere:

- die gemeinsame Datenerhebung, -auswertung und die Modellerstellung für den Bereich der Kälberhaltung im Projektbereich F

- die Einbeziehung der Optimierungsansätze für die Wärmeisolierung von Stallgebäuden in das "Landwirtschaftliche Informationssystem Landtechnik (LISL)" aus dem Projektbereich M
- und die Vervollständigung der Methode zur Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare im Projektbereich L

zu nennen sind.

Diese Zusammenarbeit wurde durch die Teilnahme mit entsprechenden Referaten an den Fachgesprächen der betreffenden Projektbereiche dokumentiert.

Darüberhinaus wurde in einem weiteren Fachgespräch aus dem Teilprojekt A 1 über den derzeitigen Stand der Arbeiten berichtet. Eine umfassende Dokumentation dieser Veranstaltung konnte kurze Zeit später allen Teilnehmern (70 Teilnehmer aus dem europäischen Raum) und den Gutachtern des SFB zugeleitet werden.

Nachfolgend wird über den Ergebnisstand in den einzelnen Teilprojekten des Projektbereiches A ausführlich berichtet, dessen Gesamtforschungsstrategie in der Abb. 1 dargestellt ist.

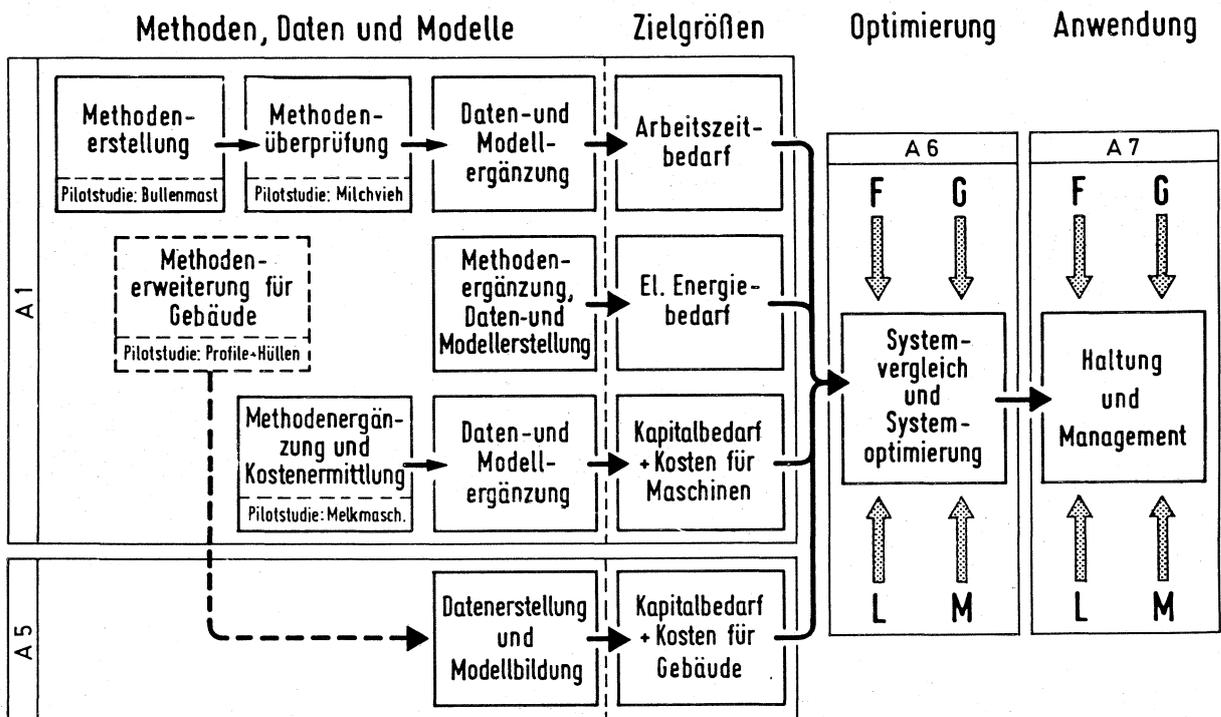


Abb. 1: Gesamtforschungsstrategie im Projektbereich A

Teilprojekt A 1

Durchführung der Prozeßanalyse für die Verfahren der Rinderhaltung hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfes, des Kapitalbedarfes und des Energiebedarfes

Leiter: Dr. H. Auernhammer
Institut für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising 12
Tel. 08161/71442

Mitarbeiter:

E. Nacke, Dipl.-Ing.agr.
Dr. H. Sauer, Dipl.-Ing.agr.
G. Wendl, Dipl.-Ing.agr.
H.-L. Wenner, Prof.Dr.agr.

Entsprechend den Ansprüchen der Verfahren der Rinderhaltung werden die Ausführungen in diesem Bericht getrennt nach den Parametern:

- Arbeitszeitbedarf
- Kapitalbedarf und Kosten für Maschinen
- Energiebedarf.

1. Analyse des Arbeitszeitbedarfes für die Rinderhaltung

Dieser Problembereich wird bearbeitet von

Dr. H. Auernhammer
Dr. H. Sauer

1.1 Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragsstellung und Ausgangsfragestellung

Obwohl die wöchentliche Arbeitszeit der in der Landwirtschaft beschäftigten Arbeitskräfte in den vergangenen 15 Jahren um etwa 14 Stunden abgenommen hat (Abb. 1), liegt sie mit derzeit etwa 60 Stunden pro Woche immer noch deutlich über allen anderen Wirtschaftszweigen. Hinzu kommt durch die täglich erforderlichen Versorgungsarbeiten für die landwirtschaftlichen Nutztiere eine sehr starke Bindung an den Betrieb und durch die zunehmenden Bestandesgrößen eine sehr hohe mentale Belastung der Arbeitskräfte. Insgesamt kann deshalb trotz abnehmender wöchentlicher Arbeitszeit von einer Verbesserung der Gesamtsituation in der Landwirtschaft nur bedingt gesprochen werden.

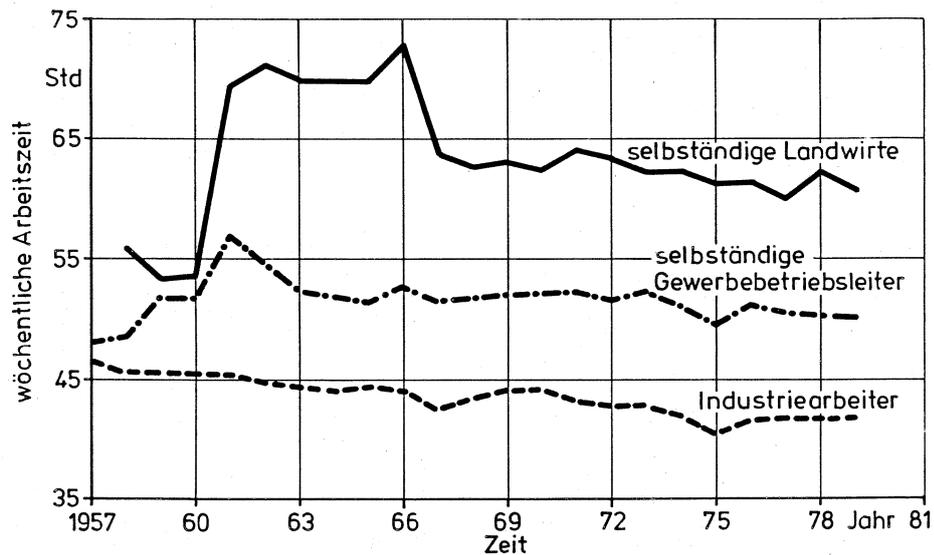


Abb. 1: Wöchentliche Arbeitszeiten der selbständigen Landwirte, selbständigen Gewerbebetriebsleiter und der Industriearbeiter ab 1957 in der Bundesrepublik Deutschland.

Aufbauend auf diese Zusammenhänge wurden seit Anfang der 70er Jahre die Bemühungen um repräsentative Daten für die Arbeitszeitkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten verstärkt. Sie führten im bundesdeutschen Raum zur Gründung der "KTBL-Arbeitsgemeinschaft für Kalkulationsunterlagen" (1) und der sogenannten KTBL-Datenbank. In ihr wurden alle Arbeitszeitdaten ohne besondere Dokumentation eingespeichert und zu praxisnahen Arbeitsabläufen in relativ kleiner Form aggregiert.

In den Niederlanden führten o.g. Bemühungen zum weiteren Ausbau des IMAG-Dataservices mit einer Vielzahl einzelner EDV-Kalkulationsprogramme auf der Basis von Normzeiten nach der Bewegungselementmethode (2). Auf der gleichen Basis - jedoch unter Verwendung eines universellen Aggregationssystems - wird in Großbritannien am Aufbau eines Kalkulationssystems gearbeitet (3), während in Frankreich auf Katalogbasis mit Nachschlagcharakter weitergearbeitet wird (4).

Damit stand bei der letzten Antragsstellung neben den eigenen Arbeiten ein äußerst verschiedenartiges Methoden- und Datenmaterial zur Verfügung, welches durch rechner-spezifische Bindungen eine zusätzliche Komponente der Diversifizierung erhielt.

1.2 Angewandte Methoden

Bedingt durch diese Ausgangssituation wurde im Teilprojekt A 1 schon frühzeitig versucht, eine integrierte Methode der Arbeitszeitanalyse zu erarbeiten. An sie wurden folgende Forderungen gestellt:

- Als Datenbasis sollten Daten aus Arbeitsbeobachtungen, Arbeitsversuchen und aus Normzeitwerten möglich sein, wobei Beobachtungsdaten aus der Praxis den Vorzug erhalten sollten.
- Alle Abschnitte sollten vollständig dokumentiert sein, also den exakten Gültigkeitsbereich, den definierten Inhalt, die wirksamen Einflußgrößen und die funktionelle Abhängigkeit einschließlich der statistischen Kenngrößen enthalten.
- Die Daten sollten auf Elementbasis in verschiedenen Ebenen so aggregiert werden, daß damit eine Vielzahl an Kalkulationsanforderungen zu erfüllen war.
- Das Kalkulationssystem sollte rechnerunabhängig auf der Basis einer deterministischen Simulation arbeiten.
- Das eigentliche Kalkulationsprogramm sollte nur die Kalkulationen übernehmen, alle Daten sollten auf externen Speichern abgelegt werden und damit leicht und schnell zu ändern und zu aktualisieren sein.
- Darüberhinaus wurde als letzte Forderung, bedingt durch den Fortschritt in der Datenverarbeitung, neben dem Batch-Einsatz die Dialog-Fähigkeit des gesamten Kalkulationssystems gestellt.

Alle diese Forderungen wurden im "Landwirtschaftlichen Informationssystem für Landtechnik (LISL)" erfüllt. Es läßt sich schematisch nach Abb. 2 darstellen und trennt dabei in die beiden Blöcke der Ist-Analyse und der Modellkalkulation, die in ihrer gemeinsamen Basis durch die statistische Absicherung getrennt sind, und die sich zum Ist-Soll-Vergleich treffen und damit zum praktischen Betrieb zurückführen.

Hinter diesem Schema steht derzeit ein System von 12 EDV-Programmen in der Programmiersprache FORTRAN IV/V. Sie greifen in Abhängigkeit von der gewählten Fragestellung (Abb. 3) auf eine gemeinsame Datendatei zurück, welche durch eine eigene Registerdatei vollständig unabhängig von den verschiedenen Rechenanlagen ist (Abb. 4). Innerhalb der Datendatei stellt jeder Arbeitsabschnitt ein Dokument (Abb. 5) dar, in welchem in einzelnen Abschnitten die erforderlichen Daten abgelegt sind.

Dieses Gesamtsystem war bei der letzten Antragsstellung mit Ausnahme der Dialogfähigkeit weitgehend fertiggestellt und mit Daten aus den Pilotstudien "Bullenmast" und "Milchviehhaltung" belegt.

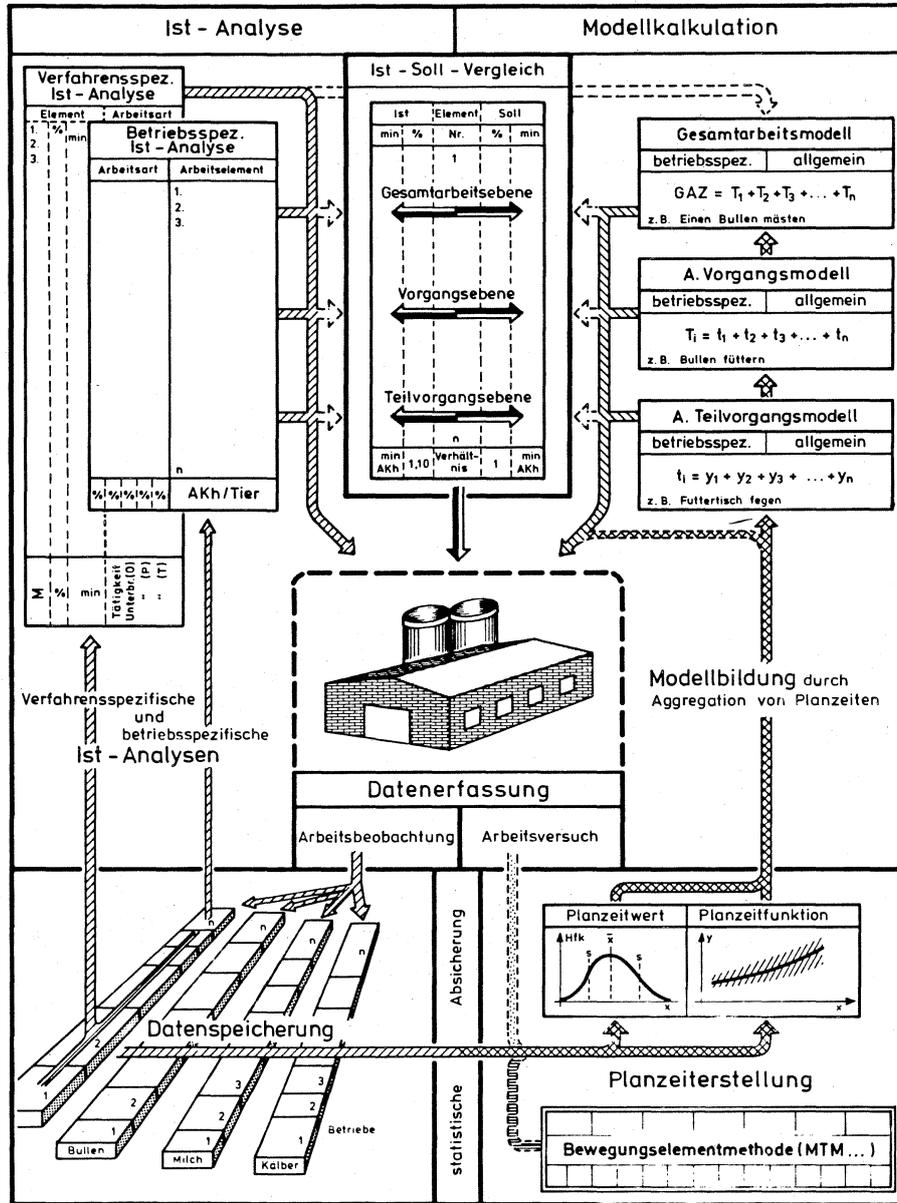


Abb. 2: Arbeitszeitanalyse in der Landwirtschaft

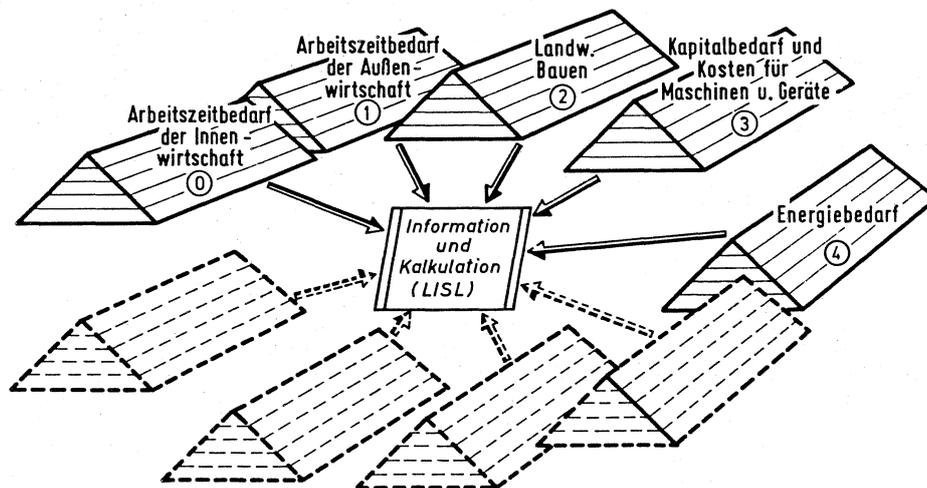


Abb. 3: Daten und Modellbereiche im "Landwirtschaftlichen Informationssystem Landtechnik (LISL)"

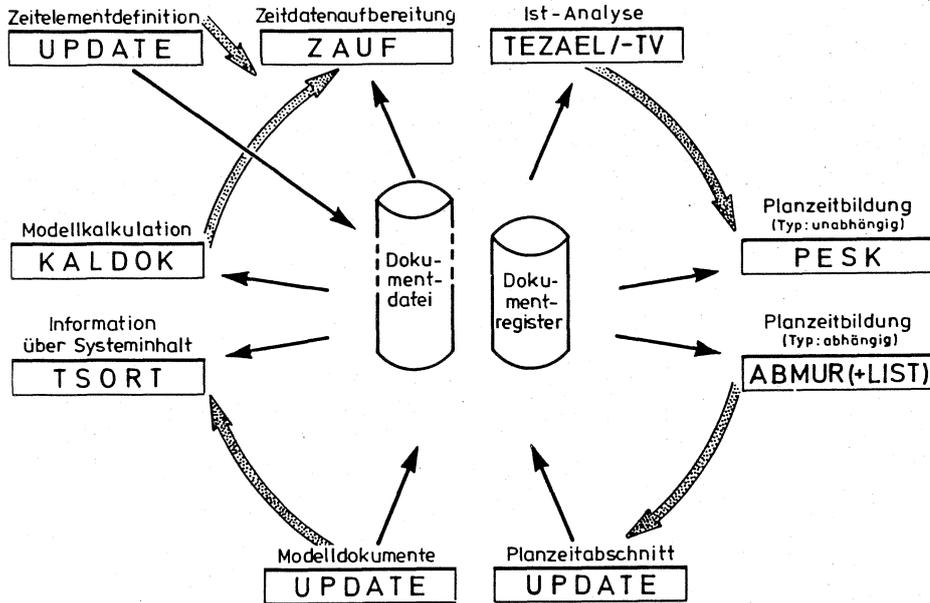


Abb. 4: EDV-Programmeinsatz bei der landwirtschaftlichen Arbeitszeitanalyse

DOKUMENT NR.100038 (07.04.82)

PL 100038 KRAFTFUTTER AUS GESCHOBENEN KARREN DOSIERT ZUTEILEN

ANFANG... HINLANGEN ZUM DOSIERBEHALTER AM TROGANFANG
 ENDE.... LOSLASSEN DES BEHALTERS NACH DEM LETZTEN ZUTEILVORGANG
 ERSTELLT 01.06.77 VON H.AUERNHAMMER, J.REINHOLZ, H.ZAEH W'AN
 GEAENDERT VON NOCH VIELE MESSUNGEN ERFORDERLICH

INHALT...

VOR DEM KRAFTFUTTER-BEFUELLTEN KARREN AM TROGANFANG STEHEND, WIRD DER AUF DEM KRAFTFUTTER LIEGENDE DOSIERBEHALTER (SCHUESSEL, EIMER, BECHER U. A.) ERGRIFFEN, DURCH EINE SCHOEPFBEWEGUNG GEFUELLT UND ENTSPRECHEND DES BEDARFES JEDEM EINZELNEN TIER ZUGETEILT. DABEI WIRD DER KARREN STETS VORGESCHOBEN. DER VORGANG ENDET MIT DEM WERFEN DES BEHALTERS ZURUECK IN DEN KARREN AM TROGENDE.

AENDERBARE EINFLUSSGROESSEN = 3 UND TEXTE FUER ERRECHNETE HILFSVARIABLE

EINFLUSSGROESSEN	VOREINSTELLUNG	DIMENSION	HVNR	DR
1. HAEUFIGKEIT	1.000		0	0
2. ANZAHL-TIERE	30.000 STUECK		0	0
3. MENGE/TIER	1.000 KILOGRAMM		0	0

DATENERFASSUNGSSCHEMA FUER 2 OBLIGATORISCHE UND 1 INFORMATORISCHE VARIABLE

F/D	VARIABLE	SPALTE DIM.	F/D	VARIABLE	SPALTE DIM.
	TROGLAENGE BEFUELLT	25-29 METER	** 1	ANZAHL TIERE	30-32 STUECK
11	ZUTEILMENGE/TIER	33-35 KG	**		

FUNKTION AUS 57 MESSWERTEN MIT 2 EINFLUSSGR.; ZUSCHLAG= 0.0 %

B = .805 MITTEL-Y = 206.9 S= 21.870 F= 111.7

VAR.NAME	XQUER	REGR.KOEFF.	S(BX)	T-WERT	R-PAR	R-MUL	R-EINF	TRANS
A-ABSCH.		0.0	0.0	0.0				
ANZ-TIER	30.316	7.1628	0.4230	16.921	0.916	0.061	0.896	
MENG/TIE	1.582	-2.9565	8.4570	-0.350	-0.047	0.061	0.099	

Abb. 5: Planzeitdokument für "Kraftfutter aus geschobenen Karren dosiert zuteilen"

1.3 Ergebnisse und ihre Bedeutung

Der derzeitige Stand der Ergebnisse läßt sich entsprechend des Antrages von 1979 in die Bereiche der Datenvervollständigung, der weiteren Modellerstellung und der Analyse von Produktionsverfahren anhand von Modellkalkulationen einordnen.

Bei der Datenanalyse galt das Hauptaugenmerk der Vervollständigung noch fehlender Arbeitszeitbedarfswerte speziell für die Kälberhaltung und die Erfassung von Sonderarbeiten in den Betrieben mit Rinderhaltung. Für die Kälberhaltung wurden dazu umfangreiche Zeitmessungen in praktischen Betrieben durchgeführt. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Erfassung der Anlernphase und evtl. Umgewöhnungen an andere Tränkeverfahren. Diese Untersuchungen wurden in sehr enger Zusammenarbeit mit dem Projektbereich F durchgeführt, um einerseits die dort verfolgten neuen Ansätze an Tränkeverfahren in das Datenmaterial der Grunddaten einzubeziehen, und um andererseits die methodische Weiterbearbeitung der Daten durch das Teilprojekt A 1 zu sichern. Die erfaßten Zeitaufwandsdaten (etwa 800 Einzelmeßwerte) sollen noch in diesem Jahr nach der an der Landtechnik entwickelten Methode ausgewertet werden und können dann in das Informationssystem einbezogen werden.

Daneben dienten drei größere Versuche der Erfassung von Sonderarbeiten. Vorerst sollte dabei in den Milchviehställen das methodische Vorgehen abgeklärt werden, um danach in Serienuntersuchungen das entsprechende Datenmaterial zu erfassen. Die angewandte Methode beruht auf dem Einsatz von Lichtschranken nach Abb. 6.

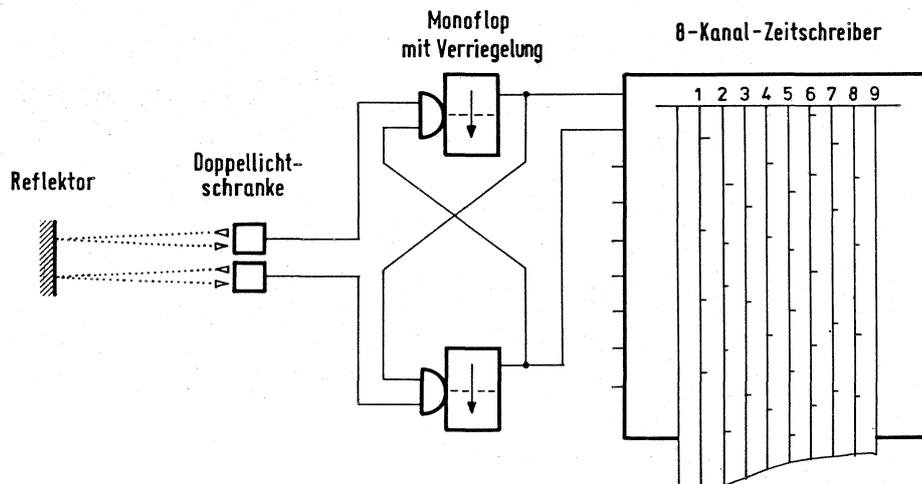


Abb. 6: Lichtschrankenanlage zur richtungsabhängigen Torüberwachung

Je zwei Lichtschranken im Abstand von etwa 5 cm werden dabei an den Stallzugängen auf einer Höhe zwischen 80 und 100 cm befestigt. Personen oder Fahrzeuge unterbrechen bei einem Zu- oder Abgang die jeweiligen Lichtschrankenpaare in einem zeit-

lichen Abstand, woraus das Ereignis als Zu- oder Abgang zu identifizieren ist. Alle Ereignisse während der Beobachtungszeit werden zeitgetreu auf einem Schrieb festgehalten und können danach über einen Digitalisierer ausgewertet werden. Als Ergebnis liegt dann die jeweilige Aufenthaltszeitspanne im überwachten Bereich vor, aus der die tägliche Arbeitszeit entnommen werden kann. Ebenso sind daraus alle nicht den eigentlichen Fütterungszeiten zuzuordnenden Aufenthaltszeiten im Stall dem Zeitpunkt entsprechend und der Zeitlänge gemäß zu analysieren. Über ein Befragungsprotokoll lassen sich diese Zeiten dann den entsprechenden Sonderarbeiten zuweisen.

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigten, daß mit dieser Versuchsanordnung die gestellte Frage grundsätzlich zu lösen ist. Allerdings ergaben sich erhebliche Schwierigkeiten bei der eindeutigen Identifizierung von entsprechenden Zu- bzw. Abgängen, so daß vor der weiteren gezielten Analyse auf alle Fälle die Einbeziehung eines Bildes zu jedem Ereignis methodisch verwirklicht werden sollte. Die danach zu erwartenden Ergebnisse würden dann eine Überprüfung des Zeitaufwandes für die täglichen Fütterungsarbeiten zulassen (Überprüfung der Modellkalkulationen) und sie würden auch die Sonderarbeiten im Hinblick auf die dabei verrichteten Tätigkeiten weitgehend beschreiben.

Neben diesen Tätigkeiten galt das Hauptaugenmerk der Vervollständigung der Arbeitszeitbedarfsmodelle und der Modellüberprüfung. Nach Tab. 1 stehen nunmehr nahezu 1 000 Modellansätze für den gesamten Bereich der Rinderhaltung zur Verfügung.

Tab. 1: Modelldokumente für die Arbeitszeitbedarfskalkulation der Rinderhaltung

Dokumentart	Dokumentzahl für				Summe
	Bullenmast	Milchvieh	Kälber	Färsen	
Gesamtarbeitsmodelle	2	4	-	1	7
Vorgangsmodelle	14	21	4	19	58
Teilvorgangsmodelle	32	76	14	60	182
Elementmodelle	31	305	60	-	396
Planzeiten	352				352

Stand 1. 4. 82

Damit sind die Bereiche der Bullenmast, der Milchviehhaltung und der spezialisierten Färsenhaltung weitgehend abgedeckt. Speziell für neuere Kälberhaltungsverfahren mit Tränkedosie-

rung über Abrufautomaten fehlen jedoch noch die entsprechenden Ansätze, die allerdings in den Grunddaten, wie oben erwähnt, schon vorliegen.

Für den Bereich der Milchviehhaltung erbrachten die Untersuchungen von SAUER (1) vergleichende Analysen über in der Literatur vorliegende Zeitbedarfswerte. Danach ergaben sich für gleiche Haltungsverfahren Differenzen von ± 30 bis ± 50 % in der Literatur, die vor allem auf die mangelhafte Beschreibung der zugrundeliegenden Unterstellungen und demnach auf die evtl. unterschiedlichen Arbeitsinhalte zurückzuführen sind.

Hingegen führten die von SAUER durchgeführten Ist-Soll-Vergleiche an 11 Betrieben mit Milchviehhaltung zu einer unerwartet hohen Zuverlässigkeit der im Modell kalkulierten Arbeitszeitbedarfswerte. Nach Abb. 7 überschätzt der kalkulierte Zeitbedarf die Ist-Situationen im Mittel um 0,9 % und bewegt sich mit einer Ausnahme im Bereich von -8,1 bis +6,9 %.

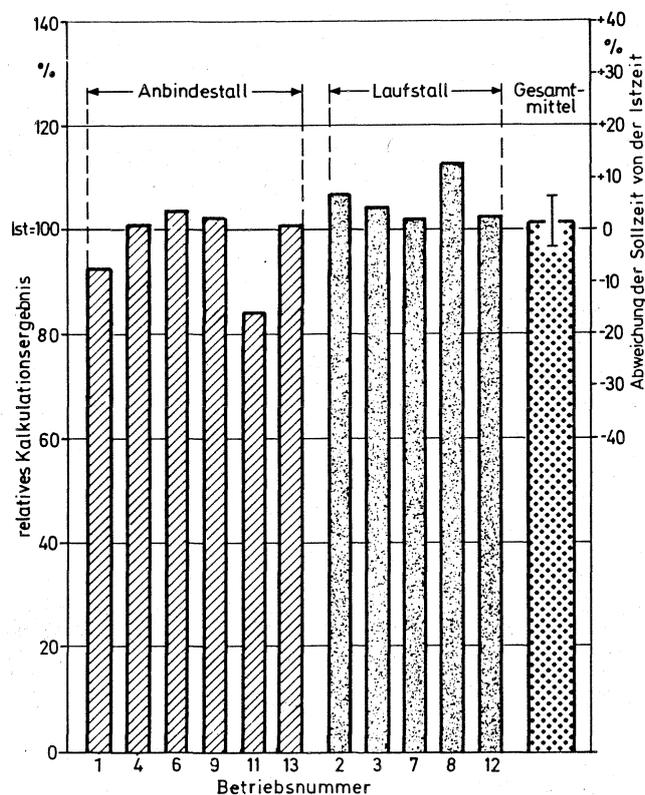


Abb. 7: Gewichtete Abweichungen des Ist-Soll-Vergleiches der Milchviehhaltung für 11 Betriebe

Diese erstmals in größerem Umfang durchgeführte und durch fehlende Vergleichswerte aus der Literatur einmalige Analyse beweist damit die hohe Zuverlässigkeit und die gute Anpassung der erstellten Modelle für die Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes. Sie läßt damit auch den Schluß zu, daß die Modelle für die anderen Bereiche der Rinderhaltung ähnlich gute Ergebnisse erwarten lassen.

Aufbauend auf die Modellüberprüfung wurde im vergangenen Forschungszeitraum ein weiterer, sehr wesentlicher Aspekt der Modellanwendung untersucht. So ist rein hypothetisch zu erwarten, daß eine Vielzahl an Einflußgrößen je Modellansatz eine sehr exakte Anpassung an die Realität ermöglicht. Andererseits kann jedoch erwartet werden, daß nur wenige Einflußgrößen den Hauptanteil der Ergebnisanpassung verursachen, während alle zusätzlichen Einflußgrößen nur noch einen geringen Erklärungsbeitrag liefern. Eine umfassende Analyse an den Gesamtarbeitsmodellen der Färsenhaltung sollte diese Hypothese beweisen. Dazu wurden in vielfachen Kalkulationen alle Einflußgrößen systematisch geändert und die so gewonnenen Ergebnisse einer Korrelations- und Regressionsanalyse unterzogen. Wird bei diesem Vorgehen die Summe der Erklärungsbeiträge auf 90 % der maximal möglichen Erklärung festgelegt, dann zeigt sich nach Tab. 2 ein relevanter Einfluß von 17 der insgesamt verrechneten 83 Modelleinflußgrößen.

Tab. 2: Arbeitszeitfunktion für die spezialisierte Färsenhaltung im Anbindestall (Färsenaufzucht - Handarbeit - Dauerweidegang)

Variable	Einflußgröße	Dimension	Gültigkeitsbereich	Regressionskoeffizient	max. Zeitbedarfsänderung (Akh)	relativer Erklärungsbeitrag
1	2	3	4	5	6	7
0.	Absolutglied (Konstante)	—	—	-256,01	—	—
1.	Bestandesgröße	Färsen	5-45	13,87	554,92	45,82
2.	Entf.: Silo-Troganfang	Meter	0-200	0,47	95,72	7,90
3.	Winterfuttertage	Tage	170-200	1,82	54,72	4,52
4.	Sonderarbeiten (0=nein, 1=ja)	—	0-1	54,12	54,12	4,47
5.	Intervall für Weidezaun umsetzen	Futterzeiten	1-4	-13,83	41,49	3,43
6.	Entf.: Kotgangende - Misthaufen	Meter	6-50	0,88	39,69	3,28
7.	Ration:Gras-u.Maissilage(0=nein,1=ja)	—	0-1	37,24	37,24	3,10
8.	Freßplatzbreite je Färse	Meter	0,55-0,95	85,20	34,08	2,81
9.	Faßinhalt für Tränkwasser	Liter	1000-2000	-0,03	31,21	2,58
10.	Siloform: (0=Hoch-, 1=Flachsilo)	—	0-1	-26,23	26,23	2,16
11.	Entf.: Stall - Weide	Meter	100-800	0,03	23,10	1,91
12.	Entf.: Futtertisch - Abfallhaufen	Meter	20-150	0,17	22,27	1,84
13.	Entf.: Troganfang - Kraftfutterlager	Meter	5-100	0,21	19,66	1,62
14.	Futtertischbreite	Meter	2-5	5,93	17,79	1,47
15.	Anzahl Trogreihen	Reihen	1-2	-17,66	17,66	1,46
16.	Einstreumenge je Tier und Tag	Kilogramm	2-4	7,38	14,75	1,22
17.	Künstliche Besamung(0=ja,1=nein)	—	0-1	-11,89	11,89	0,98

Zielgröße: Zeitbedarf je Bestand und Jahr in Akh

Etwa 45 % der Erklärung liefert dabei die Bestandesgröße, weitere 8 % die Entfernung zwischen Silo und Troganfang und etwa 5 % die Anzahl der Winterfuttertage. Alle weiteren Einflußgrößen bewegen sich unterhalb der 5 %-Grenze.

Diese Ergebnisse bestätigen eindeutig die erstellte Hypothese und fordern geradezu eine systematische Analyse an allen Modellen höherer Aggregationsstufen. Dadurch würde sich dann die

Möglichkeit eröffnen, für schnelle Informationen nur noch die ranghöheren Einflußgrößen zu definieren und andererseits für die Systemvergleiche im Zusammenhang mit der Systemsimulation die so ermittelten Kurzformeln einzubauen. Letztere könnten aber auch in Kleincomputerprogramme eingehen und dadurch der Beratung und Praxis direkt zufließen.

Schließlich ist aufgrund der aufgezeigten Ergebnisse noch die im Antrag 1979 genannte Bindung der Zeitbedarfskalkulation an die reale Zeitachse zu nennen. Hierfür ergab sich durch die vordringlichen Analysen der Einflußgrößengewichte und durch die Soll-Ist-Vergleiche der Milchviehhaltung eine im vergangenen Forschungszeitraum verminderte Priorität, weshalb an deren Verwirklichung nicht weiter gearbeitet wurde. Dieses Vorhaben soll bis zur Fertigstellung des gemeinsam bearbeiteten Vorhabens der Systemsimulation mit Prof. Kuhlmann aufgeschoben und erst danach einer erneuten Entscheidung zugeführt werden.

1.4 Vergleiche mit Arbeiten außerhalb des Sonderforschungs- bereiches

Die durchgeführten Arbeiten im Teilprojekt A 1 zum Komplex der Arbeitszeitbedarfsermittlung können wie folgt in die Arbeiten außerhalb des SFB eingeordnet werden:

Auf dem Bereich der Datenermittlung in der Rinderhaltung wird derzeit nur sporadisch in Form von Diplomarbeiten an der Forschungsanstalt in Tänikon (Schweiz) gearbeitet. Mit diesem Institut besteht aber nicht nur ein sehr enger Kontakt, sondern die gesamte Datenerhebung und Modellerstellung läuft dort nach der im SFB entwickelten Methodik ab.

Folglich kann auf dem Sektor der Modellbildung ebenfalls auf diese Zusammenarbeit verwiesen werden. Darüberhinaus stellen die bei uns erarbeiteten Daten und Modelle für nahezu alle Nachfragen in der Bundesrepublik Deutschland nach Abb. 8 das wesentliche System dar.

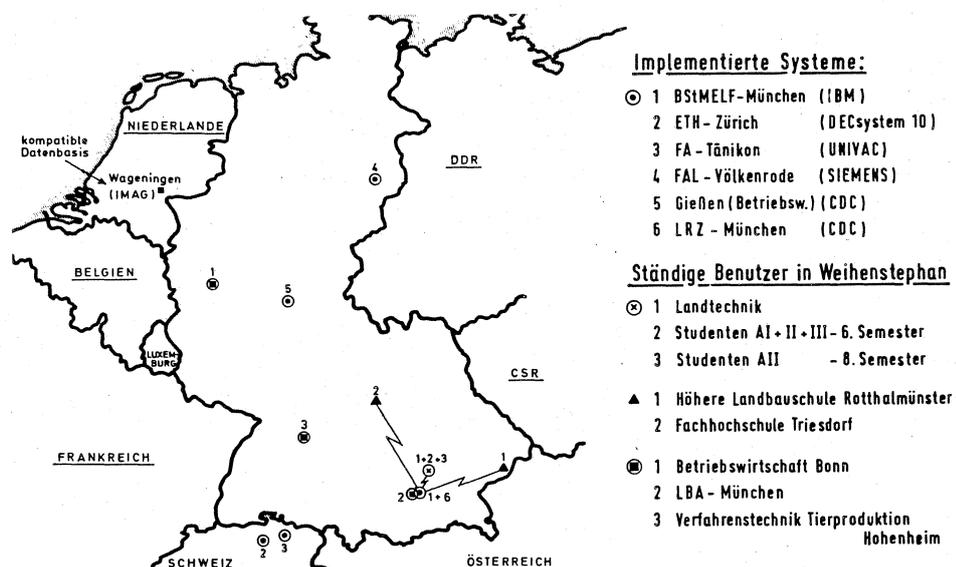


Abb. 8: Anwender des "Landwirtschaftlichen Informationssystemes Landtechnik (LISL)"

Dies wurde auch anlässlich des Fachgespräches über "Dialogfähige Arbeitszeitkalkulationssysteme" sichtbar, bei dem über diesen Fragekomplex intensiv diskutiert wurde. Da gleichzeitig alle Modelle dem KTBL übergeben werden, wird zudem sichergestellt, daß die dort geplante zentrale Datenverwaltung aus diesem Bereich aktualisiert wird. Allerdings muß an dieser Stelle betont werden, daß in der KTBL-Datenbank auch weiterhin auf die vollständige Dokumentation der Daten und Modelle verzichtet werden soll.

Schließlich steht der SFB mit den laufenden Arbeiten in Großbritannien und in den Niederlanden in sehr engem Kontakt, so daß auch dort die bei uns erarbeiteten Fakten berücksichtigt werden können.

Auf dem Sektor der Einflußgrößengewichtung wurde im SFB absolutes Neuland betreten. Es ist deshalb zu erwarten, daß diese Ansätze nach der methodischen Vervollständigung sehr bald für vergleichbare Arbeiten außerhalb des SFB herangezogen werden.

1.5 Offene Fragen

Methodisch verbleiben nach dem derzeitigen Stand der Arbeiten drei wesentliche Fragestellungen:

1. Für die weitere Bearbeitung der Kalkulationsergebnisse ist die Einbeziehung der Streuung unbedingt erforderlich.
2. Für alle höher aggregierten Modellansätze ist die Einflußgrößengewichtung durchzuführen. Der dazu schon verwendete methodische Ansatz bedarf jedoch einer Ergänzung, weshalb versucht werden sollte, diese Analyse direkt als festen Bestandteil in jede Kalkulation einzubeziehen.
3. Die Bindung der Kalkulationen an die reale Zeitachse ist weiterhin im Auge zu behalten und bei Bedarf weiter zu verfolgen.

Diese mehr methodischen Fragen waren auch der Grund, weshalb bisher umfassende Analysen noch nicht im möglichen Umfang durchgeführt wurden. Sie sollen jedoch sofort nach Abschluß der Einbeziehung der Einflußgrößengewichtung zum Hauptbestandteil der Arbeiten im Teilprojekt A 1 werden und als wesentlichste Zulieferung für das Teilprojekt A 6 den objektiven Systemvergleich garantieren.

Literatur:

1. Brundke, M.: Beitrag der KTBL-Datenbank für Entscheidungshilfen in der Landwirtschaft. In: Dokumentation über das CIGR-Symposium in Darmstadt 1979, Band 2, S. 292 - 307
2. Liem, T.L., Gerritsen, G.C.: Betrachtungen über ETA-Elemental Times in Agriculture. In: Anwendung von Systemen vorbestimmter Zeiten in der Land- und Forstwirtschaft, Sonderheft der REFA-Nachrichten, Berlin 1969
3. Menneer, R.R.: Simple work time and data for modelling form systems. In: Dokumentation über das CIGR-Symposium in Ermottingen (Schweiz) 1978, S. 227 - 238
4. Ministère de l'agriculture: Temps de Pravaux dans les Atilliers de Productions Bovines. Paris 1971. Nach einer Übersetzung der Landwirtschaftskammer Hannover, Referat 33

Veröffentlichungen:

1. Auernhammer, H. u. H. Zäh: Arbeitszeitbedarf bei der Bullenmast und Milchviehhaltung. Landtechnik 34 (1979), H. 7/8, S. 375 - 376
2. Auernhammer, H. u. H. Zäh: Arbeitszeitbedarf für die Sonderarbeiten in der Rinderhaltung. DLG-Merkblatt 158, Frankfurt 1979
3. Auernhammer, H.: Sonderarbeiten in der Rinderhaltung. Landtechnik 34 (1979), H. 9, S. 428 - 429
4. Auernhammer, H.: Datenaufbereitung mit X;Y-Koordinaten-Digitalisiergeräten. Landtechnik 35 (1980), H. 3, S. 132 - 134
5. Auernhammer, H. u. G. Wendl: Konzept für den Einbau von Maschinen und Zeitdaten in ein "Informationssystem für Landtechnik". Institutseigener Bericht, Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1980
6. Auernhammer, H.: Aufbau und Struktur eines Kalkulationssystems für die Arbeitszeitbedarfsermittlung landwirtschaftlicher Arbeiten. In: Arbeitszeitkalkulation in der Landwirtschaft mit dialogfähigen EDV-Programmen an Groß- und Kleinrechnern, Band 8 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1981, S. 3 - 45
7. Auernhammer, H.: Einsatzmöglichkeiten und erste Erfahrungen beim Arbeitszeit-Kalkulationssystemeinsatz in der wissenschaftlichen Lehre. In: Arbeitszeitkalkulation in der Landwirtschaft mit dialogfähigen EDV-Programmen an Groß- und Kleinrechnern, Band 8 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1981, S. 106 - 115

8. Putz, M. u. H. Auernhammer: Planzeiten und Arbeitszeitmodelle für die Festmistausbringung. Forschungsbericht an das KTBL, Weihenstephan 1979
9. Sauer, H. u. H. Auernhammer: Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes in der Milchviehhaltung durch Modellkalkulationen. Landtechnik 37 (1982), H. 3, S. 141 - 146
10. Wendl, G., A. Baur u. H. Auernhammer: Einflußgrößenanalyse für Arbeitsverfahren der spezialisierten Färsenaufzucht. In: Arbeitszeitkalkulation in der Landwirtschaft mit dialogfähigen EDV-Programmen an Groß- und Kleinrechnern, Band 8 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1981, S. 70 - 88
11. Auernhammer, H. u. E. Nacke (Herausgeber): Arbeitszeitkalkulation in der Landwirtschaft mit dialogfähigen EDV-Programmen an Groß- und Kleinrechnern.

Vorträge:

1. Auernhammer, H.: Dokumentation und Kalkulation von Arbeitszeitbedarfswerten für landwirtschaftliche Arbeitsabläufe - ein Dialogprogramm mit universeller Anwendbarkeit. 2. Jahrestagung der Gesellschaft für Informationsverarbeitung in der Landwirtschaft in Hohenheim am 24. 3. 1981
2. Auernhammer, H.: Aufbau und Struktur eines Kalkulationssystems für die Arbeitszeitbedarfsermittlung landwirtschaftlicher Arbeiten. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan am 7. 10. 1981
3. Auernhammer, H.: Einsatzmöglichkeiten und erste Erfahrungen beim Arbeitszeit-Kalkulationssystemeinsatz in der Wissenschaft. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan am 8. 10. 1981
4. Auernhammer, H.: Verfahrenskennwerte für die Milchviehhaltung. Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan am 11. 11. 1981 in Weihenstephan
5. Auernhammer, H.: EDV-Einsatz an der Landtechnik Weihenstephan und deren Konzeption bis 1985. Biometrisches Seminar Weihenstephan am 25. 1. 1982
6. Auernhammer, H.: Milchleistungsdaten als Steuergröße zur automatisierten Kraftfutterzuteilung. Fachgespräch im Projektbereich F des SFB 141 am 3. 3. 1982 in Weihenstephan
7. Wendl, G., A. Baur u. H. Auernhammer: Einflußgrößenanalyse für Arbeitsverfahren der spezialisierten Färsenaufzucht. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan am 7. 10. 1981

Dissertationen:

1. Sauer, H.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulationen in der Milchviehhaltung. Dissertation TU München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981

Diplomarbeiten:

1. Bauer, A.: Ermittlung der Einflußgrößengewichte auf den Arbeitszeitbedarf der spezialisierten Färsenhaltung im Anbindestall. Diplomarbeit TU München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981
2. Bielmeier, A.: Analyse der Rindermarktbetriebe nach Ergebnissen der Viehzählung in Bayern. Diplomarbeit TU München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1982
3. Frauenknecht, J.: Untersuchungen über das Rangfolgeverhalten von Kühen beim Melken im Melkstand. Diplomarbeit TU München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981
4. Stein, A.: Doppellichtschrankenanlagen zur Bereichsüberwachung in Rinderställen. Diplomarbeit TU München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981

2. Ermittlung des Kapitalbedarfes und der Kosten landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte

Dieser Problembereich wird bearbeitet von:

Dipl.-Ing.agr. G. Wendl

Dr. A. Auernhammer

2.1 Stand bei der letzten Antragsstellung und Ausgangsfragestellung

Die westdeutsche Landwirtschaft investiert jährlich etwa 10 Milliarden DM und zählt damit zu den Wirtschaftsbereichen mit dem größten Investitionsvolumen. Allein 80 v.H. der jährlichen Bruttoanlageinvestitionen der Landwirtschaft werden für den Erwerb von Maschinen ausgegeben. Die Maschinenbenutzung verursacht aber auch Ausgaben z.B. in Form von Reparaturaufwendungen, die eine beachtenswerte Größe erreicht haben. So müssen knapp 50 v.H. aller Erlöse aus Rinderverkäufen (ca. 4,5 Milliarden DM) für den Unterhalt der Maschinen ausgegeben werden.

Bei stagnierenden, real sogar sinkenden Erzeugerpreisen und ständig steigenden Betriebsmittelpreisen ist deshalb der Landwirt gezwungen, Maschineninvestitionen besser zu planen und evtl. in der Mechanisierung noch vorhandene Rationalisierungsmöglichkeiten voll auszuschöpfen.

Für

die Berechnung der Kosten von Maschinen und Geräten zum Zwecke der Vorkalkulation findet heute fast ausschließlich die von SCHAEFER-KEHNERT (10) Mitte der 50-er Jahre entwickelte und vom KTBL fortgeschriebene Berechnungsmethode Verwendung. Hauptansatzpunkte der Kritik sind an dieser Methode die Reparaturkostenermittlungen. SCHAEFER-KEHNERT hat nach einem periodischen Ausfallmodell für bestimmte Maschinen das Mengengerüst der Reparaturen durch Befragungen von Reparaturfachleuten geschätzt. Allerdings stellen diese Ergebnisse nur Schätzungen aus den 50-er Jahren dar, die die heutige Wirklichkeit mehr oder weniger treffen können. Die Fortschreibung dieser Reparaturkosten wird dadurch bewerkstelligt, daß die Summe der Teilreparaturen entsprechend den Änderungen des Anschaffungspreises aktualisiert wird. Ein Vergleich der Preisindizes für landwirtschaftliche Neumaschinen und für Reparaturen an landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten zeigt auch, daß die Ausgaben für Reparaturen erheblich stärker von der Preissteigerung erfaßt werden, als die Ausgaben für neue Maschinen. Dieser Tatbestand hat dazu geführt, daß nach eigenen Untersuchungen die tatsächlich aufgetretenen Reparaturkosten erheblich über den Normdaten liegen. Neben dem Fortschreibungsproblem traten auch bei der Ermittlung der Teilreparaturmodelle für neu auf den Markt kommende Maschinen erhebliche Schwierigkeiten auf.

Deshalb schlägt WEIERSHÄUSER 1979 (11) vor, auf das Mengengerüst der Reparaturen zu verzichten und nur die mit dem je-

weiligen Preisindex korrigierten monetären tatsächlichen Reparaturausgaben für die Ermittlung der Reparaturkosten heranzuziehen. Mit dieser Methode lassen sich zwar relativ schnell Ergebnisse gewinnen, aber es ist unmöglich, damit die aufgetretenen Reparaturkosten zu analysieren, etwa die größten Kostenverursacher herauszufinden oder die anfallenden Reparaturbeträge in echte und unechte Reparaturausgaben zu trennen. Ebenso ist es damit nicht möglich, die tatsächliche Preissteigerung zu erfassen. Diese Forderungen lassen sich nur durch eine Trennung der Reparaturdaten in naturale und monetäre Daten erfüllen. Warum sollte denn nicht die in der Reparaturrechnung bereits vorgenommene Trennung in ein Mengen- und Preisgerüst auch bei der Auswertung zugrundegelegt werden?

Andere Methoden zur Reparaturkostenermittlung (BISCHOFF 1963 (4), FUCHSS 1977 (8) bauen entweder auch auf der Methode SCHAEFER-KEHNERT mit ihren bekannten Nachteilen auf oder aber fanden wegen einer etwas anderen Zielstellung keine wesentliche Verbreitung (FAHR 1976 (7)).

Nachdem zum Zeitpunkt der Antragsstellung einzelne Voruntersuchungen die große Differenz zwischen den tatsächlichen und den kalkulierten Reparaturen gezeigt haben, lag im Forschungszeitraum der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Seite der Methodenverbesserung. Dabei lag das Ziel in der Ermittlung der tatsächlich aufgetretenen Reparaturkosten im Rahmen eines Gesamtkostenkalkulationsmodelles, welches neben der Berücksichtigung des Restwertes auch die Inflation mit einbeziehen

2.2 Angewandte Methode

2.2.1 Reparaturkosten

Die hier entwickelte Methode zur Reparaturkostenermittlung basiert auf einer bereits in der Reparaturrechnung vorgegebenen strikten Trennung von naturalen und monetären Reparaturdaten. Diese Trennung in ein Mengen- und Preisgerüst erscheint aus folgenden Gründen sowohl zweckmäßig, als auch notwendig:

- Aussonderung von nicht zur eigentlichen Reparatur gehörigen Ausgaben auf der Reparaturrechnung,
- Erfassung der tatsächlichen Preissteigerung,
- Ermittlung der wichtigsten Kostenverursacher,
- Trennung der Reparaturkosten in Materialkosten (Ersatzteile) und Arbeitskosten,
- Möglichkeit der Ergänzung des ermittelten Mengengerüsts,
- Untersuchungen über Auswirkungen von unterschiedlichen Preissteigerungen auf Material und Lohn.

Ausgangspunkt für die Ermittlung des Mengengerüstes sind die Reparaturrechnungen (Abb. 1).

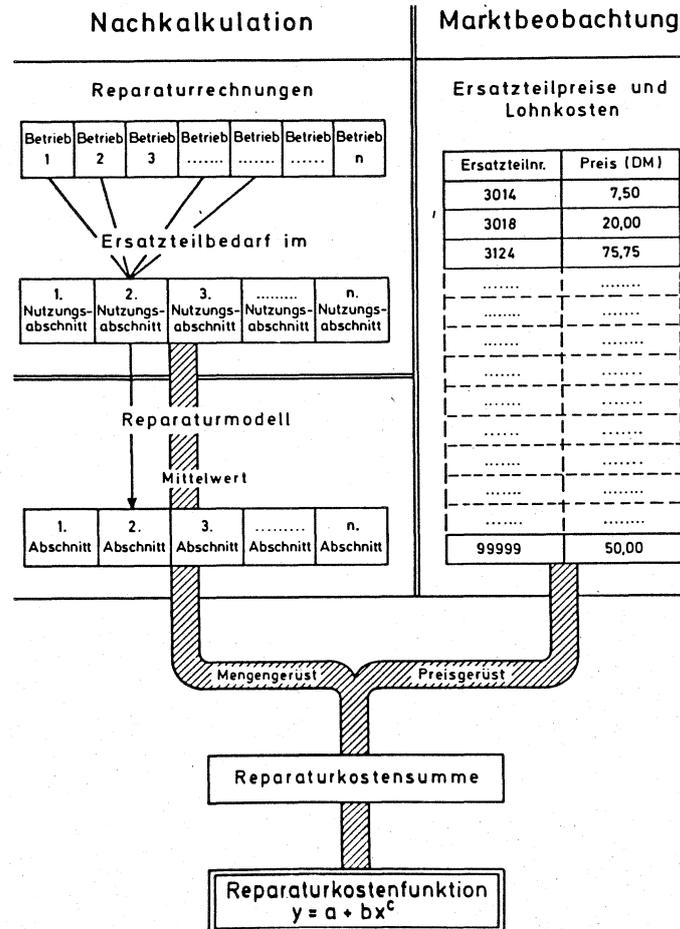


Abb. 1: Methodischer Ablauf der Reparaturkostenkalkulation

Da es schwierig sein wird, alle Reparaturrechnungen über die ganze Nutzungsdauer hinweg zu sammeln, erscheint es angebracht, die Nutzungsdauer in definierte Nutzungsabschnitte aufzuteilen. Für die einzelnen Nutzungsabschnitte sind daraufhin die naturalen Reparaturaufwendungen anhand von Reparaturrechnungen möglichst vieler Betriebe zu ermitteln.

Aus den so gewonnenen Naturaldaten wird durch Mittelwertbildung der durchschnittliche Ersatzteilverbrauch im jeweiligen Nutzungsabschnitt bestimmt. Ein Reparaturmodell entsteht durch ein Zusammenfügen des mittleren Ersatzteilbedarfes vom ersten bis zum n-ten Nutzungsabschnitt. Das so gewonnene Mengengerüst gibt über den mengenmäßigen Verbrauch an Ersatzteilen Auskunft. Das Preisgerüst kann relativ einfach aus den Ersatzteilpreislisen der einzelnen Hersteller ermittelt werden. Eine Verknüpfung des Mengen- und Preisgerüstes führt zur Reparaturkostensumme, die in Abhängigkeit vom Leistungsparameter in einer Reparaturkostenfunktion ausgedrückt werden kann.

Der Ablauf der Reparaturkostenauswertung ist in seiner Reihenfolge in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Ablaufschema der Reparaturkostenauswertung

Schritt- folge	Aktivität	Programm
1.	Erstellung der Ersatzteildatei aus Ersatzteilpreislite der Hersteller	EDITOR ERSTEXT
2.	Verschlüsselung der benötigten Ersatzteile in die entsprechenden Ersatzteilnummern und Erstellung der Reparaturdatei	ERSUCH
3.	Vervollständigung der Reparaturdatei und Korrektur (z. B. Anzahl Melkeinheiten)	REPVER SORTFU
4.	Sortierung der Reparaturdatei nach Baugruppen und Alter	SORTFU SORTREP
5.	Erstellung des durchschnittlichen Reparaturmengengerüsts für die einzelnen Baugruppen (naturale Reparaturdaten)	DURERS
6.	Berechnung der Reparaturkosten- summe (monetäre Reparaturdaten)	REPDUR
7.	Darstellung der Reparaturkosten- summe in einer Reparaturkosten- funktion	MUR

Dabei liegt das Hauptproblem der vorzustellenden Methode in der Erstellung des Reparaturmengengerüsts. Es wurde deshalb ein Ersatzteilsuchprogramm "ERSUCH" entwickelt, mit welchem die Verschlüsselung der für die Reparatur benötigten Ersatzteile in die entsprechenden Ersatzteilnummern des Herstellers durchgeführt werden kann, und welches zugleich die Reparaturdateierstellung zuläßt. Dazu muß allerdings zuerst aus der Ersatzteilliste des Herstellers die Ersatzteildatei aufgebaut werden, in der alle Ersatzteile, die für eine mögliche Reparatur in Frage kommen könnten, mit ihrer Nummer, ihrer Bezeichnung, ihrem Preis und ihrer Zugehörigkeit zu einer bestimmten Baugruppe enthalten sein müssen.

Die eigentliche Verschlüsselungsprozedur im zweiten Schritt läuft mit dem Programm "ERSUCH" so ab, daß im Dialog mit dem Rechner über die Eingabe von möglichen Suchkriterien das für

die Reparatur benötigte Ersatzteil herausgesucht und gleich darauf mit der Betriebsnummer und dem Reparaturdatum in der Reparaturdatei abgelegt wird. Die erzeugte Reparaturdatei wird im dritten Schritt um das Anschaffungsdatum und die bisherige Nutzungsdauer vervollständigt und evtl. korrigiert. In einem weiteren Schritt kann daraufhin die Reparaturdatei nach Baugruppen und Nutzungsalter sortiert werden, so daß im fünften Schritt die Errechnung des durchschnittlichen Reparaturmengengerüsts möglich wird. Wird die Anzahl der benötigten Ersatzteile mit ihrem Preis multipliziert und werden diese Preisdaten entlang der Nutzungsdauer aufsummiert, so entsteht daraus im sechsten Schritt die Reparaturkostensumme. Diese beschreibt die mittleren über der Nutzungsdauer aufsummierten Reparaturausgaben. Die so gewonnenen monetären Reparaturdaten lassen sich relativ einfach in einer Reparaturkostenfunktion ausdrücken, in der die Reparaturkostensumme als eine von der Nutzungsdauer abhängige Variable dargestellt wird.

2.2.2 Kapitalkosten

Zur Berechnung der Kapitalkosten einer Investition wird fast immer das statische Verfahren mit linearer Abschreibung auf einen Restwert gleich Null und einer Verzinsung des halben Neuwertes verwendet. Dem steht das genauere dynamische Verfahren nach der Annuitätsmethode mit dem Kapitalwiedergewinnungsfaktor gegenüber. Die sogenannte "vereinfachte Methode" wurde bisher immer wegen der leichteren Rechenarbeit verwendet. Sie liefert jedoch zu niedrige Kapitalkosten. Dies trifft um so mehr zu, je höher der Kalkulationszinsfuß ist und je länger die Nutzungsdauer wird. Bereits bei einem Zinsfuß von 6 v. H. und einer 12-jährigen Nutzungsdauer liegen die Kapitalkosten mit dem statischen Verfahren um 5 v.H. unter den Kapitalkosten nach der Annuitätsmethode. Für die Berechnung der Kapitalkosten und der Gesamtkosten wird deshalb das dynamische Verfahren verwendet.

Weiter wird bei der Kapitalkostenberechnung ein Restwert berücksichtigt. Eigene Untersuchungen haben gezeigt, daß sich folgende relative Entwertungsfunktion zur Ermittlung des relativen Restwertes verhältnismäßig gut eignet, diese Funktion lautet:

$$y = 100 - a\sqrt{x}.$$

Dabei ist:

- y = relativer Restwert,
- a = Degressionskoeffizient, der je nach der Stelle des Wertverlustes zwischen 20 und 30 schwanken kann,
- x = Nutzungsdauer.

2.2.3 Gesamtkosten

Alle Kostenarten (Kapitalkosten, Reparaturkosten, Betriebsstoffkosten, Unterbringungskosten und Versicherungskosten) lassen sich in Kostenfunktionen ausdrücken. Derartige Funktionen sind für spätere Simulationsrechnungen äußerst nützlich. Die

Aggregation einzelner Funktionen kann allerdings nicht mehr in reiner Handarbeit durchgeführt werden. Dazu wurde das für die Arbeitszeitkalkulation und die Kapitalbedarfsermittlung von Gebäuden aufgebaute "Landwirtschaftliche Informationssystem (LISL)" um den Bereich der Maschinenkosten erweitert, so daß darin das Programm KALKOS die Arbeit des rechnerischen Aggregierens übernimmt.

2.3 Ergebnisse

Für die Auswertung von Reparaturkosten von Melkanlagen dreier Hersteller lagen aus den Wirtschaftsjahren 1979/80 und 80/81 290 Einzelbetriebsaufzeichnungen vor. Durch die Datenerhebung über 18 Mitarbeiter eines landwirtschaftlichen Buchführungsdienstes standen für die Auswertung über 500 Reparaturrechnungen zur Verfügung, die knapp 2.500 Einzelerersatzteile beinhalten.

Aufgrund der Trennung der Reparaturdaten in naturale und monetäre Daten wird es nun möglich, die Reparaturkostensumme hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Verteilung zu analysieren (Abb. 2).

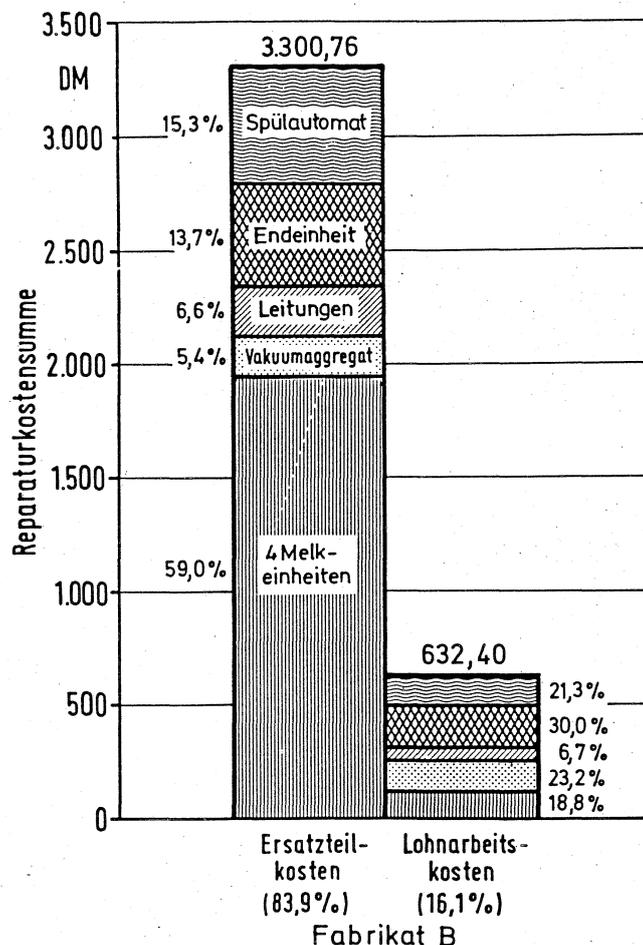


Abb. 2: Ersatzteilkosten und Lohnarbeitskosten einer Rohrmelkanlage (Kosten bis zum neunten Nutzungsjahr, Preisliste 1981)

Im Durchschnitt sind bei einer Rohrmelkanlage mit vier Melkeinheiten des Fabrikates B die Melkeinheiten mit einem Anteil von über 50 v.H. an der Reparaturkostensumme nach neun Nutzungsjahren eindeutig größter Kostenverursacher, gefolgt von der Endeinheit, dem Spülautomat, dem Vakuumaggregat und den Leitungssystemen.

Das Verhältnis von Ersatzteilkosten zu Lohnarbeitskosten lautet 85 zu 15. Bei den einzelnen Baugruppen ist dieses Verhältnis sehr unterschiedlich. Beim Vakuumaggregat z.B. beträgt dieses Verhältnis fast 50 zu 50, während bei den Melkeinheiten der Anteil der Lohnarbeitskosten mit 3 % sehr gering ist. Diese Unterschiede lassen sich dadurch erklären, daß beim Vakuumaggregat hauptsächlich Reparaturen an der Vakuumpumpe auftreten, die von einem Fachmann durchzuführen sind. Dagegen wird der Austausch von Gummiteilen bei den Melkeinheiten fast immer vom Landwirt selbst vorgenommen.

Die Darstellung der Reparaturkosten einer Rohrmelkanlage mit vier Melkeinheiten in mathematischen Funktionen geht aus Abb. 3 hervor.

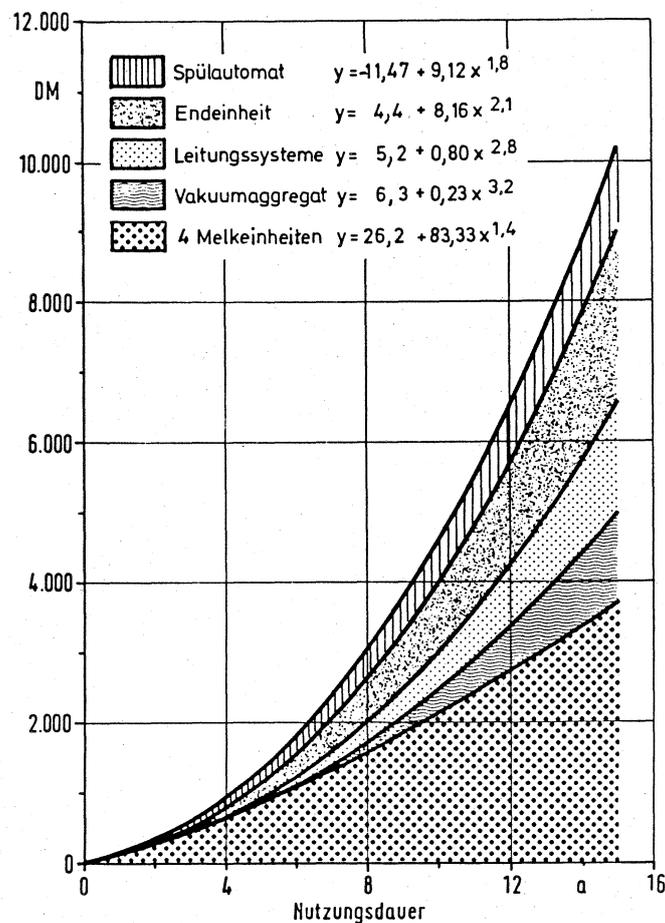


Abb. 3: Reparaturkostenfunktionen (Rohrmelkanlage mit vier Melkeinheiten 1981)

Auffallend ist, daß die Reparaturkostensummen der einzelnen Baugruppen unterschiedlich stark progressiv ansteigen. Während die Reparaturkostensumme für Melkeinheiten fast linear anwächst, vor allem hervorgerufen durch einen jährlich fast gleichbleibenden Verschleiß an Gummiteilen, werden bei den anderen Baugruppen in den späteren Jahren Reparaturen notwendig, was sich durch Reparaturfunktionen mit höheren Exponenten äußert. Diese Form der funktionellen Darstellung erlaubt es, für die unterschiedlichsten Anlagen die Reparaturkostensumme zu berechnen, indem entsprechend der Häufigkeit des Auftretens der Baugruppen die jeweilige Funktion aggregiert wird.

Für die eigentliche Maschinenkostenkalkulation wurde in Anlehnung an die Arbeitszeitkalkulation ein Kostenmodell entwickelt, mit dem über ein spezielles EDV-Programm die Berechnung der Gesamtkosten einer Maschine möglich wird. Das Ergebnis einer solchen Kalkulation am Beispiel einer Rohrmelkanlage gliedert sich in drei Abschnitte (Abb. 4), von denen jeder genau definierte Aufgaben zu erfüllen hat. Der erste Abschnitt des Kalkulationsergebnisses beschreibt verbal den Inhalt des Kostenmodells und gibt methodische Hinweise zur Erläuterung des Rechenganges. Im zweiten Abschnitt werden alle Einflußgrößen, die für die Gesamtkosten von Bedeutung sind, mit ihren aktuellen Rechenwerten ausgewiesen. Während eines Kalkulationslaufes können alle diese Einflußgrößen den einzelbetrieblichen Verhältnissen angepaßt werden, was die große Variabilität des Kostenmodells unterstreicht. Das eigentliche Ergebnis im dritten Abschnitt gibt bei schrittweiser Veränderung der Nutzungsdauer nicht nur über den Verlauf der Gesamtkosten, sondern auch über den Verlauf der einzelnen Kostenarten Auskunft. Anhand der ersten und letzten Spalte können außerdem gleich die Fragen nach der optimalen Nutzungsdauer geklärt werden.

Neben diesen Zusammenhängen ist jedoch die gegenwärtige Wirtschaftlichkeit auch durch relativ hohe Inflationsraten gekennzeichnet. Die Auswirkungen der Inflation auf den Anschaffungspreis, den Restwert, das Zinsniveau und die Betriebsstoffe sind vielseitig und wurden bisher bei der Maschinenkostenkalkulation fast nicht berücksichtigt. Die dadurch noch bestehende methodische Unzulänglichkeit soll deshalb in der kommenden Zeit durch den Einbau einer eigenen Einflußgröße für die Inflation in das vorgestellte Kostenmodell beseitigt werden.

2.4 Vergleiche mit Arbeiten außerhalb des Sonderforschungsgebietes

Derzeit sind für Untersuchungen über den Reparaturkostenverlauf von Melkanlagen nur Daten aus der KTBL-Datensammlung, basierend auf den SCHAEFER-KEHNERT'schen Werten, vorhanden. Ein Vergleich der Reparaturkostenverläufe (Abb. 5) zeigt, daß die Reparaturkostensumme nach der KTBL-Methode, bedingt durch gleichbleibenden periodischen Anfall der Teilreparaturen, linear ansteigt, während die eigenen Kostenkurven progressiv verlaufen.

L I S L LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN, 19.04.82 K A L K O S

ROHRMELKANLAGE MIT 4 MELKEINHEITEN

VG 101 GESAMTKOSTEN EINER ROHRMELKANLAGE(ANNUITAETENMETHODE)

DAS KOSTENMODELL IST FUER EINE ROHRMELKANLAGE MIT STANDARDMELKEINHEITEN GEDACHT. DIE MONTAGEKOSTEN DER ANLAGE KOENNEN ALS PROZENTSATZ DES ANSCHAFFUNGSPREISES BERUECKSICHTIGT WERDEN. EBENSO KANN EIN RESTWERT BERUECKSICHTIGT WERDEN. ALS REPARATURKOSTEN KOENNEN HERSTELLERSPEZIFISCHE DATEN ODER DURCHSCHNITTSDATEN VERWENDET WERDEN. WEITER IST ES BEI DER BERECHNUNG DER REPARATURKOSTEN MOEGLICH, DER EMPFEHLUNG AUS WISSENSCHAFT UND PRAXIS NACHZUKOMMEN, DIE GUMMITTEILE DER MELKEINHEIT ALLE 6 MONATE AUSZUTAUSCHEN. FUER DIE BETRIEBSSTOFFKOSTEN SIND UEBLICHE VERBRAUCHS- UND KOSTENWERTE HERANGEZOGEN. DIE MOEGLICHKEIT, DEN KUNDENDIENST JAEHRLICH ODER ZWEIJAERHLICH DURCHFUEHREN ZU LASSEN, IST AUCH WAHLWEISE VORGESEHEN.

DIE GESAMTKOSTEN WERDEN ERRECHNET AUS

- ... DER ABSCHREIBUNG,
- ... DEM ZINSANSPRUCH,
- ... DEN REPARATURKOSTEN UND
- ... DEN BETRIEBSSTOFFKOSTEN.

DIE GESAMTKOSTEN WERDEN NACH DER ANNUITAETENMETHODE ERMITTELT, WOBEI EINE RESTWERTBERUECKSICHTIGUNG MOEGLICH IST. DER RESTWERT WIRD NACH EINER RELATIVEN DEGRESSIVEN ABSCHREIBUNGSFUNKTION BERECHNET, DEREN REGRESSIONSKOEFFIZIENT VERAENDERT WERDEN KANN. DIE TRENNUNG DER KAPITALKOSTEN IN ABSCHREIBUNG UND ZINSANSPRUCH ERFOLGT UEBER DEN F-FAKTOR.

EINFLUSSGROESSENBELEGUNG (MODELL-NR. 101)

1. HAEUFIGKEIT	1.000	VORGANG
2. NUTZUNGSDAUER DER MELKANLAGE	1.000	JAHRE
3. ANZAHL MELKEINHEITEN	4.000	STUECK
4. SPUELAUTOMAT: VORHANDEN=1, NICHT VORHANDEN=0	1.000	
5. ANSCHAFFUNGSPREIS IN DM INCL. MWST.	18000.000	DM
6. INSTALLATION IN V. H. VOM ANSCHAFFUNGSPREIS	5.000	V. H.
7. ANNUITAET MIT RESTWERTBERUECK. 0=NEIN, 1=JA	1.000	
8. REGRESSIONSKOEFFIZIENT F. DEGRESS. AFA	25.000	
9. KALKULATIONSZINSFUSS	6.000	V. H.
10. MITTL. REPARATURKOSTEN N. HERSTELL. 1=NEIN, 0=JA	1.000	
12. GUMMITTEILE NACH ERHEBUNG = 0, NACH EMPF. = 1	0.000	
13. REPARATURKOSTENZUSCHLAG	0.000	V. H.
14. SPUELMITTELVERBRACH PRO TAG	.200	KG/TAG
15. SPUELMITTELPREIS	4.000	DM/KG
16. ELEKTROENERGIEVERBRAUCH	4.400	KWH/TAG
17. PREIS JE KWH	.150	DM/KWH
18. OELVERBRAUCH DES VAKUUMAGGREGATES	3.000	ML/TAG
19. OELPREIS	5.000	DM/L
20. PREIS FUER FILTERPAPIER (100 STUECK)	30.000	DM/STCK
21. JAEHRL. KUNDENDIENST D. MONTEUR: 1=JA, 0=NEIN	0.000	
22. KUNDENDIENST ALLE 2 JAHRE: 1=JA, 0=NEIN	0.000	

AUSGANGSSITUATION :

GEAENDERT WIRD.NR.: 2. NUTZUNGSDAUER
 VON 1.00 BIS 15.00 JAHRE , SCHRITTWEITE = 1.00

! VARIABLE !	! ABSCHREI- !	! ZINS- !	! REPARA- !	! BETRIEBS- !	! GESAMT- !
! NR. 2 !	! BUNG !	! ANSPRUCH !	! TUREN !	! STOFFE !	! KOSTEN !
! (JAHRE) !	! (DM/EINH) !				
! 1.0 !	! 5400.0 !	! 1134.0 !	! 138.7 !	! 647.9 !	! 7320.5 !
! 2.0 !	! 3632.0 !	! 1028.2 !	! 164.2 !	! 647.9 !	! 5472.3 !
! 3.0 !	! 2898.1 !	! 966.9 !	! 196.3 !	! 647.9 !	! 4709.1 !
! 4.0 !	! 2475.0 !	! 922.1 !	! 228.7 !	! 647.9 !	! 4273.6 !
! 5.0 !	! 2192.5 !	! 886.2 !	! 260.9 !	! 647.9 !	! 3987.5 !
! 6.0 !	! 1987.1 !	! 856.2 !	! 293.1 !	! 647.9 !	! 3784.3 !
! 7.0 !	! 1829.4 !	! 830.2 !	! 325.4 !	! 647.9 !	! 3632.9 !
! 8.0 !	! 1703.5 !	! 807.4 !	! 357.7 !	! 647.9 !	! 3516.5 !
! 9.0 !	! 1600.0 !	! 787.1 !	! 390.2 !	! 647.9 !	! 3425.2 !
! 10.0 !	! 1513.0 !	! 768.9 !	! 422.9 !	! 647.9 !	! 3352.7 !
! 11.0 !	! 1438.6 !	! 752.4 !	! 455.8 !	! 647.9 !	! 3294.6 !
! 12.0 !	! 1374.0 !	! 737.3 !	! 488.9 !	! 647.9 !	! 3248.1 !
! 13.0 !	! 1317.3 !	! 723.6 !	! 522.1 !	! 647.9 !	! 3211.0 !
! 14.0 !	! 1267.0 !	! 711.1 !	! 555.6 !	! 647.9 !	! 3181.5 !
! 15.0 !	! 1221.9 !	! 699.5 !	! 589.2 !	! 647.9 !	! 3158.5 !

Abb. 4: Gesamtkostenkalkulation einer Rohrmelkanlage mit dem Programm KALKOS

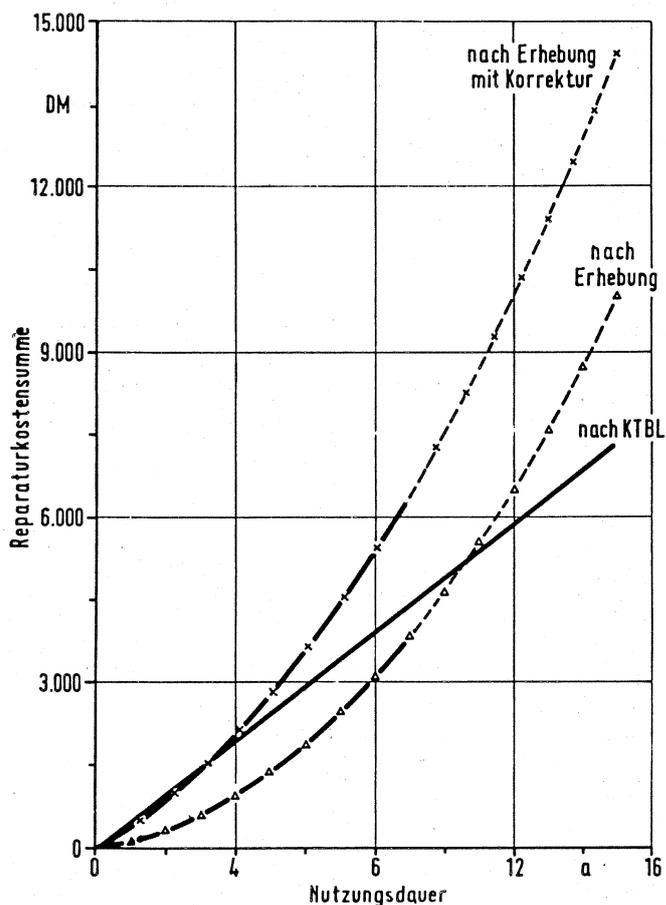


Abb. 5: Vergleich der Reparaturkostensumme von Melkanlagen mit vier Melkeinheiten 1981

Die Summenkurve, die aus den Erhebungen gewonnen wurde, liegt in etwa auf der Höhe der bisherigen Normdaten. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß beide Kurven nicht miteinander verglichen werden dürfen, weil bei dem SCHAEFER-KEHNERT'schen Mengengerüst laut Empfehlungen der Wissenschaft und der Praxis ein halbjährlicher Austausch der Gummiteile an den Melkeinheiten vorgesehen ist, während in den Erhebungsergebnissen nur ein etwa jährlicher Austausch gefunden wurde. Wird das gefundene Mengengerüst dahingehend geändert, so liegen die empirisch ermittelten Reparaturaufwendungen erheblich über den bisherigen Kalkulationsdaten.

Aufgrund der über die Reparaturkostensumme vorhandenen Schnittstelle werden die ermittelten Daten nach Beendigung der Auswertung dem KTBL zur Verfügung gestellt.

2.5 Offene Fragen

Die bisher praktizierte Erhebung der Reparaturenrechnungen über die Buchführung stellte sich im Gegensatz zur Auswertung als sehr aufwendig heraus. Es muß deshalb in Zukunft versucht werden, die Buchführung bei der Datenerhebung auszuschalten und direkt auf den landwirtschaftlichen Betrieb zuzugehen. Außerdem sollte versucht werden, die Maschinenhersteller stärker in die Datenbereitstellung einzubeziehen.

Daneben ist auch in diesem Bereich der kalkulatorischen Streuung der Ergebnisse besonderes Augenmerk zuzuwenden und auch bei diesen Modellen wird letztendlich die Einflußgrößengewichtung umfangreiche Analysen erfordern.

Literatur:

1. ASAE: Agricultural Machinery Management. Agricultural Engineers Yearbook 1981, S. 227 - 230
2. ASAE: Agricultural Machinery Management Data. Agricultural Engineers Yearbook 1981, S. 231 - 238
3. Bartholomew, R.B.: Farm Machinery Costing Under Inflation. Transaction of the ASAE 24 (1981), S. 843 - 845
4. Bischoff, Th.: Kosten von Spezialmaschinen und -geräten für die Feldarbeit in Sonderkulturen mit besonderer Berücksichtigung der Variation der Kostendaten. Arbeiten der landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, Band 20, Stuttgart 1963
5. Bucher, J.H.: Grundlagen einer inflationsgerechten Kalkulation. Kostenrechnungspraxis 1980, H. 1, S. 7 - 14
6. Dumstorf, H.: Die Scheingewinnermittlung in landwirtschaftlichen Betrieben. Agrarwirtschaft, Sonderheft 78 (1979)
7. Fahr, V.: Ein Beitrag zur Berechnung der Kosten des Schleppereinsatzes - empirische Ermittlung von Reparatur- und Betriebsstoffkosten. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft Nr. 34 (1976)
8. Fuchss, P.G.: Maschinenkosten in der Kellerwirtschaft. Dissertation Kiel 1977
9. KTLB: KTLB-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft. 10. Auflage, Hilstrup 1980
10. Schaefer-Kehnert, W.: Kosten des Landmaschineneinsatzes. KTLB-Berichte über Landtechnik, Heft 74, 2. unveränderte Auflage, Wolfratshausen, 1969
11. Weiershäuser, L.: Zur Ermittlung von Reparaturen bei Landmaschinen. Landtechnik 34 (1979), Heft 7/8, S. 368 - 372

Veröffentlichungen:

1. Auernhammer, H. und G. Wendl: Konzept für den Einbau von Maschinen- und Zeitdaten in ein "Informationssystem für Landtechnik". Institutsinterner Bericht Weihenstephan 1980
2. Wendl, G.: Reparaturkostenermittlung an Rohrmelkanlagen. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1979
3. Wendl, G.: Reparaturkosten von Schleppern durch Nachkalkulation. Unveröffentlichter Institutsbericht 1979

Vorträge:

1. Wendl, G.: Methodische Ansätze zur Maschinenkostenkalkulation in der Rinderhaltung. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft im Landbau in Braunschweig am 12. 3. 80
2. Wendl, G.: Kalkulationsmethode für die Kostenermittlung landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte. Gesellschaft für Informationsverarbeitung in der Landwirtschaft in Braunschweig am 25. 3. 82

Diplomarbeiten:

1. Lang, H.: Wertverlauf von Maschinen und Geräten - dargestellt am Beispiel des Schleppers. Diplomarbeit TU-München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981
2. Pusch, M.: Die Reparaturkosten im landwirtschaftlichen Betrieb - Bedeutung und Gegenüberstellung der tatsächlichen und der kalkulatorischen Reparaturkosten. Diplomarbeit TU-München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1982
3. Wolf, M.: Entwicklung der Arbeitskräfte, Bodenerträge und Schlepperkapazitäten bei steigender Arbeitsproduktivität. Diplomarbeit TU-München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981

3. Analyse des Elektroenergiebedarfes in der Rinderhaltung

Dieser Problembereich wird bearbeitet von:

Prof. Dr. H.L. Wenner
Dr. Ing. H.-D. Zeisig
Dr. H. Auernhammer

3.1 Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragsstellung und Ausgangsfragestellung

Der Verbrauch von elektrischem Strom in der westdeutschen Landwirtschaft ohne Berücksichtigung der Haushalte hat sich nach Angaben der VDEW zwischen 1950 und 1980 mehr als verzehnfacht (Abb. 1).

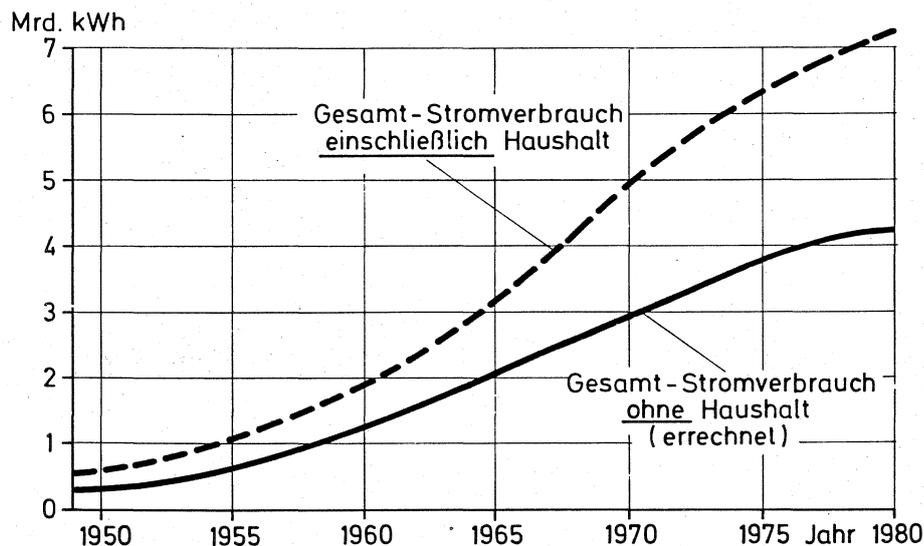


Abb. 1: Jahres-Stromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft (nach VDEW)

Hauptstromverbraucher ist dabei zweifellos die Rinderhaltung mit ihrem hohen Bedarf an Elektroenergie. Hinzu kommt das große Problem sehr hoher elektrischer Leistungsansprüche, insbesondere für die Futtereinlagerung und für die Futterentnahme aus Vorratsbehältern. Diese Bereiche und die Flüssigmistförderung wurden auch bei den Untersuchungen von AYIK und HEYL als die bedeutendsten Verursacher für das Überschreiten kostengünstiger elektrischer Anschlußwerte analysiert, und gleichzeitig wurde dabei der Qualitätsmangel der vorhandenen Daten herausgestellt. Zwangsläufig mußten deshalb die Modellkalkulationen von AYIK und von HEYL an diesen Stellen ihre schwächsten Punkte zeigen, so daß daraus die Forderung nach besseren Datenmodellen resultierte.

3.2 Angewandte Methodik

Aufbauend auf diese Forderungen wurde deshalb im vergangenen Forschungszeitraum die Datengewinnung sehr stark vorangetrieben. Zwei Formen standen dabei im Vordergrund des Interesses. Zum einen führte ZEISIG et al umfangreiche Messungen an Fördergebläsen zur Futtereinlagerung in der Praxis durch. Sie wurden durch Prüfstandversuche ergänzt und bilden nunmehr eine hervorragende

Ausgangssituation für Modellanalysen und für Soll-Ist-Vergleiche der zu erstellenden Modelle.

Zum anderen wurde von ZEISIG, AUERNHAMMER und HEINS eine Repräsentativerhebung landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern durchgeführt und dabei die Ausstattung mit Elektroenergieverbrauchern und der in den Betrieben verbrauchten Strommenge nach den Angaben der EVU's erhoben. Auch diese Datenbasis ist als wesentliche Grundlage für die zu erstellenden Modelle gedacht und soll darüber hinaus ebenfalls als breite Basis für die Modellüberprüfung herangezogen werden.

3.3 Ergebnisse und ihre Bedeutung

Entsprechend der bisher angewandten Methodik ergaben sich zwei wesentliche Ergebnisbereiche.

Nach ZEISIG erbrachten die Praxismessungen für die Einlagerung von Anwelkgut, Mais und Heu sehr gute Zusammenhänge. Danach läßt sich der spezifische Energieverbrauch in kW/(tTS/h) bei zunehmendem Durchsatz in tTS/h durch Regressionsgleichungen relativ exakt bestimmen, wobei Bestimmtheitsmaße zwischen 60 und 90 % die Regel sind. Abbildung 2 zeigt als Beispiel die Meßergebnisse für die Einlagerung von Anwelkgut mit der errechneten Regressionsfunktion.

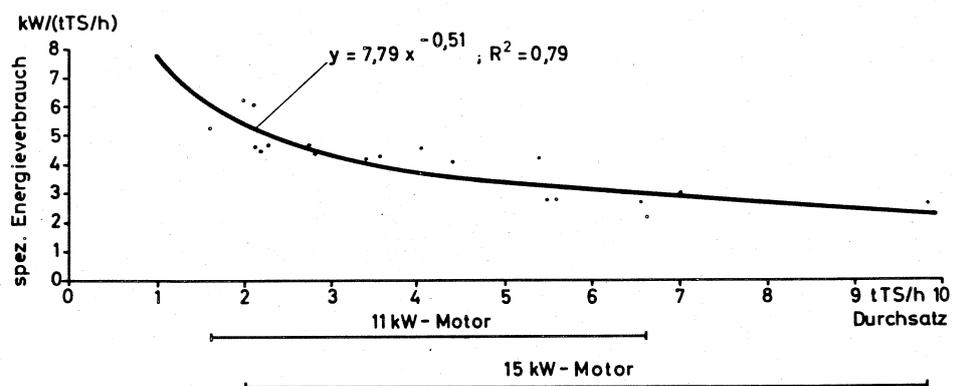


Abb. 2: Spezifischer Energieverbrauch bei der Förderung von angewelktem Gras mit Abladegebläsen aus Praxismessungen

Werden diese Ausgangsdaten in einem Modellansatz mit den Arbeitszeitbedarfsdaten verknüpft (Tab. 1), dann führen diese zu multifunktionalen deterministischen Simulationsmodellen. Derartige Modelle gestatten dann die sehr differenzierte Kalkulation des Zeitbedarfes und als Abhängigkeit davon des Energiebedarfes (Tab. 2). Sie erlauben damit die exakte Analyse und zeigen z.B. sehr deutlich den sehr wesentlichen Anteil an Leerlaufenergie für entsprechende Abladevorgänge.

Sehr bedeutungsvolle Ergebnisse erbrachte die Repräsentativerhebung in Bayern an 806 Betrieben. Danach sind im Mittel aller Betriebe 7,3 Elektrogeräte mit im Mittel 3,8 kW im Einsatz. Aus dem Gesamtanschlußwert von im Mittel 27,7 kW (Tab.3)

Tab. 1: Modellkalkulation für den Arbeitszeit- und den Energiebedarf zur Einlagerung von Anwelksilage mit Fördergebläse

Arbeitsabschnitte		Planzeiten		Energie-Bedarfsfunktionen
Element	Kode	cmin		kWh
1. Zapfwelle einschalten	708	13,3		-
2. vom Schlepper absteigen	704	10,7		-
3. zum Gebläse gehen	900	0 + 1,31*EF1		-
4. Gebläse einschalten	905	8,4		-

5. zur Ladewagenrückwand gehen	900	0 + 1,31*EF2		(.0124*EF5) * Y ₉₀₀
6. Ladewagenrückwand öffnen	659	76,6		(.0214*EF5) * Y ₆₅₉

7. Anwelksilage mit Gabel dem Gebläse dosiert zuführen	xxx	18,15 - 0,2451*EF3 + 0,0066*EF4 - 0,8435*EF5		-2,81 + 0,0417 * EF3 + 0,0006 * EF4 + 0,1304 * EF5 + 0,1070 * Y _{xxx}

8. Ladewagenrückwand schließen	659	76,6		(.0214 * EF5) * Y ₆₅₉
9. zum Gebläse gehen	900	0 + 1,31*EF2		(.0214 * EF5) * Y ₉₀₀
10. Gebläse abschalten	905	8,4		(.0214 * EF5) * Y ₉₀₅

11. zum Schlepper gehen	900	0 + 1,31*EF1		-
12. auf Schlepper aufsteigen	701	13,9		-
13. Zapfwelle ausschalten	708	13,3		-

Einflußgrößen: EF1 = Entfernung Schlepper - Abladegebläse (\bar{x} = 12 m)
 EF2 = " Abladegebläse - Ladewagenrückwand (\bar{x} = 4 m)
 EF3 = Trockenmassegehalt des Anwelkgutes (\bar{x} = 25 %)
 EF4 = Anwelkgutmenge des Ladewagens (\bar{x} = 3000 kg)
 Y_n = Arbeitszeitdauer des n. Arbeitsabschnittes in AKmin

Tab. 2: ANWELKSILAGE-EINLAGERUNG MIT FÖRDERGEBLÄSE
ARBEITSZEIT- UND ENERGIEBEDARF

KALKULATIONSERGEBNIS BEI FOLGENDER AUSGANGSSITUATION :

TROCKENMASSE = 35.0 %
 ANTRIEBSLEISTUNG = 10.0 KW
 LADEGUTMENGE = 3000.0 KG

ABSCHNITT	ZEITBEDARF		EL-ENERGIEBEDARF	
	(AKMIN)	(%)	(KWH)	(%)
VORARBEITEN	0.481	2.04		
RÜSTARBEITEN	0.818	3.47	0.101	2.41
ABLADEN	20.939	88.84	3.997	94.93
RÜSTARBEITEN	0.902	3.83	0.112	2.66
NACHARBEITEN	0.429	1.82		

SUMME	23.569		4.210	
AKH/TONNE =	0.131		KWH/TONNE =	1.403
TONNEN/H =	7.637		TONNEN/KWH =	0.713

Tab. 3: Gesamtgeräteanschlußwert je Betrieb, Zahl der Geräte je Betrieb und mittlerer Anschlußwert je Gerät in der Stichprobe

Merkmal	Betriebstyp				Gesamt- mittelwert
	Futterbau	Veredelung	Marktfrucht	Gemischt	
Gesamtanschlußwert je Betrieb (kW)	30,1	34,7	20,6	26,0	27,7
Anzahl der Elektro- geräte im Betrieb	7,9	7,5	5,5	7,1	7,3
Mittlerer Anschluß- wert je Gerät (kW)	3,8	4,6	3,7	3,7	3,8

resultiert wiederum im Mittel ein jährlicher Stromverbrauch von etwa 7.890 kWh oder von 753 kWh/ha LF (Tab. 4).

Tab. 4: Stromverbrauch je Betrieb und Jahr je ha landwirtschaftliche Nutzfläche

Merkmal	Betriebstypen				im Mittel aller Betriebe
	Futterbau	Veredelung	Marktfrucht	Gemischt	
Stromverbrauch je Betrieb und Jahr (kWh)	7454,0	15667,0	8292,0	7707,0	7892,0
relativ zum Mittel (%)	94,5	198,5	105,1	97,65	100,0
Stromverbrauch je ha LF (kWh)	655,0	1181,0	950,0	808,0	753,0
relativ zum Mittel (%)	87,0	156,8	126,0	107,0	100,0

Auch bei dieser Untersuchung kommt der hohe Stellenwert der Einlagerungsgeräte zum Ausdruck (Tab. 5), weshalb diesem Problemkreis im kommenden Antragszeitraum verstärkte Aufmerksamkeit zugewendet werden soll.

3.4 Vergleiche mit Arbeiten außerhalb des Sonderforschungs- bereiches

Untersuchungen im geschilderten Ausmaß werden vereinzelt an anderen Stellen durchgeführt. Eine Zusammenfassung und damit eine allgemein gültige Aussage läßt sich daraus jedoch nicht ableiten.

Tab. 5: Anschlußwerte in einzelnen Bereichen der Produktion als gewichtete relative Anteile und als mittlere eingesetzte Gerätezahl mit der jeweiligen Anschlußwertsumme

Tätigkeitsbereich	gewichteter relativer Anteil am Anschlußwert %	eingesetzte Geräte	mittlere Summe der Anschlußwerte kW
Heueinlagerung	18	1,05	6,68
Getreide mahlen und mischen	15	1,11	5,37
Siloeinlagerung	12	1,23	7,92
Melken	8	1,73	2,99
Getreideförderung	7	1,07	3,15
Entmisten	7	1,13	3,70
Bearbeitung innerbetrieblicher Produkte wie Kartoffelsortieren, Musen, Kreissägen und sonstige	25	3,10	12,31

3.5 Offene Fragen

Die bisherigen Arbeiten sind als Grundlage für eine umfangreiche Modellanalyse anzusehen. Dabei wird in erster Linie die Modellqualität zu testen sein, um die methodischen Fehler bei den kalkulierten Ergebnissen in tragbaren Grenzen zu halten.

Darüberhinaus müssen selbstverständlich alle Produktionsverfahren im Modell analysiert werden. Insgesamt wird dies jedoch nur möglich sein, wenn eine echte Verknüpfung zwischen Arbeitszeit- und Elektroenergiedaten gelingt.

Veröffentlichungen:

1. Auernhammer, H. u. F. Heins: Zur Situation des landwirtschaftlichen Energieverbrauchs in Bayern. Landtechnik 37 (1982), H. 1, S. 12 - 14
2. Wenner, H.L.: Zur Energiesituation der Landwirtschaft - Probleme und Folgerungen -. Bayer. Landw. Jahrbuch SH 2/1980
3. Wenner, H.L.: Energieeinsparung in der Tierproduktion. Schriftenreihe der Hohenheimer Arbeiten - REihe Agrartechnik H. 115, 1981, S. 43 - 61
4. Wenner, H.L.: Möglichkeiten und Grenzen zur Energieeinsparung und Nutzung eigener Energiequellen. Landtechnik von morgen, Folge 20 (1982), S. 8 - 23

5. Wenner, H.L.: Energieverbrauch in der Tierproduktion und Einsparungsmöglichkeiten. Der Tierzüchter, H. 4(1980), S. 158 - 161
6. Wenner, H.L.: Verbrauch und Einsparungsmöglichkeiten an Elektrizität für die Tierproduktion. In: Energieeinsatz in der Landwirtschaft, BSTMELF 1980
7. Wenner, H.L.: Energieeinsparung in der Tierproduktion - Technischer Bereich - . Bericht über Landwirtschaft, 195. Sonderheft (1979), S. 184 - 200
8. Zeisig, H.-D., A. Holzer, J. Kreitmeier, G. Langenegger, P. Tastel u. O. Zirngibl: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes für einige ausgewählte Bereiche der Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe. (1981), H. 5, Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Freising
9. Zeisig, H.-D., J. Kreitmeier u. O. Zirngibl: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes von Abladegebläsen. Landtechnik 37 (1982), H. 1, S. 30 - 33

Vorträge:

1. Auernhammer, H.: Elektroenergiedaten für landwirtschaftliche Produktionsverfahren - Erstellung und Kalkulation. Jahrestagung der Gesellschaft für Informationsverarbeitung in der Landwirtschaft (GIL) am 25. 3. 82 in Braunschweig

Diplomarbeiten:

1. Meier, N.: Untersuchungen über die Ausstattung landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern mit Elektroenergieverbrauchern in Abhängigkeit von Betriebstyp und Standort. Diplomarbeit TU-München-Weihenstephan: Institut für Lndtechnik 1980

Teilprojekt A 5

Datenerstellung und Modellanalyse, getrennt nach Mengen und Preisen, für unterschiedliche Gebäudekonstruktionen und Bauausführungen landwirtschaftlicher Betriebsgebäude

Leiter: AOR Dr. L. Rittel
Bayer. Landesanstalt
für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71798

Mitarbeiter:

E. Nacke, Dipl.-Ing.agr.
M. Bierig, Ing.agr.

1. Stand der Erkenntnisse bei Antragsstellung und Ausgangsfragestellung

Verbesserungen der produktionstechnischen Bedingungen in der Rinderhaltung sind in vielen Fällen mit dem Umbau oder Neubau von Stallanlagen verbunden. Einer Vielzahl von Konstruktions- und Ausführungsalternativen für Gebäude und bauliche Anlagen stehen jedoch nur unzureichende Unterlagen über die wichtigsten Kenngrößen zur Beurteilung und Auswahl des im spezifischen Fall optimalen Systemes zur Verfügung.

Ziel der Arbeiten im Projektbereich A 5 ist die Erforschung der notwendigen Parameter, die dem bauwilligen Landwirt, der Beratung und der Forschung qualifizierte Aussagen und Entscheidungen über Neu- und Umbaumaßnahmen ermöglichen. Folgende Aspekte sind für den Bereich des landwirtschaftlichen Bauwesens von besonderer Bedeutung und bildeten die Ausgangsfragestellung für das Teilprojekt A 5:

- Welche konstruktiven, materialspezifischen und bauphysikalischen Eigenschaften haben unterschiedliche Gebäudeprofile und wo liegt der optimale Einsatzbereich?
- Welche Konstruktionen und Bauteile eignen sich für die Erstellung in Eigenregie und welches Maß an Eigenleistung ist möglich?
- Wie hoch liegt der voraussichtliche Investitionsbedarf und welche Kosten ergeben sich für unterschiedliche Gebäude oder einzelne Bauteile?
- Wie hoch sind die Einsparungsmöglichkeiten durch den Einsatz eigener Arbeitsleistung oder eigener Materialien?

Die Zielstellung der Arbeiten liegt somit in der Entwicklung einer Methode zur Ermittlung des Investitionsbedarfes und der Kosten für einzelne Bauteile und gesamte Gebäudesysteme bei

Berücksichtigung unterschiedlicher Anteile an eigener Arbeit und eigenen Materialien. Die Ergebnisse der Arbeiten im Teilprojekt A 5 sind Grundlage für eine Optimierung ganzer Produktionssysteme im Teilprojekt A 6.

In der Bundesrepublik bestehen derzeit noch zwei weitere methodische Ansätze zur Baupreisermittlung. Dies sind einerseits die Kostenblockmethode aus dem Institut für landwirtschaftliche Bauforschung in Völkenrode (6, 7, 8) und andererseits das System ISBAU im Bayer. Landwirtschaftlichen Informationssystem BALIS (3). Für die aufgezeigte Fragestellung sind jedoch beide Ansätze nur teilweise ausreichend, wie in Kap. 4 dargelegt ist.

Der eigene methodische Ansatz beruht auf den Grundlagen der Methode KALDOK zur Kalkulation von Arbeitszeitdaten, die im Teilprojekt A 1 entwickelt und für die Kalkulation des Investitionsbedarfes landwirtschaftlicher Betriebsgebäude umgearbeitet wurde. Zum Zeitpunkt der Antragstellung waren die methodischen Vorarbeiten abgeschlossen und die Funktionsfähigkeit des Systems anhand einer Pilotstudie erprobt.

2. Angewandte Methoden

2.1 Anforderungen an die Methode

Frühere Ansätze für Preisermittlungen (1, 2) beschränken sich im allgemeinen auf die punktuelle Darstellung der Erstellungspreise pro Quadratmeter oder pro Kubikmeter für exakt vorgegebene Gebäudetypen. Eine Anpassung an geänderte Preissituationen ist nur durch eine Indexfortschreibung möglich, was bei der stark unterschiedlichen Entwicklung von Materialpreisen und Arbeitslöhnen zu ungenau ist. Die inzwischen notwendige Neukalkulation ist nicht erfolgt, so daß die Arbeiten heute ohne praktische Bedeutung sind.

Darüber hinaus sind die Arbeiten von ihren Ausgangsdaten her fix angelegt und meist zu wenig differenziert. Sie erlauben daher nur sehr bedingt einen Rückschluß auf ein tatsächliches Bauvorhaben, da die spezifische Situation des Einzelbetriebes nicht berücksichtigt werden kann.

Für die im Rahmen des Sonderforschungsbereiches entwickelte Kalkulationsmethode KALBAU wurden zur Vermeidung solcher Unzulänglichkeiten folgende Prämissen gesetzt:

1. Möglichst genaue Ermittlung des Investitionsbedarfes für ganze Gebäude, Bauteilgruppen und einzelne Bauteile.
2. Möglichkeit der Aktualisierung der Datenbasis bei geringem Zeitaufwand.
3. Keine fix vorgegebenen Gebäude mit festgelegter Ausführungsform, sondern Anpassungsmöglichkeit an die spezifische Situation des Einzelbetriebes.

4. Die Anpassungsmöglichkeit muß auch eine Abschätzung der zeitlichen und finanziellen Auswirkungen von baulicher Selbsthilfe umfassen.

Unter Beachtung dieser Vorgaben wurde in Fortsetzung an die im Teilprojekt A 1 entwickelte Methode für die Arbeitszeitkalkulation mit Hilfe des Programmes KALDOK ein EDV-gestütztes Kalkulationssystem entwickelt, welches auf verschiedene Aggregationsebenen eine Kalkulation des Investitionsbedarfes ermöglicht.

Die Grundüberlegung ist dabei, daß sich der Investitionsbedarf für eine einzelne Bauleistung nach folgendem Schema berechnen läßt:

$$\begin{aligned} \text{Investitionsbedarf} &= \text{Menge} && * \text{Preis} \\ &= \text{Materialbedarf (Stck, t, lfm...)} && * \text{Preis/Einheit} \\ &+ \text{Gerätebedarf (Anzahl, Art ...)} && * \text{Preis/Einheit} \\ &+ \text{Arbeitszeitbedarf (Std)} && * \text{Lohnansatz} \end{aligned}$$

Das gesamte System (genannt Kalkulation für das landwirtschaftliche Bauwesen KALBAU) beruht demnach auf der strengen Trennung zwischen Mengen (Material, Geräte, Arbeitszeit) und zugehörigen Preisen (bzw. Löhnen).

Da sich Konstruktionen und somit auch die Mengen im Zeitablauf in der Regel allenfalls geringfügig ändern, ist die Datenfortschreibung bei einer Trennung nach Mengen und Preisen verhältnismäßig leicht allein durch eine Aktualisierung der Preisdatei möglich.

Die Mengenermittlung selbst wird ebenfalls aufgeteilt in die Ermittlung des Materialbedarfes und des Arbeitszeitbedarfes. Dazu wird ein Gesamtgebäude oder eine bauliche Anlage nach den einzelnen Bauleistungen analysiert. Die Höhe des Bedarfes an Arbeitszeit und Materialien ist von verschiedenen Einflußfaktoren abhängig und läßt sich durch Regressionsfunktionen darstellen. Dadurch wird das gesamte System der Gebäudekapitalbedarfsermittlung von der statischen Ebene auf eine dynamische überführt.

2.2 Modellbildung und hierarchische Gliederung

Die Ergebnisse der Analyse jeder Einzelleistung werden zu deterministischen Modellen verarbeitet. Grundlage des gesamten Systems bilden Modelle für den Arbeitszeit- und Materialbedarf, deren Aufbau analog zur Arbeitszeitbedarfsermittlung im Teilprojekt A 1 erfolgt.

Durch logische Verknüpfung der Einzelmodelle werden auf fünf hierarchisch gegliederten Aggregationsebenen Modelle zur Berechnung von Bauteilen, Bauteilgruppen und ganzer Gebäude gebildet.

Das bei Antragsstellung vorliegende methodische Konzept hat sich im Berichtszeitraum als prinzipiell durchführbar und sinnvoll erwiesen. Im Zuge der weiteren Modellerstellung auf höheren Aggregationsebenen stellte sich jedoch heraus, daß die ursprüngliche Gliederung in einer Grundebene mit den Arbeitszeit- und Materialmodellen und vier Aggregationsebenen nicht ausreichend war. Für den Anwender ist in der Regel weniger die Ebene der Grundmodelle und der ersten Aggregationsstufe mit den Positionsmodellen von Interesse, sondern sein Interesse ist mehr auf einzelne Bauteile, Bauteilgruppen und ganze Gebäudesysteme ausgerichtet. Nach diesen Kriterien ist auch die Modellstruktur und Dokumentation aufzubauen.

2.3 Gliederung der Dokumentdatei

Die Kalkulation des Investitionsbedarfes mit dem Programm KALBAU stellt einen Teilbereich des landwirtschaftlichen Informationssystems Landtechnik dar und fügt sich systematisch in dieses ein (Abb. 1).

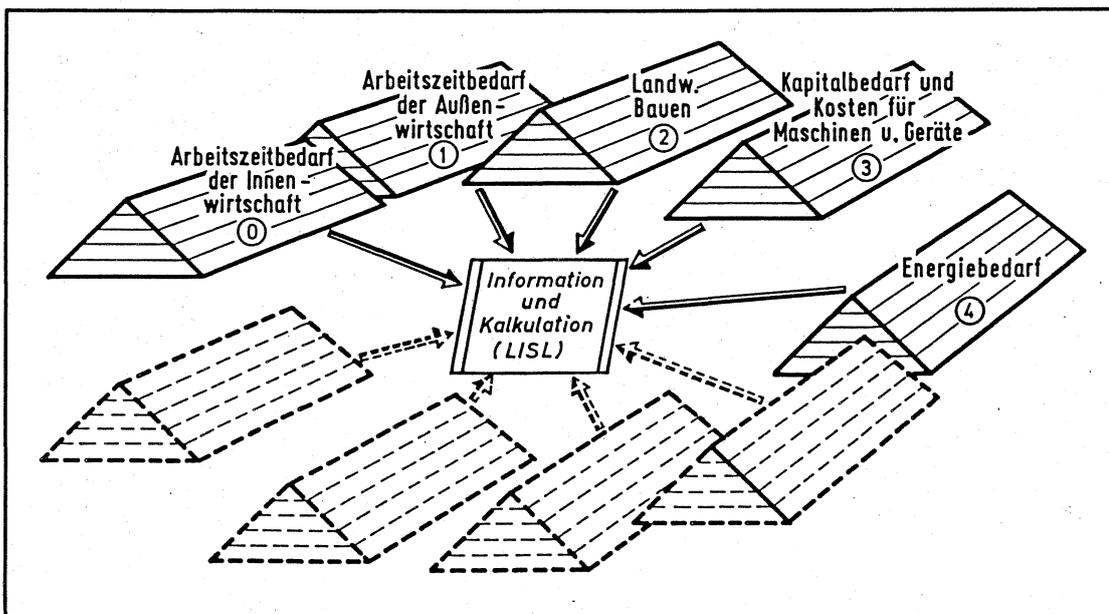


Abb. 1: Schema des landwirtschaftlichen Informationssystems Landtechnik

Analog zur Arbeitszeitkalkulation mit der Methode KALDOK wurde zur Systematisierung aller Dokumente ein hierarchisches, numerisches System auf der Basis 10 entwickelt. Darin stellen die Zahlen 1 - 9 Kapitel für unterschiedliche Produktionsrichtungen dar, während die Potenzen dieser Kapitelzahlen Dokumente unterschiedlicher Aggregationen enthalten und zu Ebenen gleicher Aggregationsintensität führen (Abb. 2).

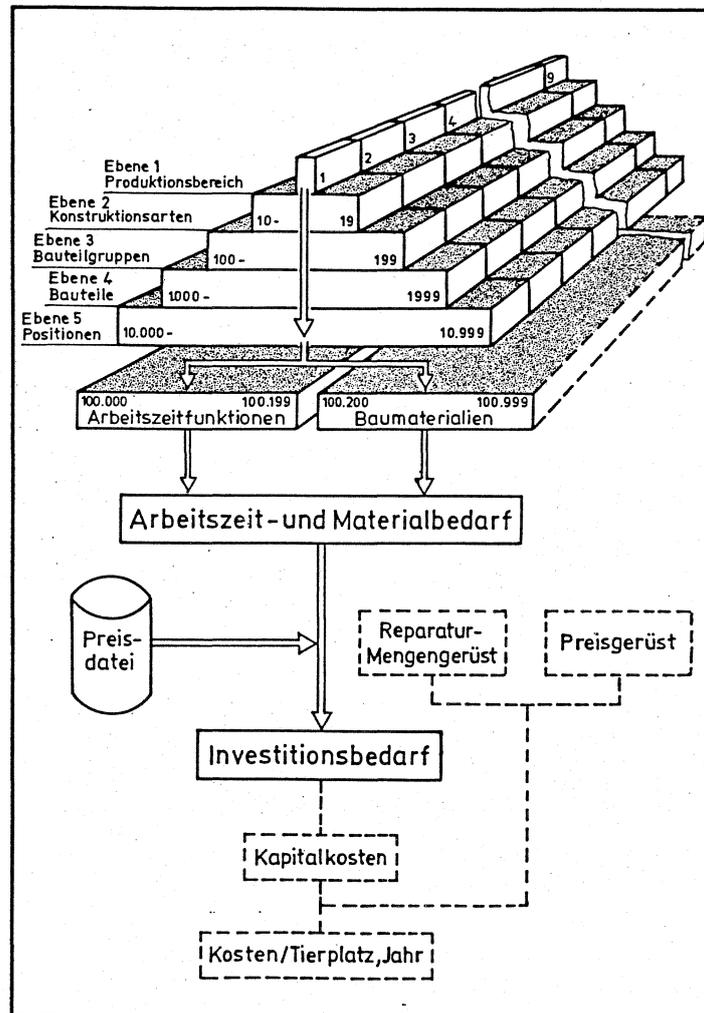


Abb. 2: Struktur des Systems KALBAU

In der derzeitigen Gliederungsstruktur des Systems KALBAU sind in der Grundebene der Dokumente von 100.000 - 100.999 alle Arbeitszeit- und Materialmodelle abgespeichert.

Erste Aggregationsebene bilden die Positionsmodelle von 10.000 - 99.999.

Auf den nächst höheren Ebenen mit den vierstelligen und dreistelligen Dokumentnummern folgen die Modelle zur Berechnung von Bauteilen und Bauteilgruppen. Dabei können bis zu 10 Bauteilgruppen mit den Endnummern von 0 - 9 gebildet werden.

Die verschiedenen Gebäudeformen wurden in 10 verschiedene Konstruktionsarten auf der nächst höheren Ebene aufgeteilt. In der obersten Ebene mit den Kapitelnummern von 1 - 9 erfolgt schließlich als übergeordnete Gliederung analog zur Dokumentation im System KALDOK eine Aufteilung in 9 Kapitel für unterschiedliche Produktionsbereiche.

Die Dokumentdatei ist so strukturiert, daß sich in der Modellebene II für jeden Produktionsbereich die Konstruktionsart wiederholt, wobei die erste Ziffer einer Dokumentnummer den Produktionsbereich und die zweite Ziffer die Konstruktionsart angibt. Auf der Ebene III wiederholt sich diese Gliederung, wobei die dritte Ziffer einer Dokumentnummer die Bauteilgruppe angibt (Abb. 3, 4).

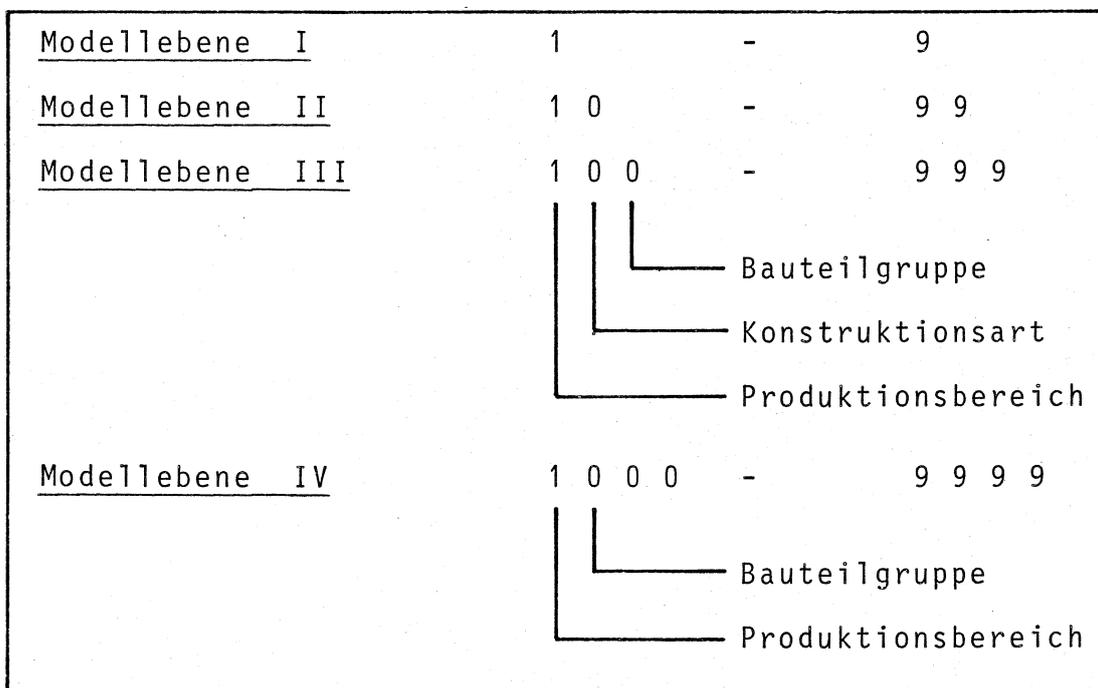


Abb. 3: Zusammensetzung und Gliederung der Dokumentnummern

In der zweiten und dritten Ebene sind somit Modelle mit gleichen Endziffern im Prinzip ähnlich aufgebaut. Die Einflußgrößen sind jedoch mit spezifischen Vorgabewerten für einen speziellen Produktionsbereich bzw. eine Konstruktionsart innerhalb eines Produktionsbereiches belegt.

<u>Modellebene I:</u>			<u>Modellebene III:</u>		
PB	Produktionsbereich	1 - 9	BG	Bauteilgruppe	100 - 999
1	Bullenmast		100	Erdarbeiten + Fundamente	Mastkonstruktion freigespannt Bullenmast
2	Milchviehhaltung		101	Bodenplatte + Güllegrube	Bullenmast
3	Kälberhaltung		102	Wände	Bullenmast
4	Schweinemast		103	Dach, Tragwerk	Bullenmast
5	Schweinezucht		104	Decke	Bullenmast
6	Geflügelhaltung		105	Fenster, Türen	Bullenmast
7	Lager- und Maschinenhallen		106	Putz, Fliesen, Estrich	Bullenmast
8	Bauliche Anlagen		107	Aufstallung	
9	-		108		
			109		
			110	Erdarbeiten + Fundamente	Mastkonstruktion mit Zwischenstütze Bullenmast
			111	Bodenplatte + Güllegrube	Bullenmast
			112	Wände	Bullenmast
			...		
			120	Erdarbeiten + Fundamente	Kastenträger freigespannt Bullenmast
			...		
			200	Erdarbeiten + Fundamente	Mastkonstruktion freigespannt Milchviehhaltung
			201	Bodenplatte + Güllegrube	Milchviehhaltung
			...		
			210	Erdarbeiten + Fundamente	Mastkonstruktion mit Zwischenstütze Milchviehhaltung
			211	Bodenplatte + Güllegrube	Milchviehhaltung
			...		
			300	Erdarbeiten + Fundamente	Mastkonstruktion freigespannt Kälberhaltung
			...		
			310	Erdarbeiten + Fundamente	Mastkonstruktion mit Zwischenstütze Kälberhaltung
			...		
			...		
			...		

Abb. 4: Struktur der Dokumentdatei

3. Ergebnisse

3.1 Materialbedarfsanalyse

Für die Vielfalt der möglichen Gebäudetypen und -ausführungen mußte zunächst eine systemkonforme Gliederung erstellt werden. Die Funktionsmaße eines Gebäudes werden in erster Linie durch die spezifischen Anforderungen an das gewählte Produktionsverfahren festgelegt. Daneben sind jedoch noch eine Anzahl weiterer Einflußfaktoren bestimmend für die endgültige Ausgestaltung. Dazu gehören Standorteinflüsse, Vorstellungen des Bauherren und der Baubehörden ebenso wie das Angebot des Baumarktes. Aus der Vielzahl funktional ähnlicher, aber unterschiedlich ausgeprägter Bauformen wurden unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren 35 Gebäudetypen entwickelt, die als Grundlage für eine empirische Ermittlung des Materialbedarfes dienen. Abbildung 5 zeigt die Grundtypen möglicher Gebäudekonstruktionen für Milchviehställe. Für alle Gebäude wurden die dazu passenden Bodenprofile und Fundamente entwickelt und detaillierte Konstruktionszeichnungen und Statiken erstellt. Zur Kontrolle der praktischen Durchführbarkeit und Detailverbesserung wurden die

verschiedenen Gebäudetypen zudem auf landwirtschaftlichen Bau-
stellen errichtet.

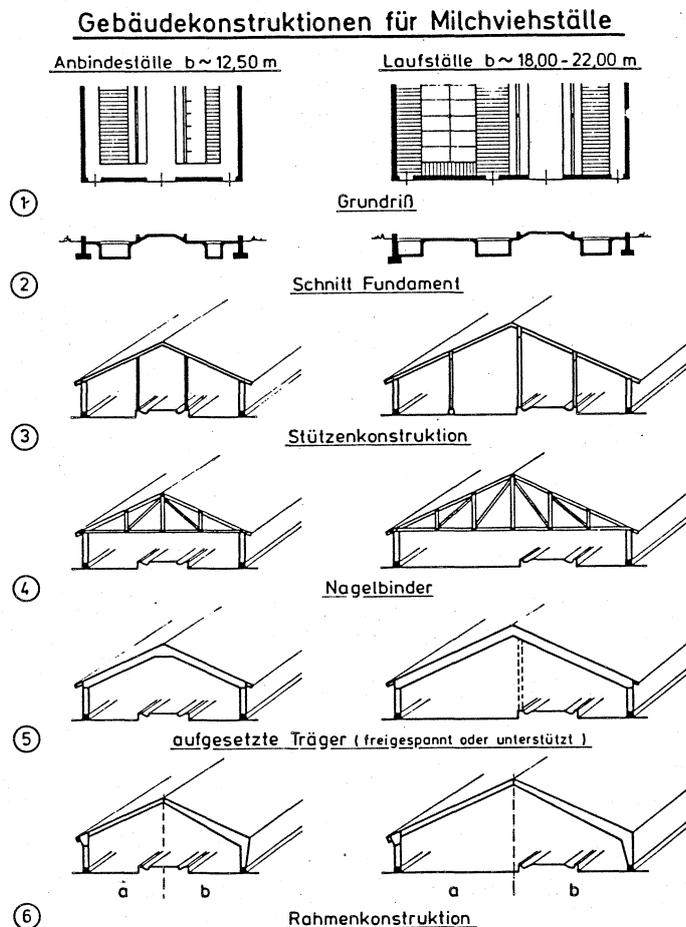


Abb. 5: Gebäudekonstruktionen für Milchviehställe

Um eine spätere Modellkalkulation unterschiedlicher Bauwerks-
längen zu ermöglichen, wurde der Materialbedarf für bisher
35 verschiedene Gebäudetypen entsprechend dem Rastermaß des
Gebäudes in Materiallisten übertragen und bildet so die Grundlage
für die Modellerstellung.

3.2 Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes

Ein weiterer Schwerpunkt des Forschungsvorhabens liegt in der
Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes. Die Kenntnis der ungefähr
erforderlichen Arbeitszeit erlaubt dem Landwirt die gezielte
Planung des eigenen Arbeitseinsatzes und der Vergabe von Un-
ternehmerleistungen. Zudem ist sie wichtig für die Auswahl der
unterschiedlichen Baustoffe, da der Gesamtpreis eines Bauteil-
es nicht nur durch den Materialbedarf, sondern entscheidend
auch von den Lohnkosten beeinflusst wird. Abbildung 6 zeigt

beispielhaft für Wärmedämmplatten den stark unterschiedlichen Zeitaufwand für das Verlegen, wodurch die relative Vorzüglichkeit der verschiedenen Platten erheblich beeinflußt wird.

Arbeits - Zeit - Daten: Verlegen von Wärmedämm-Platten

100 m² Verlegefläche

APH = Arbeitsperson Stunde

	Minitherm (APH)	Isetex-WD (APH)	Styrofoam SM TG Styrodur 3000 N (APH)	Styrofoam mit falscher Feder + Hängelassche (APH)	Eurothane U/As (APH)	Herathan (APH)	Isover SWP/F (APH)
1. Rüsten (Gerüst umbauen u. verrutschen usw.)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
2. Konterlattung befestigen	1,04	-	-	-	-	-	1,23
3. Platten schneiden (Querschnitt)	0,63	0,70	0,37	0,37	0,80	0,23	0,17
4. Dämmplatten zusammenfügen u. einpassen	4,15	2,93	1,49	2,95	1,71	2,05	2,80
5. Dämmplatten befestigen	2,60	1,73	1,87	1,82	1,06	2,72	2,01
6. Fremdfeder einschieben	1,12	0,79	-	1,38	0,40	-	-
7. Quer-Profil einschieben	1,54	0,49	-	-	0,35	0,70	-
8. Alu-Schiene bohren	-	-	-	-	-	-	1,01
9. Alu-Schiene anschrauben	-	-	-	-	-	-	1,68
Hauptzeit	Summe 12,53	8,09	5,18	7,97	5,77	7,15	10,35
Verlustzeit organisatorisch	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Hauptzeit + Verlustzeit	13,48	9,04	6,13	8,92	6,72	8,10	11,30
Erholungspause 15 %	2,02	1,36	0,92	1,34	1,01	1,22	1,69
Insgesamt	15,50	10,40	7,05	10,26	7,73	9,32	12,99

Abb. 6: Arbeitszeitdaten für das Verlegen von Wärmedämmplatten

Arbeitszeitrichtwerte, wie sie vom Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (4) oder WEILBIER (5) veröffentlicht werden, sind für den Bereich des landwirtschaftlichen Bauwesens jedoch nur bedingt verwertbar, da der unterstellte Bauablauf und die Baustelleneinrichtung in der Landwirtschaft oft nicht vorgefunden wird. Zudem fallen bei Stallbauten, insbesondere bei selbsthilfefreundlichen Konstruktionen in erheblichem Umfang Arbeiten an, für die die Tabellenwerte keine Zeitwerte angeben.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen wurden die Arbeitszeitrichtwerte in Zeitfunktionen umgeformt, in welche die Einflußfaktoren aus den Tabellen als variable Kenngrößen einfließen. Zur Kontrolle und Verbesserung der so erstellten Modelle und zur Neuerfassung völlig fehlender Daten sind zusätzlich umfangreiche Arbeitszeitmessungen notwendig, die allerdings noch nicht abgeschlossen sind, da Messungen von Arbeiten am Bau erhebliche zeitliche und personelle Anforderungen stellen.

Stand der Arbeitszeiterfassung in Projekt A 5 für Bauteile und Bauteilgruppen

	<u>Erfassung</u>	<u>Auswertung</u>	<u>Modellbildung</u>
1. <u>Erdarbeiten</u>	x		
2. <u>Fundament</u> (Bodenprofil)			
2.1 Sauberkeitsschicht	x		
2.2 Einzelfundamente	x		
2.3 Streifenfundamente		x	
2.4 Güllekanäle		x	
2.5 Futtertisch	x		
2.6 Planbefestigung	x		
2.7 Spaltenböden verlegen		x	x
3. <u>Mauerwerksarbeiten</u>			
3.1 Mauerwerk 36 ⁵		x	
3.2 Mauerwerk 24 cm	x		
3.3 Mauerwerk 11,5 cm	x		
3.4 Stahlbetonstützen		x	
3.5 Ringanker		x	
3.6 Torstürze		x	
4. <u>Dachkonstruktion</u>			
4.1 Träger fertigen und montieren		x	(x)
4.2 Kantholzkonstruktion herstellen		x	(x)
4.3 Pfetten bzw. Sparren aufbringen		x	(x)
4.4 Konterlattung aufbringen		x	(x)
4.5 Dachlatten aufbringen		x	(x)
4.6 Betondachsteine verlegen		x	
4.7 Wellasbestplatten verlegen		x	(x)
4.8 Sichtschalung verlegen		x	
4.9 Einbau von Trauf-Firstlüftung	x		
5. <u>Ausbauarbeiten</u>			
5.1 Fenster setzen			
5.2 Türen und Tore setzen			
5.3 Verputzarbeiten			
5.4 Verkleidungsarbeiten			
5.5 Einbau der Wärmedämmung		x	
5.6 Anstricharbeiten			

Abb. 7: Stand der Arbeitszeitermittlung

Die Arbeitszeitmessungen werden z.T. durchgehend über die gesamte Bauzeit an einer Baustelle durchgeführt. Bei gleichzeitiger Erfassung des Materialbedarfes und der Rechnungsbelege wird so die gesamte Ist-Situation eines Bauvorhabens erfaßt, eine Grundlage für die Überprüfung der Güte der Modellkalkulation anhand von Ist-Soll-Vergleichen. Bei der Erfassung der Ist-Situation ist es notwendig, die Arbeitszeit gemäß ihrem Ablauf den entsprechenden Gewerken zuzuordnen, da gleiche Arbeiten an einzelnen Gewerken durch unterschiedliche Einflußgrößen zu verschiedenen Bedarfszeitwerten führen. Abbildung 8 zeigt die Zuordnung der Arbeitszeiten zu den einzelnen Bauteilgruppen.

METHODISCHES VORGEHEN BEI DER ERMITTLUNG BAUTECHNISCHER PARAMETER

- 1. Hinterfüllung und Unterbau (Kies)
- 2. Fundamente (Schalung, Bewehrung, Beton, Stahlformteile)
- 3. Güllekanäle (Schalung, Bewehrung, Beton, Rohre, Anstrich)
- 4. Ebene Flächen (Bewehrung, Beton, Estrich, Vergütung)
- 5. Futtertisch (Schalung, Bewehrung, Beton, Formteile)
- 6. Wand (Holzbedarf, Verbindungsmittel, Holzschutz)
(Mauersteine, Mörtel, Stürze, Verputz)
- 7. Dachkonstruktion (Holzbedarf, Verbindungsmittel, Dachdeckung)
- 8. Fenster, Türen, Tore (Fertigteile od. Material bei Baustellenfertigung)
- 9. Einbauten für Be- und Entlüftung
- 10. Wand- und Deckenverkleidung (Wärmedämmung, Fliesen-, Plattenbelag)

- 1. Erdarbeiten, auffüllen, verdichten
- 2. schalen, bewehren, betonieren von Punkt- und Streifenfundamenten)
- 3. schalen, bewehren, betonieren, Rohre verlegen, anstreichen
- 4. schalen, bewehren, betonieren, anstreichen
- 5. schalen, bewehren, betonieren, Formteile verlegen
- 6. herstellen der Holzwand, Holzschutz auftragen
errichten des Mauerwerks, Stürze einbauen, verputzen
- 7. Dachkonstruktion abbinden und aufrichten, eindecken
- 8. Fenster, Türen und Tore herstellen bzw. setzen
- 9. einbauen der Be- und Entlüftung
- 10. anbringen und/bzw. streichen von Wand und Decke

Summe Materialbedarf/Fertigteile

Summe Arbeitszeitbedarf

Abb. 8: Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung bautechnischer Parameter

3.3 Preisermittlung

Die Preise für die am Bau verwendeten Materialien lassen sich anhand von Nachkalkulationen, aus Ausschreibungen und Preislisten erheben. Nachkalkulationen fertig abgerechneter Bauvorhaben haben den Nachteil, daß die daraus ermittelten Werte nicht den aktuellen Preisstand wiedergeben, sondern die Marktsituation zur Bauzeit, also oftmals um zwei bis vier Jahre verspätet. Die Preisdatei wurde daher vorläufig aus den Preislisten des Baustoffhandels erstellt. Über die zweckmäßigste Erhebung von Preisdaten sind jedoch noch dringend weitere Untersuchungen notwendig.

3.4 Modellbildung

Zum Zeitpunkt der Antragsstellung war die Methode an einer Pilotstudie auf ihre Einsatzfähigkeit hin überprüft. Bei der Erweiterung der Basis und der Planung der Gesamtstruktur der Datei erwies sich jedoch die gewählte Einteilung in vier Aggregationsebenen als unzureichend. Die Neueröffnung einer fünften Ebene erforderte eine Umschichtung aller aggregierenden Modelle, was mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden war. Weiterhin wurde es durch eine Umstellung der EDV-Organisation am Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten notwendig, das gesamte Kalkulationssystem an der Cyber-Rechenanlage des Leibniz-Rechenzentrums, Techn. Universität München, zu implementieren.

Die Modelle der höheren Aggregationsebenen, die für die Pilotstudie erstellt wurden, waren ausschließlich auf das Ziel eines ersten Ergebnisses ausgerichtet. Bei der Planung der Gesamtstruktur der Datei erwiesen sie sich jedoch als unvorteilhaft

für das Gesamtkonzept. Im Berichtszeitraum wurde daher ein Teil der Bauteil-Modelle auf der vierten Ebene neu erstellt. Die Hauptarbeit bestand jedoch in der Neubildung und den Tests von Modellen auf der Ebene der Bauteilgruppen, die für den Anwender die Hauptkalkulationsebene darstellen wird. Auf dieser Ebene stehen für die hinreichend genaue Berechnung eines Gesamtgebäudes nur noch zehn Modelle zur Verfügung. Das Einzelmodell besitzt hier bis zu 200 Variable, da alle wichtigen Einflußgrößen zur Charakterisierung und Bemaßung einer so komplizierten Bauteilgruppe wie z.B. des Bodenprofils eines Milchviehlaufstalles enthalten sein müssen. Zur Begrenzung der Modellgröße mußten alle Einflußgrößen ermittelt werden, die in der Regel konstant bleiben oder nur eine geringe Auswirkung auf die Genauigkeit der Kalkulation haben. Diese wurden bereits in den Modellen der vierten und fünften Ebene mit durchschnittlich gültigen Vorgabewerten belegt und in der Ebene der Bauteilgruppen nicht mehr zur Überschreibung aufgerufen.

Bisher wurden die Modelle für die Berechnung der Erdarbeiten und Fundamente, so wie der Bodenplatte und der Güllekanäle, fertiggestellt. In Bearbeitung befinden sich die Modelle für die Innen- und Außenwände, sowie für das Dach.

3.5 Modellkalkulation

Die Gesamtkonzeption der Methode geht davon aus, daß der Anwender zunächst auf den oberen Ebenen mit relativ groben, aber auch mit wenig Aufwand verbundenen Kalkulationen ganzer Produktionssysteme oder Gebäude einsteigen wird, dann aber im weiteren Planungs- oder Ausführungsstadium immer detailliertere Kalkulationen auf tieferen Ebenen vornehmen kann. Die Erstellung der Methode muß dagegen den umgekehrten Weg von der einzelnen Zeitfunktion über die Positionsmodelle zu den höher aggregierten Modellen gehen. Somit stehen in der Aufbauphase zunächst auch nur Detailergebnisse zur Verfügung.

Das Ergebnisprotokoll bringt aufgrund der detaillierten Analyse nach den Einzelleistungen, sowie der Trennung nach Arbeitszeit- und Materialbedarf bei einer gesonderten Zuordnung der Löhne und Preise wesentlich mehr Informationen als allein den Investitionsbedarf für ein Gebäude oder Gebäudeteil.

Vom Rechner wird ein Mengen- und Preisgerüst erstellt, welches die benötigten Arbeitszeiten, getrennt nach Rohbau- und Ausbauarbeiten so wie die einzelnen Materialien mit den notwendigen Mengen ausweist. Daneben werden die Einzelpreise bzw. Löhne pro Einheit und insgesamt ausgegeben (Abb. 10). Zusätzlich werden auch die prozentualen Anteile der Arbeiten am Gesamtinvestitionsbedarf ausgewiesen.

Die gesamte Modellanalyse bleibt unvollständig, wenn nicht durch Ist-Soll-Analysen eine Überprüfung der Modellgenauigkeit vorgenommen wird. Zu diesem Zweck wurden von fertiggestellten und über die Siedlungsgesellschaften abgerechneten Gebäuden die Rechnungsbelege ausgewertet und zum Vergleich entsprechende Modellkalkulationen angestellt. Abbildung 11 zeigt die relative Abweichung des Ergebnisses einer Modellkalkulation

von den tatsächlichen Aufwendungen. Die Vergleichskalkulation wurde für einen Bullenmaststall mit Güllelagerung unter den Spalten in einem Güllekeller mit 1.000 m³ Fassungsvermögen erstellt.

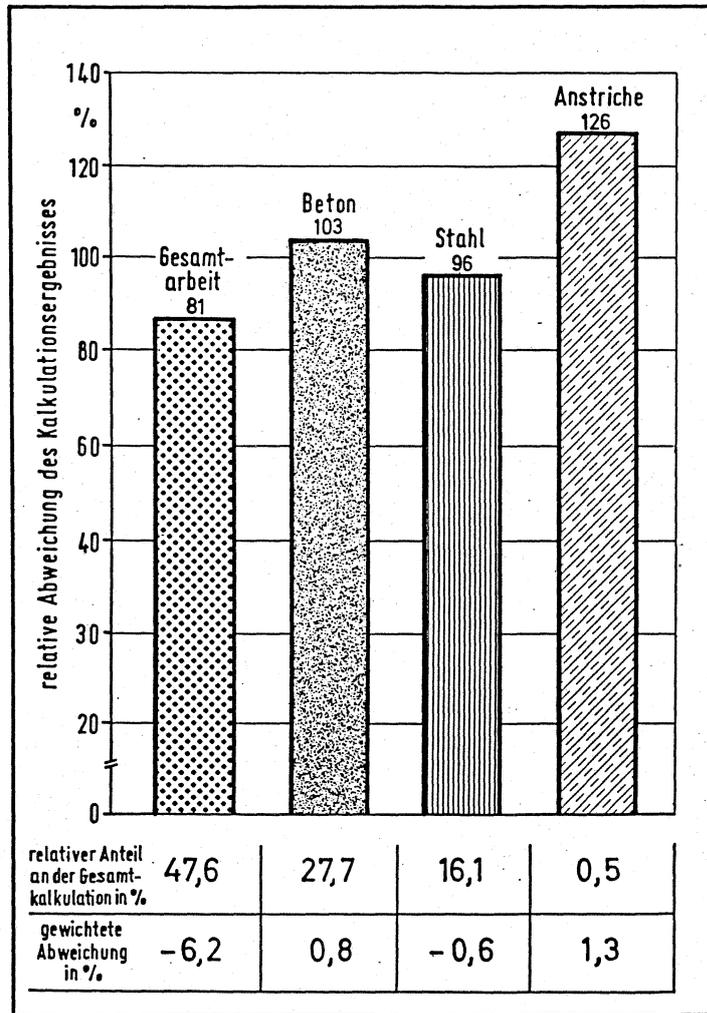


Abb. 11: Ist-Soll-Vergleich: Investitionsbedarf für einen Güllekeller (30,40 x 16,74 m; 1.000 m³ Inhalt)

Extreme Abweichungen ergaben sich beim Aufwand für Anstrichmittel, die jedoch nur einen minimalen Anteil an der Gesamtinvestition ausmachen. Der Hauptanteil des Materialbedarfes in Form von Beton und Baustahl wurde hingegen verhältnismäßig genau erfaßt. Bei der Berechnung der Arbeitszeiten unterschätzt die Modellkalkulation hingegen mit 13 % relativ stark; ein Hinweis darauf, daß die Arbeitszeitfunktionen aus den Arbeitszeitrichtwerte-Tabellen die Situation auf einer landwirtschaftlichen Baustelle nur teilweise korrekt wiedergeben. Die Auswertung neuer Arbeitszeitmessungen wird hier jedoch hoffentlich eine weitere Verbesserung der Modellgenauigkeit ermöglichen.

ABLAUFPROTOKOLL AUS DER DIALOG-SITZUNG MIT PROGRAMM K A L D O K AM 06.05.82

LAUF 1

DIE KALKULATION WIRD MIT ANTEILIGEN ELEMENTZUSCHLAGEN DURCHFUEHRT !

EINFLUSSGROESSENBELEGUNG (MODELL-NR. 100)		
1.	HAEUFIGKEIT (ANZAHL DER STAELLE)	1.000 STALL
2.	LAENGE DES STALLS IN METER	30.000 METER
3.	BREITE DES STALLS IN METER	16.750 METER
4.	TIEFE DER FUNDAMENTE UNTER NIVEAU IN METER	1.300 METER
5.	SOCKELHOEHE UEBER NIVEAU IN METER350 METER
6.	BERECHNUNGSUMFANG: ERDARBEITEN BERECHNEN ?	1.000 (0=NEIN;1=JA)
7.	BERECHNUNGSUMFANG: FUNDAMENTE BERECHNEN ?	1.000 (0=NEIN;1=JA)
8.	ANZAHL DER ZU BERECHNENDEN LAENGSWAENDE	2.000 STUECK
9.	ANZAHL DER ZU BERECHNENDEN QUERWAENDE	2.000 STUECK
10.	AUSHUB: 1=BAUGRUBE; 2=NUR FUND.-AUSHUB	1.000 NUMMER
14.	DICKE DES OBERBODENS IN METER250 METER
15.	BODENKLASSE DES UNTERBODENS (S. INHALT)	3.000 KLASSE
17.	EINZELFUNDAMENTE VORHANDEN? (STUETZENFUND.)	1.000 (0=NEIN,1=JA)
18.	ZAHL UNTERSCHIEDL. EINZELFUNDAMENT-FORMEN	2.000 STUECK
19.	STREIFENFUNDAMENTE VORHANDEN?	1.000 (0=NEIN,1=JA)
20.	STREIFENFUNDAMENTE MIT FUSS?	0.000 (0=NEIN,1=JA)
26.	LAENGE D. STR-FUND. (FALLS ABW. V. EF 8+9)	0.000 METER
27.	STR.FUND.SOCKEL: BREITE IN ZENTIMETER	40.000 ZENTIMETER
28.	SOCKEL: BEWEHRUNGSART (S. INHALT)	0.000 NUMMER
29.	BEZEICHNUNG (=QUERSCHNITT DER LAENGSSTAEBE)	0.000 MILLIMETER
30.	ZAHL D. STAEBE/LFM BZW ZAHL D. MATTENLAGEN	0.000 STUECK
31.	STREIFENFUNDAMENT: BETONGUETE B	15.000 B
32.	GROESSTKORN IM KIESZUSCHLAG F. BETON	32.000 MILLIMETER
33.	AUSFUEHRUNG STR.FUND.SOCKEL (S. INHALT)	1.000 NUMMER
34.	HOEHE DER SOCKELVERKLEIDUNG INNEN IN METER	0.000 METER
35.	SOCKELVERKLEIDUNG: STAERKE IN MM (S. INHALT)	0.000 MILLIMETER
36.	..ART: 1=HERAKLIT 2-SCHICHTIG;2= 3-SCHICHTIG	1.000 NUMMER
37.	STREIFENFUNDAMENTSOCKEL GESCHALT	1.000 (0=NEIN,1=JA)
39.	STREIFENFUNDAMENT SCHALSYSTEM (S. INHALT)	2.000 NUMMER
40.	STR.FUND. SCHALUNGSABSTUETZUNG (S. INHALT)	2.000 -
41.	EINZELFUNDAMENTSOCKEL GESCHALT?	1.000 (0=NEIN;1=JA)
42.	EINZELFUNDAMENT-FUSS GESCHALT?	1.000 (0=NEIN;1=JA)
43.	EINZELFUND. SCHALSYSTEM-NR. (S. INHALT)	1.000 NUMMER
44.	EINZELFUND. SCHALUNGSABSTUETZUNG (S. INHALT)	1.000 NUMMER
45.	EINZELFUNDAMENT-FUSS GESCHALT?	1.000 (0=NEIN,1=JA)
46.	ANZAHL DER DURCHBRUECHE D. FUND.(KANAELE)	2.000 STUECK
47.	BEWEHRUNG STR.FUND.FUSS KORBFOERMIG?	0.000 (0=NEIN,1=JA)
50.-69.:	EINZELFUND. 1.FORM (=HAEUFIGSTE FORM)	1.000 -
51.	..STUETZENART (S. INHALT)	1.000 NUMMER
52.	..ANZAHL DER FUNDAMENTE DIESER ART	18.000 STUECK
53.	..HOEHE DES E.FUNDAMENTS INSGESAMT	130.000 ZENTIMETER
54.	..HOEHE DES E.F.FUSS IN CM (0=KEIN FUSS)	30.000 ZENTIMETER
55.	..QUERSCHNITT: BREITE DES FUSS	130.000 ZENTIMETER
56.	..QUERSCHNITT: LAENGE DES FUSS	100.000 ZENTIMETER
57.	..E.F.FUSS: BEWEHRUNGSART (S. INHALT)	6.000 NUMMER
58.	..BEZEICHNUNG (=QUERSCHNITT D. LAENGSSTAEBE)	188.000 MILLIMETER
59.	..ZAHL DER MATTENLAGEN BZW STAEBE/LFMETER	1.000 STUECK
60.	..BEWEHRUNGS E.F.FUSS KORBFOERMIG?	0.000 (0=NEIN,1=JA)
61.	..E.F.SOCKEL: LAENGE IN CM (NICHT HOEHE)	25.000 ZENTIMETER
62.	..E.F.SOCKEL: BREITE IN CM	40.000 ZENTIMETER
63.	..E.F.SOCKEL: BEWEHRUNGSART (S. INHALT)	1.000 NUMMER
64.	..BEZEICHNUNG (=QUERSCHNITT D LAENGSSTAEBE)	16.000 MILLIMETER
65.	..ZAHL D. MATTENLAGEN BZW ZAHL D STAEBE/LFM	4.000 STUECK
66.	..EINZELFUNDAMENT BETONGUETE B	15.000 B
67.	..GROESSTKORN IN KIESZUSCHLAG FUER BETON	32.000 MILLIMETER
68.	..AUSFUEHRUNG FUND.SOCKEL (S. INHALT)	1.000 NUMMER
70.	-89.: 2.EINZELFUND.FORM (=1,WENN VORHANDEN)	1.000 -
71.	..STUETZENART (S. INHALT)	2.000 NUMMER
72.	..ANZAHL DER FUNDAMENTE DIESER ART	4.000 STUECK
73.	..HOEHE DES E.FUNDAMENTS INSGESAMT	165.000 ZENTIMETER
74.	..HOEHE DES E.F.FUSS IN CM (0=KEIN FUSS)	30.000 ZENTIMETER
75.	..QUERSCHNITT: BREITE DES FUSS	180.000 ZENTIMETER
76.	..QUERSCHNITT: LAENGE DES FUSS	100.000 ZENTIMETER
77.	..E.F.FUSS: BEWEHRUNGSART (S. INHALT)	6.000 NUMMER
78.	..BEZEICHNUNG (=QUERSCHNITT D. LAENGSSTAEBE)	188.000 MILLIMETER
79.	..ZAHL DER MATTENLAGEN BZW STAEBE/LFM	1.000 STUECK
80.	..BEWEHRUNGS E.F.FUSS KORBFOERMIG?	0.000 (0=NEIN,1=JA)
81.	..E.F.SOCKEL: LAENGE IN CM (NICHT HOEHE)	25.000 ZENTIMETER
82.	..E.F.SOCKEL: BREITE IN ZENTIMETER	40.000 ZENTIMETER
83.	..E.F.SOCKEL: BEWEHRUNGSART (S. INHALT)	1.000 NUMMER
84.	..BEZEICHNUNG (=QUERSCHNITT D LAENGSSTAEBE)	16.000 MILLIMETER
85.	..ZAHL D. MATTENLAGEN BZW ZAHL D STAEBE/LFM	7.000 STUECK
86.	..EINZELFUNDAMENT BETONGUETE B	15.000 B
87.	..GROESSTKORN IN KIESZUSCHLAG FUER BETON	32.000 MILLIMETER
88.	..AUSFUEHRUNG FUND.SOCKEL (S. INHALT)	1.000 NUMMER
90.	-109.: 3.EINZELFUND.FORM (=1,WENN VORHANDEN)	0.000 -
129.	BERECHNUNGSMETHODE: AUSHUB	0.000 NUMMER
131.	ARBEITSRAUM NEBEN FUNDAMENT IN METER500 METER
132.	AUSHUB LADEN?	0.000 (0=NEIN,1=JA)
133.	HINTERFUELLFORM (0=OHNE;1=EINS;2=ALLS.)	2.000 NUMMER
134.	HINTERFUELLMATERIAL (S. INHALT)	5.000 NUMMER
135.	UNTERFUELLUNG INCL. SAUBERKEITSSCHICHT	0.000 METER
136.	UNTERFUELLMATERIAL-ART (S. EF 133)	5.000 NUMMER
137.	KLEINSTKORNGROESSE D. MATERIALS (AUSHUB=0)	0.000 MILLIMETER
138.	ERDARBEITEN: ARBEITSGERAET (S. INHALT)	1.000 NUMMER
139.	FASSUNGSVERMOEGEN DES GERAETS	1.000 KUBIKMETER
140.	BAUSTELLENTRANSPORTE: GERAET (S. INHALT)	1.000 NUMMER
141.	FASSUNGSVERMOEGEN DES TRANSPORTKUEBELS LTR	250.000 LITER
142.	BETONHERKUNFT (1=BAUSTELLENB.; 2=FERTIGB.)	2.000 NUMMER
143.	BAUSTELLENBETON: ZEMENTART 1=SACKZ 2=SILLOZ	1.000 NUMMER
144.	PUMPENEINSATZ BEI FERTIGBETON	0.000 (0=NEIN;1=JA)
145.	MINDESTLAENGE BEWEHRUNGSREST F WIEDERVERW.	250.000 ZENTIMETER
146.	MINDESBREITE BEWEHRUNGSRESTE F WIEDERVERW	107.000 ZENTIMETER
147.	ZAHL DER SCHALUNGSABSCHNITTE (WIEDERVERW.)	2.000 ANZAHL
148.	MUTTERBODEN ABSCHIEBEN V. GEBAEUDEFLAECHE	1.000 (0=NEIN,1=JA)
149.	RUESTZEITEN BERECHNEN	1.000 (0=NEIN,1=JA)
150.	ARBEITZUSCHLAG FUER HANDARBEIT	1.000 (0=NEIN,1=JA)
151.	EINBAUSTELLE MIT ERSCHWERNIS	0.000 (0=NEIN,1=JA)

Tab. 1: Protokoll einer Kalkulation mit dem Modell 100: Erdarbeiten und Fundamente

MENGEN- UND PREISGERÜST (OHNE MWST) :

06.05.82

MENGENTYP	ARBEITS- / MATERIALBEDARF		B A U E L E M E N T E				E L E M E N T - G R U P P E N			
			MENGE (EINH.)	PREIS/ EINHEIT	EINZEL- PREISE	%	EINZEL- PREISE	%	SUMMEN- PREISE	%
0. ROHBAU - ARBEITEN										
1	ERDARBEITEN									
10	OBERBODEN ABTRAGEN UND ANDECKEN	STD	6.57	100.00	656.96	2.4				
11	BAUGR.-AUSH. M. SCHUBR./LOEFFELBAGGER => 1000 LITER	STD	35.90	100.00	3589.94	12.9				
17	BAUWERKS-HINTERFUELLUNG MIT RADLD. U. GREIF./FRONTLD.	STD	12.65	90.00	1138.62	4.1				
19	RUESTZEITEN ERDARBEITEN	STD	6.00	70.00	420.00	1.5				
							5805.5	20.9		
2	SCHALEN									
21	EINZEL- UND STREIFENFUNDAMENTE SCHALEN	STD	354.47	30.00	10634.06	38.3				
							10634.1	38.3		
3	BEWEHREN									
30	STABSTAHL SCHNEIDEN UND BIEGEN (DURCHM. < 13 MM)	STD	.28	30.00	8.45	.0				
31	STABSTAHL SCHNEIDEN UND BIEGEN (DURCHM. > 13 MM)	STD	.50	30.00	15.10	.1				
32	BEWEHREN MIT STABSTAHL - STABDM. < 13 MM	STD	.61	30.00	18.21	.1				
33	BEWEHREN MIT STABSTAHL - STABDM. > 13 MM	STD	1.19	30.00	35.83	.1				
35	STAHLMATTE VERLEGEN	STD	4.85	30.00	145.42	.5				
							223.0	.8		
4	BETONIEREN									
41	SAUBERKEITSSCHICHT EINBRINGEN	STD	1.58	30.00	47.39	.2				
42	EINZELFUNDAMENTE BETONIEREN	STD	13.00	30.00	389.97	1.4				
43	STREIFENFUNDAMENTE BETONIEREN	STD	58.37	30.00	1750.98	6.3				
48	ZULAGEN ZU DEN BETONARBEITEN	STD	3.96	30.00	118.86	.4				
49	RUESTZEITEN ZU DEN BETONARBEITEN	STD	27.52	30.00	825.47	3.0				
							3132.7	11.3		
							19795.3	71.2	19795.	71.2
2. BINDEMittel, NATURSTOFFE, BETON										
24	FERTIGBETON									
240	FERTIGBETON B 5 (120 KG/M3)	M3	2.54	78.00	198.30	.7				
243	FERTIGBETON B 15 (250 KG/M3)	M3	73.71	78.00	5749.72	20.7				
							5948.0	21.4		
29	ZUSCHLAEGE									
298	AUSHUBMATERIAL FUER HINTERFUELLUNG	M3	105.43	0.00	0.00	0.0				
							0.0	0.0		
							5948.0	21.4	25743.	92.6
5. EISEN UND SONSTIGE METALLE										
50	LAG.MATTEN I									
501	BAUSTAHLMATTE - Q 188 - (5.0 X 2.15 M)	TO	.20	1059.00	209.68	.8				
							209.7	.8		
52	STABSTAHL I									
520	BETONSTAHL I - LAENGE 12 - 15 M, 6 MM	TO	.02	1151.00	25.32	.1				
525	BETONSTAHL I - LAENGE 12 - 15 M, 16 MM	TO	.08	1151.00	89.78	.3				
							115.1	.4		
							324.8	1.2	26068.	93.8
9. HOLZ										
99	SCHALMATERIAL									
990	SCHALBRETTER MIT KANTHOLZABSTUETZUNG	M2	30.99	3.50	108.47	.4				
992	SCHALPLATTEN MIT TRAEGERN	M2	153.86	5.50	846.20	3.0				
993	SCHALBRETTER MIT KANTHOLZABST.-WIEDERH.-	M2	30.99	2.50	77.48	.3				
995	SCHALPLATTEN MIT TRAEGERN	M2	153.86	4.50	692.35	2.5				
							1724.5	6.2		
							1724.5	6.2	27793.	100.0

Tab. 2: Mengen- und Preisgerüst zur Beispielskalkulation mit dem Modell 100

Modellkalkulationen ermöglichen ebenso den Vergleich des Investitionsbedarfes für unterschiedliche Verfahrenslösungen. Wird unter sonst gleichen Verhältnissen die Güllelagerung in einem separaten Hoch- oder Tiefbehälter durchgeführt, so ergibt sich für die Erstellung der Fundamente und Treibmistkanäle nur ein Investitionsbedarf von 35.000,-- DM (Abb. 12)³. Kann das zusätzlich erforderliche Güllelager zu 65,-- DM/m³ erstellt werden, so ergibt sich eine Einsparungsmöglichkeit von ca. 14.000,-- DM.

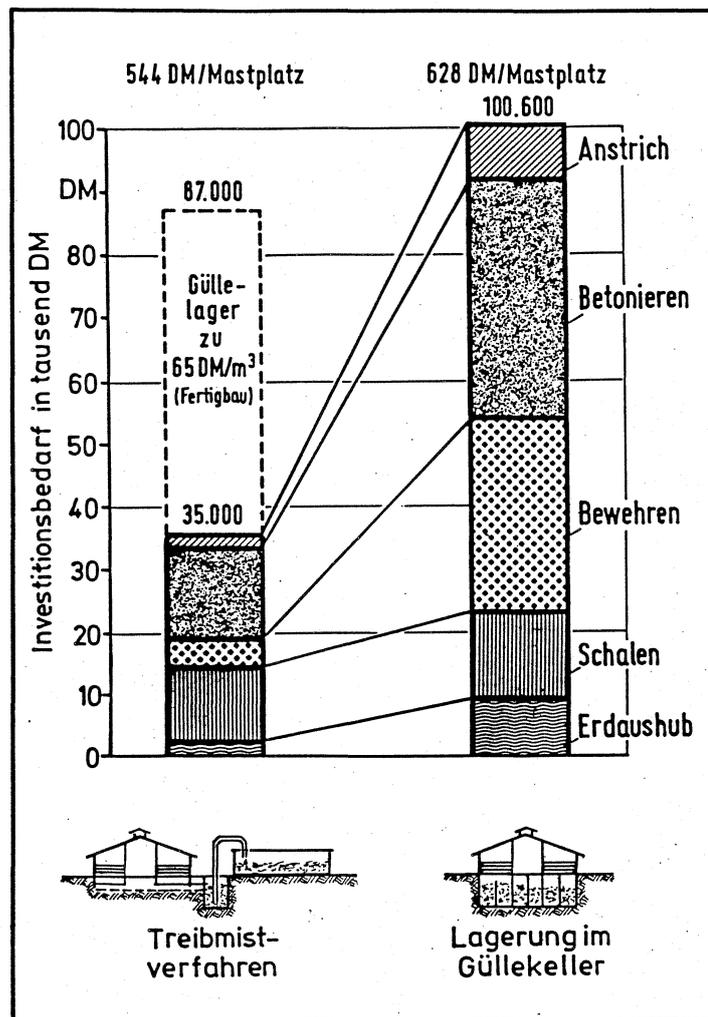


Abb. 12: Investitionsbedarf für Fundamente und Güllelagerung (Bullenmaststall 30,40 x 16,74 m)

Zur Abschätzung von Preisänderungen auf den Investitionsbedarf oder weiterer Einsparungsmöglichkeiten durch Änderung des Eigenleistungsanteils können Lohn- und Preisänderungen in der Methode KALBAU problemlos vorgenommen werden. Abbildung 13 zeigt für das Beispiel des Güllekellers, daß sich auch größere Preisänderungen bei den wichtigsten Baumaterialien bei weitem nicht so stark auf den Investitionsbedarf auswirken wie Veränderungen des Eigenleistungsanteils und somit des Lohnansatzes.

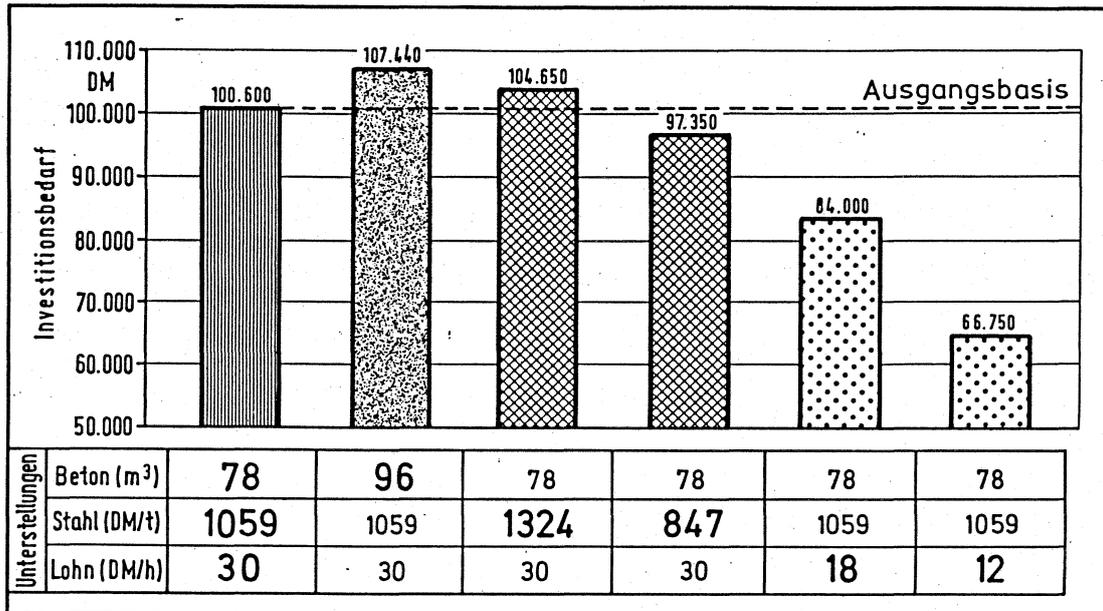


Abb. 13: Einfluß von Preisänderungen auf den Investitionsbedarf (Gülle Keller 30,40 x 16,74 m)

Die Anpassungsmöglichkeit der Kalkulationsmethode an spezifische Situationen und die Aufschlüsselung des Gesamtinvestitionsbedarfes in ein detailliertes Mengen- und Preisgerüst ermöglicht insgesamt dem Landwirt und seinem Berater eine betriebsindividuelle Planung und gute Abschätzung unterschiedlicher Lösungsmöglichkeiten im Hinblick auf den Investitionsbedarf. Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches liefert die Methode wesentliche Grundlagen für eine Verfahrensoptimierung im Teilprojekt A 5.

4. Vergleiche mit anderen Arbeiten außerhalb des Sonderforschungsbereiches

Ältere Arbeiten von HIRSCH, FRITZ wurden nicht aktualisiert und sind für die Preisermittlung nicht mehr geeignet. Die von WOHLFARTH und MILLER entwickelte Methode ISBAU sieht ähnlich der eigenen Methode eine Modellkalkulation auf verschiedenen Ebenen vor. Die Grunddaten beruhen jedoch auf Auswertungen von Serienausschreibungen nach dem Standardleistungsbuch. Zutreffende Ausschreibungsunterlagen sind jedoch im Bereich des landwirtschaftlichen Bauwesens kaum erhältlich. In den letzten Jahren wurde keine Weiterentwicklung des Konzeptes ISBAU veröffentlicht.

Die Richtpreissammlungen der ALB-Hessen beruhen ebenfalls auf der Auswertung von Ausschreibungsergebnissen. Eine fehlende inhaltliche Präzisierung bringt zudem Schwierigkeiten beim Vergleich der Daten.

Für die Kostenblockmethode liegen die Ergebnisse für die Rinder- und Schweinehaltung vor. Die Ergebnisse werden nach den vier Kostenblöcken Stall, Gülle, Futter und Milch aufgeschlüsselt und der Investitionsbedarf jedes Kostenblockes in DM/Tierplatz, differenziert nach Bestandesgrößen, ausgewiesen. Die Datengrundlagen liefern Nachkalkulationen abgerechneter Bauvorhaben der Siedlungsgesellschaften und von bundesweit prämierten Neubaulösungen. Die Methode erlaubt eine relativ schnelle Abschätzung des Investitionsbedarfes für die untersuchten Alternativen, jedoch keine Anpassung an spezifische Bedingungen.

5. Offene Fragen

Bei der Komplexität des Gesamtproblems lassen sich einzelne offene Fragen nicht expliziert definieren. Vielmehr sollen hier 3 wesentliche offene Problemkreise angesprochen werden:

1. Die bisherige Datenbasis für alle Teilbereiche muß als noch zu schmal angesehen werden. Insbesondere ist dabei der Problemkreis des Arbeitszeitbedarfes und vor allem der Preise zu nennen.
2. Die methodischen Arbeiten zur Modellaggregation bedürfen einer stärkeren Intensivierung, wobei den Interaktivitäten zwischen den wichtigsten Einflußgrößen größte Bedeutung beizumessen ist. Gleichzeitig ist der Kalkulation der Kosten mehr Augenmerk zuzuwenden, um schon bei der Hierarchieplanung entsprechende Verarbeitungsansätze einbeziehen zu können.
3. Schließlich bedarf das Gesamtsystem schon während der Erstellung einer Fortschreibung in der Datenbasis und einer ständigen Überprüfung in Soll-Ist-Vergleichen.

Literatur:

1. Fritz, R.: Planung, Maßordnung, Elementierung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude. Wolfratshausen (1971)
2. Hirsch, K.: Preise und Kosten landwirtschaftlicher Gebäude. Berichte über Landtechnik 75 (1962). Wolfratshausen
3. Wohlfahrt, L., Miller, J.: Einführung in das Informationssystem Bauwesen ISBAU. Bayer. landw. Jahrbuch, H. 4, (1975)
4. Zentralverband des Deutschen Baugewerbes: Arbeitszeitrichtwerte - Hochbau. Bonn, div. Jahrg.
5. Weilbier, R.: Preisbuch für Arbeiten am Bau. Gütersloh, 1970
6. Krentler, J.-G. u. J. Gartung: Systematisierung und Feststellung von Bauleistungen zur Berechnung von Baukostendaten mit Hilfe von Kostenblöcken.
4. Zwischenbericht zum Forschungsauftrag des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft vom 22. Juni 1978. Braunschweig 1980.
7. Gartung, J., Krentler J.-G. u. H.-G. Sievers: Systematisierung und Feststellung von Bauleistungen zur Berechnung von Baukostendaten mit Hilfe von Kostenblöcken.
5. Zwischenbericht zum Forschungsauftrag
Teil 1: Methodik / Teil 2: Mastbullenställe / Teil 3: Mastschweineställe. Braunschweig 1981.
8. Gartung, J., Krentler J.-G. u. H.-G. Sievers: Systematisierung und Feststellung von Bauleistungen zur Berechnung von Baukostendaten mit Hilfe von Kostenblöcken.
6. Zwischenbericht zum Forschungsauftrag.
(Zuchtschweineställe). Braunschweig 1982.
9. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen (ALB) Hessen e.V.: Richtpreise für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude. Kassel 1980.

Veröffentlichungen:

Rittel, L.: Gerätehallen der Landschaft angepaßt,
Bayer. Landw. Wochenblatt, Nr. 20, 1979, S. 12 - 13

Rittel, L.: Möglichkeiten der betriebseigenen Lagerung
von Getreide, Beratungsinformation, erstellt für das
Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft
und Forsten, Mai 1979.

Rittel, L., Strehler, A.: Betriebseigene Lagerung von
Getreide: Planungsgrundsätze.

DLZ 10/79, 30. Jahrgang, S. 1143 - 1147

DLZ 11/79, 30. Jahrgang, S. 1556 - 1558

DLZ 12/79, 30. Jahrgang, S. 1704 - 1707

Rittel, L., Strehler, A.: Betriebseigene Lagerung von Getreide.

DLZ 1/80, 31. Jahrgang, S. 34 - 37

DLZ 2/80, 31. Jahrgang, S. 250 - 252

DLZ 3/80, 31. Jahrgang, S. 350 - 353

DLZ 4/80, 31. Jahrgang, S. 524 - 531

DLZ 5/80, 31. Jahrgang, S. 782 - 754

DLZ 6/80, 31. Jahrgang, S. 906 - 908

DLZ 7/80, 31. Jahrgang, S. 1012 - 1034

DLZ 8/80, 31. Jahrgang, S. 1154 - 1156

Rittel, L.: Maschinenhalle und Schleppergaragen,
Landtechnik, April 80, 35. Jahrgang, S. 188 - 192

Rittel, L.: Hochkonstruktionen für die Landwirtschaft,
Hochbautechnik 5/80, S. 1 - 4, Beilageblatt zum Holzbau-
ressort, Mitteilungsblatt des bayer. u. hessischen Zimmererverbandes.

Rittel, L., Hagemann, D., Noak, W., Renndramp, H., Sieler, K.:
Baugestaltung und Baurecht. Sonderheft 56, Wissenschaftliche
Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft,
Braunschweig-Völkenrode.

Rittel, L., Rohkst, P., Hillendahl, W.: Landwirtschaftliche
Betriebsgebäude. Informationsdienst Holz, Nov. 81 (24 Seiten)

Vorträge:

Rittel, L.: Auswirkungen von Tradition und Funktion auf den Bau von Milchviehställen aus der Sicht der Baukonstruktion. Weihenstephaner Baugespräch, 23.6.80.

Rittel, L.: Landschaftsgerechte Betriebsgebäude, erstellt vor allem in Eigenleistung, LTV-Jahresversammlung, Würzburg 12.11.1980

Rittel, L.: Gebäude für die Rinderhaltung - Bauausführung und Gestaltung. Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan, 10.11.1981 in Freising.

Nacke, E.: Kalkulationsmethode zur Kapitalbedarfs-ermittlung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude- Jahrestagung der Gesellschaft für Informationsverarbeitung in der Landwirtschaft, 24. - 26.3.82, Braunschweig.

Wissenschaftliche Kolloquien:

Weihenstephaner Baugespräch, 23./24. Juni 1980, Freising

Weihenstephaner Baugespräch, 11./12. Mai 1982, Freising

Teilprojekt A 6

Optimierte Gesamtanlagen für die Rinderhaltung

Leiter: Dr. H. Auernhammer
Institut für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel 08161/71442

1. Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragsstellung
und Ausgangsfragestellung

Seit 1965 werden im Durchschnitt aller Jahre real in der westdeutschen Landwirtschaft etwa 0,8 Mrd. DM für Gebäudeinvestitionen ausgegeben und somit etwa 10 % der Gesamtausgaben verbraucht. Dieser nicht unerhebliche Anteil an den Gesamtausgaben beruht in der Planung jedoch bisher nahezu ausschließlich auf Detaildaten oder auf Daten für Einzelteile landwirtschaftlicher Produktionsanlagen. Dem Bauherrn und dem Berater fehlen somit umfassende, vergleichbare und damit objektivierbare Planungshilfsmittel im Vorfeld der beabsichtigten Baumaßnahmen.

Diese Feststellung hat trotz umfangreicher Bemühungen verschiedener Stellen auch heute noch Gültigkeit. So erfaßt z.B. die Kostenblockmethode bisher nur die prämierten Baulösungen in der Bundesrepublik Deutschland und ist demnach ebenso unvollständig, wie das System ISBAU im Bayer. landwirtschaftlichen Informationssystem.

Deshalb muß es das Ziel des SFB sein, alle bisher erarbeiteten Zusammenhänge in einen objektivierten Vergleich einzubeziehen und für derartige Pilotstudien das gesamte Planungsdatenmaterial in einfacher und damit universell einsetzbarer Form aufzubereiten.

2. Angewandte Methode

Für die vorgegebene Zielsetzung bietet sich im SFB die Zusammenarbeit aller Projektbereiche unter einer, evtl. wechselnder Leitung an. Durch sie wird der Rahmen der vorgesehenen Arbeiten bestimmt und in Teilschritten durch Zusammenarbeit aller verwirklicht.

Aus diesen Überlegungen heraus beruhen die bisherigen Aktivitäten in diesem Teilprojekt auf der Konzeption der Vorgehensweise und der Einleitung der ersten Schritte nach folgendem Vorgehensplan:

Ablaufschritt	Teilziel	Mitarbeit von Projektbereich
1.	Definition der geplanten Verfahren mit Tierzahl und alternativen Futtergrundlagen	A, F, G, L
2.	Grundrißplanung als Basisentwurf mit alternativen bautechnischen Lösungen	A, F, G, L, M
3.	Erarbeitung der Flächen- und Raumprogramme für alle Alternativen	A, F, G, L
4.	Definition möglicher Mechanisierungsverfahren	A, F, G
5.	Kalkulation des erforderlichen Arbeitszeitbedarfes (+ El.-Energiebedarf)	A
6.	Kapitalbedarfsermittlung für die Mechanisierung	A, F, G
7.	Kapitalbedarfsermittlung für die Gebäude und baulichen Anlagen	A, M
8.	Systemanalyse durch Simulation für alle alternativen Verfahren mit jeweils 6 Simulationsfolgejahren	A
9.	Einordnung und Vergleich der Ergebnisse	A, F, G, L, M
10.	Entscheidung über alternative Ansätze und evtl. Einleitung von Schritt 1	A, F, G, L, M
11.	Umfassende Dokumentation und Weitergabe der Ergebnisse, Versuch der Realisierung in Pilotprojekten	A, F, G, L, M

Nach dieser Ablaufplanung wurden bisher die Schritte 1 und 2 abgeschlossen, während die Folgeschritte 3 bis 7 durch die zuständigen Projektbereiche eingeleitet wurden. Als Planungsgegenstand wurde ein 40-er Kuhbestand mit Nachzucht im Anbinde- und Laufstall unterstellt.

3. Ergebnisse und ihre Bedeutung

Über bisherige Ergebnisse kann aufgrund der kurzen Laufzeit dieses Teilprojektes noch nicht berichtet werden. Nachfolgend sind die beiden Basisentwürfe der Vergleichsvarianten dargestellt (Abb. 1 und Abb. 2).

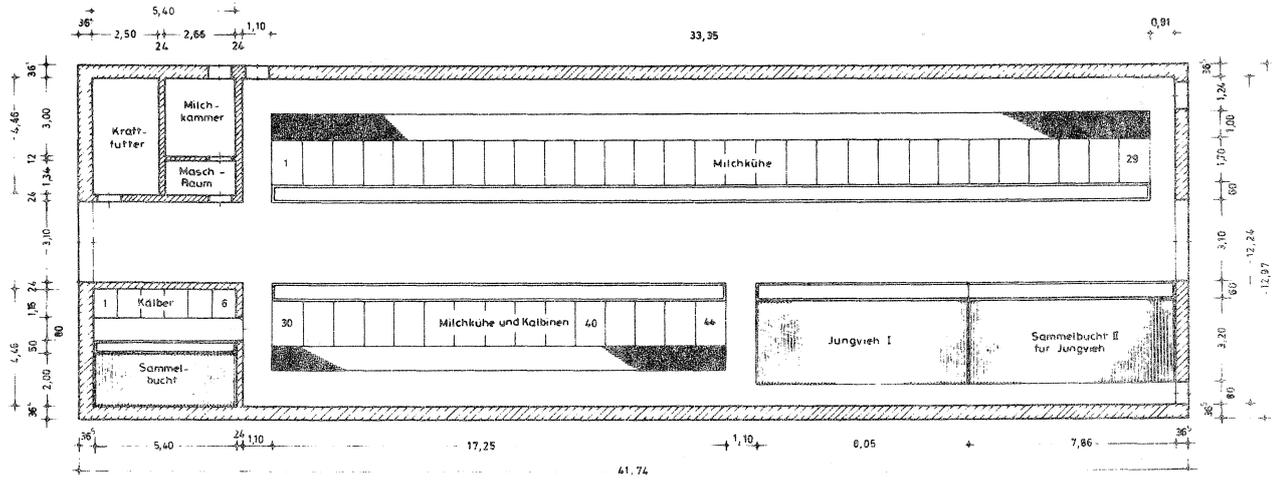


Abb. 1: Anbindestall für 40 Kühe mit Nachzucht (3-jähriger Umtrieb)

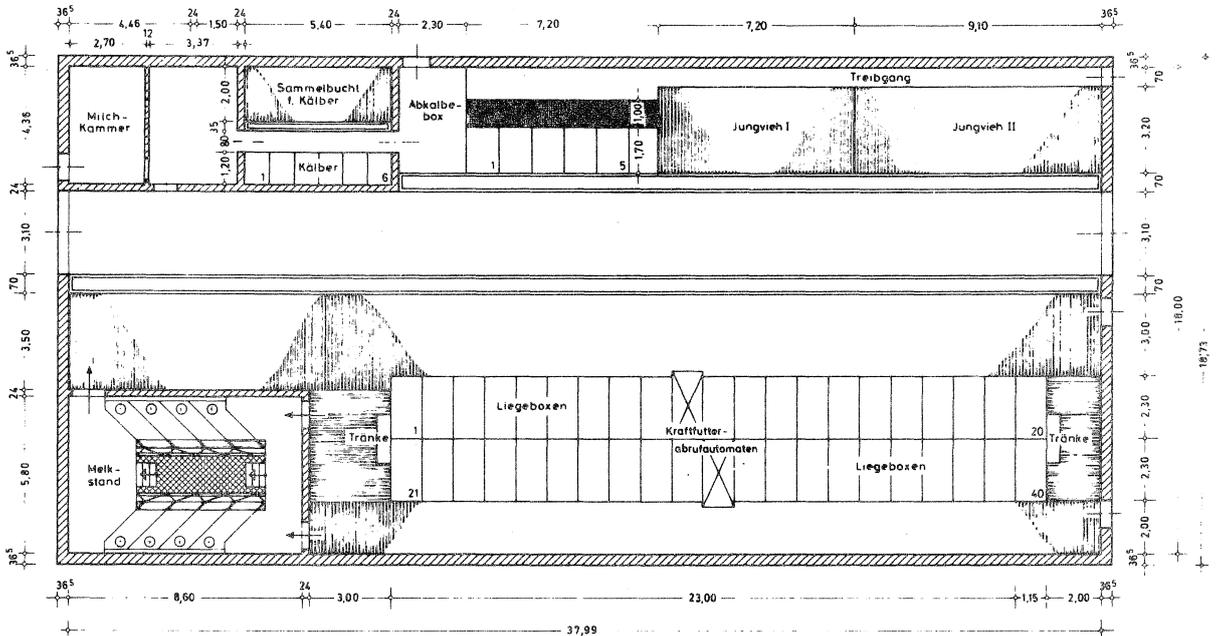


Abb. 2: Liegeboxenlaufstall für 40 Kühe mit Nachzucht (3-jähriger Umtrieb)

4. entfällt

5. Offene Fragen

Detailliert wiedergegeben handelt es sich im derzeitigen Stadium um die Fragen:

- Sinnvolle Mechanisierungsvarianten
- Arbeitszeitbedarf der Einzelvarianten
- Kapitalbedarf der Einzelvarianten
- Kosten der Einzelvarianten

- Arbeitszeitbedarf sinnvoller Gesamtverfahrenslösungen
- Kapitalbedarf sinnvoller Gesamtverfahrenslösungen
- Kosten sinnvoller Gesamtverfahrenslösungen
- Rangordnung der alternativen Gesamtverfahrenslösungen
- Vollständige, für die Wissenschaft, die Beratung und für den Bauherrn anwendbare Dokumentation.

Projektbereich F

Technologien zur optimalen Futterkonservierung, Lagerung und Fütterung

Leiter: Dr. H. Pirkelmann, OLR
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71463

Technologien zur Futteraufbereitung und Fütterung von Grund- und Kraftfutter an Milch- und Mastvieh können nur erfolgreich sein, wenn sie dem artgerechten Tierverhalten entsprechen und die Anforderungen der Tierernährung berücksichtigen. Aus diesem Grunde werden im vorliegenden Projektbereich neben den technischen und verfahrenstechnischen Untersuchungen an Geräten zur Entnahme aus den Vorratslagern und zur Vorlage der verschiedenen Futtermittel an das Tier umfangreiche Tierbeobachtungen zum Freßverhalten der Kühe und grundlegende ernährungsphysiologische Arbeiten zur Auswirkung der Fütterungstechnik auf Futteraufnahme und Tierleistung durchgeführt.

Die in den einzelnen Teilprojekten gewonnenen Ergebnisse wurden neben zahlreichen Vorträgen und den in der einschlägigen Fachliteratur veröffentlichten Publikationen in 2 Fachgesprächen einem ausgewählten Kreis von Fachleuten vorgestellt. Am 2.4.1981 folgten nahezu 20 Landtechniker aus der Industrie der Einladung nach Weihenstephan zu einer eingehenden Diskussion über den Einsatz von Flachsilofräsen zur Entnahme von Grassilage. Nach der Erläuterung des Entwicklungsstandes der Flachsilientnahmetechnik und der speziellen Versuchsergebnisse zu Flachsilofräsen konnten 2 Versuchsmodelle im praktischen Einsatz in Grassilage demonstriert werden, um durch neue Werkzeugkombinationen Impulse zur notwendigen Weiterentwicklung dieser Gerätekategorie zu geben.

Eine zusammenfassende Darstellung der Versuchsergebnisse des Projektbereiches wurde in einem 2-tägigen Fachgespräch über Fütterungstechnik in der Rinderhaltung am 2. und 3.3.1982 in Weihenstephan gegeben. Aus dem ernährungsphysiologischen Bereich konnten der Einfluß der Fütterungsfrequenz auf Futteraufnahme, Tierleistung und Energie und N-Stoffwechsel, die Auswirkung von Futtermischungen auf Futteraufnahme und Tierleistung, die Bedeutung unterschiedlich reifen Silomais in der Milchviehfütterung und schließlich die sehr bedeutsame Frage der Energie- und Eiweißunterversorgung behandelt werden. Aus den technischen Untersuchungen wurde zu den Arbeiten über die Entnahmefräsen für Hoch- und Flachsilos, die Leistungskriterien von Futtermischwagen und die Auswurfgenauigkeit verschiedener Systeme der Volumen- und Gewichts-dosierung berichtet. Verfahrenstechnisch orientiert waren die Beiträge

zur Kälberaufzucht mit Tränkedosierautomaten, zum Einsatz von Futtermischungen, der automatischen Kraftfuttermahlwerkvorlage im Anbinde- und Laufstall und schließlich die in ersten Versuchseinsätzen gewonnenen Erfahrungen zur automatischen Erfassung der tierischen Leistungsdaten und deren Einsatz zur Steuerung von Produktionsprozessen mit Rechenprogrammen.

Mit mehr als 100 in- und ausländischen Experten aus Wissenschaft, Beratung, Industrie und landwirtschaftlicher Praxis wurden die vorgetragenen Ergebnisse eingehend diskutiert. Eine abschließende Exkursion zu 2 Versuchsbetrieben und die Demonstration neuer Fütterungstechniken brachte eine gute Ergänzung und Abrundung des Fachgespräches.

Das Fachgespräch spiegelt damit die Organisation und das Zusammenwirken der Einzelprojekte im Projektbereich F wider. Die Ausgangsbasis für die Entwicklung und Bewertung neuer Fütterungstechnologien wird in den ernährungsphysiologisch ausgerichteten Teilprojekten F 8 und F 9 erarbeitet. Um Hinweise zur erforderlichen Zuteilgenauigkeit der Futterration zu bekommen, wird im Teilprojekt F 9 die Auswirkung einer Unter- und Überversorgung von Energie und Protein auf die Tierleistung untersucht. Im Teilprojekt F 8 erbringen Untersuchungen zum quantitativen Einfluß der Vorlagefrequenz und der Futterstruktur auf die Futteraufnahme, die Verdauung und die Leistung der Tiere wichtige Hinweise zur Einstufung der verschiedenen Fütterungsverfahren.

Die technischen Untersuchungen haben die Verbesserung und Weiterentwicklung einzelner Fütterungsgeräte zum Ziel. So wird im Teilprojekt F 3 die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Funktionssicherheit für die Förderorgane bei Hochsilofräsen und für die Fräsaggregate bei Flachsilofräsen zur Entnahme von Grassilage angestrebt. Geeignete Dosier- und Steuersysteme für die automatische Kraftfuttermahlwerkvorlage werden im Teilprojekt F 5 bearbeitet.

Eine Zusammenführung der technischen Detaillösungen zu kompletten Arbeitsverfahren findet in den verfahrenstechnischen Untersuchungen des Teilprojektes F 2 statt. Dabei werden die Auswirkungen auf das Tierverhalten und die Bewährung unter praktischen Einsatzbedingungen untersucht und landtechnische Kenndaten erarbeitet. Eine gewisse Sonderstellung nimmt mit gleicher Zielsetzung das Teilprojekt F 10 mit Untersuchungen zu rationellen Tränkeverfahren in der Kälberhaltung ein.

Teilprojekt F 2

Erarbeitung von Grundlagen und Kenndaten für die Einzeltier- und Gruppenfütterung

Leiter: Dr. H. Pirkelmann
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/ 71463

Mitarbeiter: M. Lehmer, Dr. agr.
H. Stanzel, Dr. agr.
L. Maier, Ing.agr.
M. Wagner, Ing.agr.
F. Wendling, Ing.grad.

Die Untersuchungen zur Einzeltierfütterung haben sich auf die automatische Vorlage des Kraftfutters im Anbinde- und Laufstall konzentriert. Die Grundfuttermischung wurde vorrangig in Verbindung mit Futtermischungen behandelt. Der Futtermischwagen ist auch die Voraussetzung zur Durchführung der Gruppenfütterung mit Alleinfutter.

Automatische Kraftfuttermischung als Einzeltierfütterung

Im Laufstall stehen für die automatische Kraftfuttermischung die zwischenzeitlich weit verbreiteten Abrufautomaten zur Verfügung. Aufbauend auf die im Forschungsbericht vom April 1979 dargelegten Versuchsergebnisse wurden nur noch Anlagen mit Tieridentifizierung in die neueren Untersuchungen aufgenommen.

Als zentrales Forschungsziel war die erzielbare Genauigkeit der Kraftfuttermischung in diesem Fütterungssystem zu untersuchen. Von Bedeutung sind dabei der Einfluß der verschiedenen Fütterungsprogramme auf das Freßverhalten und die Genauigkeit der Kraftfütterzuteilung in den Futterstationen. Dazu werden in mehreren Stallungen bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen 2- bis 3-tägige, visuelle Tierbeobachtungen und umfangreiche Probeziehungen zur Dosiergenauigkeit durchgeführt.

Nach den Fütterungsprogrammen ist in Systemen mit Gleitzeit und Festzeit zu differenzieren. Während die Gleitzeit den Tieren im Rahmen der vorgegebenen Sollmenge weitgehend die Möglichkeit einer beliebig häufigen Futteraufnahme gibt, sind im Festzeitprogramm konstante Intervalle zum Abruf der Kraftfütterteilmengen vorgegeben. Die Tiere reagieren darauf mit einer sehr unterschiedlichen Besuchshäufigkeit in den Futter-

stationen. Im Gleitzeitprogramm liegt die häufigste Abruffrequenz bei 5 - 20 Teilportionen pro Tier und Tag. Festzeitprogramme zeigen dagegen eine wesentlich geringere Besuchshäufigkeit (Abb. 1).

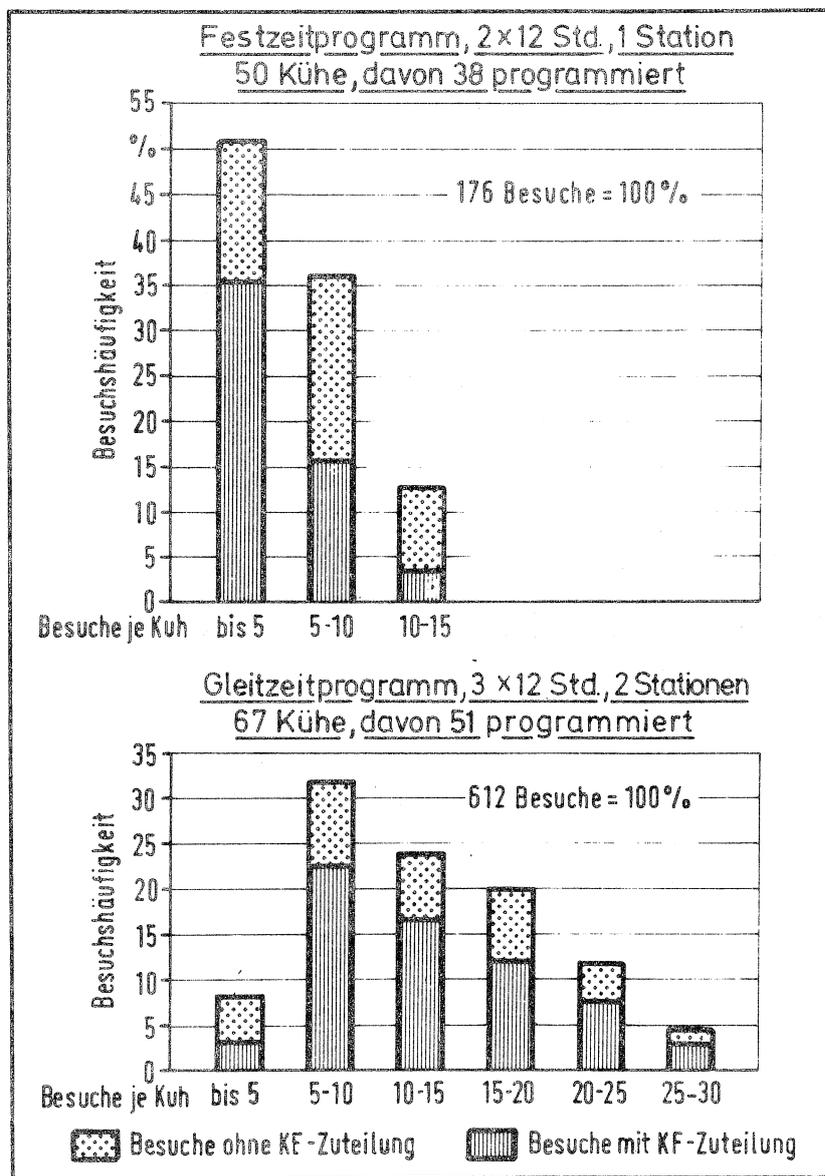


Abb. 1: Häufigkeit der Besuche in Abrufautomaten

Besuche ohne Anrecht auf Kraftfutter (Fehlbesuche) sind im Gleitzeitprogramm relativ seltener als im Festzeitprogramm. Durch die insgesamt höhere Besuchsfrequenz ergeben sich jedoch absolut mit 2,9 gegenüber 2,1 im Festzeitprogramm mehr Fehlbesuche pro Tier und Tag unter den jeweiligen stallspezifischen Einsatzbedingungen.

Unterschiede ergeben sich auch in der Gleichmäßigkeit der Stationsbelegung. Einer in der zeitlichen Verteilung weitgehend kontinuierlichen Belegdichte im Gleitzeitprogramm steht eine konzentrierte Belegung der

Futterstation jeweils zu Beginn der vorgegebenen Zeitabschnitte gegenüber (Abb. 2).

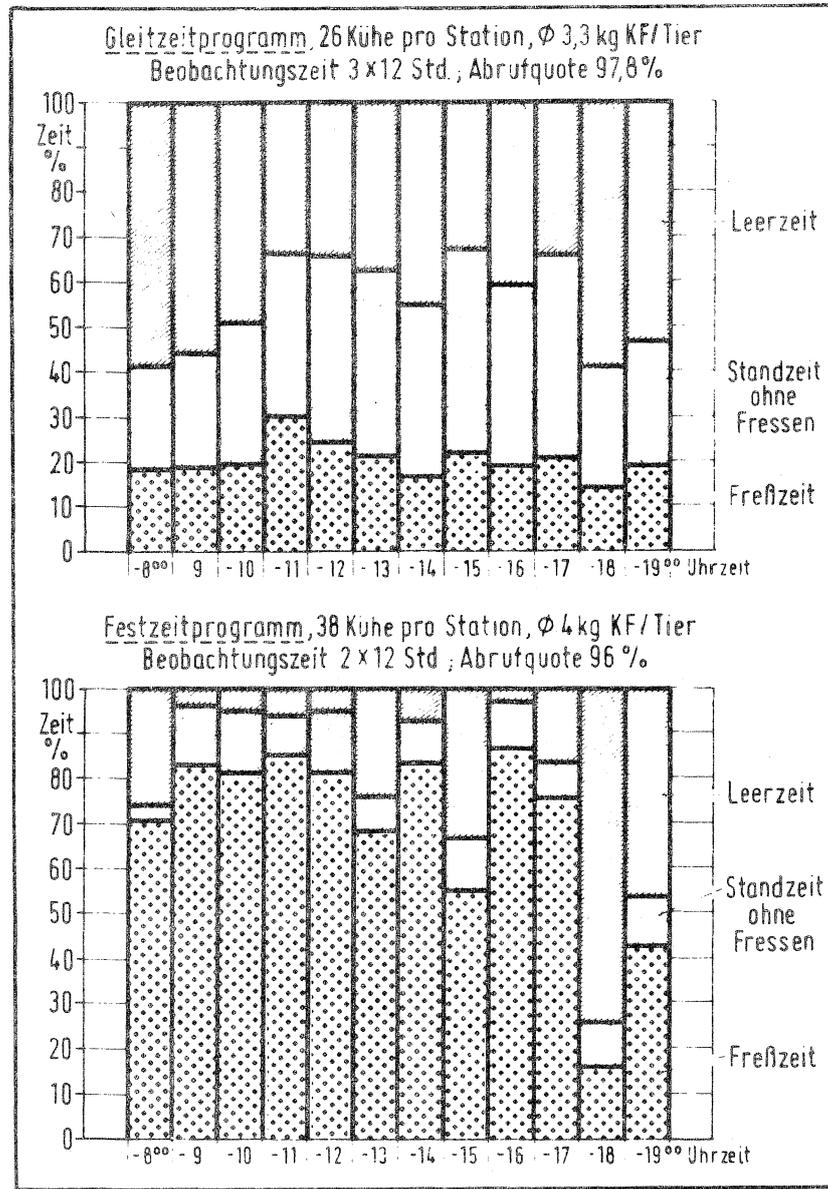


Abb. 2: Belegung der Futterstation von Abraufautomaten

Die zusätzlichen Standzeiten ohne Futteraufnahme sind beim Gleitzeitprogramm höher als beim Festzeitprogramm, da sich die kurzen Verweilzeiten nach jedem Besuch bei der höheren Fütterungsfrequenz stärker auswirken.

Die Abrufquote ist mit mehr als 95 % in der Mehrzahl der Betriebe sehr gut. Sie lag beim Gleitzeitprogramm etwas günstiger als bei den festen Zeitintervallen. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen einer bundesweiten von der Udo Riemann-Stiftung in Kiel finanziell getragenen Erhebung über die Abruffütterung, (RKL Schrift 3, 1982 Abruffütterung in der Milchviehhaltung). Es ist auf Grund der vor-

liegenden Erkenntnisse aber nicht mit Sicherheit nachweisbar, ob die bessere Abrufquote auf das Fütterungsprogramm oder die im Gleitzeitprogramm gegebene wertvolle Möglichkeit der Restmengenübertragung zurückzuführen ist. Die Übertragbarkeit von Restmengen könnte vor allem bei Festzeitprogrammen mit 12-stündiger Laufzeit zu einem verbesserten Kraftfutterabruf beitragen, da hier durch den Programmstart täglich 2 mal nicht abgeholte Futterportionen verfallen.

Große Auswirkungen auf die Abrufquote gehen neben der Besatzdichte pro Futterstation bei allen Fütterungsprogrammen von der Tiergesundheit (Beinschäden), der Rangordnung, dem Laktationsstand und der Qualität des Grundfutters aus. Diese Zusammenhänge werden auch in Untersuchungen von Coenen bestätigt. Auch in den festgestellten Verdrängungen bei der Kraftfuturaufnahme lassen sich keine gesicherten programmbedingten Unterschiede nachweisen.

Ein zweiter wichtiger Faktor für die exakte Versorgung mit Kraftfutter ist die Auswurfgenauigkeit der Dosierorgane. Probeziehungen bei mehreren, seit längerer Zeit im Einsatz befindlichen Abrufautomaten, wobei pro Einstellung jeweils 10 Einzelproben gezogen wurden, bestätigten die im Teilprojekt F 5 erarbeiteten Ergebnisse (siehe Forschungsbericht vom April 1979) über die Auswurfgenauigkeit der Volumendosiergeräte, wie sie durchwegs in den Abrufautomaten verwendet werden. Ab einer Aufwurfmenge von 200 - 300 g wird von nahezu allen Geräten die üblicher Weise angestrebte Dosiergenauigkeit mit maximalen Abweichungen von + 5 % der eingestellten Sollmenge erreicht (Abb. 3).

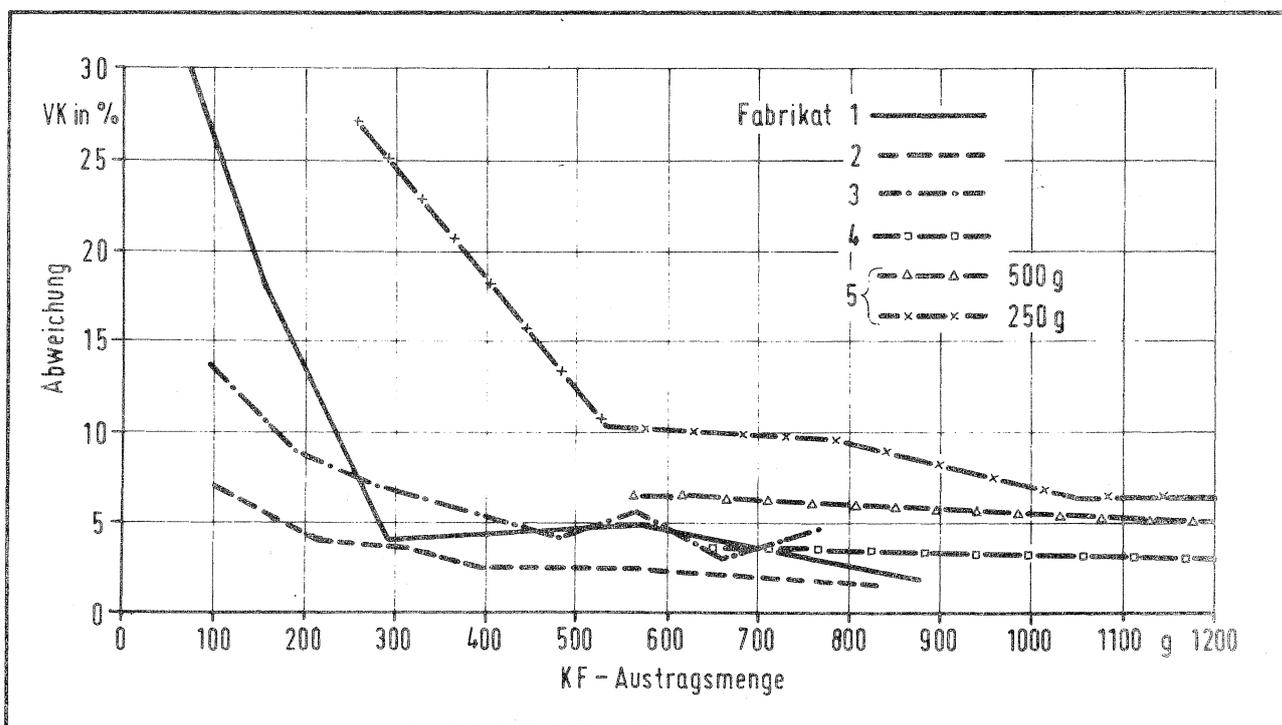


Abb. 3: Dosiergenauigkeit von Abrufautomaten.

Wesentlich größere Fehler als von technischen Einrichtungen gehen von der mangelhaften Wartung und Kalibrierung der Dosiergeräte aus. So wurden zum Teil erhebliche Abweichungen von der Sollmenge festgestellt. Hier treten sowohl zwischen den untersuchten Betrieben als auch zwischen den einzelnen Futterstationen im gleichen Stall große Unterschiede auf (Abb. 4).

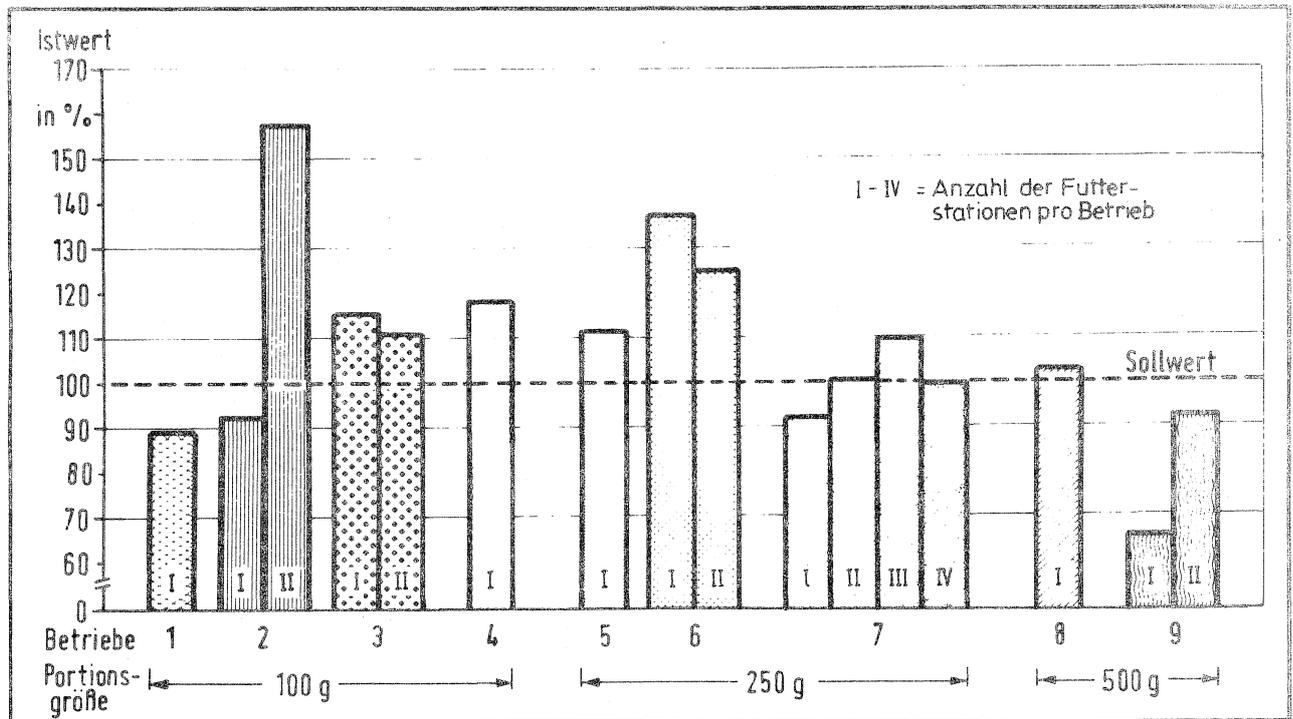


Abb. 4: Prozentuale Abweichung der Kraftfutterauswurfmengen vom Sollwert bei Abrufautomaten

Diese wartungsbedingten Dosierfehler könnten durch eine Gewichts- dosierung vermieden werden. Entsprechende Untersuchungen wurden im Teilprojekt F 5 durchgeführt.

Aus diesen Versuchsergebnissen wird deutlich, daß das gewählte Fütterungsprogramm das Freßverhalten beeinflusst. Andererseits ist aber auch zu erkennen, daß die Kühe sehr anpassungsfähig sind und somit die Differenzierung nach Gleit- und Festzeitprogramm nicht überbewertet werden sollte. Durch die Programmgestaltung soll allen Tieren die Möglichkeit der sicheren Kraftfutteraufnahme in physiologisch zuträglichen Teilportionen nach Möglichkeit mit Restmengenübertragung gegeben werden. Eine zu häufige Fütterungsfrequenz kann dagegen zu vermehrten Aktivitäten und damit Unruhe in der Herde führen. Die Folge sind ferner sehr kleine Teilmengen pro Besuch der Futterstation, so daß häufig die für die angestrebte Dosiergenauigkeit bei Volumendosierern erforderliche Mindestportionsgröße unterschritten wird.

In der Mehrzahl der Betriebe sind die dafür erforderlichen Investitionen nach den oben erwähnten Befragungsergebnissen durch eine verbesserte Tierleistung zu rechtfertigen, obwohl hier je nach Ausgangsbasis und den betrieblichen Einsatzbedingungen große Unterschiede auftreten können. Der derzeitige Entwicklungsstand entspricht damit in der Funktion weitgehend den praktischen Erfordernissen der gezielten Kraftfutterzuteilung in der Milchviehhaltung. Weiterführende Untersuchungen sollten sich auf die mit der automatischen Tieridentifizierung und dem Computereinsatz erschlossenen Möglichkeiten der verbesserten Produktionstechnik und der Herdenüberwachung beschäftigen (siehe neu beantragtes Teilprojekt A 7).

Für die automatische Kraftfuttermahlvorlage im Anbindestall stehen mobile und stationäre Dosieranlagen mit Volumen- und Gewichtsdosierung zur Verfügung. Da hier das Kraftfutter dem am Freßplatz fixierten Tier vorgelegt wird, ist für die exakte Versorgung ausschließlich die Auswurfgenauigkeit der Dosierorgane entscheidend, vorausgesetzt, daß sich benachbarte Tiere nicht gegenseitig befressen können. Zur Überprüfung der Testanlagen wurden wiederum von jeder Dosiereinstellung 10 Einzelproben gezogen.

Von den mobilen Geräten, den schienengeführten Hängedosierautomaten, die über Standplatz- und Tieridentifizierung angesteuert und über eine Zeitschaltuhr für beliebig häufige Vorlagefrequenzen eingestellt werden können, wurde eine Anlage mit wegeabhängiger Dosierung untersucht. Dabei schaltet ein Magnet an der Laufschiene die Dosierschnecke ein, ein zweiter schaltet sie ab, so daß über den an einer Skala einstellbaren Abstand der beiden Magneten die Dosiermenge pro Freßplatz eingestellt werden kann.

Die in Abb. 5 eingetragenen Meßwerte (Mittel aus je 10 Einzelproben) ergeben über alle gemessenen Auswurfmengen eine weitgehend konstante Standardabweichung. Der daraus abgeleitete Variationskoeffizient nimmt mit steigender Portionsgröße stark ab. Der angestrebte Genauigkeitsgrad mit einer max. Abweichung von 5 % wird aber erst bei etwa 1 kg erreicht. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Dosierschnecke auf eine hohe Austragsgeschwindigkeit eingestellt ist, um bei konstanter Vorfahrt auch größere Kraftfutterportionen noch weitgehend in der Freßplatzmitte ablegen zu können. Mit zunehmender Austragsgeschwindigkeit werden aber Volumendosierer ungenauer (s. Teilprojekt F 5). Der Auswurf im Stand bei reduzierter Schneckendrehzahl könnte hier zu einer wesentlichen Verbesserung der Dosiergenauigkeit beitragen. Auch die bisher meist verwendete dezentrale Ansteuerung der Standplätze sollte durch eine leichter bedienbare zentrale Steuereinheit ersetzt werden.

Die Untersuchungen an 2 stationären Kraftfutterdosieranlagen mit Gewichtsdosierung (Balkenwaage) zur Vorlage von mehligem und pelle-

tiertem Futter erbrachten ähnliche Ergebnisse (Abb. 6).

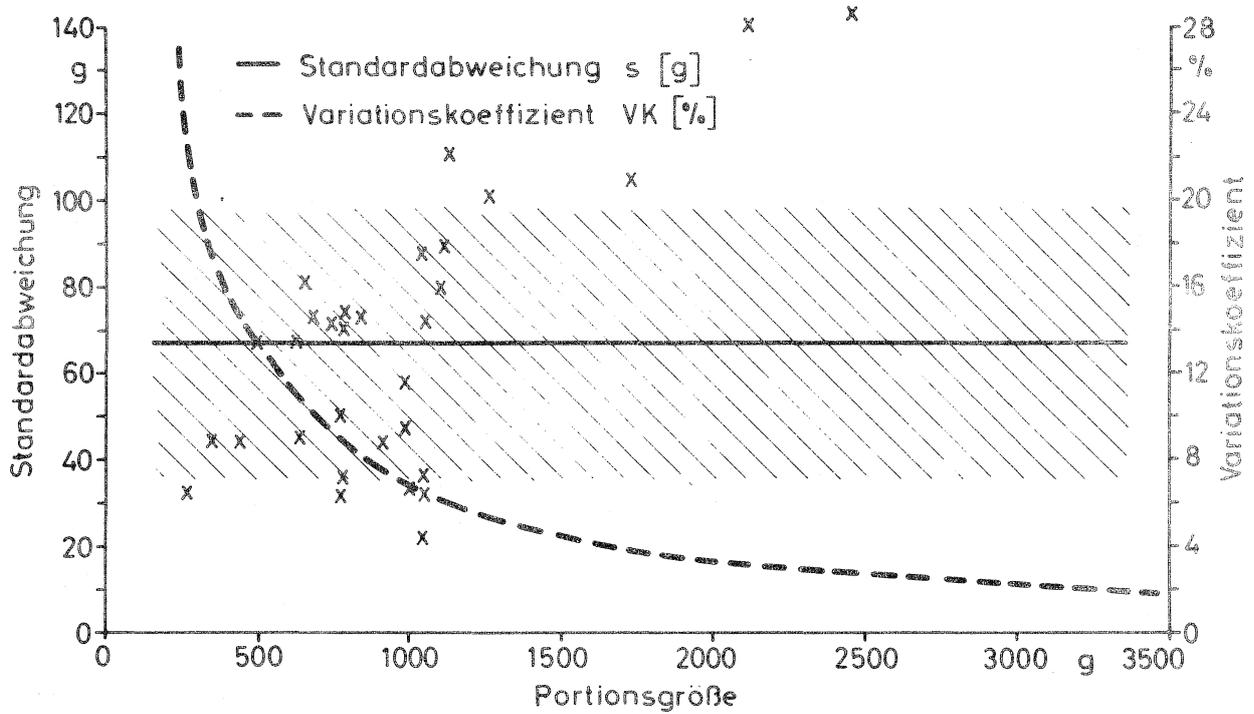


Abb. 5: Auswurfgenauigkeit eines Hängedosierautomaten (Volumendosierung, mehliges Kraftfutter)

Die angestrebte Dosiergenauigkeit wird erst bei einer Auswurfmenge von ca. 1400 g erreicht. Dabei ist aber kein Unterschied zwischen der mehligen und pelletierten Gutform festzustellen.

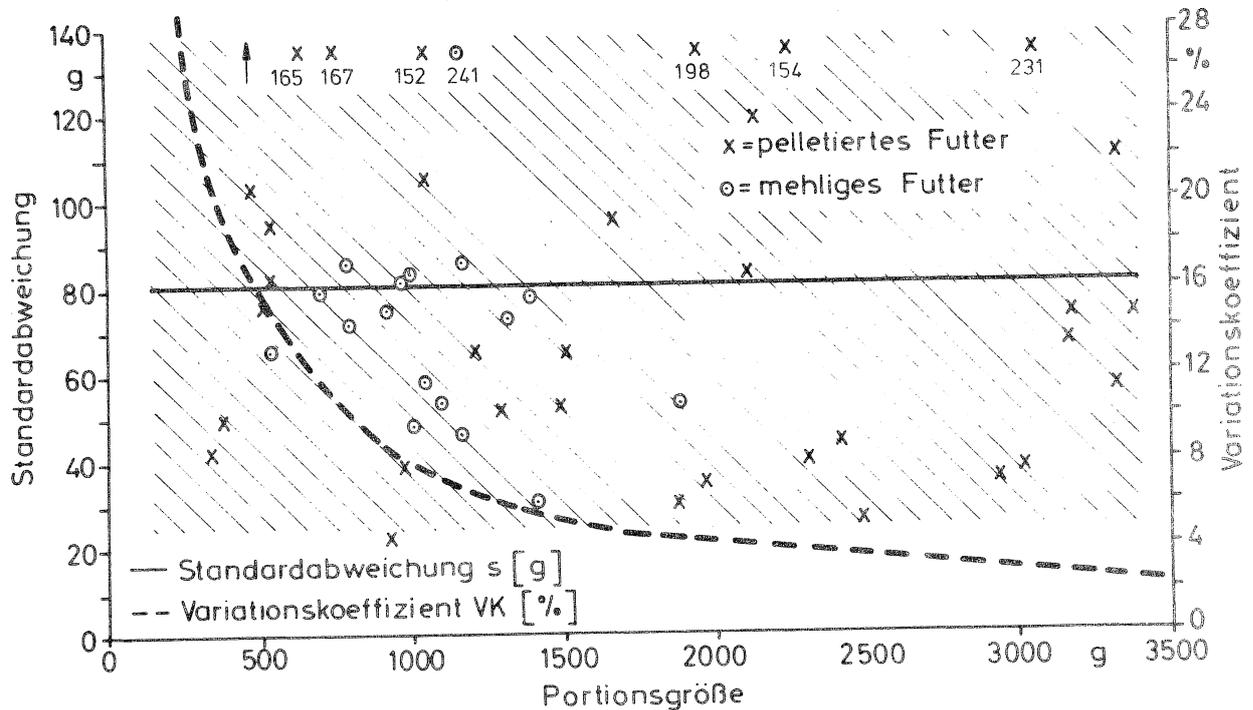


Abb. 6: Auswurfgenauigkeit einer stationären Kraftfutterdosieranlage (Gewichtsdosierung, mehliges und pelletiertes Futter)

Die konstruktiv sehr einfach gehaltenen Wiegebehälter ermöglichen damit keine genauere Zuteilung des Kraftfutters als die Volumendosierer, werden aber von der veränderten Futterstruktur kaum beeinflusst und erfordern damit einen wesentlich geringeren Wartungsaufwand.

Futtermischungen und Gruppenfütterung

Im Rahmen der Dissertation von M. LEHMER wurden alle auf dem Markt verfügbaren Systeme von Futtermischwagen unter einheitlichen Einsatzbedingungen in unterschiedlichen Futterarten und -strukturen auf verschiedene Leistungskriterien untersucht. Zur Bestimmung der erzielbaren Mischgenauigkeit nach der bekannten TM-Methode wurden die Wagenfüllungen an 4 Probestellen mit einem Stechzylinder in voller Höhe senkrecht durchstoßen, der Ballenkern jeweils in mehrere Einzelproben unterteilt und die TM-Gehalte auf die Varianz verrechnet. Die Futterstruktur hat bei den einzelnen Mischsystemen einen sehr unterschiedlichen Einfluß auf die Mischgenauigkeit (Abb. 7).

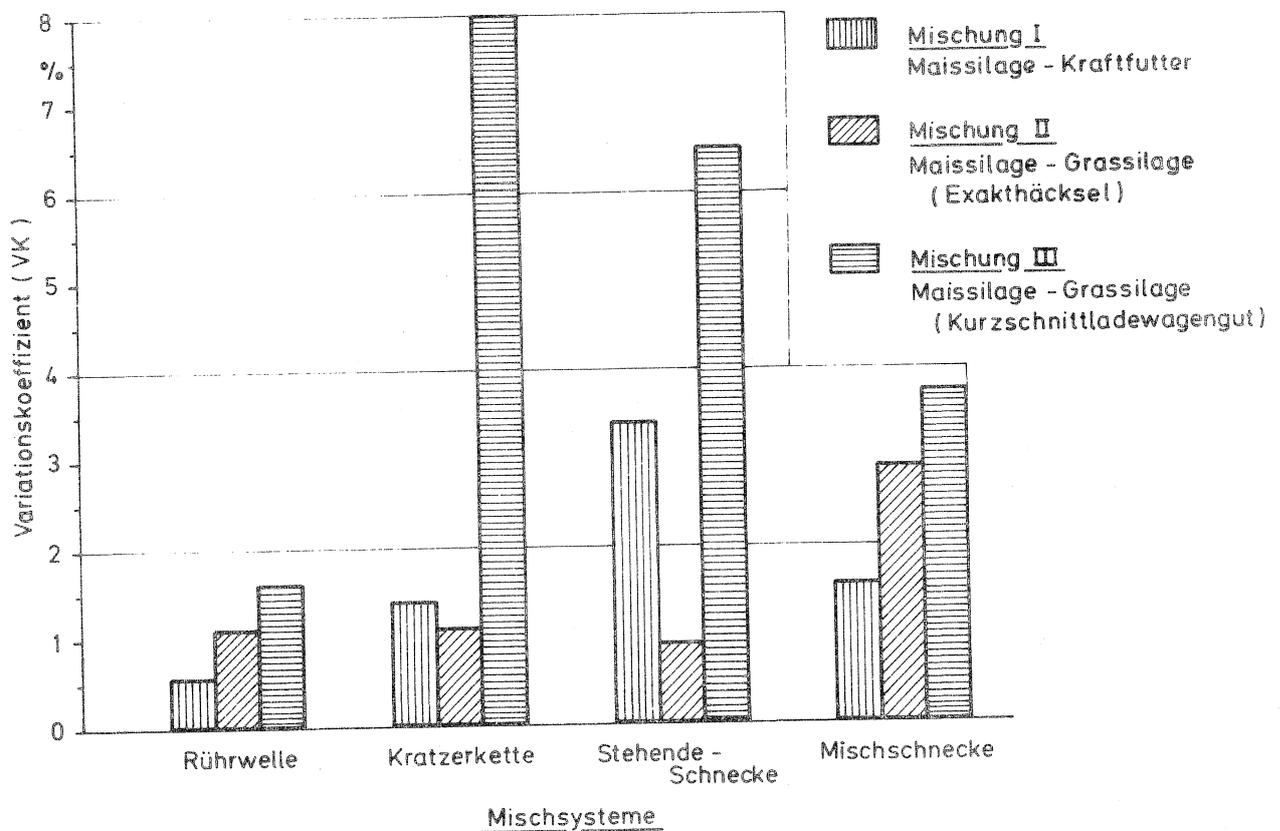


Abb. 7: Einfluß der Futterstruktur auf die Mischgenauigkeit.

Die Rührwelle bringt mit einem VK von 0,5 - 1,5 % in allen untersuchten Mischrationen eine sehr hohe Mischgenauigkeit. Auch die Mischschnecke ist in allen Mischungsvarianten einzusetzen, zeigt

aber in den schwer vermischbaren Futterkomponenten, wie der mit Kurzschnittladewagen geernteten Grassilage, bereits wesentlich ungünstigere Ergebnisse. Die umlaufende Kratzerkette und die stehende Mischwelle setzen dagegen gut strukturiertes Grundfutter voraus und sind nur in Maissilage und kurzgehäckselter Grassilage oder sonstigen sehr gut strukturierten Halmfuttermitteln einzusetzen.

Der erforderliche Leistungsbedarf steigt bei allen Mischsystemen von den leicht zu den schwer mischbaren Futterarten an. Im spezifischen Schleppermotorleistungsbedarf, der einen Zuschlag für die gemessenen Drehmomentspitzen und den Zapfwellenwirkungsgrad berücksichtigt, sind die Rührwelle und die Mischschnecke in etwa vergleichbar (Abb. 8).

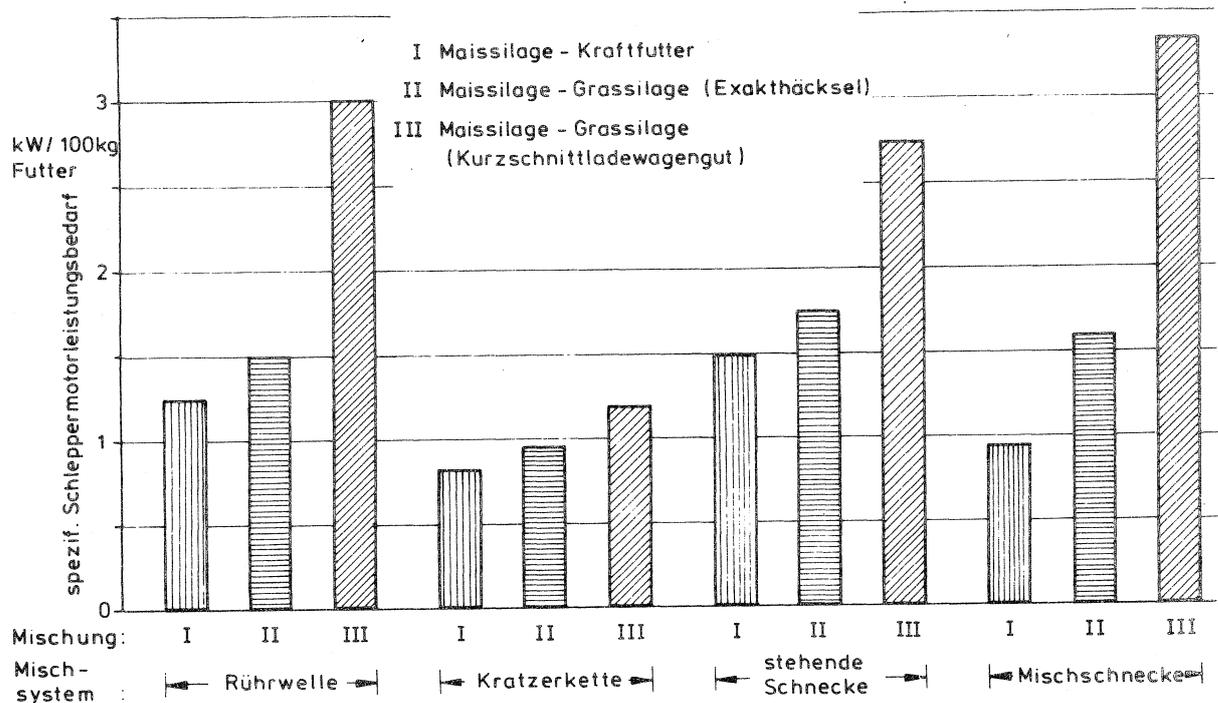


Abb. 8: Spezifischer Schleppermotorleistungsbedarf (kW/100 kg Futter) von Futtermischwagen in Abhängigkeit von der Futterstruktur

Auch die stehende Mischschnecke bewegt sich in diesem Bereich. Dagegen sind Mischwagen mit 2 stehenden Mischwellen wesentlich günstiger zu beurteilen und erfordern nur etwa die Hälfte des angegebenen Leistungsbedarfes für eine stehende Mischwelle. Die umlaufende Kratzerkette ist von allen Systemen mit den geringsten Antriebskräften zu betreiben.

Neben diesen grundsätzlichen Arbeiten zu den Futtermischwagen wurden mehrere Zusatzeinrichtungen auf ihre Leistungs- und Funktionsfähigkeit untersucht. So kamen die ersten Fräsmischwagen zum Einsatz. Sie könnten eine wesentliche Verbesserung des gesamten Fütterungsverfahrens mit Futtermischwagen bringen. Die Fräswerkzeuge sind bislang aber nur für Maissilage geeignet und bedürfen einer Verbesserung zum Einsatz in Grassilage (siehe Teilprojekt F 3). Weiterhin wurde eine Maisquetsche

am Auslauf des Futtermischwagens auf den Zerkleinerungseffekt ganzer Körner untersucht. Sie bringt eine sehr gute Aufbereitung der Maissilage und kann bei hohen TM-Gehalten wesentlich zur Verhinderung von Futterverlusten durch unverdaute Maiskörner beitragen.

Ein wesentliches Ziel der Futtermischungen ist es, vielseitig zusammengesetzte Futterrationen, die eine erhöhte TM-Aufnahme bewirken, auf Vorrat vorlegen zu können, ohne daß bevorzugt aufgenommene Komponenten selektiert werden. Der dazu erforderliche Vermischungsgrad wurde in einem Selektionsversuch bei einer Mais - Grassilage - Ration mit unterschiedlicher Mischqualität ermittelt (Abb. 9).

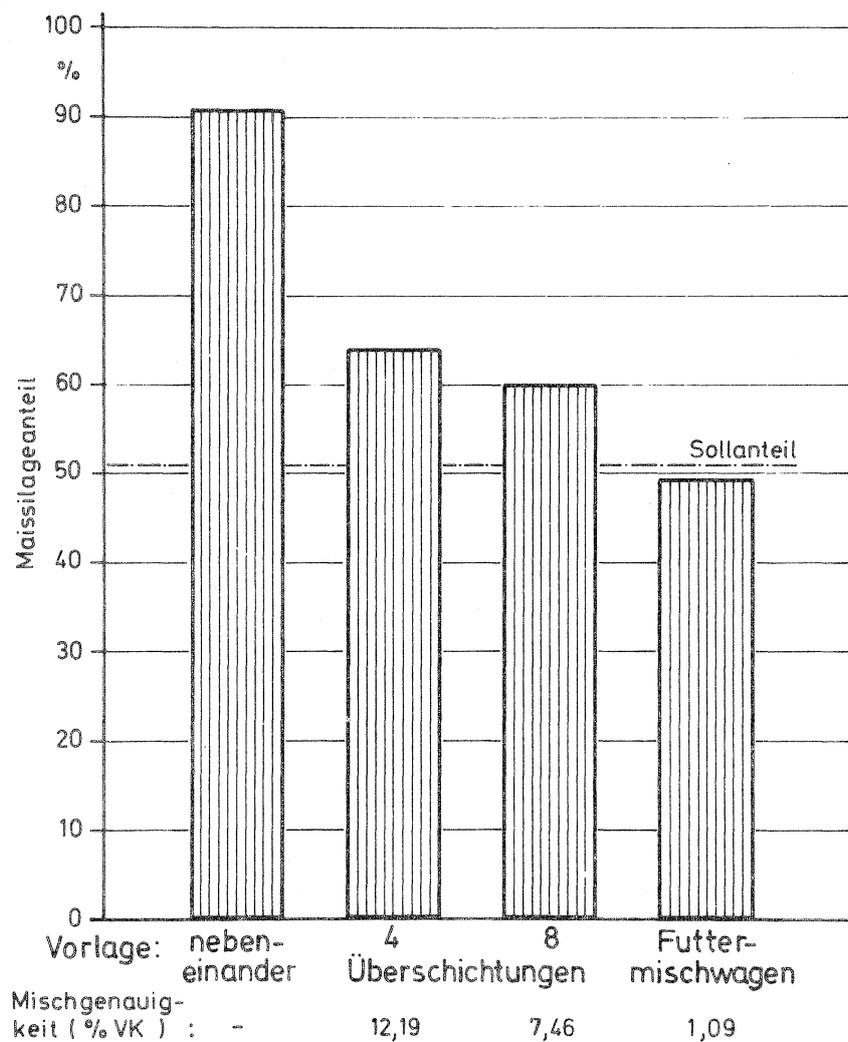


Abb. 9: Selektion der Maissilage bei unterschiedlicher Mischgenauigkeit (Ration: Mais- : Grassilage = 51 : 49 Gew. - % TM)

Gegenüber der getrennten Vorlage, die eine eindeutige Bevorzugung der Maissilage erbrachte, und der gegenüber dem Sollanteil erhöhten Maissilageaufnahme bei ungenügenden Mischgenauigkeiten mit einem VK von 7,5 und 12,2 % konnte durch die intensive Vermengung beider Komponenten in einem Futtermischwagen eine Selektion der Maissilage vermieden werden. Mit Futtermischungen ist somit für die Vorratsfütterung ein konstantes Verhältnis aller in der Ration vorgesehenen Futterkomponenten zu gewährleisten.

In einem weiteren Tierversuch wurde der Einfluß der Vorlagedauer bei der Vorratsfütterung auf die Futteraufnahme untersucht. Dabei wurden die Futtermischungen in großen Futterkisten vorgelegt und im 3-stündigen Abstand die Verzehrmenngen registriert. Ein Vergleich der 2 mal täglichen Futtervorgabe mit der Vorlage an jedem 2. bzw. 3. Tag ergab, daß sich die TM-Aufnahme im Mittel nicht signifikant veränderte (Abb. 10).

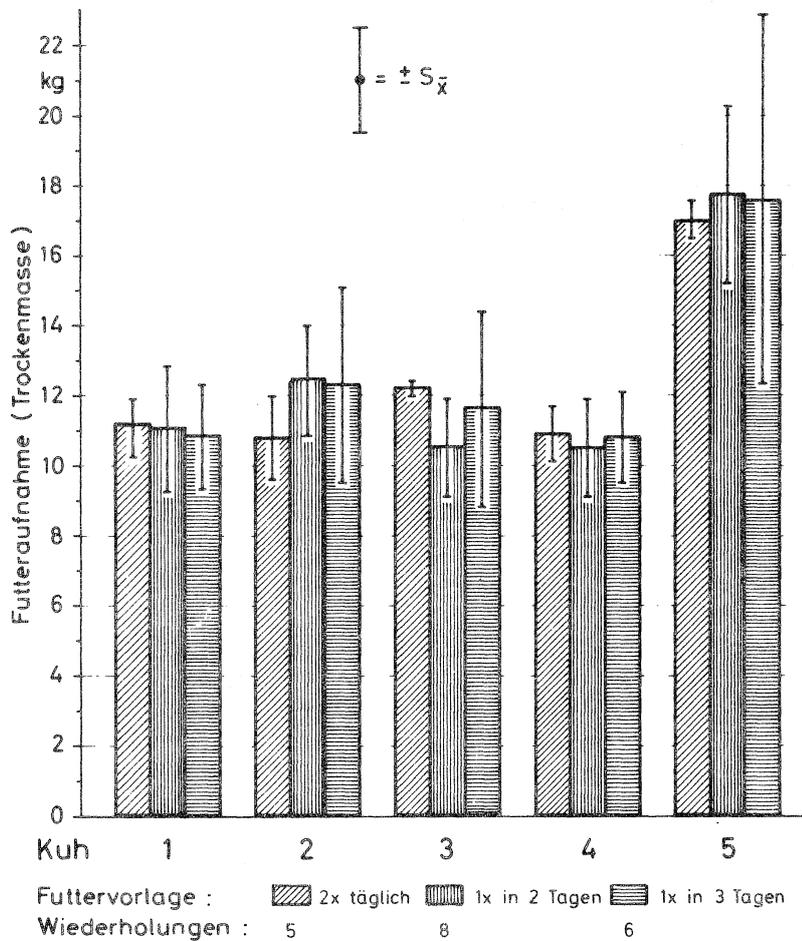


Abb. 10: Mittlere tägliche Futteraufnahme von Milchkühen bei unterschiedlicher Häufigkeit der Futtermvorlage

Mit zunehmender Vorlagedauer erhöht sich aber die Streuung in den täglichen Futterverzehrsmengen sehr stark. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei mehrtägiger Vorlage die Futteraufnahme vom ersten zum zweiten und dritten Tag zurückgeht (Abb. 11).

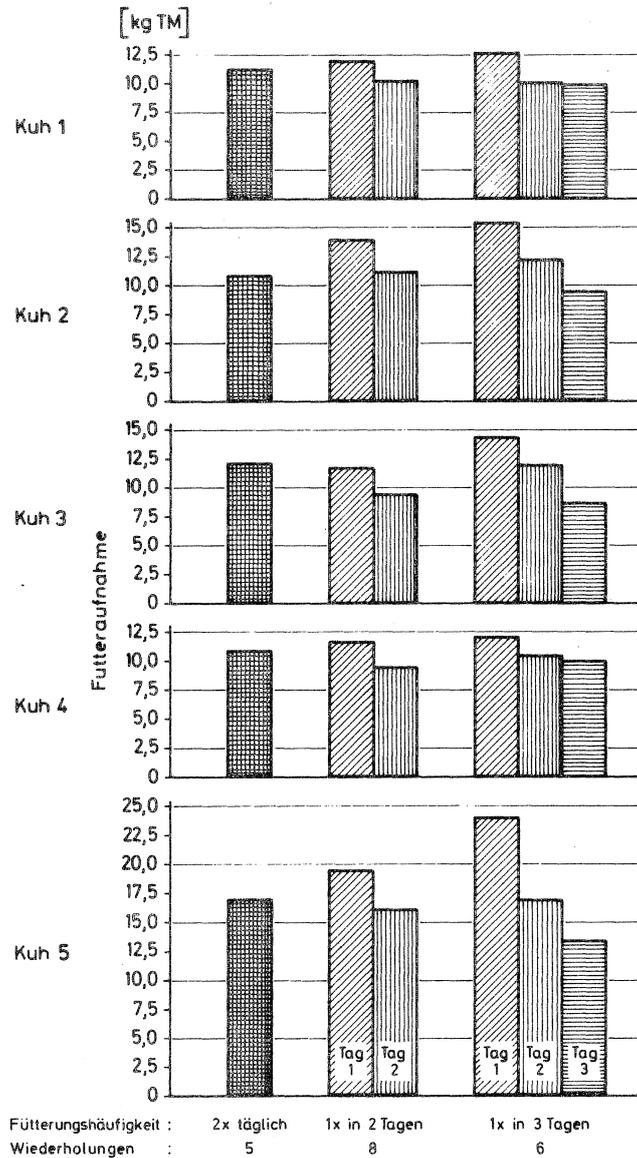
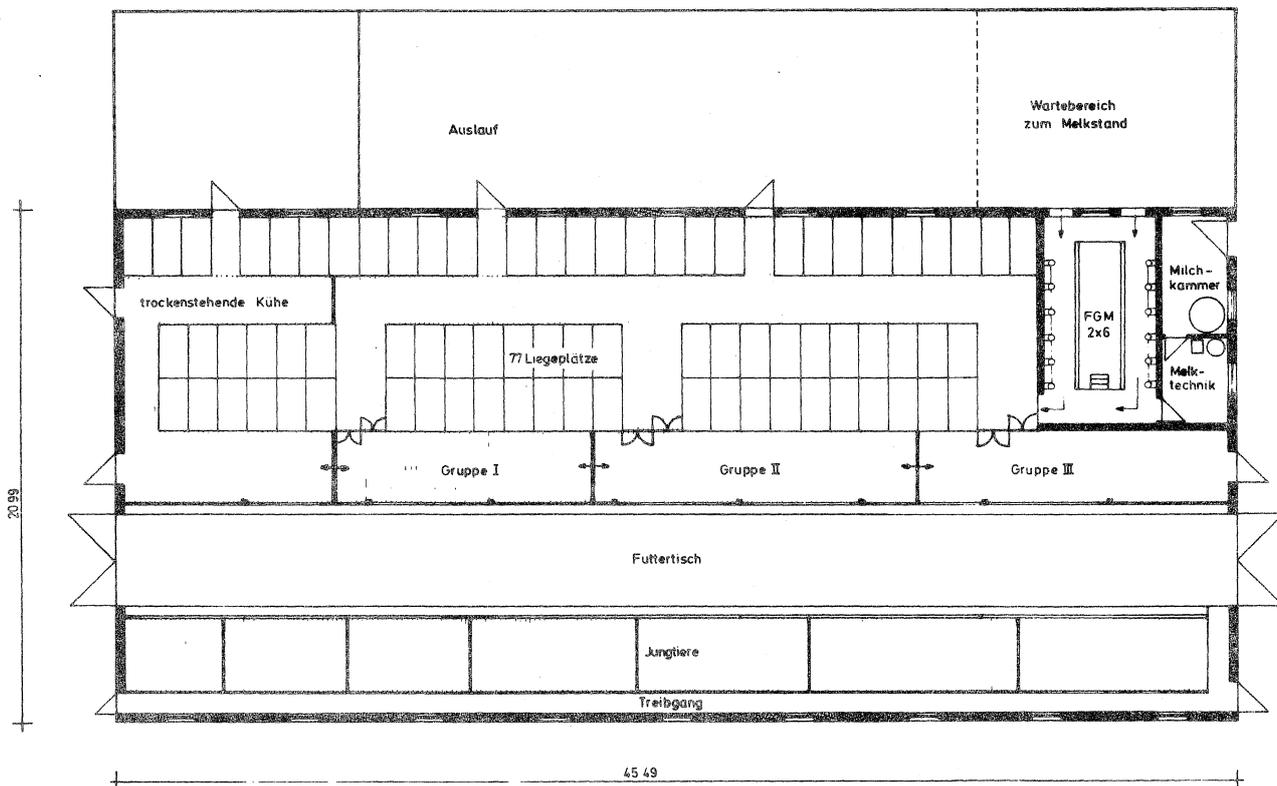


Abb. 11: Tägliche Futteraufnahme (kg TM) der Versuchstiere bei unterschiedlicher Fütterungshäufigkeit (Mittelwerte der Wiederholungen)

Die Gründe sind in einer geringfügigen Erhöhung der Temperatur des Futtergemisches und in einem Anstieg des Keimgehaltes zu suchen. Diese mikrobiellen Umsetzungen führten zwar in keinem Fall zu verdorbenem Futter, bewirkten aber offensichtlich eine Beeinträchtigung der Schmackhaftigkeit. Die Vorlagedauer sollte daher nach Möglichkeit

auf einen Tag begrenzt werden. Nur kurzfristig ist für Laufställe auch die 2-tägige Vorlage vertretbar. Im Anbindestall sollte dagegen wegen der stärkeren Beeinflussung des Futters durch die Tiere die 2 mal tägliche oder unter günstigen Stallbedingungen maximal die tägliche Vorlagefrequenz gewählt werden.

In der Gruppenfütterung mit Alleinfutter wurde das im Forschungsbericht vom April 1979 beschriebene System mit elektromagnetischer Gruppenidentifizierung weiterverfolgt. Zwischenzeitlich sind 4 Laufställe mit diesem Fütterungssystem ausgestattet. Davon ist erstmals ein Stall mit innenliegendem Futtertisch einbezogen, wobei der Eintrieb zum Melkstand über einen angrenzenden Laufhof erfolgt (Abb. 12).



Betrieb: J. Laurent, 8059 Eicheroth

Abb. 12:

Alle übrigen Stallungen sind dagegen sogenannte offene Laufstall-systeme mit getrennter Liege- und Freßhalle, die über einen Lauf-hof verbunden sind.

Die im Antrag vom April 79 vorgesehene Umstellung des Gruppen-identifizierungssystems auf Einzeltieridentifizierung wurde bislang nicht vollzogen, da zunächst die Ergebnisse des Teilprojektes F 9 über die erforderliche Genauigkeit der Nährstoffanpassung an die Tierleistung und die daraus abzuleitende Notwendigkeit einer zu-sätzlichen individuellen Kraftfuttermittellieferung für Hochleistungs-

tiere abgewartet werden sollte. Die für dieses Forschungsziel vorgesehenen Ausrüstungen der Tieridentifizierung und eines Computers sind für erste Versuche zur automatisierten Milchmengenerfassung und einer rechnergesteuerten, automatischen Kraftfuttermahlzeit verwendet worden. Diese Arbeiten wurden mit Zustimmung der Delegiertenversammlung als vorrangig erachtet und sollen nunmehr im neu beantragten Teilprojekt A 7 intensiviert werden.

Die Aktivitäten zur Gruppenfütterung konzentrierten sich auf die Erfassung der Leistungsdaten, um Beurteilungskriterien für dieses Fütterungssystem zu erhalten. Die Milchleistung in der Herde mit der längsten Einsatzzeit der Gruppenfütterung mit 3 Leistungsgruppen konnte bei weitgehend gleichbleibendem Kraftfuttereinsatz und den üblichen jährlichen Schwankungen in der Grundfutterqualität gegenüber der Einzelfuttermahlzeit in den vorausgegangenen Jahren geringfügig erhöht und sehr konstant gehalten werden (Abb. 13).

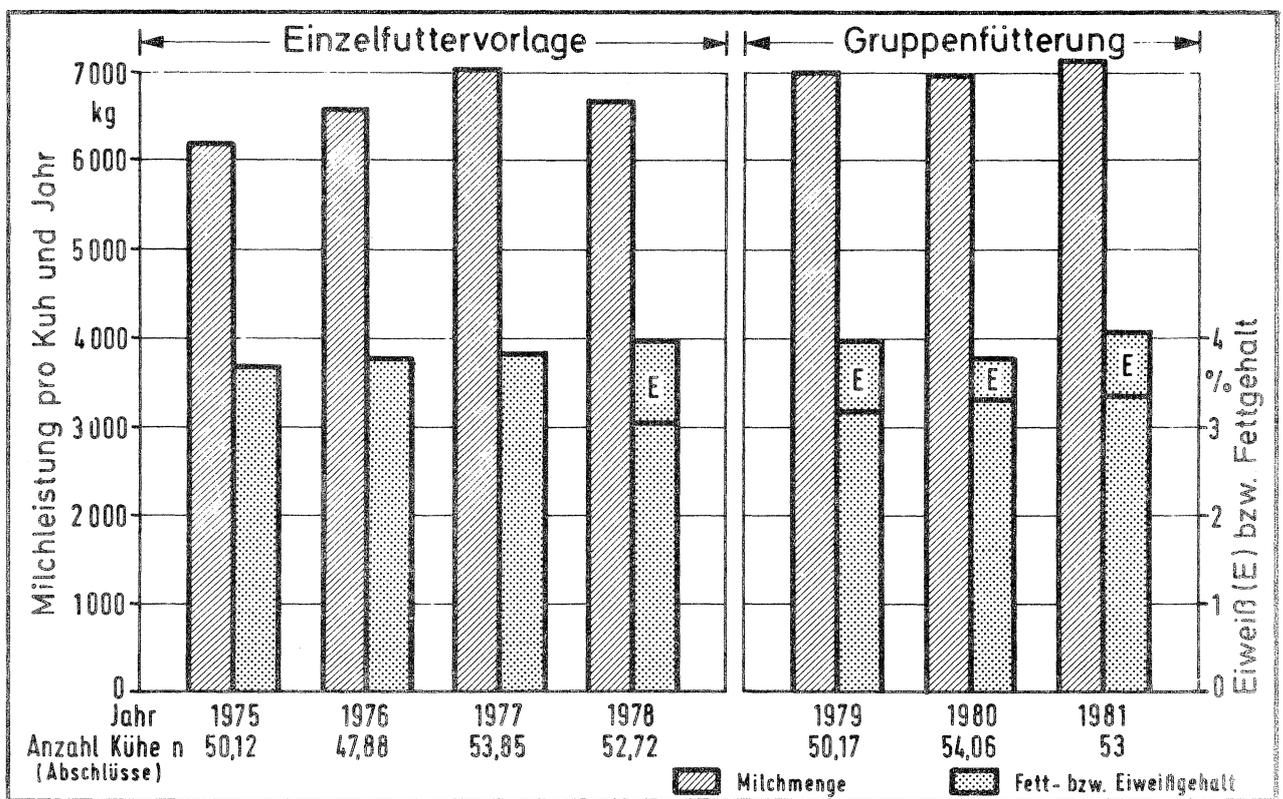


Abb. 13: Milchleistung einer Viehherde mit Einzelfuttermahlzeit und Gruppenfütterung

Dieses Ergebnis deckt sich mit einem holländischen Vergleichsversuch, in dem die Gruppenfütterung mit Alleinfuttermahlzeit der individuellen Kraftfütterung gegenübergestellt wurde (Abb. 14).

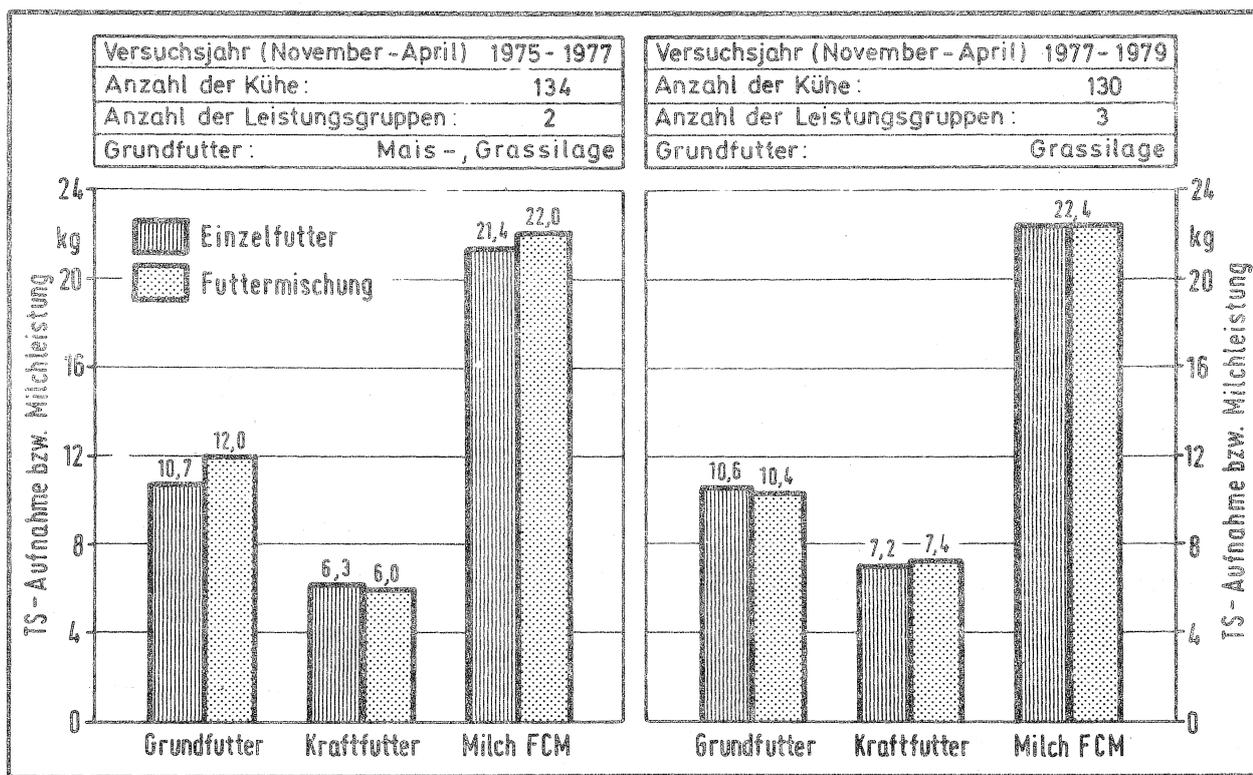


Abb. 14: Vergleich der Grund- und Kraftfuttermischung mit computer-gesteuerter Kraftfuttermischung (nach A.P.MEIJER)

Andererseits liegen Versuchsergebnisse aus Einzeltierversuchen vor, die bei Energie- und Eiweißunterversorgung eine sofortige Auswirkung auf die Milchleistung zeigen (siehe Bericht F 9). Auch aus den USA wird berichtet, daß bei der Gruppenfütterung mit 1 und 2 Leistungsgruppen gegenüber der Verabreichung einer Grundfuttermischung und der zusätzlichen individuellen Kraftfuttermischung eine signifikant geringere Milchleistung auftrat. Aufgrund dieser widersprüchlichen Aussagen erscheinen weitere Untersuchungen dringend notwendig. Die Umrüstung des Gruppenfütterungssystems auf Einzeltieridentifizierung soll daher nachgeholt werden, um bei Bedarf einen individuellen, leistungsbezogenen Kraftfütterausgleich vornehmen zu können.

Veröffentlichungen:

1. P i r k e l m a n n, H.: Mechanisierung der Kraftfuttermischung an Milchvieh
Arbeiten der DLG (1979), Band 164
2. P i r k e l m a n n, H.: Automatische Futtermischung im Anbindestall.
Landtechnik 35 (1980) H. 7, S. 313 - 315

3. P i r k e l m a n n, H.: Kraftfutter gezielter in die Krippe geben
top agrar (1980) H. 4, S. R4 - R8
4. P i r k e l m a n n, H., W a g n e r, M.: Zum Einsatz von Fräsmischwagen
Landtechnik 36 (1981) H. 7/8, S. 357 - 359
5. P i r k e l m a n n, H.: Kraftfuttergabe im Laufstall
Agrarübersicht 32 (1981) H. 12, S. 54 - 61
6. P i r k e l m a n n, H.: Kraftfutterautomaten im Anbindestall
Deutsche Schwarzbunte 5 (1981) H. 1, S. 40 - 42
7. P i r k e l m a n n, H.: Kraftfutternvorlage für Milchvieh - Bauarten und Typentabelle
KTBL - Arbeitsblätter Nr. 0182 und 0183
8. P i r k e l m a n n, H.: Technik der Kraftfutternvorlage in der Milchviehhaltung
Der Tierzüchter 33 (1981) H. 3, S. 123 - 126
9. P i r k e l m a n n, H., K r a c k, G.: Maisquetsche verhindert Futtermittelverluste
dlz 32 (1981) H. 7, S. 970 - 973
10. P i r k e l m a n n, H.: Wie genau teilen Abrufautomaten zu?
dlz 32 (1981) H. 9, S. 1224 - 1227
11. P i r k e l m a n n, H.: Stationäre Fütterungsanlagen für Anbinde- und Laufstall
top agrar (1982) H. 2, S. R32 - R35
12. P i r k e l m a n n, H.: Fütterungsverfahren für Anbinde- und Laufstallhaltung
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1982) H. 1, S. 49 - 69
13. P i r k e l m a n n, H.: Techniken von Kraftfutternvorlage im Anbindestall
Agrar Übersicht 33 (1982) H. 2, S. 50 - 53
14. P i r k e l m a n n, H., B ö h m, W.: Abruffütterung in der Milchviehhaltung
RKL Schriftenreihe (1982) H. 3, S. 746 - 801
15. P i r k e l m a n n, H.: Gruppenfütterung von Grund- und Kraftfutter als Alternative zur programmierten Einzelfütterung
Landbauforschung Völkenrode 1982 Sonderheft 62, S. 188 - 205

Vorträge:

1. P i r k e l m a n n, H.: Möglichkeiten der leistungsgerechten Kraftfutternvorlage bei hohem Leistungsniveau
Hofheim/Taunus, 31.10.1980 Arbeitskreis der Futterberater der Länder Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland
2. P i r k e l m a n n, H.: Technik der Futternvorlage bei Milchvieh
Futterkamp, 20.5.1981 Seminar für Beraterfortbildung der Landw. Kammer Kiel
3. P i r k e l m a n n, H.: Erfahrungen mit Abrufautomaten zur Kraftfutterfütterung an Milchvieh
Stuttgart-Hohenheim, 12.6.1981 Arbeitstagung der Referenten für Landtechnik und landw. Bauwesen
4. P i r k e l m a n n, H.: Moderne Fütterungstechnik für Maissilage
Freising, 6.10.1981 Schlüttertagung
5. P i r k e l m a n n, H.: Gruppenfütterung von Grund- und Kraftfutter als Alternative zur programmierten Einzeltierfütterung
Braunschweig, 4.11.1981 Kolloquium der FAL: Programmierte Fütterung und Hodenüberwachung in der Milchviehhaltung
6. P i r k e l m a n n, H.: Fütterungsverfahren für Anbinde- und Laufstallhaltung
Freising, 11.11.1981 Jahrestagung 81 der Landtechnik Weihenstephan
7. P i r k e l m a n n, H.: Techniken zur Fütterung von Silage
Bitburg, 16.12.1981 DLG und LK Rheinland-Pfalz
8. P i r k e l m a n n, H.: Fütterungstechniken für die Rindermast
Freising, 18.2.1982, 24.2.1982, Landw. Unternehmerseminar der Fa. Schlüter
9. P i r k e l m a n n, H.: Techniken zur automatisierten Kraftfutternvorlage im Anbinde- und Laufstall
Freising, 3.3.1982 Fachgespräch des SFB 141 in Weihenstephan
10. P i r k e l m a n n, H.: Leistungskriterien von Futtermischwagen und Hinweise zum Einsatz von Futtermischungen
Freising, 3.3.1982 Fachgespräch des SFB 141 in Weihenstephan
11. P i r k e l m a n n, H.: Futterentnahme und -vorlage im Rinderstall
Stuttgart, 19.3.1982 ALB-Stuttgart
12. W e n n e r, H.L.: Technische Lösungen für Kraftfutterdosierung und Melken.
Augsburg, 1.10.81, DLG-Herbsttagung. DLG-Mitteilungen (1981), H. 20, S. 1077 - 1079

Literatur

1. M e i j e r, A.B.: Systeme zur Kraftfuttermittelvorgabe bei Milchvieh.
Der Tierzüchter 33 (1981), H. 3, S. 115 - 118
2. S n i j d e r s, P.: Abrufautomaten: Futtermischung.
Mit welchem System mehr Milch?
top agrar (1982) H. 4, S. R6 - R7
3. C a s s e l, E.K. et al: Evaluation of systems for feeding supplemental concentrates to cows in groups.
Bericht der Cornell University

Dissertation:

L e h m e r, M.: Herstellung von Grund- und Kraftfuttermischungen in Futtermischwagen und deren Einsatz in der Milchviehhaltung.
Dissertation 1981, TU München-Weihenstephan

Teilprojekt F 3

Untersuchungen an Fräs- und Fördereinrichtungen von Entnahmefräsen für Hoch- und Flachsilos

Leiter: Dr. H. Pirkelmann, OLR
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Vöttinger Straße 36
8050 Freising
Tel.: 08161/71463

Mitarbeiter: F. Wendling, Ing. grad.
L. Maier, Ing. agr.
M. Wagner, Ing. agr.

Zur Beurteilung der Fräsensysteme für die Silageentnahme aus Hoch- und Flachsilos ist neben den Entnahmeleistungen der Leistungsbedarf ein wichtiges Beurteilungsmerkmal, wobei für eine konstruktive Weiterentwicklung die Funktionen Fräsen und Fördern getrennt zu betrachten sind. Die diesbezügliche Ausgangssituation zu Beginn des Forschungsvorhabens ist in Abb. 1 dargestellt.

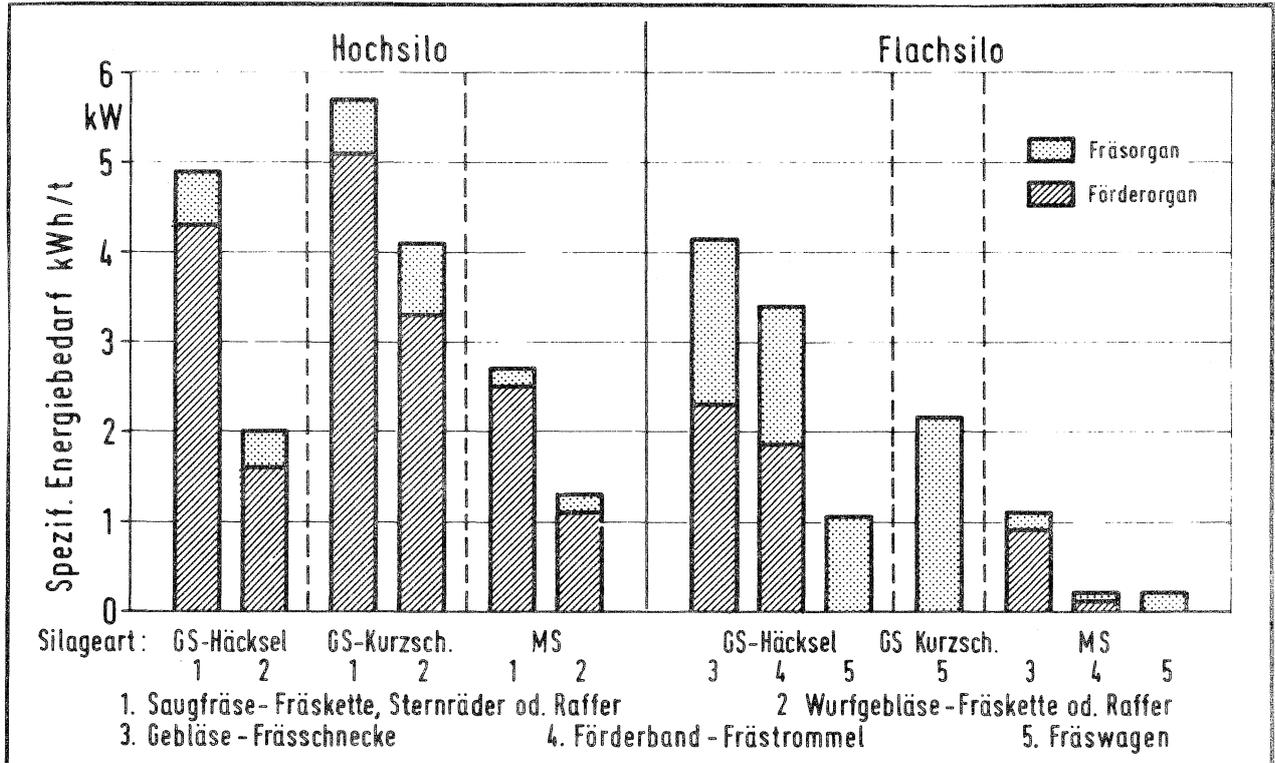


Abb. 1: Spezif. Energiebedarf verschiedener Fräs- und Förderorgane bei der Silageentnahme (GS=Grassilage 40% TM; MS=Maissilage 30% TM)

Bei den Hochsilofräsen, die ausschließlich mit pneumatischer Förderung verfügbar waren, entfallen in allen Silagearten 85 - 90 % des Gesamtenergiebedarfs auf das Fördern und nur 10 - 15 % auf das Abfräsen der Silage. Die für viele Fütterungsverfahren nicht ausreichenden Entnahmeleistungen (2-6 t/h in Grassilage und 7-10 t/h in Maissilage) können über eine Erhöhung der Antriebsleistung nur in Ausnahmefällen gesteigert werden, da in der Mehrzahl der Betriebe die verfügbaren Elektroanschlußwerte den begrenzenden Faktor darstellen. Dies trifft insbesondere für die heute weit verbreiteten Fräsen mit Saug-Wurfgebläse zu.

Bei den Flachsilofräsen ist diese Begrenzung durch den möglichen Schlepperantrieb nicht gegeben, und es sind in Maissilage mit 20-30 t/h sehr hohe Entnahmeleistungen zu erzielen. In Grassilage sind dagegen mit 4-8 t/h nur unzureichende Mengen zu entnehmen. Der hohe Anteil des Leistungsbedarfs für das Fräsen gibt zudem den Hinweis, daß eine hohe Beanspruchung der Fräsorgane gegeben ist, und viele Fräsenbauarten bringen in diesen Einsatzbedingungen nur eine unbefriedigende Funktionssicherheit. Aus diesem Grunde richtete sich das Forschungsziel auf eine Verbesserung der Fräsaggregate der Flachsilofräsen für den Einsatz in Grassilage und auf den einergiesparenden mechanischen Austrag der Silage bei den Hochsilofräsen.

Mechanischer Austrag bei Obenentnahmefräsen für Hochsilos

Die mechanische Förderung der losgefrästen Silage ist durch ein Förderband bzw. eine Kratzerkette durch die Siloluken oder durch den Abwurf in einen zentralen Schacht in der Silomitte möglich.

Der Einsatz eines Förderbandes setzt voraus, daß das losgefräste Gut von der Oberfläche des Futterstockes auf das über dem Fräsorgan angebrachte Transportaggregat angehoben wird. In 2 Versuchsvarianten wurde dies mit einem Kettenelevator und mit einer Förderschnecke angestrebt. Der Einbau erfolgte jeweils in den Zentralturm einer serienmäßigen Sternradfräse.

Der in Abb. 2 dargestellte, feststehende Kettenelevator, der aus einer Rollengliederkette mit Winkellaschen zur Befestigung der Mitnehmer besteht, nimmt die Silage nur auf der in Förderrichtung liegenden Seite gut an. Das auf der Rückseite zugeführte Gut mußte dagegen von den Mitnehmern zwischen Futterstock und den unteren Kettenrädern des Elevators durchgezogen werden und führte damit in Grassilage zu hohen Belastungen und Funktionsstörungen. Durch die einseitige Gutannahme sammelten sich zudem an den Stirnseiten Silagehaufen an, die eine unregelmäßige Beschickung des Elevators und schließlich Verstopfungen im begrenzten Durchgang des Zentralrohres der Sternradfräse bewirkten. Die Übergabe auf das Austragsband erfolgte dagegen problemlos.

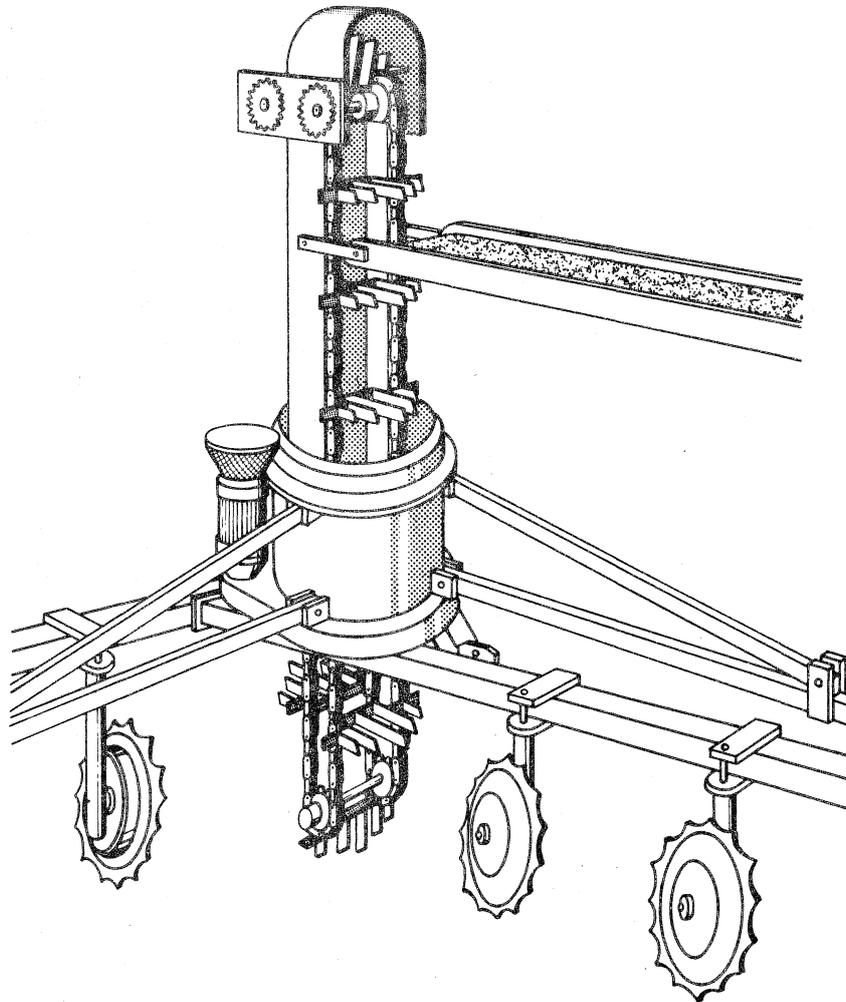


Abb. 2: Hochsilofräse mit senkrechter Förderkette zur Übergabe auf Austragsband

Die in den Zentralturm eingebaute Schnecke hatte einen Durchmesser von 350 mm (Abb. 3). Sie war von einem geschlossenen, 200 mm über dem Futterstock beginnenden Schneckenmantel umgeben und am oberen Ende zur Futterabgabe mit einer Wurfschaufel versehen. Der offene Schneckenteil sollte eine allseitige Annahme der Silage ermöglichen, brachte aber trotz dichter Anstellung des innersten Sternrades keine befriedigende Funktion. Auch eine mit der Fräse drehende Teilabdeckung des freien Schneckenendes und ein zur Vorbeschleunigung des Futters angebrachter Zwangsantrieb des innersten Sternrades führten nicht zum

Erfolg. Sowohl die Förderschnecke, als auch der Elevator haben sich damit für die Senkrechtförderung der Silage nicht bewährt und sind für diese Funktion nicht zu empfehlen.

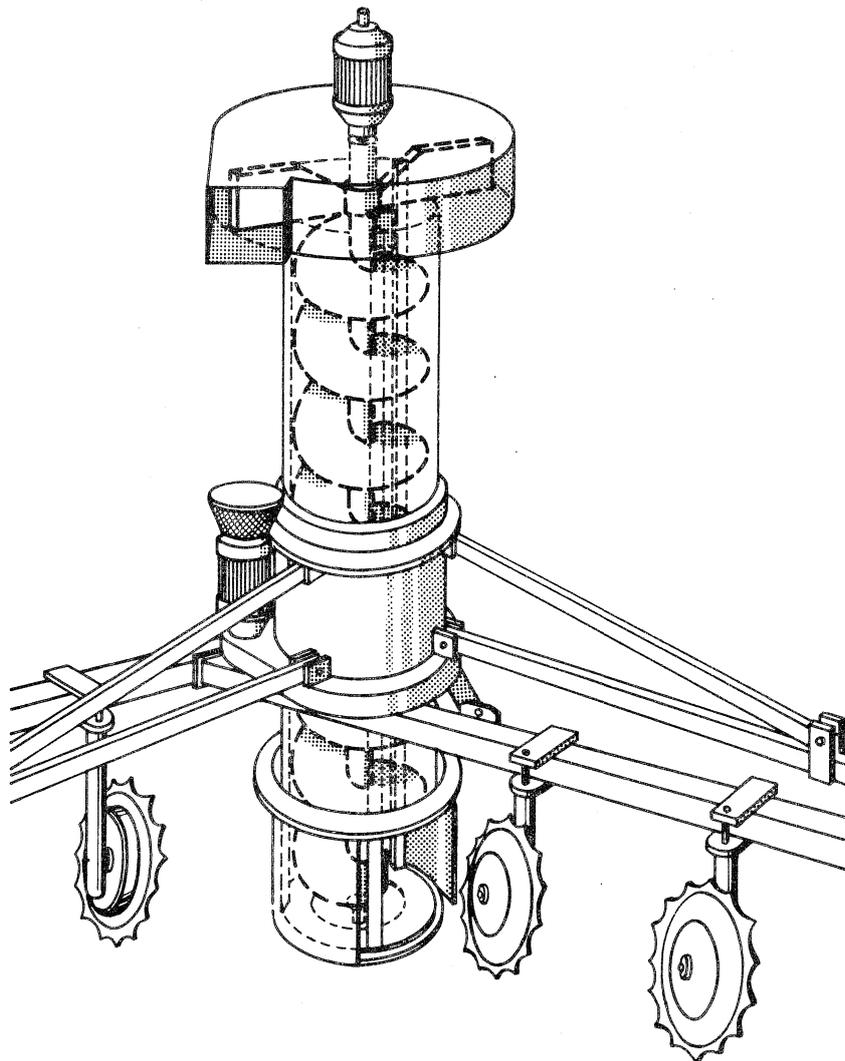


Abb. 3: Hochsilofräse mit senkrechter Förderschnecke zur Übergabe auf Austragsband

Eine erfolgreiche Lösung ist dagegen einem Fräsenfabrikanten, mit dem seit vielen Jahren ein intensiver Erfahrungsaustausch auf diesem Sektor erfolgt, gelungen. Die als Fräsorgan verwendeten 3 Schubstangen sind in der Silomitte stirnseitig mit Mitnehmerzinken ausgerüstet, die das Fräsgut durch die Exzenterbewegung in den darüber lie-

genden Förderkanal drücken. Ein sehr flach gehaltener Kollektor ermöglicht dazu mit einer li. Öffnungsweite von 280 mm einen ausreichend großen Durchgang. Darüber übernimmt wiederum eine kurze Schubstange die Weiterförderung und übergibt die Silage auf eine Kratzerkette, die den Austrag durch die Siloluken übernimmt. Um die Neigung des Fördertroges mit abnehmendem Futterstock nicht zu steil werden zu lassen, sollte der Lukenabstand ein Drittel des Silodurchmessers nicht übersteigen.

In Zusammenarbeit mit einem weiteren Fräsenhersteller ist die Entwicklung eines mechanischen Austrags in Verbindung mit einer Fräskette vorgesehen. Die Firma steuert dazu die konventionellen Bauteile bei, während die Entwicklung der Fördererlemente und der Zusammenbau der Fräse in der betriebseigenen Werkstatt erfolgt.

In Verbindung mit der Sternradfräse wurde die Möglichkeit des zentralen Abwurfschachtes erprobt. Sie kann vor allem für Silos mit Hochfundament, die ursprünglich durch Untenentnahmefräsen mit den bekannten Problemen entnommen wurden, von Bedeutung sein.

Zur Schachtausbildung werden bei der Silobefüllung Rohrteilstücke von ca. 1,5 m Länge und 400 mm Durchmesser durch den Turm der Fräse, die auch die Verteilung des Silogutes übernimmt, in der Silomitte zentriert. Die verwendeten, glatten Kunststoffrohre werden vor der Entnahme mit der Fräsenwinde abschnittsweise herausgezogen, und die von den Sternrädern zur Silomitte geförderte Silage kann durch den Schacht abgeworfen werden. Die Innenseite des Schachtes wird durch die verbleibenden Rohre abgedichtet, so daß das konservierende CO₂ nicht abfließen kann, wie es in früheren Versuchen mit peripherer Schachtanordnung nachgewiesen wurde.

Fräsen mit mechanischem Austrag und Schachtabwurf haben im Vergleich zu den bisherigen Geräten mit pneumatischer Förderung (Mittelwerte aus mehreren Messungen und Fabrikaten) deutliche Auswirkungen auf die Austragsleistung und den Energiebedarf in den verschiedenen Silagearten (Abb. 4). In Maissilage erhöht sich die Entnahmeleistung um mehr als das Doppelte, während der mittlere Leistungsbedarf von 13 bzw. 19 kW auf 2 - 5 kW zurückgeht. In gehäckselter Grassilage ist die Entnahmeleistung gegenüber der Gebläseförderung nur noch geringfügig zu erhöhen, während der Energiebedarf wieder deutlich niedriger liegt. Eine ähnliche Situation ist in Kurzschnittladewagengut gegeben. Die Messungen für den Abwurf wurden in Grassilage bei peripherer Schachtanordnung durchgeführt. Durch den Schacht in der Silomitte ist eine zusätzliche Leistungssteigerung zu erwarten.

Der unterschiedliche Energiebedarf schlägt sich auch in den Stromkosten nieder (Abb. 5). So betragen bei einem Arbeitspreis von 0,20 DM/kWh für einen 200 m³ Silo und einer Füllmasse von 42 t TM Maissilage

für Fräsen mit Sauggebläse ca. 80,-- DM und für den mechanischen Austrag etwa 10,- DM. Für die anderen Silagearten ergeben sich ähnliche Relationen.

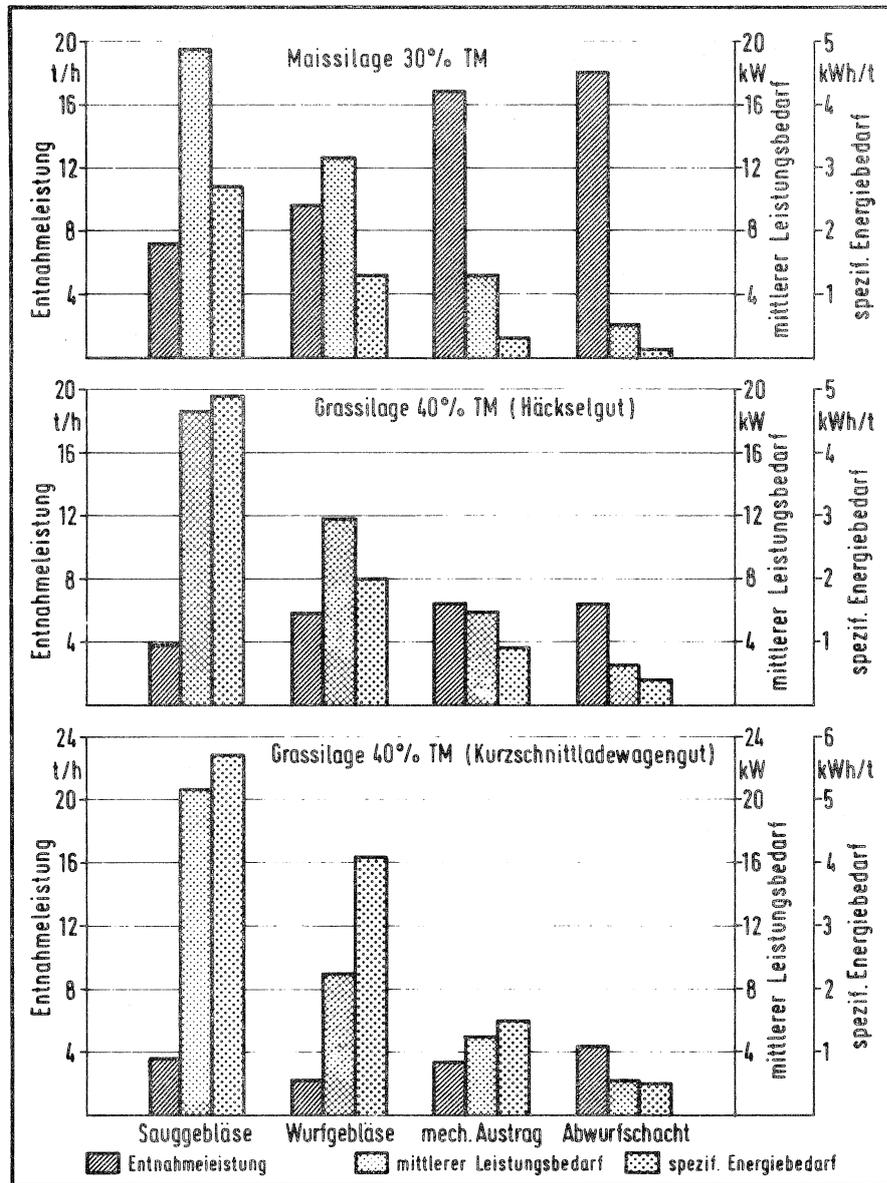


Abb. 4: Entnahmekapazität und Leistungsbedarf von Hochsilobentnahmefräsen

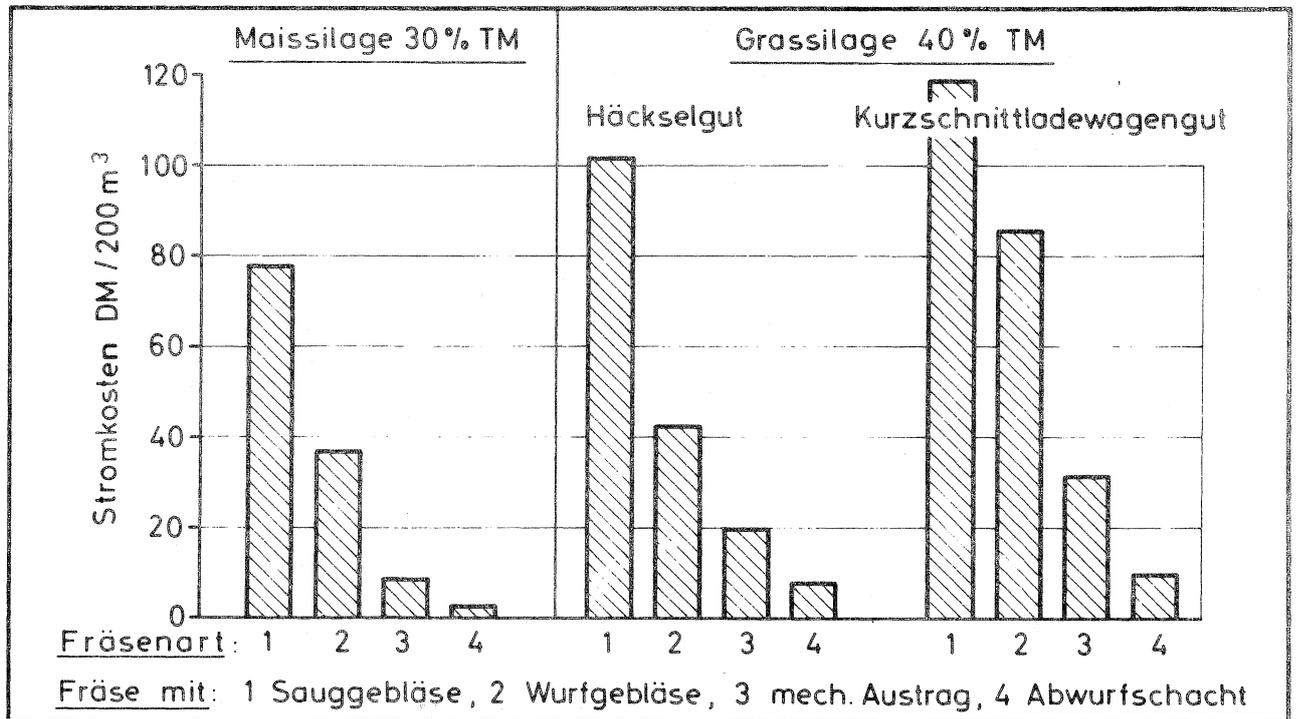


Abb. 5: Stromkosten für die Entleerung eines 200 m³ Hochsilos mit Obenentnahmefräsen (Inhalt 42t TM; Strompreis 0,20 DM/kWh)

Obwohl zwischen den einzelnen Fräsen große Unterschiede im Stromverbrauch liegen, ist damit die Kostenersparnis relativ gering. Die Höhe des Stromverbrauches wird für den einzelnen Betrieb oft von geringerer Bedeutung sein, als der wachsende elektrische Anschlußwert bei zunehmender Mechanisierung der Innenwirtschaft. Denn je nach Tarifgestaltung werden bei Überschreiten bestimmter Anschluß-Freigrenzen Zuschläge zum Bereitstellungspreis verrechnet, die betrieblich oft größere ökonomische Nachteile mit sich bringen als ein vermehrter Stromverbrauch. Zudem ist die gewünschte Steigerung der Entnahmeleistung zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Fütterungsverfahren mit geringstem Aufwand auf diesem Wege zu erreichen. Allerdings entsteht gegenüber den bedienungsfreundlichen Sauggebläsen, die gleichzeitig den verlustfreien Transport in nahe gelegene Ställe oder Futterzentralen ermöglichen, ein erhöhter Arbeitsaufwand für das Herausziehen der Rohre oder auch das Umsetzen des Förderbandes.

Untersuchungen an Fräsaggregaten für Flachsilofräsen

Für eine Verbesserung der Funktions- und Leistungsfähigkeit der Flachsilofräsen in Grassilage ist das Durchtrennen der waagrecht geschichteten und miteinander verketteten Halme eine entscheidende Maßnahme. Das Abfräsen der vorgeschneittenen Silagestreifen ist mit geringem Energieaufwand und hoher Leistung mit den konventionellen Aggregaten möglich. Das Vorschneiden muß in einer geraden Schnittlinie über die ganze Arbeitsbreite erfolgen. Dazu geeignete Werkzeuge sind vom Einsatz der Vorschneid- und Blockschneidegeräte bekannt. Sie sind in die Flachsilofräsen zu integrieren. Dabei kann das Vorschneiden und Abfräsen mit kombinierten oder getrennten Werkzeugen erfolgen. Für beide Varianten wurde ein Versuchsmodell erstellt und in Mais- und Grassilage erprobt. Die Versuchsgeräte wurden dazu in einen, am Schlepperheck angebauten Hubmast befestigt, und mit einem Elektromotordriven angetrieben.

Das gleichzeitige Schneiden und Abfräsen wurde mit 2 ineinandergreifenden, zweiarmigen Kreiseln realisiert (Abb. 6).

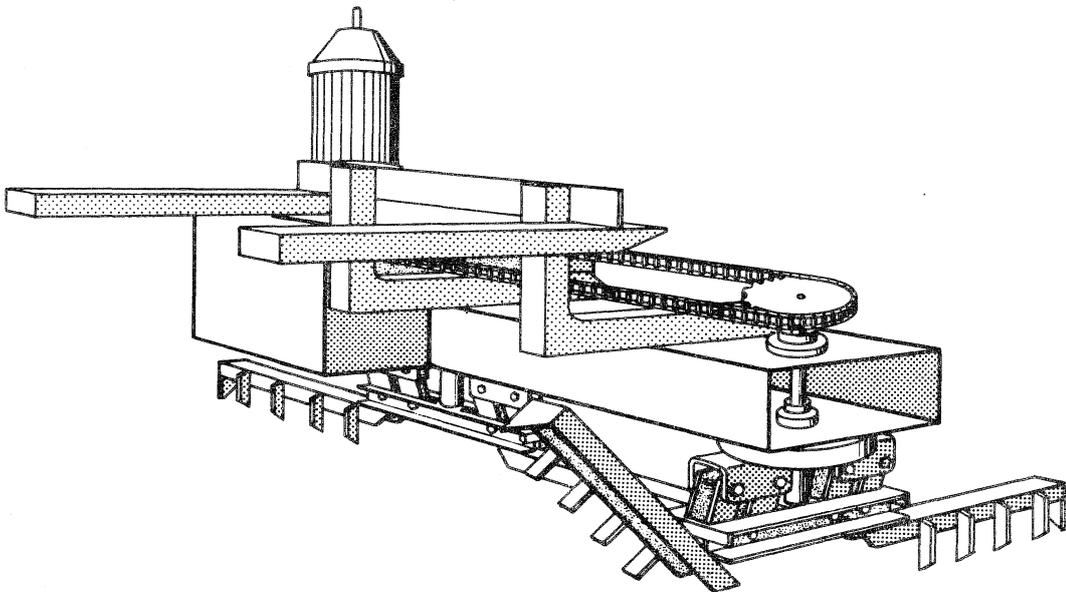


Abb. 6: Entwurf einer Flachsilofräse mit Schneidkreisel

Zum Vorschneiden sind am Ende der kreuzförmig angeordneten Arme Messerklingen, zum Abräumen über die gesamte Armlänge zinkenförmige Mitnehmer angebracht. Die Kreisel werden über eine Kulisse gesteuert. Sie laufen im halbkreisförmigen Arbeitsbereich waagrecht und werden dann schräg nach oben geführt, um die losgefräste Silage auch im Bodenbereich des Silos auf ein nachgeschaltetes Förderaggregat übergeben zu können. Die wichtigsten technischen Daten sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Technische Daten des Schneidkreisels

Fräsbreite	1200 mm
Frästiefe	max. 300 mm
Motorleistung	1,1 kW/100 U/min
Fräsraddrehung	$\mu = 50$ U/min
Fräsraddurchmesser	$d = 880$ mm
mittlere Fräsgeschwindigkeit	$V_1 = 1,91$ m/sec
Messergeschwindigkeit	$V_2 = 2,3$ m/sec

Das System des Schneidkreisels ist grundsätzlich für das Vorschneiden und Abfräsen von Grassilage geeignet. Das wechselseitige Eingreifen der Arme bringt jedoch jeweils einseitige, stoßartige Belastungen auf das Gerät, so daß ein sehr unruhiger Lauf entsteht. Daraus ist ein hoher Verschleiß zu erwarten. Das System hat aus diesem Grunde wenig Aussichten, in eine industrielle Produktion übernommen zu werden. Leistungsmessungen wurden mit dem Versuchsmodell nicht durchgeführt.

Eine Konzeption mit getrennten Schneid- und Fräsaggregaten wurde mit einer senkrechten, stehenden Schneidkette und einer horizontal umlaufenden Räumkette realisiert (Abb. 7). Die wichtigsten technischen Daten dieses Versuchsmodells sind in Tab. 2 zusammengestellt. Das Gerät brachte in allen Silagearten, auch bei langer Grassilage eine gute Funktionssicherheit. Wichtig ist dabei, daß das Fräsorgan möglichst dicht an die Schneidkette angestellt ist und das kontinuierliche Absenken nicht durch stehenbleibende Streifen im Futterstock behindert wird. Günstig wirkt sich auch ein geringer Vorlauf der Messer aus, der aber wegen eines Sicherheitsabstandes von der Bodenplatte und einer dennoch sauberen Aufnahme der Bodenschicht maximal 10 mm betragen darf.

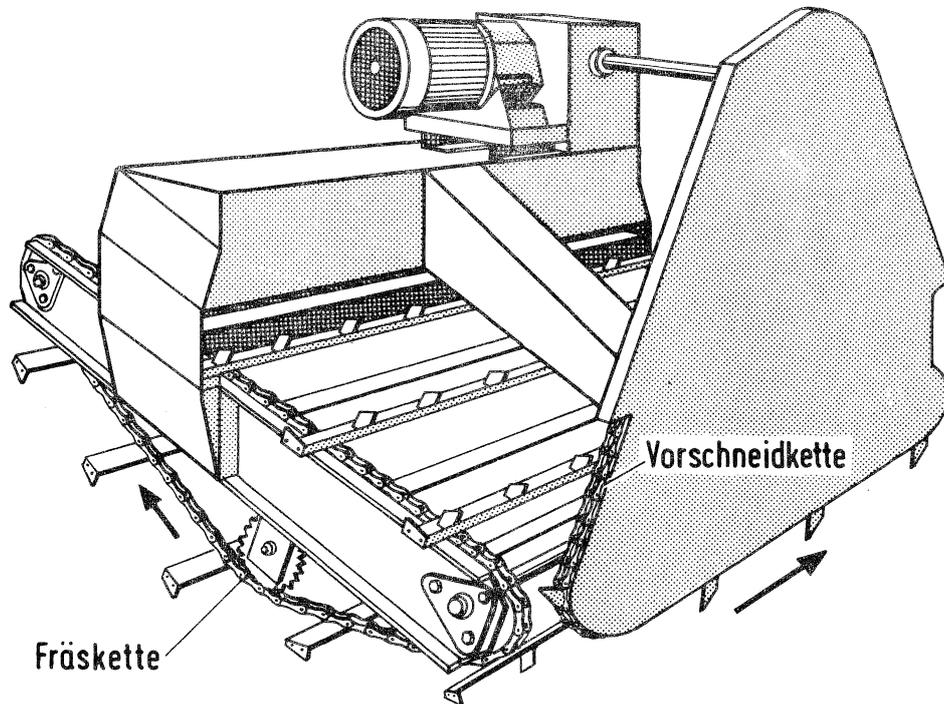


Abb. 7: Entwurf einer Flachsilofräse mit Vorschneidkette

Tab. 2: Technische Daten des Fräsenmodells mit Schneid- und Räumkette

Fräsbreite	1150 mm
Frästiefe	550 mm
Motorleistung	1,5 kW/100 U/min
Schneidkettengeschwindigkeit	$V_1 = 1,05 \text{ m/sec}$
Fräskettengeschwindigkeit	$V_2 = 0,78 \text{ m/sec}$

Erste Einsatzversuche mit dem Fräsenmodell brachten in ladewagen-geernteter Grassilage mit 40 % TM Entnahmeleistungen von durchschnittlich 85 kg/min. Dies ist mehr als die bisherigen Fräsen bei einer Arbeitsbreite von 1,7 - 1,8 m in diesem Material erreichten. Der Energiebedarf betrug dabei 0,4 kWh/t, dem ein Wert von 2,2 kWh/t bei

den z.Z. verfügbaren Geräten gegenübersteht. Wenn auch diese Daten nur als Anhaltswerte gelten können, so ist von diesem System bei entsprechender konstruktiver Weiterentwicklung mit geringem Energieaufwand der langsam laufenden Werkzeuge eine wesentliche Verbesserung der Funktionssicherheit und Leistungsfähigkeit der Flachsilofräsen in Grassilage zu erwarten.

Für die Auswahl und Kombination der Werkzeuge für Schneiden und Fräsen stehen noch mehrere Varianten zur Verfügung, so z.B. die Frästrommeln oder oszillierende Doppelmesser. Die Fräsenhersteller wurden über diese Möglichkeiten auf einem Fachgespräch informiert. Vereinzelt werden diese Anregungen aufgegriffen. Bislang sind aber noch keine derartigen Neuentwicklungen auf dem Markt verfügbar.

Das Teilprojekt wird mit der abgelaufenen Versuchsperiode beendet. Die Erprobung neuer Fräsenvarianten ist vor allem in Verbindung mit Fräswagen oder Fräsmischwagen im Teilprojekt F 2 vorgesehen, sobald die Industrie derartige Geräte bereit stellt.

Veröffentlichungen

1. P i r k e l m a n n, H.; M a i e r, L.: Verfahrensleistungen und Leistungsbedarf von Entnahmetechniken für Hoch- und Flachsilos.
Landtechnik 34 (1979) H. 12, S. 564 - 567
2. P i r k e l m a n n, H.: Flachsilos - Verfahrenstechnik.
AID Broschüre Nr. 58 (1980)
3. Techniken zur Silageentnahme aus Hoch- und Flachsilos.
Rinderwelt 6 (1981) H. 6, S. 208 - 211

Vorträge

1. M a i e r, L.: Untersuchungen an Fräs- und Förderorganen von Hoch- und Flachsilofräsen.
Freising 3.3.82, Fachgespräch des SFB 141 "Fütterungstechnik in der Rinderhaltung"
2. P i r k e l m a n n, H.: Verfahrensleistungen und Leistungsbedarf von Entnahmetechniken für Hoch- und Flachsilos.
Freising, 20.11.79, KTBL-Fachtagung: Neuzeitlicher Halmfutterbau

3. P i r k e l m a n n, H.: Techniken für Silageentnahme und Fütterung von Mastbullen.
Niederwalteich, 13.5.80. Unternehmer-Seminar über Bullenmast der Regierung von Niederbayern.
4. P i r k e l m a n n, H.: Silageentnahme aus Flachsilos.
Oberhackstedt, 18.2.81. Vortragsveranstaltung der Landwirtschaftskammer Kiel.
5. P i r k e l m a n n, H.: Entwicklungsstand der Techniken zur Entnahme von Silage aus Flachsilos.
Freising, 2.4.81. Fachgespräch über Flachsilofräsen der Landtechnik Weihenstephan.
6. P i r k e l m a n n, H.: Verfahrenstechniken zur Befüllung und Entnahme von Flachsilos.
Schwäbisch Gmünd, 15.12.81. Landwirtschaftsamt Schwäb. Gmünd.

Teilprojekt F 5

Entwicklung von Dosier- und Steuersystemen für mobile und stationäre Futterverteilereinrichtungen

Leiter: o.Prof. Dr. W. Söhne
Institut für Landmaschinen
Arcisstr. 21
8000 München 2
Tel. 089/2105

Mitarbeiter: Dr. Pirkelmann
Dr. Scholtysik
Ing.grad. F. Wendling
Ing.agr. L. Maier

Die Untersuchungen erstreckten sich ausschließlich auf die Vorlage des Kraftfutters. Ein wesentlicher Beweggrund für die Mechanisierung der Kraftfutterfütterung ist die exakte und leistungsbezogene Zuteilung. Aus diesem Grund ist die Kenntnis der Auswurfgenauigkeit ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Kraftfutterdosiergeräte. Nach dem Meßprinzip wird in Volumen- und Gewichtsdosierern unterschieden.

Volumendosierer

Bei den heute nahezu ausschließlich verwendeten Volumendosierern wird die Meßgenauigkeit neben der Gerätebauart zu einem hohen Anteil von der Futterstruktur, der Rieselfähigkeit und der Gutfeuchte bestimmt (siehe Forschungsbericht vom April 1979). Nach ergänzenden Untersuchungen von SCHOLTYSIK ergibt sich für die überwiegend eingesetzten Dosierschnecken außerdem eine große Abhängigkeit von den geometrischen Parametern der Schneckenbauteile. Der geförderte Massestrom ist hier nicht konstant, sondern ändert sich periodisch mit dem Drehwinkel der Schnecke (Abb. 1).

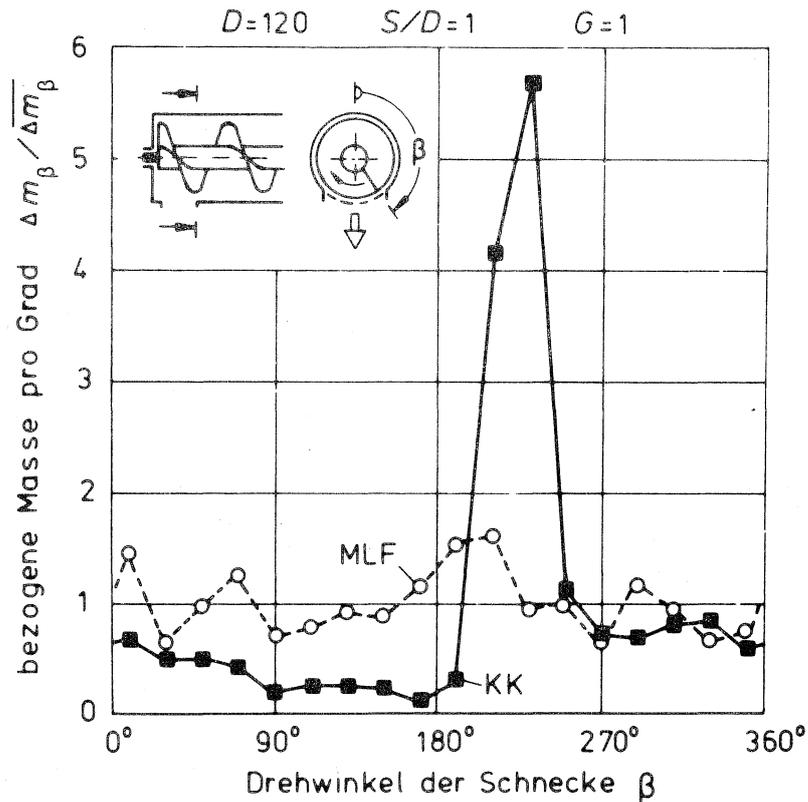


Abb. 1: Geförderte Masse in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Schnecke für zwei verschiedene Futterarten; aufgetragen ist die pro Grad geförderte Masse Δm_{β} bezogen auf den Mittelwert der pro Grad geförderten Masse Δm_{β}
 MLF mehliges Futter KK pelletiertes Futter

Pelletiertes Futter wird dabei unregelmäßiger gefördert als mehliges Gut. Die Dosierfehler sind umso geringer, je kleiner die Schwankungen der geförderten Masse werden. Bei konstantem Verhältnis von Steigung zu Durchmesser, nimmt der Variationskoeffizient, als Maß für die Dosiergenauigkeit zu, d.h. der Austrag wird mit zunehmendem Durchmesser ungenauer (Abb. 2). Als Grund ist anzuführen, daß bei konstanter dosierter Masse mit wachsendem Schneckendurchmesser die Anzahl der Umdrehungen bei der Dosierung verringert und dadurch die Möglichkeit zum Ausgleich der periodischen Schwankungen herabgesetzt wird. Dies trifft mit unterschiedlichem Ausmaß für alle Verhältnisse von Steigung zu Durchmesser und für mehliges und pelletiertes Futter zu. Bei konstantem Durchmesser verringert sich mit zunehmendem Verhältnis von Steigung zu Durchmesser der Variationskoeffizient. Dies wirkt sich bei pelletiertem Futter stärker aus als bei mehligem.

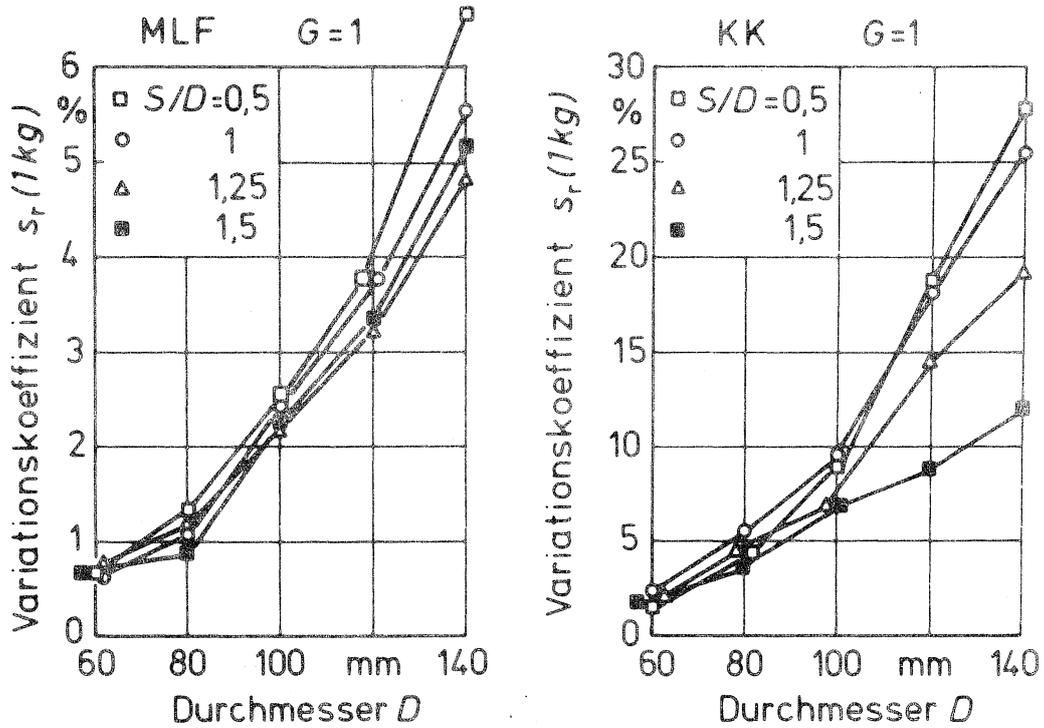


Abb. 2: Variationskoeffizient in Abhängigkeit vom Schneckendurchmesser bei verschiedenem Verhältnis Steigung/Durchmesser

Ein weiterer Einflußfaktor ist die Gangzahl. Mit zunehmender Gangzahl wird der Variationskoeffizient vermindert (Abb. 3).

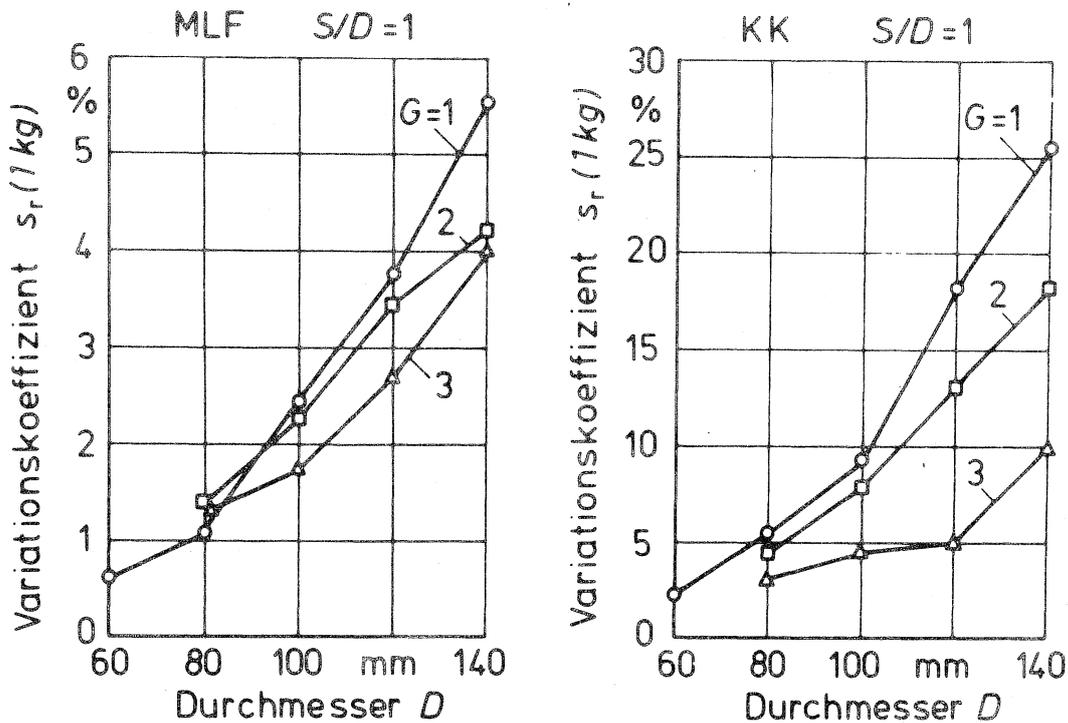


Abb. 3: Variationskoeffizient in Abhängigkeit vom Schneckendurchmesser bei verschiedener Gangzahl

Dies führt vor allem bei Pellets, auch bei größerem Durchmesser, zu einer deutlichen Verbesserung der Dosiergenauigkeit. Bei mehligem Futter ist die Auswirkung wegen der feineren Struktur geringer.

Eine Erhöhung der Dosiergenauigkeit ist vor allem bei pelletiertem Futter durch das Zurücksetzen der Schnecke von der Auswurföffnung, der sogenannten kurzen Schnecke, zu erreichen (Abb. 4).

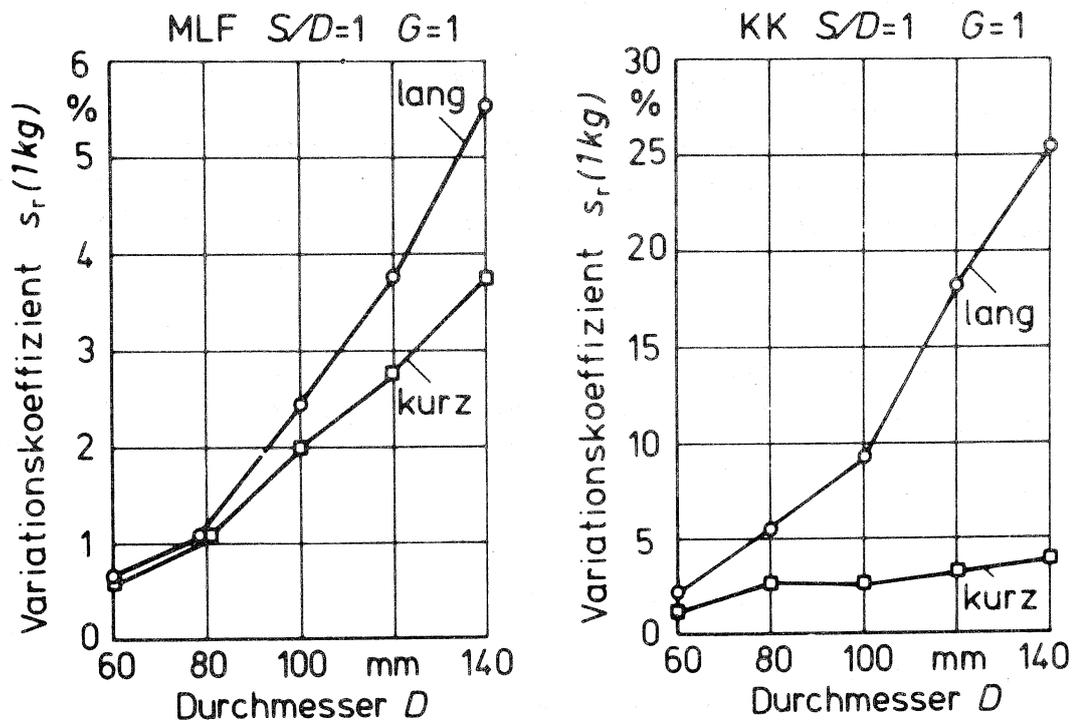


Abb. 4: Variationskoeffizient in Abhängigkeit vom Schneckendurchmesser bei langer und kurzer Schnecke

Dadurch werden die Unregelmäßigkeiten im Förderstrom ausgeglichen und das Futter steht in einem konstanten Schüttwinkel an der Auswurföffnung an. Der Variationskoeffizient bleibt hier bei allen Schneckendurchmessern nahezu konstant, während in der üblichen Ausführung ein starker Anstieg gegeben ist. Im mehligem Futter zeigt sich dagegen nur eine geringfügige Auswirkung. Diese Maßnahme empfiehlt sich vor allem in stationären Anlagen, während in mobilen Geräten bei Erschütterung die Gefahr eines Nachrieselns besteht.

Gewichtsdosierer

Eine weitgehende Unabhängigkeit der Auswurfgenauigkeit von den physikalischen Eigenschaften des Kraftfutters ist durch die Gewichtsdosierung zu erreichen. Lediglich Feuchteänderungen des Futters führen zu Trockenmassefehlern der Zuteilmenge. So ist mit einer Erhöhung der Kraftfutterfeuchte von 10 auf 15 % eine Verminderung der Trockenmassemenge um 5,5% verbunden. Die Kraftfutterzuteilung mit Gewichtsdosierung kann grundsätzlich nach zwei Methoden erfolgen.

1. Das zu dosierende Material wird von einem Förderorgan in einen Wiegebehälter gebracht, in dem ein Vergleich mit einer vorgegebenen Sollmasse oder einer äquivalenten Kraft stattfindet. Dafür können elektromechanische Bauteile, z.B. mit Dehnungsmeßstreifen arbeitende Kraftaufnehmer oder mechanische Einrichtungen wie die Balken- oder Federwaage, verwendet werden.
2. Das zu dosierende Material wird von einem Förderorgan aus einem Wiegebehälter ausgetragen, wobei ein Vergleich mit einer äquivalenten Kraft als Differenz vom Ausgangsgewicht zum Endgewicht erfolgt. Auch dafür sind die oben genannten Wiegesysteme einzusetzen.

In der Kraftfutterzuteilung nach der 1. Methode bestimmen zu einem hohen Anteil die Größe und Gleichmäßigkeit des Zufuhrstromes die Dosiergenauigkeit. Nach Untersuchungen von SCHOLTYSIK steigt bei einem zeitlich konstanten Zufuhrstrom die Zuteilmasse mit vergrößertem Massenstrom an und weicht dadurch zunehmend vom Sollgewicht ab (Abb. 5).

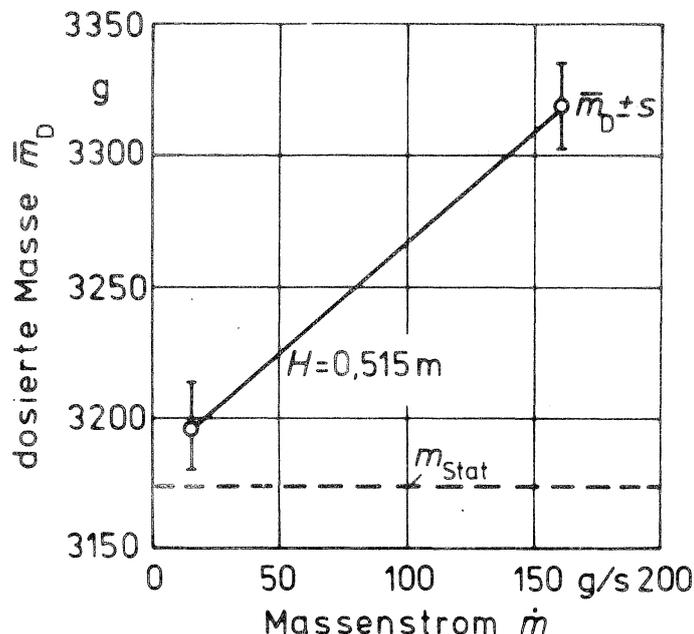


Abb. 5: Mittelwert der dosierten Masse in Abhängigkeit vom zugeführten konstanten Massenstrom (Fallhöhe H und Einstellung des Massendosierers konstant)

Dies ist damit zu begründen, daß zum einen der herabfallende Massenstrom eine Impulskraft auf das Wiegesystem ausübt, die zu einer Verringerung der Gesamtmasse im Behälter führt, zum anderen, daß nach Abschaltung des Zufuhrorgans noch die Masse zwischen Zufuhrorgan und Wiegebehälter nachfließt und so das Gesamtgewicht erhöht. Der dadurch entstehende systematische Fehler kann jedoch bei konstantem Zufuhrstrom durch Kalibrierung des Wiegesystems beseitigt werden. Ein Einfluß der Fallhöhe auf die Sollwertabweichung wurde bei diesen Untersuchungen nicht festgestellt. Bei der absätzigen Befüllung des Wiegebehälters entsteht am Wiegesystem ein treppenförmiger Kraftanstieg mit überlagerten Spitzen, die durch die Impulskraft des einfließenden Massenstroms entstehen. Dies führt mit Vergrößerung der Fallhöhe und des Massenstroms zu einer starken negativen Abweichung der Zuteilmasse zum Sollgewicht (Abb. 6).

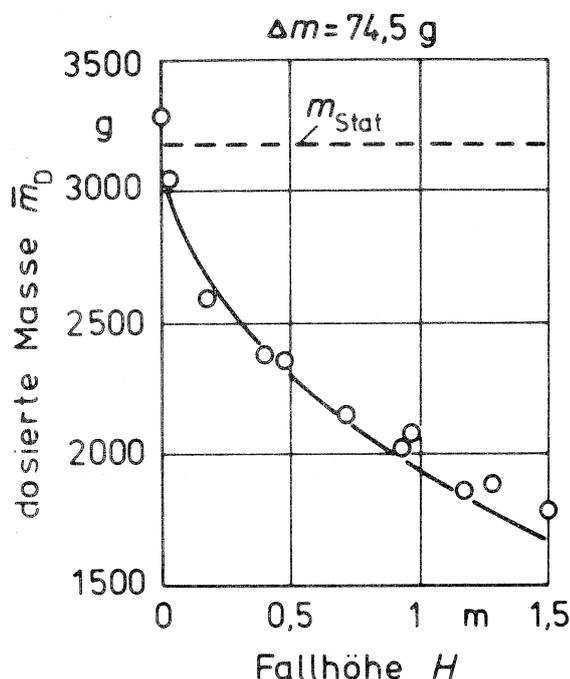


Abb. 6: Mittelwert der dosierten Masse in Abhängigkeit von der Fallhöhe bei absätziger Zufuhr einzelner Massenelemente konstanter Masse (konst. Einstellung des Massendosierers).

Diese durch die Impulskräfte hervorgerufenen Dosierfehler gehen aber nur bei sehr schnell ansprechenden Meßsystemen, wie den Dehnungsmeßstreifen, im vollen Umfang in die Zuteilgenauigkeit ein. Eine elektronische Meßwertverzögerung (Integration) könnte diese Einflüsse weitgehend ausgleichen und damit die Dosierfehler verringern. Bei langsamer reagierenden Meßsystemen wie der Balkenwaage, werden die Impulskräfte besser abgefangen und führen somit zu kleineren Soll-

wertabweichungen. Demnach ist bei einem zeitlich konstantem Zufuhrstrom die dosierte Masse stets größer, bei der absätzigen Zufuhr die dosierte Masse stets kleiner als das Sollgewicht.
 In Untersuchungen zu dieser Methode der Gewichtsdosierung wurde ein handelsüblicher Elektromagnet als Vergleichskraftgeber verwendet. Das in Abbildung 7 dargestellte Wiegesystem besteht im wesentlichen aus einer Einheit für die Sollgewichtsvorgabe, einem E-Magneten, einem Zufuhrorgan und einem Meßbehälter.

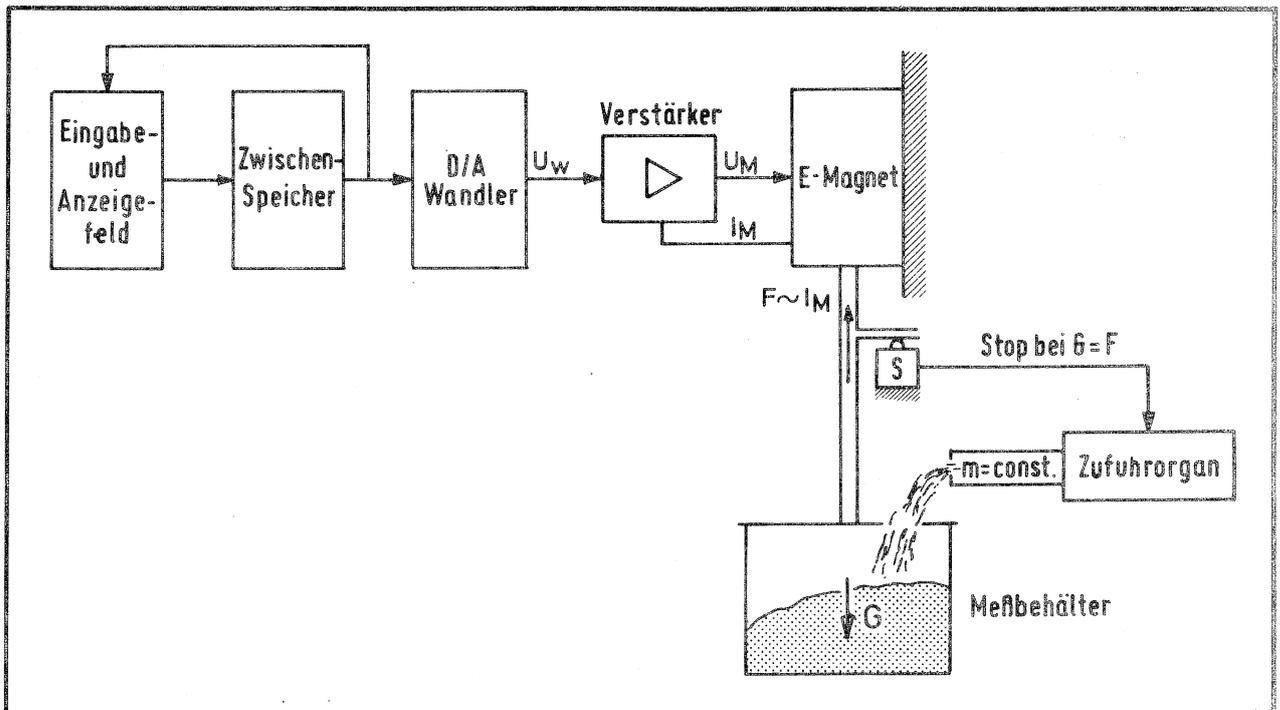


Abb. 7: Systemdarstellung einer Gewichtsdosierung für Kraftfutter mit digitaler Sollwertvorgabe und der Zugkraft eines E-Magneten als Vergleichskraft

Das Gut wird von dem Zufuhrorgan (bei unseren Versuchen eine Schwingrinne) in den Meßbehälter gefördert. Der Gewichtskraft des im Meßbehälter enthaltenen Gutes und der Kraft des Leergewichts des Behälters wird über eine Halterung die Zugkraft des Magnetankers entgegengesetzt. Überschreitet die Gesamtgewichtskraft des Behälters und des Gutes die Zugkraft des Magnetankers, wird der Anker geringfügig aus den Magneten gezogen und betätigt einen Schalter, der das Zufuhrorgan stoppt. Die Zugkraft des Magneten hängt vom Erregerstrom, der ihn durchfließt, ab. Sie kann entsprechend dem verwendeten Magneten bis zum maximalen Wert beliebig verändert werden. Das Sollgewicht wird über eine Tastatur in digitaler Form vorgeben oder aus einem Speicher abgerufen. Anschließend wird der digitale Wert durch einen Digital-Analog-Wandler in eine analoge Spannung umgesetzt.

Diese Spannung dient einem nachfolgenden Regelverstärker als Sollgröße, der den Erregerstrom des E-Magneten der Sollgröße entsprechend konstant hält. Damit werden Zugkraftfehler, die durch Erwärmen des Magneten entstehen, vermieden. Um die Weiegeeinrichtung gegenüber den Impulskraftspitzen durch den herabfallenden Massenstrom unempfindlicher zu gestalten, ist es zweckmäßig, einen E-Magneten zu verwenden, der durch eine spezielle Formgebung des Ankers und der Erregerwicklung eine annähernd rechteckige Weg-Zugkraft-Kennlinie aufweist (Abb. 8).

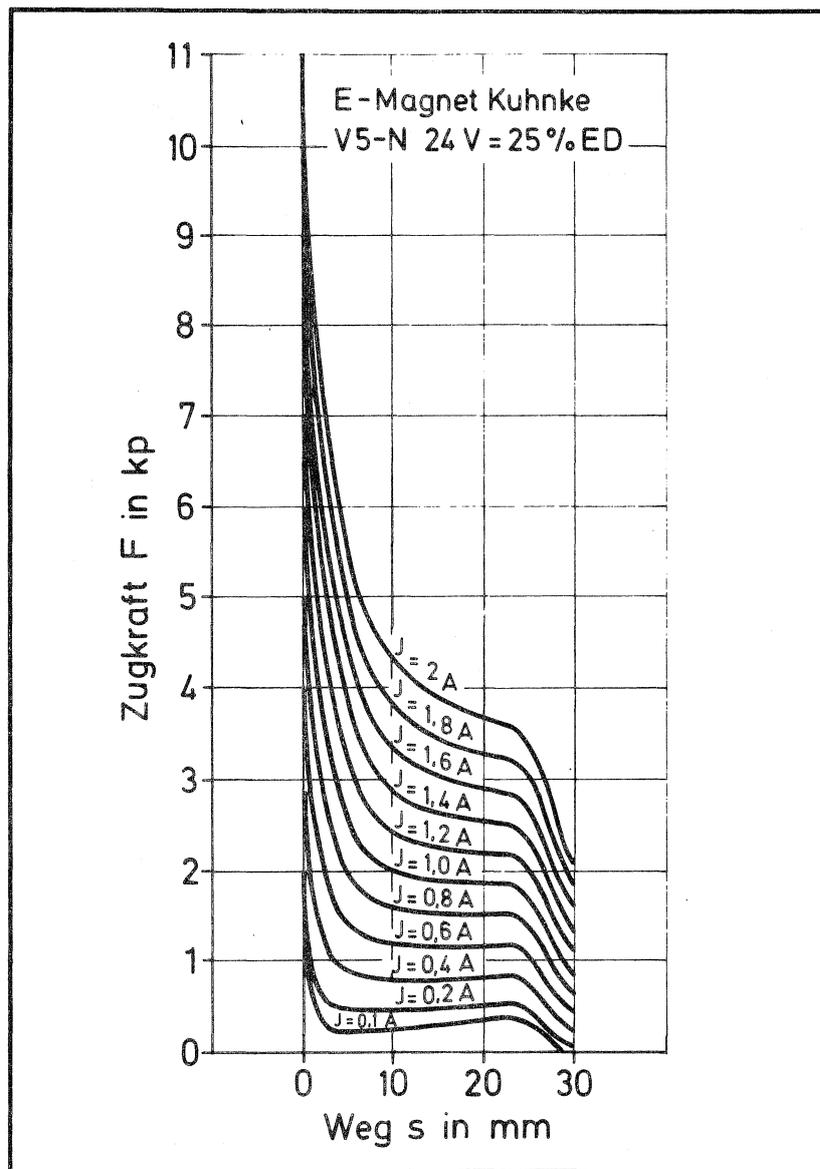


Abb. 8: Strom-Weg-Zugkrafttrennlinien eines Elektro-Magneten

Damit kann für die Vergleichskraftvorgabe der Anker in eine Stellung gebracht werden, in der die Weg-Zugkraft-Kennlinie fast waagrecht verläuft, um bei Impulskraftspitzen dem Wiegesystem ein bestimmtes Rückstellvermögen zu geben. Die in Abbildung 9 dargestellte Zugkraft-Erregerstrom-Kennlinie des Magneten weist wegen der Magnetisierung des Ankers im unteren Bereich eine Nichtlinearität auf. Durch entsprechende Auslegung des Meßbehälterleergewichts kann der Wiegebereich in den linearen Verlauf der Kennlinie verlagert werden.

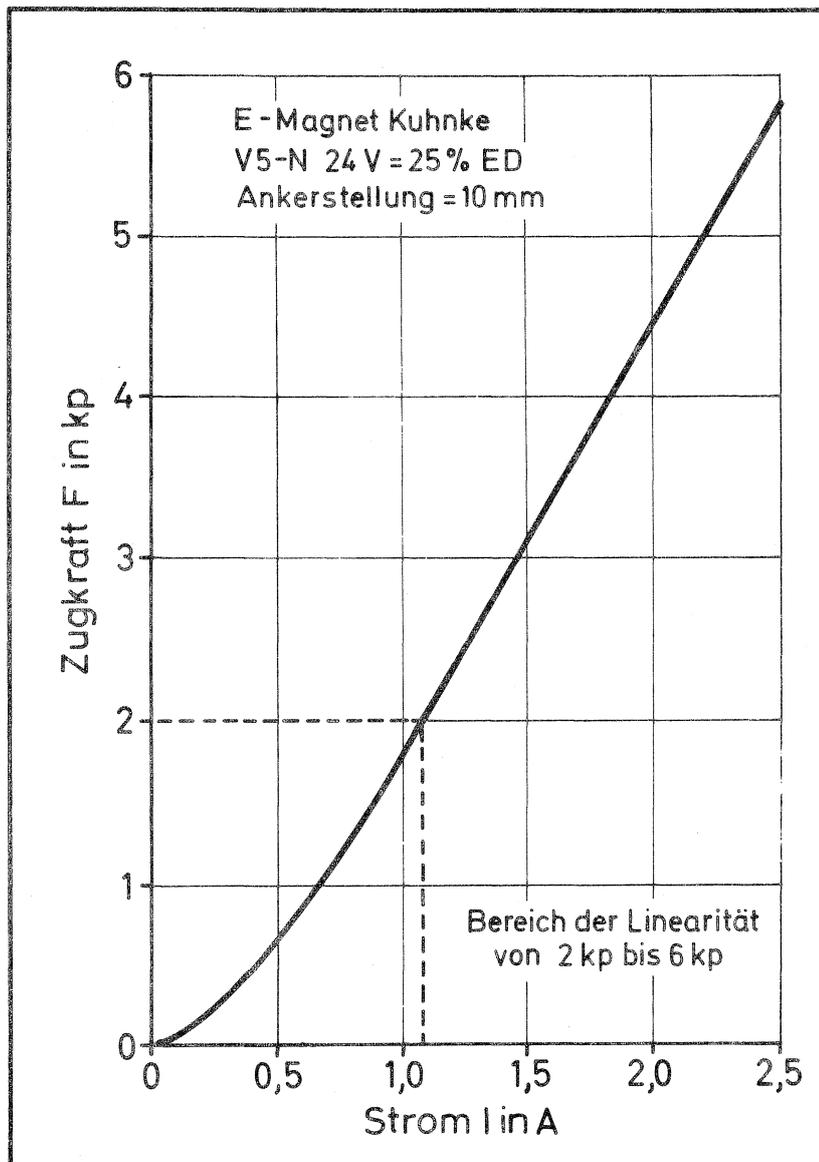


Abb. 9: Strom-Zugkraftkennlinie eines Elektro-Magneten

Messungen mit pelletiertem Futter ($\varnothing 6$ mm) in einem Bereich von 200 - 2500 g ergaben die in Tabelle 1 aufgeführten Dosiergenauigkeiten.

Tab. 1: Dosiergenauigkeit einer Wiegeeinrichtung mit einem E-Magneten als Vergleichskraftgeber.

E-Magnet: Kuhnke V5-N 24V=25%ED
 Ankerstellung: S=10 mm
 Messungen: n=10
 Zufuhrorgan: Schwingrinne
 Dosiergut: Kuhkorn 3

Auswurf- menge (g)	195	462	922	1076	1565	2047	2557
Streuung (g)	10,1	8,9	14,2	13,9	20,1	22,1	17,5
Variations- koeffizient (%)	5,1	1,9	1,5	1,3	1,3	1,0	0,6

So wurde mit dieser Versuchsanordnung die Mindestportionsgröße von 195 g mit einer Abweichung von 5,1 % ermittelt. Mit kleineren E-Magneten und Zufuhrströmen konnte sie weiter herabgesetzt werden. Dieses Wiegesystem eignet sich vor allem für Fütterungsgeräte mit oft wechselnder Zuteilmenge, da die Sollwertvorgabe in beliebig kleinen Schritten aufgeteilt werden kann. Von einer mehrfachen stationären Anwendung dieses Systems, z.B. im Anbindestall, ist dagegen abzusehen, weil für jedes Gerät ein relativ großer Aufwand an elektronischer Steuertechnik notwendig ist.

In Untersuchungen zur 2. Methode der Gewichtsdosierung wurde der im Forschungsbericht 1979 bereits vorgestellte selbstfahrende Hängedosierer mit einer Wiegeeinrichtung und einer programmierbaren Steuerung ausgestattet. Das in Abbildung 10 dargestellte Blockschaltbild zeigt die Funktionsweise dieser Anlage. Über eine Tastatur kann eine zweistellige Platznummer in den Standplatzzähler eingegeben werden. Der Standplatzzähler adressiert den Speicher und gibt die Platznummer auf die Anzeige. Gleichzeitig erscheint der Speicherinhalt für diese Adresse auf der Anzeige. Soll der Speicherinhalt verändert werden, kann über die Tastatur eine zweistellige Zahl in den Mengenzähler eingegeben werden, der diese Zahl an den Speicher weiterleitet und dort ablegt. Somit können für maximal 99 Standplätze im Anbindestall 0 bis 99 Zuteileinheiten frei eingegeben werden.

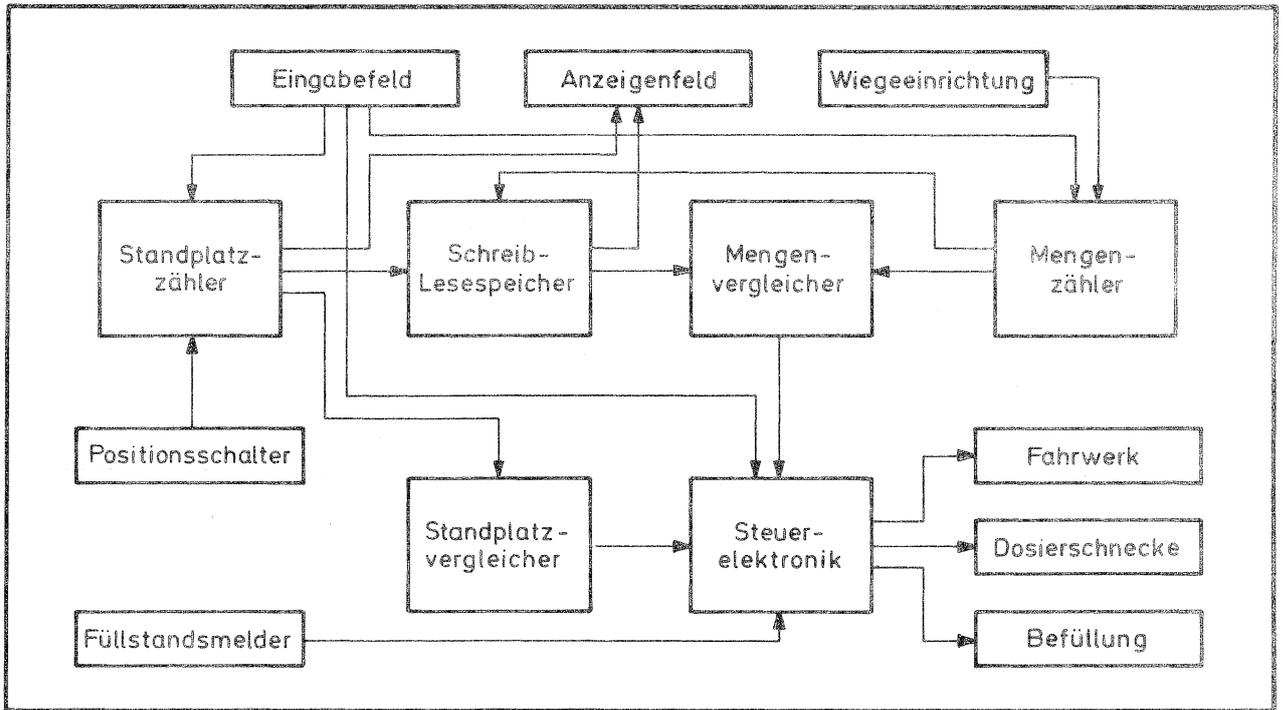


Abb. 10: Blockschaltbild eines Hängedosierautomaten mit Gewichts-dosierung (Biegestäbe)

Wird der Wagen manuell oder mit einer Zeituhr zur Fütterung in Bewegung gesetzt, gibt der Positionsschalter bei jedem Standplatz einen Impuls an den Standplatzzähler weiter und erhöht damit bei der Vorfahrt oder erniedrigt bei der Rückfahrt die Platznummer um 1. Der Speicherinhalt wird bei den jeweiligen Standplätzen (Adressen) auf einen Mengenvergleicher gegeben. Ist dieser Inhalt 0, fährt der Wagen in der vorgegebenen Richtung zum nächsten Standplatz weiter. Hat der Speicherinhalt einen Wert von 1 bis 99, bleibt der Wagen stehen und setzt die Dosierschnecke solange in Betrieb, bis der Mengenzähler den gleichen Wert erreicht hat. Jetzt schaltet die Dosierschnecke ab und der Wagen setzt sich zum nächsten Standplatz in Bewegung. Im Standplatzvergleicher sind die Platznummern 0, der maximale Standplatz und der Füllstandplatz fest vorgegeben. Erreicht der Wagen die Plätze 0 oder den maximalen Standplatz, schaltet er automatisch auf Ruhestellung und in die entgegengesetzte Fahrtrichtung um. Ist der Wagen am Füllstandplatz angekommen, wird er angehalten und das Befüllorgan solange eingeschaltet, bis der Füllstandsmelder den Befehl zur Weiterfahrt gibt. Als Wiegesystem dient ein serienmäßiges Meßsystem mit drei Biegestäben bei einer maximalen Belastung von 115 kg pro Biegestab und einer Auflösung von 10 g. Die Auswurfmenge ist der Differenzbetrag vom gesamten Behältergewicht bei Förderanfang zum Behältergewicht bei Förderende. Bei der Wiegeeinrichtung wird der

analoge Meßwert der Dehnungsmeßstreifen von einem Analog-Digital-Wandler pro Sekunde zweimal umgesetzt und erscheint als Digitalwert auf dem Anzeigenfeld der Wiegeeinrichtung. Über Kodierschalter kann eine Meßeinheit von 10 bis 150 g in 10-er Schritten eingestellt werden, die bei entsprechender Dekadenänderung als Impuls ausgegeben und im Mengenzähler der Futterwagensteuerung aufaddiert wird.

Zur Bestimmung der Dosiergenauigkeit wurden Meßeinheiten von 20, 50 und 100 g bei Sollmengen von 100 bis 1500 g in Abhängigkeit der Auswurfgeschwindigkeiten von 83, 160 und 293 g/s untersucht (Abb. 11). Auf der Ordinate ist die mittlere Abweichung von zehn Messungen in g angegeben. Die Zuteilmassen des Kraftfutters lagen bei den Untersuchungen immer über dem Sollwert. Das ist darauf zurückzuführen, daß bei diesem Wiegesystem die Umwandlung des analogen Signals der Dehnungsmeßstreifen in den digitalen Anzeigewert mit der oben genannten Verzögerung und damit eine verspätete Meßwert-

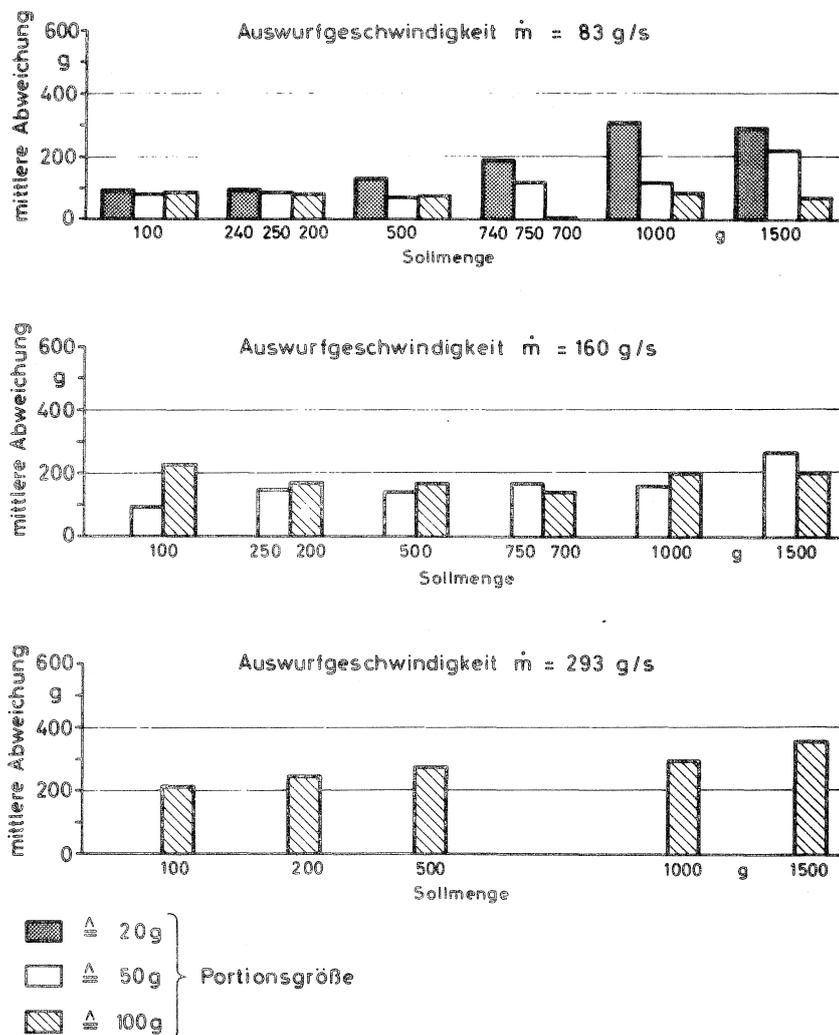


Abb. 11: Mittlere Abweichung vom Sollwert einer elektronischen Wiegeeinrichtung bei unterschiedlicher Auswurfgeschwindigkeit und Portionsgröße (pelletiertes KF, je 10 Messungen), stationärer Betrieb

erfassung erfolgt. Bei konstanter Auswurfgeschwindigkeit sind die Abweichungen zum Sollwert über den genannten Meßbereich nahezu gleich groß.

Dagegen ist bei konstanter Meßeinheit eine Erhöhung der Auswurfgeschwindigkeit mit einer Vergrößerung der Sollwertabweichung verbunden. Als Ursache dieser Einflüsse ist wiederum die verzögerte Meßwerterfassung anzuführen, die sich besonders bei hohen Auswurfgeschwindigkeiten bemerkbar macht. Die Vergrößerung der Sollwertabweichung bei einer Meßeinheit von 20 g und einer Auswurfgeschwindigkeit von 83 g/s bzw. der leichte Anstieg der Abweichungen bei einer Meßeinheit von 100 g und einer Auswurfgeschwindigkeit von 293 g/s war auf die Trägheit des Impulsausgabereleais zurückzuführen. Das Relais kann aus mechanischen Gründen nur fünf Schaltwechsel pro Sekunde durchführen. Aus diesem Grund konnten die Meßeinheiten mit 20 g bei einer mittleren und 20 und 50 g bei der hohen Auswurfgeschwindigkeit nicht mehr untersucht werden.

Im mobilen Betrieb verhielten sich die genannten Einflüsse auf die Dosiergenauigkeit ähnlich (Abb. 12). Die Abweichungen zur Sollmenge

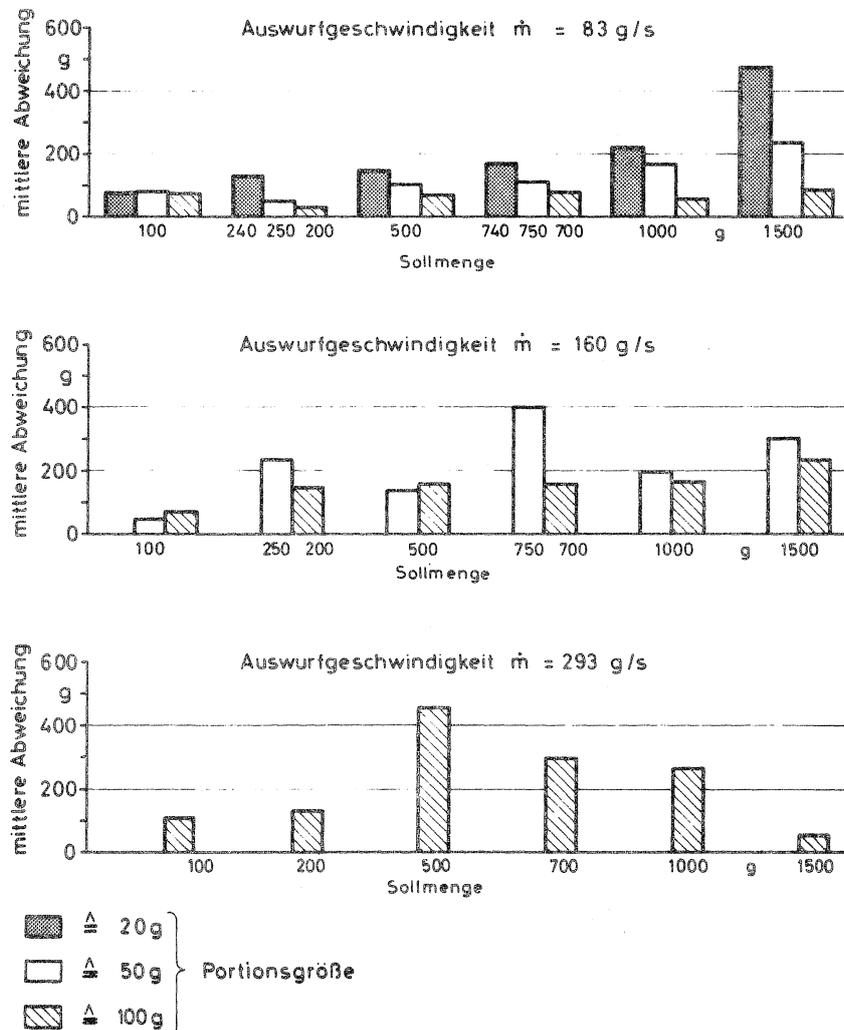


Abb. 12: Mittlere Abweichung vom Sollwert einer elektronischen Wiegeeinrichtung bei unterschiedlicher Auswurfgeschwindigkeit und Portionsgröße (pelletiertes KF, je 10 Messungen), mobiler Betrieb

sind aber etwas größer. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Bestimmung des Gesamtgewichts des Dosierwagens beim Anhalten erfolgt und somit das Pendeln des Wagens zu Meßungenauigkeiten führt. Zur Abhilfe müßte bei der Ankunft am Standplatz eine kurze Verweilzeit bis zum Einschalten der Dosierschnecke vorgegeben werden. Somit ist bei der Kraftfutterzuteilung nach Gewicht bei dieser Methode die Dosiergenauigkeit im hohen Anteil von der Trägheit des Meßsystems abhängig. Eine Verbesserung der Sollwertehaltung könnte durch den direkten Vergleich des analogen Meßwertes mit einer analogen Sollgröße erreicht werden.

Die Arbeiten zum Teilprojekt F 5 sind mit diesen Untersuchungen weitgehend abgeschlossen. Wünschenswerte Verbesserungen kleineren Umfangs, wie die Ausrüstung des Hängedosierautomaten mit einer rechnergestützten Steuerung oder die Erprobung derartiger industriell gefertigten Anlagen, werden im Teilprojekt F 2 fortgeführt.

Veröffentlichungen

1. S c h o l t y s i k, B.J.: Einfluß der geometrischen Parameter auf die Dosiergenauigkeit von Schneckendosierern für Kraftfuttermittel.
Grundlagen der Landtechnik Bd. 31 (1981) Nr. 1, S. 9 - 15
2. S c h o l t y s i k, B.J.: Einfluß des zugeführten Massestroms auf das Dosierergebnis bei Kraftfutter-Dosierwaagen.
Grundlagen der Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 35, S. 61 - 66
3. S c h o l t y s i k, B.J.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Genauigkeit von Zellenraddosierern für Kraftfuttermittel.
Grundlagen der Landtechnik Bd. 32 (1982) Nr. 1, S. 1 - 8

Vorträge

1. S c h o l t y s i k, B.J.: Einfluß des zugeführten Massenstroms auf die Genauigkeit von Kraftfutterdosierwaagen.
Braunschweig, 8.11.1979, VDI-Tagung
2. W e n d l i n g, F.: Einflußfaktoren auf die Auswurfgenauigkeit von Volumen- und Gewichtsdosierern für Kraftfutter.
Freising, 3.3.1982, Fachgespräch des SFB 141, Fütterungstechnik in der Rinderhaltung

Dissertation

1. S c h o l t y s i k, B.J.: Untersuchungen zur Genauigkeit von Volumendosiereinrichtungen für Kraftfuttermittel.
Dissertation 1982 TU München

Teilprojekt F 8

Zum Einfluß verschiedener Fütterungstechniken auf Kriterien der Futteraufnahme, Verdauung und Leistung von Milchkühen

Leiter: o.Prof.Dr. M. Kirchgeßner
Institut für Ernährungsphysiologie
Hochfeldweg
8050 Freising
Tel.: 08161/71400

Mitarbeiter: M. Böhm, Dipl.ing.
H.P. Lindner, Dr. agr.
H.L. Müller, Dr.agr.habil, AOR
J. Sax, Dr.agr.
F.J. Schwarz, Dr.agr.habil, AOR

1. Unterschiedliche Fütterungsfrequenz und Nährstoffverdaulichkeit

In einem ersten Verdaulichkeitsversuch mit Schafen wurde bei konstantem Grund-Kraftfutterverhältnis kein Einfluß einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf die Nährstoffverdaulichkeit beobachtet (siehe Forschungsbericht 1979). Dieser Versuch wurde mit variierenden Grund-Kraftfutterverhältnissen an vergleichbarem Tiermaterial (ausgewachsene Hammel) wiederholt. Dabei wurden drei verschiedene Verdaulichkeitsniveaus durch unterschiedliche Anteile von Wiesenheu und Kraftfutter gebildet. Sie sind durch Rohfasergehalte von 13 %, 19 % und 25 % charakterisiert. Eine 6malige gegenüber einer 2maligen Fütterung beeinflusst in keiner der untersuchten Behandlungen die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe.

In einer weiteren Untersuchung wurde die Nährstoffverdaulichkeit bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz an nichtlaktierenden, nicht-trächtigen Kühen und an laktierenden Kühen überprüft. Die beiden Versuchsreihen waren als Rotations- bzw. Umkehrversuch (n = 9 bzw. 8) angelegt. Bei den nichtlaktierenden Kühen standen der herkömmlichen zweimaligen Grund- und Kraftfutterfütterung eine Aufteilung des Kraftfutters in 8 Tagesgaben und eine zehnmahlige tägliche Grund- und Kraftfutturvorgabe gegenüber. Bei den laktierenden Kühen wurde der zweimaligen

Grund- und Kraftfuttermittelvorgabe die Aufteilung des Kraftfutters auf sechs Tagesportionen gegenübergestellt. Die Gesamtration war durch einen sehr niedrigen Rohfasergehalt von nur etwa 16 % gekennzeichnet. Die mittleren Verdauungsquotienten sind in Übersicht 1 dargestellt. In keiner der beiden Untersuchungen traten Unterschiede in der Verdaulichkeit der einzelnen Nährstofffraktionen zwischen den verschiedenen Fütterungshäufigkeiten auf.

Obersicht 1: Mittlere Verdauungsquotienten der Futterinhaltsstoffe bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz

	Versuchsreihe I			Versuchsreihe II	
	nichtlaktierende, nichtträchtige Kühe			laktierende Kühe	
	2/2	2/8	10/10	2/2	2/6
Trockensubstanz	70,9	72,0	71,5	68,4	68,4
Energie	70,3	70,8	69,7	67,2	67,6
Rohprotein	57,1	59,2	59,7	60,7	59,1
Rohfett	72,9	74,0	72,5	68,4	73,5
Rohfaser	62,1	62,9	60,6	55,6	54,8
N-freie Extraktstoffe	81,1	80,8	80,2	77,7	78,1

2. Unterschiedliche Fütterungsfrequenz und Kriterien des Energie- und N-Stoffwechsels

In dem Forschungsbericht 1979 wurde ausführlich über vier verschiedene Versuchsreihen zur Fütterungsfrequenz unter praktischen Fütterungsbedingungen berichtet (siehe auch anliegendes Literaturverzeichnis). Dabei konnte aufgezeigt werden, daß bei ausreichender Grundfütterungsver-sorgung kein Einfluß der Fütterungsfrequenz auf die verschiedenen Leistungsmerkmale zu erwarten ist. Erst bei einem sehr eingeschränkten Grundfütterungsanteil in der Gesamtration wurde ein positiver Effekt der häufigen Futtermittelvorgabe auf die Milchmenge erzielt. Unter Verwendung solcher rohfasearmen Rationen wurde sodann in zwei Gesamtstoffwech-selexperimenten untersucht, auf welchen Stufen der Transformation der

Futterenergie in tierisches Produkt Energieverluste auftreten. Die Versuche wurden nach "change over"-Plänen mit insgesamt 17 Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh durchgeführt. Im ersten Versuch wurden nichtlaktierende Kühe verwendet, die täglich zweimal Grund- und Kraftfutter, zweimal Grund- und achtmal Kraftfutter oder zehnmal Grund- und Kraftfutter erhielten. Im zweiten Versuch mit laktierenden Kühen wurden Grund- und Kraftfutter zweimal bzw. Grundfutter zweimal und Kraftfutter sechsmal vorgelegt. Die Ration bestand in beiden Versuchen aus Heu, Cobs und Kraftfutter bei einem Grundfutter/Kraftfuttermverhältnis von 50 : 50 und einem Rohfasergehalt von 16 % (Versuch I) bzw. 15,7 % (Versuch II) in der Trockensubstanz. Die Bilanzdaten wurden nach der konventionellen Sammelmethode (Kot, Harn) sowie durch eine 48stündige Messung des Gaswechsels in der Respirationsskammer erfaßt.

Einflüsse der unterschiedlichen Fütterungshäufigkeit auf die Verdaulichkeit der Energie sowie der einzelnen Nährstofffraktionen wurden in keinem der beiden Versuche festgestellt (siehe auch Abschnitt 1, Übersicht 1). Auch die umsetzbare Energie wurde durch die verschiedenen Behandlungen nicht verändert. Allerdings waren in Versuch II bei häufiger Kraftfuttermvorlage die Harnenergieverluste um 10 % gegenüber der Kontrollbehandlung erniedrigt (Übersicht 2). Diesen verringerten Energieverlusten stand jedoch eine um etwa den gleichen Betrag erhöhte Ausscheidung an Methanenergie gegenüber.

Wie aus den Bilanzdaten in Übersicht 2 hervorgeht, war die häufige Kraftfuttermvorlage mit einer Verringerung der Wärmeproduktion um 3,4 MJ/d bzw. einer Erhöhung der Energieretention um 5,1 MJ/d verbunden. Die energetische Ausnutzung des Futters liegt bei sechsmaliger Kraftfuttermfrequenz um 3 Prozentpunkte besser. Bei den nichtlaktierenden Kühen, die auf einem wesentlich niedrigeren Fütterungslevel versorgt wurden, führte die mehrmalige Futtermvorlage zu einer eher erhöhten Wärmebildung. Die Versuchsvarianten achtmalige Kraftfuttermfrequenz und zehnmalige Grund- und Kraftfuttermfrequenz zeigten keinerlei Unterschiede.

Obersicht 2: Energiebilanz und Energieverwertung der laktierenden Kühe (Versuch II)

	MJ/d		%	
	2/2	2/6	2/2	2/6
Energieaufnahme (GE)	280,2	281,1		
Kot	91,9	91,2		
Harn	9,7	8,7	RE/GE	23,7 25,5
CH ₄	14,2	15,4	RE/ME	40,4 43,2
umsetzbare Energie (ME)	164,2	165,8	K ₁	61,5 64,1
Wärme	97,4	94,0		
Energieretention (RE)	66,7	71,8		
Energieansatz	8,3	12,5		
Milchenergie	58,4	59,3		

$$K_1 = \frac{RE + 0,293 W^{0.75}}{ME}, \quad W = \text{Tiergewicht in kg}$$

Bei allen gemessenen Komponenten der N-Bilanz wie auch den relativen N-Ansatzwerten waren in Versuch I zwischen den Versuchsvarianten keine Differenzen zu verzeichnen. Bei den laktierenden Kühen wurde eine um 9 % verringerte Harn-N-Ausscheidung bei sechsmaliger im Vergleich zu zweimaliger Kraftfuttermischung gefunden.

Dieser Gesamtstoffwechselversuch mit laktierenden Kühen wie auch die eingangs erwähnten Fütterungsexperimente zeigen, daß von einem Einfluß der Kraftfutterfrequenz erst bei einem starken Absinken des Grundfütter- bzw. Rohfaseranteils, also bei einer nicht mehr wiederkäuergerechten Futterration gesprochen werden kann.

3. Einsatz von Futtermischungen in der Milchviehfütterung

In dem Forschungsbericht 1979 wurde über Futteraufnahme und Milchleistung bei alternativer Vorlage von Gras- und Maissilage im Vergleich zur Verfütterung einer entsprechenden Grundfuttermischung berichtet (siehe auch anliegendes Literaturverzeichnis). In der vorliegenden Serie von insgesamt drei weiteren Versuchen wurde unter

den Bedingungen eines sehr hohen Grundfutterangebots überprüft, inwieweit die Verfütterung gemischten Futters im Vergleich zur getrennten Vorlage der Einzelkomponenten zu jeder Mahlzeit die Futteraufnahme und Milchleistungskriterien beeinflusst. Die Arbeiten wurden auf der Versuchsstation Hirschau mit Kühen der dortigen Milchviehherde der Rasse Red Holstein Frisian x Fleckvieh bzw. Fleckvieh durchgeführt. In den Versuchsreihen (VR) 1, 2 und 3 wurden Mais-silage und Heu (VR 1) bzw. Grassilage, Maissilage und Heu (VR 2 und 3) sowie Ausgleichskraftfutter zu jeder Mahlzeit entweder als Einzelkomponente (Behandlung 1), das Grundfutter in Mischung (Behandlung 2) oder Grund- und Ausgleichskraftfutter in Mischung (Behandlung 3) verabreicht. Die Verfütterung der Grundfutterkomponenten und aller Futtermischungen erfolgte zur freien Aufnahme, die des Ausgleichskraftfutters bei getrennter Vorlage und des Leistungskraftfutters stets rationiert. VR 1, 2 und 3 wurden als Gruppenversuche mit 10 bzw. 11 Kühen pro Behandlung und einer Versuchsdauer von 7 bzw. 8 Wochen durchgeführt.

Die mittleren Ergebnisse des Grundfutterverzehrs sind in Übersicht 3 aufgeführt. Daraus ist ersichtlich, daß die tägliche Grundfutteraufnahme bei Verabreichung des Rohfutters und der Silage in Mischung bei allen VR mit 12,0 bis 12,9 kg Trockensubstanz (TS) stets am höchsten ist. Die Meßwerte unterscheiden sich jedoch in VR 1 und 2 nicht deutlich von denen bei getrennter Vorlage mit einem mittleren Verzehr von 11,8 und 12,2 kg TS (Behandlung 1). Die Einmischung höherer Mengen an Ausgleichskraftfutter in VR 1 und 2 verringerte die Grundfutteraufnahme sogar deutlich um 0,4 bis 0,8 kg TS (Behandlung 3). Demgegenüber wurde die Mischung in VR 3 um nahezu 2 kg TS deutlich besser gefressen als das Futter nach getrennter Vorlage. Aufgrund der mäßigen Qualität der Grassilage beeinflusste in diesem Versuch die Einbringung geringer Mengen an Kraftfutter die Grundfutteraufnahme überdies positiv.

Übersicht 3: Mittlere Grundfutteraufnahme in den drei VR
(Angaben in kg TS pro Kuh und Tag)

	Behandlung		
	1	2	3
VR 1	11,8 ± 2,1	12,0 ± 1,9	11,3 ± 1,4
VR 2	12,2 ± 1,7	12,3 ± 1,8	11,5 ± 1,6
VR 3	11,0 ± 1,6	12,9 ± 2,1	

Die Milchleistungsmerkmale werden in VR 1, 2 und 3 durch die unterschiedliche Fütterungstechnik nicht beeinflusst. Allerdings deutet sich in VR 1 ein positiver Trend des Mischens auf den Fettgehalt an.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse kann geschlußfolgert werden, daß bei Verfütterung qualitativ hochwertigen Grundfutters in ausreichender Menge kein positiver Einfluß auf die Grundfutteraufnahme und Milchleistung zu erwarten ist. Dabei müssen jedoch alle Einzelkomponenten zu jeder Mahlzeit verarbeitet werden. Unter der Voraussetzung, daß mehrere Grundfutter- und/oder Kraftfutterarten zur Gestaltung der Futtermischung herangezogen werden, wird die Mischung den Grundfutterverzehr und die Milchleistungsmerkmale immer dann deutlich verbessern, wenn eine einzelne Grundfutterkomponente aufgrund ihrer minderen Qualität oder sonstiger Eigenschaften bei getrennter Vorlage weniger gern gefressen wird. Dies war bei der vorliegenden Arbeit vor allem bei VR 3 der Fall, als die Grassilage einen TS-Gehalt von über 50 % und einen Rohfasergehalt von nahezu 32 % i.d. TS aufwies. Die Schwankungen in der Grundfutteraufnahme zwischen den Kühen können durch das Vermischen erheblich vermindert werden.

4. Häcksellänge von Maissilage, Futteraufnahme und Milchleistung

Erste Versuche zum Einfluß der Häcksellänge (theoretische Schnittlänge von 4, 7 und 15 mm) auf die Nährstoffverdaulichkeit wurden mit Schafen durchgeführt. Der mittlere TS-Gehalt der Silagen lag bei 28 %, das Fütterungsniveau der Schafe etwa im Bereich des Erhaltungsbedarfs. Die

Ergebnisse der Nährstoffverdaulichkeit lassen unter diesen Versuchsbedingungen keine deutlichen Unterschiede mit differierender Häcksellänge erkennen. Jedoch zeigen das Rohprotein, die N-freien Extraktstoffe und auch die organische Substanz einen eindeutigen Trend zu einer verbesserten Verdaulichkeit mit kürzerer Häcksellänge.

Die unterschiedlichen Maissilagen wurden ad lib. zusammen mit einer mittleren Heumenge von 2,0 kg an drei Gruppen von je 11 Milchkühen über sechs Wochen hinweg verfüttert. Durch die individuelle Rauhfutterergänzung lag der mittlere Rohfasergehalt in der TS der Gesamtration bei allen Gruppen nur knapp unter 18 %. Die mittlere tägliche Grundfutteraufnahme aller Kühe betrug 12,5 kg TS, der Maissilageverzehr 10,7 kg TS. Ein Einfluß der Häcksellänge ergab sich unter diesen Versuchsbedingungen einer angepaßten Strukturergänzung (Heu) nicht. Ebenso veränderten sich die Milchleistungsmerkmale (Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt) bei Verfütterung der Maissilage mit unterschiedlicher Häcksellänge nicht signifikant. Der Fettgehalt erhöhte sich im Mittel des Versuchs bei der kurzen Häcksellänge nur um 0,11 % gegenüber den Werten zu Versuchsbeginn, bei den längeren Silagen jedoch um 0,20 bis 0,27 %.

5. Trinkwasserzufuhr, Futteraufnahme und Milchleistung

In einem Umkehrversuch mit insgesamt 12 Kühen wurde der Einfluß einer restriktiven Trinkwasserzufuhr (20 % geringere Versorgung gegenüber einer individuellen ad lib.-Aufnahme) im Vergleich zur freien Wasseraufnahme auf die Milchleistungskriterien und Futteraufnahme überprüft. Die vorläufige Versuchsauswertung läßt eine deutliche Abnahme der Grundfutteraufnahme von etwa 1 kg TS pro Kuh und Tag bei verringerter Wasserzufuhr erkennen. Auch die Milchmengenleistung nimmt unter diesen Bedingungen signifikant um nahezu 1 kg Milch täglich ab, während der Fett- und Proteingehalt unbeeinflußt bleibt.

Veröffentlichungen

1. Kirchgeßner, M., Kellner, R.J.: Nährstoffverdaulichkeit von Grund- und Kraftfutter beim Schaf bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 43, 117 - 121, 1980
2. Kirchgeßner, M., Müller, H.L., Sax, J.: Energieumsatz und Energieverwertung nichtlaktierender und laktierender Kühe bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 44, 279 - 289, 1980
3. Kirchgeßner, M., Sax, J., Müller, H.L.: Milchleistung und Milchinhaltstoffe von Kühen bei unterschiedlicher Kraftfutterfrequenz und rationiertem Grundfutterangebot. Bayer. Landw. Jahrbuch 58, 226 - 232, 1981
4. Kirchgeßner, M., Schwarz, F.J., Lindner, H.P.; Zur Häufigkeit der Futtervorlage bei Milchkühen. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 44, 145 - 155, 1980
5. Kirchgeßner, M., Schwarz, F.J., Lindner, H.P.: Feed consumption and performance of dairy cows with alternate feedings of grass silage and maize silage. Anim. Feed Sci. Technol. 6, 337 - 346, 1981
6. Lindner, H.P., Kirchgeßner, M., Schwarz, F.J.: Zur Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz von Grund- und Kraftfutter. Züchtungskunde 51, 215 - 226, 1979
7. Lindner, H.P., Kirchgeßner, M., Schwarz, F.J.: Zum Einfluß der Häufigkeit von Kraftfuttermengen auf die Grundfutteraufnahme und Leistungskriterien bei Milchkühen. Bayer. Landw. Jahrbuch 56, 1010 - 1021, 1979
8. Lindner, H.P., Kirchgeßner, M., Schwarz, F.J.: Zur Futteraufnahme von Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung. Züchtungskunde 53, 99 - 112, 1981

9. Lindner, H.P., Schwarz, F.J., Kirchgeßner, M.: Zum Einfluß der Fütterungsfrequenz auf Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt bei rationiertem Grundfutterangebot. *Wirtschaftseig. Futter* 25, 183 - 192, 1979
10. Müller, H.L., Sax, J., Kirchgeßner, M.: Energieverluste über Kot, Harn und Methan durch unterschiedliche Häufigkeit der Fütterung bei nichtlaktierenden und laktierenden Kühen. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.* 44, 181 - 189, 1980
11. Sax, J., Kirchgeßner, M.: Unterschiedliche Fütterungshäufigkeit und Nährstoffverdaulichkeit bei Milchkühen. *Wirtschaftseig. Futter* 26, 60 - 68, 1980
12. Sax, J., Kirchgeßner, M., Müller, H.L.: Stickstoffbilanz und Stickstoffverwertung nichtlaktierender und laktierender Kühe bei unterschiedlicher Fütterungshäufigkeit. *Arch. Tierernährung* 31, 771 - 777, 1981
13. Schwarz, F.J., Kirchgeßner, M.: Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei Fütterung des Grundfutters einzeln oder in Mischung. *Wirtschaftseig. Futter.* Im Druck, 1982a
14. Schwarz, F.J., Kirchgeßner, M.: Häcksellänge von Maissilage und ihr Einfluß auf Futteraufnahme und Milchleistung. *Wirtschaftseig. Futter.* Im Druck, 1982b

Vorträge

- M. Böhm: Zum Einsatz von Maissilage unterschiedlicher Reife in der Milchviehfütterung. Fachgespräch "Fütterungstechnik in der Rinderhaltung", Freising, 1982.
- M. Kirchgeßner, R.J. Kellner, F.J. Schwarz: Rationeller Grundfuttoreinsatz. Archiv der DLG 68, 1981, S. 41 auf der DLG-Tagung in Augsburg.
- M. Kirchgeßner: Zur Frequenz und Genauigkeit der Kraftfutterzu- teilung bei Milchvieh. Seminar Universität Göttingen.
- H.P. Lindner: Experimentelle Versuche zum Einfluß unterschiedlicher Fütterungsfrequenz auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. Fachgespräch "Fütterungstechnik in der Rinder- haltung", Freising, 1982.
- H.L. Müller: Unterschiedliche Fütterungsfrequenz und Kriterien des Energie- und N-Stoffwechsels bei Milchkühen sowie praktische Schlußfolgerungen. Fachgespräch "Fütterungstechnik in der Rinderhaltung", Freising, 1982.
- F.J. Schwarz: Zum Einfluß der Fütterungstechnik unter Verwendung von Futtermischungen auf die Futteraufnahme und Milchleistung. Fachgespräch "Fütterungstechnik in der Rinderhaltung", Freising, 1982.

Teilprojekt F 9

Zum Einfluß der Genauigkeit der Nährstoffversorgung auf die Leistungskriterien der Milchkuh

Leiter: Prof.Dr.M. Kirchgeßner
Institut für Ernährungsphysiologie
Hochfeldweg
8050 Freising
Tel.: 08161/71400

Mitarbeiter: H. Müller, Dr.agr.habil.
G. Röhrmoser, Dr.agr.

1. In zwei Gesamtstoffwechselversuchen (Respirationsversuchen) wurde der Einfluß einer auf 4 Wochen begrenzten Unterversorgung an Energie oder Eiweiß und einer nachfolgenden Realimentation auf den Energie- und N-Stoffwechsel untersucht. Als Versuchstiere wurden 8 eineiige Zwillingskühe verwendet. Die beabsichtigte Nährstoffrestriktion wurde über den Kraftfutteranteil der Ration realisiert. Die Energie- und Eiweißversorgung der Kontrolltiere wurde entsprechend den gültigen Bedarfsnormen vorgenommen.
- 1.1 Im Versuch "Energierestriktion" wurde die gesamte Nettoenergiezufuhr der Mangeltiere auf 80 % der Kontrolltiere reduziert, was einer energetischen Unterversorgung von ca. 6 kg Milch entsprach. In der nachfolgenden 3wöchigen Realimentationsphase erhielten die Mangeltiere dieselbe Energiemenge wie ihre jeweiligen Zwillingspartner.

Auf die verminderte Energiezufuhr reagierten die restringierten Kühe mit einem sofortigen Rückgang der Tagesgemelke. Der Verlauf der täglichen Milchmenge zeigt einen starken Abfall in den ersten 8 Tagen der Restriktion, ein vorübergehendes Leistungsplateau für weitere 8 Tage und daran anschließend ein weiteres Absinken bis zum Ende der Mangelperiode. Der Leistungsrückgang beträgt nach 4wöchiger Unterversorgung mit 2,7 kg Milch jedoch nur die Hälfte

des vorgegebenen Nährstoffdefizits. Zu Beginn der Realimentation ist ein rasches Wiederansteigen der Milchmenge vor allem in der ersten Woche zu beobachten. Die Leistungshöhe der Kontrollgruppe wird jedoch auch bei fortgesetzter Realimentation nicht erreicht. Als Folge der Energieunterversorgung verbleibt ein Resteffekt von 0,6 kg Milch bzw. von 4 % der vergleichbaren Kontrolleleistung.

Die starke Beteiligung der Körperreserven zur Abschwächung des Energiedefizits kam in den Bilanzmessungen deutlich zum Ausdruck (Tab. 1). Für die Mangelgruppe errechnete sich ein mittlerer täglicher Abbau an Körperenergie von 9,6 MJ. Allerdings wurde eine beträchtliche Streuung im Mobilisierungsvermögen zwischen den restringierten Kühen beobachtet. In Hinsicht auf die Energiebilanzdaten waren bei den energetisch unterversorgten Tieren im Vergleich zu den Kontrollpaar-

Tabelle 1: Energiebilanz und N-Bilanz im Versuch "Energierestriktion"

		Mangel	Kontrolle
Futterenergie	MJ	213,5	252,1
Kotenergie	MJ	73,8	83,9
Harn + CH ₄	MJ	22,2	23,4
umsetzbare Energie	MJ	117,4	144,8
Umsetzbarkeit	%	54,9	57,4
Milchenergie	MJ	47,5	52,1
Energieansatz	MJ	-9,6	4,6
<hr/>			
N-Aufnahme	%	100	100
Kot-N	%	38	42
Harn-N	%	40	33
Milch-N	%	24	25
N-Ansatz	%	-2	0

lingen höhere anteilige Energieverluste (bezogen auf Bruttoenergie) über Kot, Harn und Methan zu verzeichnen. Die Umsetzbarkeit der Energie der Mangelration lag um 2,5 Prozentpunkte niedriger als der sich auf 57,4 % belaufende Wert der Kontrollration. Die intermediäre Ausnutzung der umsetzbaren Energie wurde durch den Energiemangel jedoch nicht verändert. Der um den Erhaltungsbedarf (293 kJ NEL/kg^{0,75}) korrigierte Teilwirkungsgrad für Milchbildung betrug bei der Mangelgruppe 61,5 %, bei der Kontrollgruppe 62,7 %. In der Stickstoffbilanz äußerte sich der Energiemangel in verringertem Kot-N, erhöhtem Harn-N sowie in einer verringerten Ausscheidung von Milch-N und einer höheren Mobilisierung von Körperstickstoff. Insgesamt ist die Verwertung des Stickstoffs (N-Retention/N-Aufnahme) bei reduzierter Energiezufuhr um 2,8 Prozentpunkte herabgesetzt (Tab. 1).

Bei den Milch Inhaltsstoffen konnte festgestellt werden, daß der Eiweißgehalt mit zunehmender Restriktionsdauer kontinuierlich abnahm, so daß sich gegen Ende dieser Versuchsphase eine durchschnittliche Differenz von 0,11 % ergab. Nach erfolgter Wiederauffütterung erreicht der Milcheiweißgehalt wieder den Wert der Kontrollpaarlinge. Der Milchfettgehalt der unterversorgten Tiere wurde nicht signifikant verändert.

- 1.2 Im Versuch "Proteinrestriktion" war der Rohproteingehalt der Gesamtration von 14,5 % (Kontrolltiere) auf 12,0 % vermindert, was einer relativen Restriktion der Eiweißversorgung von 17 % entsprach. Die Realimentationsphase erstreckte sich über zweimal 3 Wochen. In den ersten drei Wochen wurde die Kontrollration unverändert beibehalten und in gleicher Höhe an beide Versuchsgruppen verabreicht. In den letzten drei Wochen der Realimentation wurde die Nährstoffversorgung an den sinkenden Bedarf mit fortschreitender Laktationsdauer angepaßt.

Die reduzierte Proteinzufuhr zeigte ebenfalls einen starken negativen Effekt auf die Milchmenge und bewirkte einen ähnlichen charakteristischen Zeitverlauf wie die energetische Unterversorgung. Der Leistungsrückgang fiel mit durchschnittlich 2,2 kg Milch geringfügig niedriger aus als im Energiemangelversuch. In der Realimentation zeigten die Proteinmangelkühe ein geringeres Kompensationsvermögen, so daß ein mittlerer Resteffekt von 1,0 kg Milch bzw. eine Leistungseinbuße von 5 - 6 %, bemessen an den Kontrolltieren, zurückblieb.

Tabelle 2: Energiebilanz und N-Bilanz im Versuch "Proteinrestriktion"

		Mangel	Kontrolle
Futterenergie	MJ	233,3	236,2
Kotenergie	MJ	84,9	79,1
Harn + CH ₄	MJ	18,6	21,2
umsetzbare Energie	MJ	119,9	135,9
Umsetzbarkeit	%	55,6	57,5
Milchenergie	MJ	43,1	45,9
Energieansatz	MJ	4,9	4,9
<hr/>			
N-Aufnahme	%	100	100
Kot-N	%	54	44
Harn-N	%	19	30
Milch-N	%	28	26
N-Ansatz	%	-1	0

Hinsichtlich der Daten zur N-Bilanz ergaben sich trotz wesentlich niedriger N-Aufnahme bei der Proteinmangelgruppe (254 g/d gegenüber 307 g/d) absolut gleich hohe Kot-N-Verluste (135 g/d) wie in der Kontrollgruppe. Dagegen war die Harn-N-Ausscheidung von 93 g/d (Kontrolle) auf 49 g/d (Mangelgruppe) fast auf die Hälfte reduziert. Beim N-Ansatz (um Null) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die prozentuale Aufteilung des Futterstickstoffs ist in Tabelle 2 zusammengefaßt. Die Verwertung der um den Erhaltungsanteil korrigierten N-Zufuhr lag bei den restringierten Kühen mit 38 % etwas höher als das Mittel der Kontrollgruppe von 34 %. Die Verminderung der Proteinzufuhr führte ebenfalls zu einer schlechteren Umsetzbarkeit der Energie. Bei gleicher Futterenergie standen einer um 5,8 MJ er-

höhten Energieexkretion im Kot nur Einsparungen bei der Summe der Energieverluste über Harn und Methan in Höhe von 2,6 MJ/d gegenüber (Tab. 2). Die Umsetzbarkeit der Mangelration lag 2 Prozentpunkte tiefer als die der Kontrollration (57,5 %). Der Energieansatz wurde durch den Eiweißmangel nicht beeinflusst (4,9 MJ/d). Ebenso war der Teilwirkungsgrad der umsetzbaren Energie für Milchbildung in beiden Versuchsgruppen praktisch gleich (62,9 % bei Proteinmangel, 62,3 % bei der Kontrolle).

Auf die Milchzusammensetzung wirkte sich die Proteinunterversorgung dahingehend aus, daß der Milchfettgehalt im Verlauf der Restriktion signifikant um 0,20 % anstieg, während der Eiweißgehalt nur unwesentlich abnahm. Nach erfolgter Realimentation glich sich der Fettgehalt wieder dem Wert der Kontrollgruppe an.

- 1.3 Für die Beurteilung einer Nährstoffunterversorgung müssen nach den vorliegenden Versuchsergebnissen vor allem zwei Aspekte beachtet werden. Erstens folgt aus der Feststellung, daß bei der intermediären Verwertung der Energie keine wesentliche Veränderung der Teilwirkungsgrade durch Unterversorgung auftrat, daß die Abpufferung eines Nährstoffdefizits über Ansatz und Mobilisation von Körperreserven auf jeden Fall mit einem doppelten Transformationsverlust verbunden ist. Und zweitens bedingt die nicht mehr reversible Leistungseinbuße bei der Milchmenge, daß die Wahrscheinlichkeit einer Fehleinschätzung der wahren Leistungshöhe bei der nächsten Leistungsermittlung steigt, so daß die Gefahr einer fortdauernden Leistungsdepression durch Unterversorgung gegeben ist.

2. Der Einfluß unregelmäßiger Futtermittellieferung wurde auch unter praktischen Fütterungsbedingungen im Versuchsbetrieb geprüft und der Einfluß auf Milchmenge, Milchfett und Milcheiweiß untersucht. Das Datenmaterial wird derzeit noch zusammengestellt und ausgewertet.

Vorträge

- M. Kirchgeßner, R.J. Kellner, F.J. Schwarz: Rationeller Grundfuttereinsatz. Archiv der DLG, 68, 1981, S. 41, DLG-Tagung in Augsburg.
- M. Kirchgeßner: Zur Frequenz und Genauigkeit der Kraftfutterzuteilung bei Milchvieh. Seminar Universität Göttingen, 1982
- G. Röhrmoser: Auswirkungen einer periodisch begrenzten Unterversorgung an Energie und Eiweiß auf Milchleistung und Milchhaltsstoffe. Fachgespräch "Fütterungstechnik in der Rinderhaltung", Weihenstephan 1982.

Dissertation

- G. Röhrmoser: Energie- und Proteinstoffwechsel laktierender Zwillingskühe bei periodisch begrenzter Restriktion und Realimentation der Nährstoffzufuhr. TU München, 1982.

Teilprojekt F 10

Untersuchungen zu rationellen Tränkeverfahren in der Kälberhaltung

Leiter: Dr. H. Pirkelmann, OLR
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik
Vöttinger Straße 36
8050 Freising
Tel.: 08161/71463

Mitarbeiter: Dr. H. Stanzel
F. Wendling, Ing. grad.
M. Wagner, Ing. agr.

Die Aufzucht und Mast von Kälbern erfolgt heute nahezu ausschließlich mit Milchaustauschern. Nach den Tränkeverfahren ist in die dosierte Vorlage von Hand oder die ad lib-Vorlage in Tränkeautomaten zu unterscheiden. Ersteres gibt die Möglichkeit einer individuellen Bemessung der Milchmengen und aller Zufutterkomponenten, ist aber mit einem hohen Arbeitsaufwand belastet. Die Tränkeautomaten sind dagegen sehr arbeitssparend, verursachen aber in der Kälberaufzucht hohe Futterkosten durch einen großen Verbrauch an teurem Milchpulver und geringem Verzehr von preisgünstigeren Grundfutter- und Kraftfutterkomponenten. In der Kälbermast kann zudem bei schweren Tieren durch eine überhöhte Tränkeaufnahme eine starke Belastung des tierischen Organismus und damit eine aus wirtschaftlichen Gründen unerwünschte Begrenzung des Mastendgewichtes entstehen.

Diese Ausgangssituation war der Anlaß, in den Sonderforschungsbereich Untersuchungen über die Kälbertränke aufzunehmen. Die Zielsetzung ist dabei auf eine dosierte, individuelle, aber dennoch arbeitssparende Versorgung der Kälber ausgerichtet. Dazu wurden die bekannten Tränkeautomaten mit einem Durchtreibbestand bzw. einer Tieridentifizierung kombiniert und ihre Auswirkungen auf das Tierverhalten und produktionstechnische Kenndaten untersucht. In der ersten Bearbeitungsphase findet nur die Laufstallhaltung Berücksichtigung.

1. Tränkeautomat mit Drehstand für Gruppendedosierung

Vor dem Tränkeautomaten ist eine drehbare Wechselbox angeordnet (Abb. 1). Die Kälber werden zum Tränken in einen vom Liegeraum ab-

gegrenzten Warteplatz getrieben. Von hier aus können sie den Tränkestand betreten und eine vorgegebene Milchmenge (Anzahl von Portionen) aufnehmen. Ist die von einem Zählwerk kontrollierte Sollmenge abgerufen, wird der Drehstand in Gang gesetzt und das Kalb in den Liegebereich gedrängt. Nach Ablauf der Drehung ist der Stand für das nächste Kalb frei.

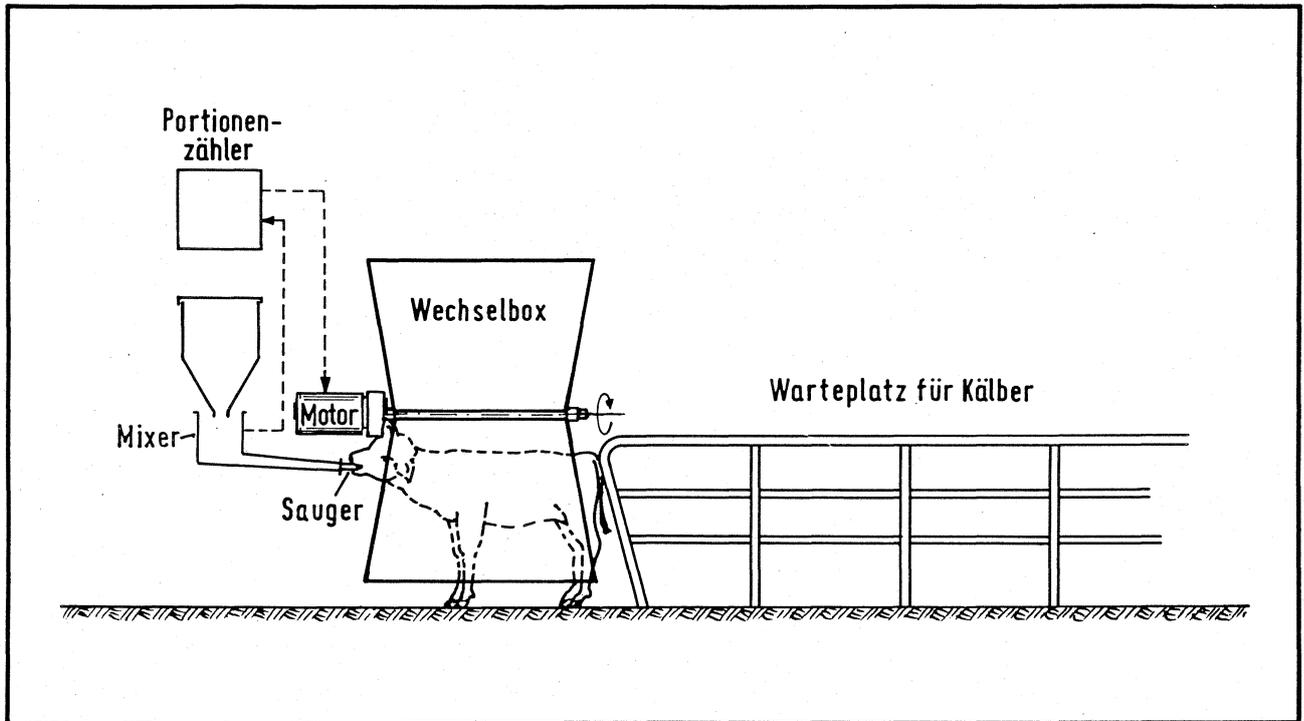


Abb. 1: Durchtreibbestand mit Wechselbox am Tränkeautomaten

Säuft ein Tier nicht, so wird es nach einer vorwählbaren Wartezeit ebenfalls abgedrängt, um den Automaten nicht für die folgenden Kälber zu blockieren. Die getränkten Kälber haben keinen Zugang mehr zum Tränkestand, bis sie bei der nächsten Melkzeit wieder in den Warteraum getrieben werden.

Dieses System ermöglicht nur eine einheitliche Mengenvorgabe für alle Tiere und setzt damit gleichaltrige Kälbergruppen (Kälberzukauf) voraus. Eine sichere Kontrolle der individuellen Verzehrsmengen ist nicht möglich. Tiere, die den Tränkestand nicht betreten, bleiben aber im Warteraum zurück und können bei der Nachkontrolle erfaßt werden.

Eine nach diesem, von einem Landwirt entwickelten Konzept, und in Zusammenarbeit mit der Landtechnik Weihenstephan gefertigte Versuchs-

anlage ist seit 2 Jahren in Betrieb. Das System wurde aber bislang nicht in eine industrielle Fertigung übernommen, so daß keine weiteren Anlagen gefolgt sind.

2. Computergesteuerter Tränkeautomat mit Tieridentifizierung (Tränkedosierautomaten)

Wie bereits im Zwischenbericht vom Juli 1980 dargelegt, werden für diese Konzeption die Identifizierungssysteme von den Abrufautomaten zur Kraftfutterfütterung an Milchkühe im Laufstall mit den Tränkeautomaten kombiniert. Die Milchmenge kann individuell für jedes Kalb im Computer eingegeben und entsprechend auch die Verzehrsmenge kontrolliert werden. Damit können auch unterschiedlich alte bzw. sich unterschiedlich entwickelnde Kälber in einer Gruppe gehalten und die Milchmenge dem jeweiligen Wachstumsstadium angepasst werden.

Da der Mischbecher des Tränkeautomaten gleichzeitig zur Portionierung der Tränke dient, ist pro Automat nur ein Sauger anzuschließen (Abb.2).

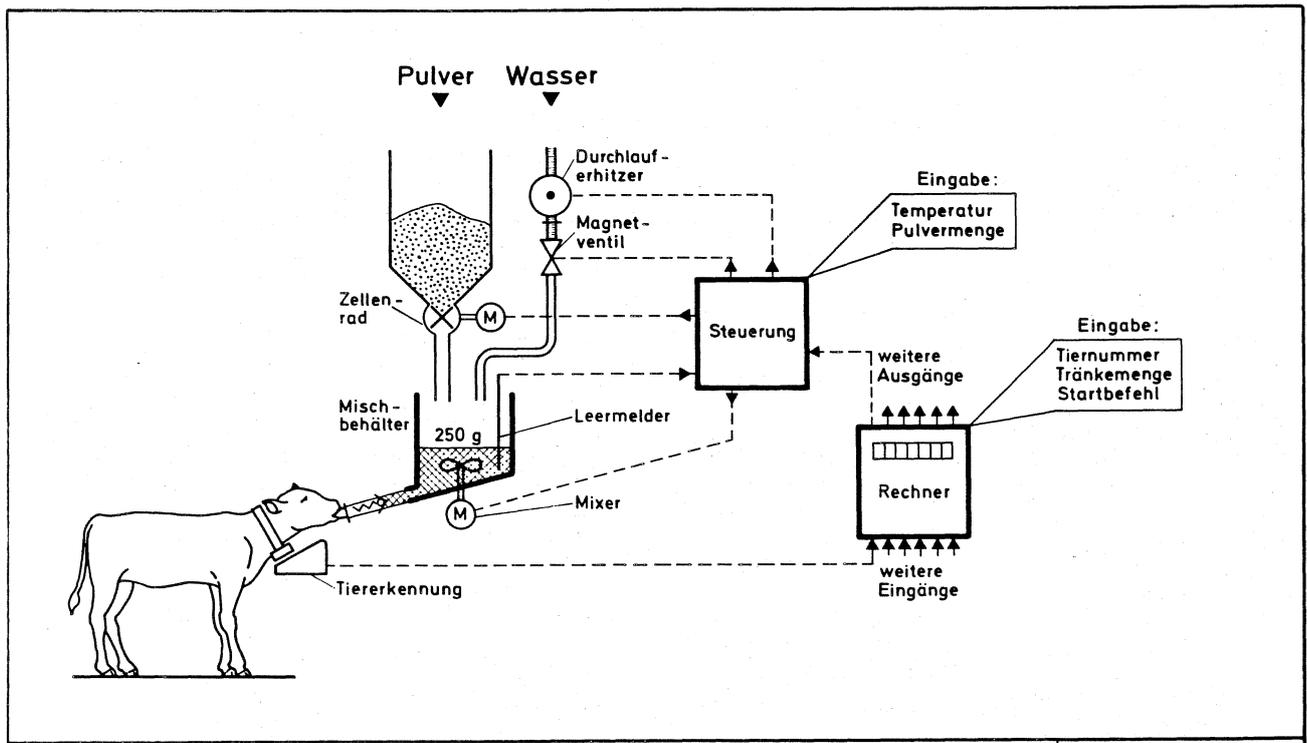


Abb. 2: Tränkedosierautomat mit Rechnersteuerung für eine Saugstelle

Mehrere Sauger pro Automat würden eine zusätzliche Messung der Durchflußmenge in jeder Saugleitung bedingen (Abb. 3).

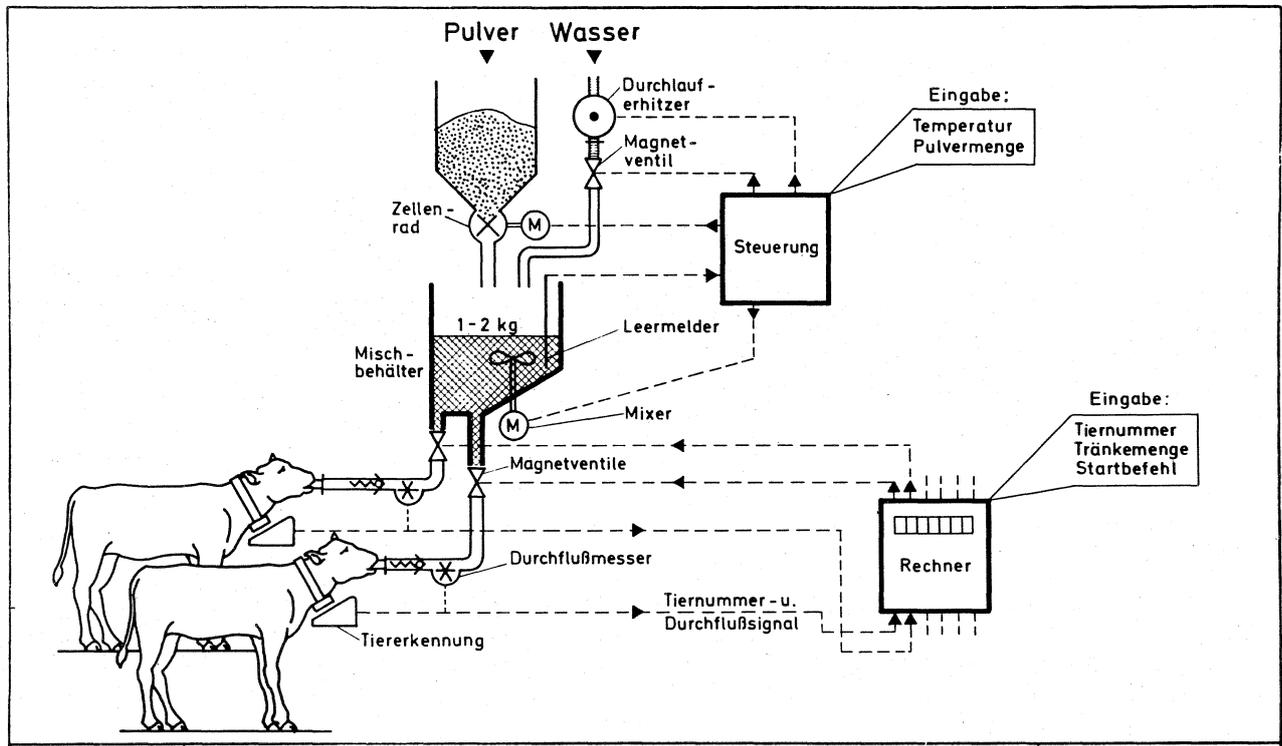


Abb. 3: Tränkedosierautomat mit Rechnersteuerung für 2 bis 6 Saugstellen

Verschiedene im Versuch erprobte Varianten, wie ein in Eigenbau erstellter Verdrängungskolbenzähler oder der Einsatz einer Durchflur-turbine, führten nicht zum Erfolg, da entweder der technische Aufwand zu groß ist, die Durchflußgeschwindigkeit zu gering ist, oder sich an den Einbauten Ablagerungen von ungelösten Milchpulverbestandteilen ergeben. Auch eine induktive Durchflußmessung, die einen freien Durchlauf über den vollen Leitungsquerschnitt ermöglichen würde, scheidet aus, da die Tränkemilch durch den Mischvorgang zwangsläufig Luft enthält und Gas- Flüssigkeitgemische mit dieser Methode nicht exakt gemessen werden können. Aus diesem Grunde sind bisher nur Anlagen mit einem Sauger pro Automaten in der Praxis im Einsatz. Nahezu alle Hersteller von Abrufautomaten bieten heute auch Tränkedosierautomaten an.

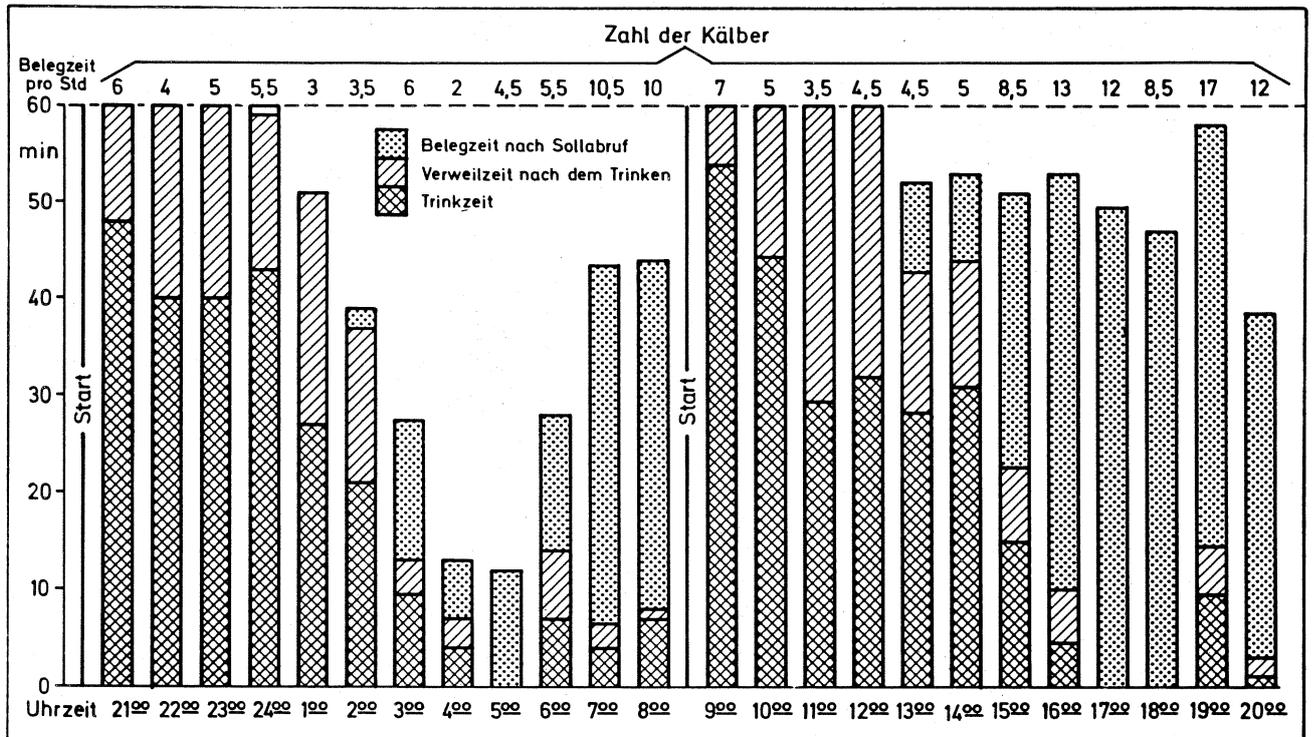


Abb. 4: Aufteilung der Belegzeiten eines Tränkedosierautomaten (Ø aus 2 Tagen, 29 Kälber, 1 Sauger)

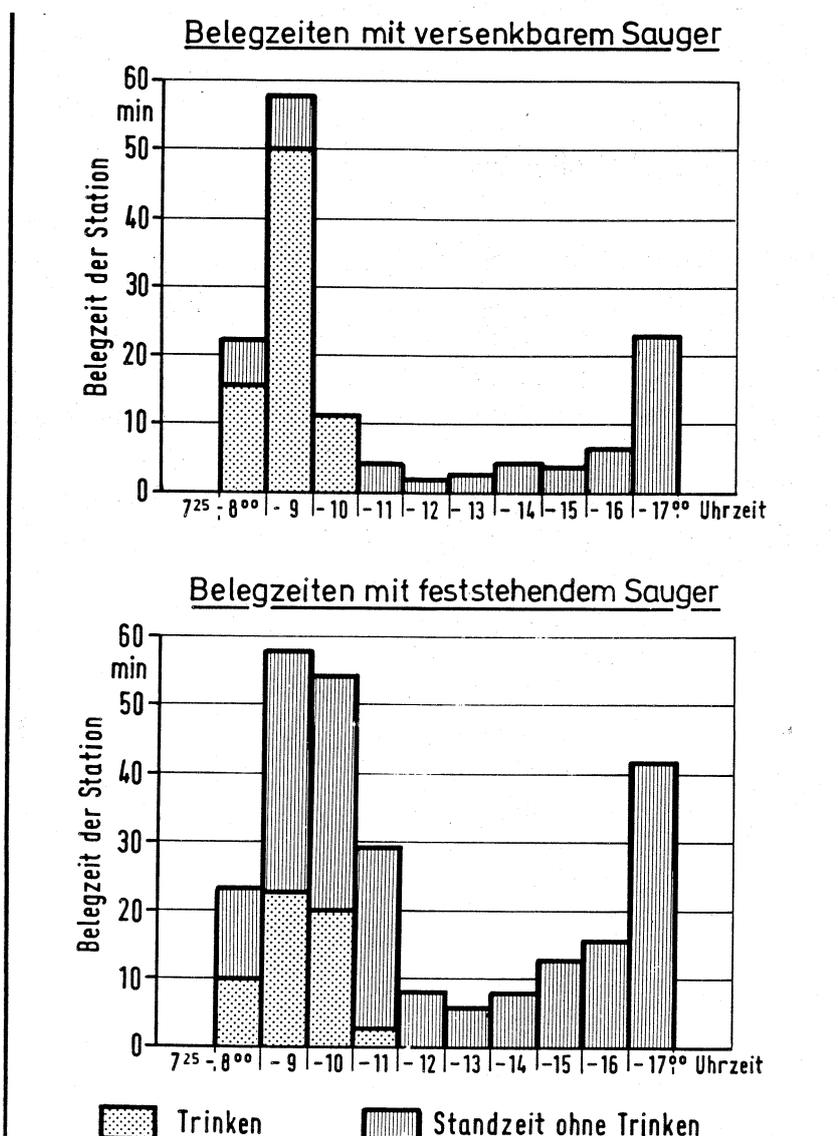


Abb. 5: Belegzeiten eines Tränkedosierautomaten (26 Kälber, Ø von 2 Tränkezeiten)

3. Tierverhalten

Nach einer je nach Einsatzbedingungen unterschiedlichen Anlernphase nehmen die Kälber die Dosierautomaten sehr gut an. Das Angewöhnen ist im Milchviehstall mit kontinuierlichem Kälberanfall sehr schnell möglich, da nur immer wenige Tiere gleichzeitig in die Sammelgruppe kommen und von den älteren Kälbern die Benützung des Saugers lernen. Schwieriger ist die Situation bei Kälberzukauf. Hier wirkt sich der Sammelraum vor dem Automaten mit Drehstand positiv aus, da die nicht getränkten Tiere von der übrigen Herde getrennt sind und damit leichter an den Automaten gebracht werden können. Beim computergesteuerten Dosierautomaten müssen dagegen die nicht versorgten Kälber aus der ganzen Herde herausgefangen und zum Tränkestand gebracht werden. Um diesen größeren Arbeitsaufwand zu vermeiden, sind nunmehr Versuche angelaufen, zum Anlernen auch beim computergesteuerten Dosierautomaten den Laufstall zu unterteilen.

Nach den bisherigen Erfahrungen nehmen am 2. Tag etwa die Hälfte, am 3. Tag ca. 70 % der Kälber den Automaten von allein an. Am 4. - 5. Tag ist die Anlernphase beendet. In der nachfolgenden Routinephase rufen die Kälber die Tränke selbständig ab und es fallen nur die Arbeiten zur Bedienung des Automaten und die übliche Tierkontrolle an.

Die Kälber gewöhnen sich sehr gut an den im Tränkeprogramm vorgegebenen Abholrhythmus. Nach den bislang nur mit Festzeitprogrammen vorliegenden Erfahrungen ist es bei Gruppenzukauf der Kälber anfangs ratsam, nur 2 Tränkeperioden pro Tag vorzugeben, da die Tiere diese Tränkezeiten aus dem Erzeugerbetrieb gewöhnt sind. Später kann auf mehrere Intervalle umgestellt werden.

Zum Programmstart ist jeweils die höchste Besuchsfrequenz der Tränkestation gegeben (Abb. 4). Neben den reinen Trinkzeiten wird der Stand aber auch noch durch zusätzliche Verweilzeiten nach der Milchaufnahme belegt, da die Kälber ihren Saugtrieb am Nuckel noch befriedigen.

Um eine effektivere Nutzung der Station zu erreichen, wurde an einer Versuchsanlage die Möglichkeit geschaffen, den Sauger mit einem Hydrozylinder nach Abruf der Sollmenge wegzuziehen. Dadurch vermindern sich die Standzeiten erheblich, und die Station steht zu einem wesentlich höheren Zeitanteil den Kälbern mit Anrecht auf Tränke zur Verfügung (Abb. 5). Die Wartezeiten für die schwächeren Tiere vermindern sich dadurch erheblich.

Die Trinkgeschwindigkeit der Kälber steigt mit zunehmendem Alter an und liegt mit 0,3 - 0,9 l/min ab der 2. Woche sehr hoch (Abb. 6).

Auch aus diesem Grunde ist eine hohe Belegsdichte pro Station möglich, die in den abgelaufenen Versuchen bei 30 - 50 Tieren lag. Die Abrufquote ist auch bei hoher Belegung sehr gut. Restmengen entstehen nur bei kranken Tieren oder technischen Problemen an der Identifizierung oder dem Tränkeautomaten. 40 - 50 Kälber sind damit durchaus pro Tränkedosierautomat zu vertreten, wenn die höhere Belastung in der Anlernphase in Kauf genommen wird.

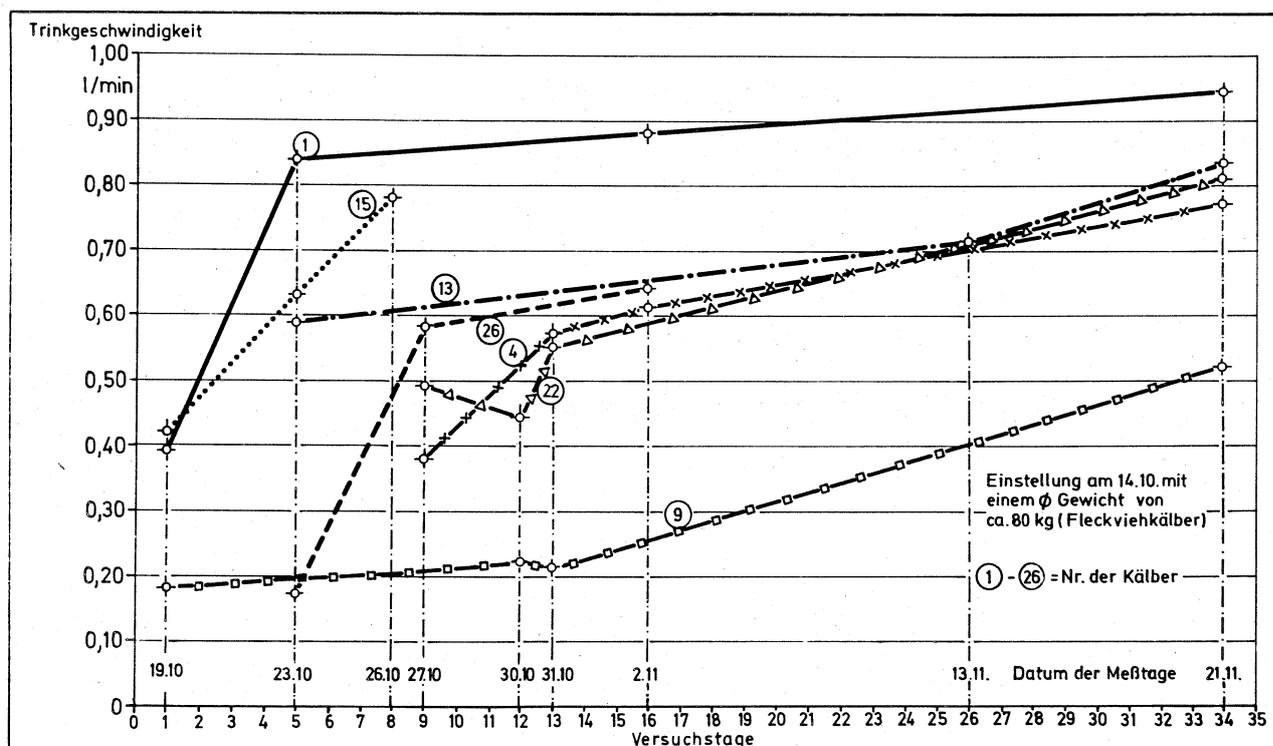


Abb. 6: Trinkgeschwindigkeit einzelner Kälber im Laufe der Aufzuchtperiode

4. Arbeitszeitbedarf

Für die Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs ist bei den Tränkedosierautomaten in die Anlern- und die Routinephase zu differenzieren. Bei der genannten Belegsdichte ist bei Zukaufgruppen ein mittlerer Zeitaufwand von 20 - 30 min/Kalb für das Angewöhnen anzusetzen. In die Routinephase fallen für eine 50-tägige Aufzuchtperiode für das Nachfüllen des Milchpulvers, das Reinigen des Mischbehälters, das Programmieren und die Überwachungsarbeiten 10 - 15 min/Kalb an, so daß

für das Tränken ein Gesamtarbeitsaufwand von 30 - 45 min/Tier entsteht. Wird für die übrigen Versorgungsarbeiten wie bei den üblichen Tränkeverfahren noch ein Zuschlag von 30 min/Tier angesetzt, so ergibt sich daraus ein Gesamtarbeitszeitbedarf von 1 - 1,5 AKh/Kalb. Dies ist etwa ein Drittel des bei der Eimertränke anfallenden Zeitbedarfs von 3 - 4 AKh/Tier.

5. Auswirkung auf Futterkosten

Die Tränkedosierautomaten sind im Arbeitszeitbedarf mit den ad lib-Automaten vergleichbar. In der Kälberaufzucht ermöglichen sie aber durch die Rationierung der Milch die frühe Zufütterung von Kraftfutter, Heu und Silage und verbilligen dadurch die Futterkosten. Sie sind damit in der Rationsgestaltung der Eimertränke vergleichbar.

Dieser Sachverhalt bestätigte sich in einem Vergleichsversuch der Tränkedosierautomaten mit den ad lib-Automaten (Tab. 1). Bei einer vergleichbaren Entwicklung der Kälber lagen die Futterkosten durch den Einsatz kostengünstigerer Futtermittel bei der Gruppe mit Tränkedosierautomaten pro kg Zuwachs wesentlich günstiger.

Auch ein erster Versuch in der Kälbermast brachte annähernd gleiche Ergebnisse wie bei der Eimertränke. Die Ergebnisse bedürfen aber noch der Absicherung. Ein weiterer Vergleichsversuch ist z.Z. im Gang.

6. Erforderliche Investitionen

Im Investitionsbedarf treten zwischen den einzelnen Fabrikaten geringfügige Unterschiede auf. Im Mittel betragen die Preise für den Computer 5000,-- DM, für den Tränkeautomaten 3000,-- DM, für die komplette Steuerung mit Empfänger 3000,-- DM und für den Sender pro Kalb 100,-- DM. Daraus ergibt sich pro Kälberplatz bei einem Tränkeautomaten und einer Belegung von 40 Kälbern einschl. der Montage eine Investitionsbelastung von etwa 400,-- DM. Werden mehrere Tränkestationen an den Computer angeschlossen (je nach System sind 3-10 Anschlüsse möglich), so reduziert sich der Preis pro Stallplatz bei 2 Stationen auf etwa 320 und bei 3 Stationen auf 300,-- DM. Darüber hinaus ist nur eine geringe Degression möglich. In Milchviehbetrieben mit Abruffütterung kann der gleiche Computer für die Kraftfuttermittelgabe und die Kälbertränke eingesetzt werden, so daß sich hier eine entsprechend geringere Belastung ergibt. Die Höhe der Investitionen verlangt aber in jedem Fall eine ganzjährige Kälberhaltung, um durch den mehrmaligen Umtrieb die Kostenbelastung für das Einzeltier wirtschaftlich tragbar gestalten zu können.

Tab. 1: Kälberentwicklung und Futteraufwand bei einem Vergleichsversuch eines Tränkeautosautomaten (je 25 Kälber) mit einem ad Lib-Automaten

	Tränkeautosautomat		ad Lib-Tränkeautosautomat	
	1-27 Tage	28-55 Tage	1-27 Tage	28-55 Tage insges.
Durchschnittliche Gewichts-entwicklung				
Einstellgewicht in kg	82,7		81,0	
Zunahmen in g	947	1320	959	1362
Endgewicht in kg				1164
				145,0
Durchschnittlicher Futterverbrauch pro Kalb				
Milchpulver kg (1040 STE)	23,1	19,0	29,6	39,0
Heu kg (300 STE)	3,8	9,2	3,7	9,1
Maissilage kg (180 STE)	3,3	36,5	1,5	15,1
Kraftfutter/Starter kg (660 STE)	9,7	47,4	3,9	24,8
kg STE je kg Zuwachs	1,26	1,63	1,34	1,64
Durchschnittliche Futterkosten pro Kalb				
Milchpulver (200 DM/100 kg)	46,2	38,0	59,2	78,0
Heu (20 DM/100 kg)	0,8	1,8	0,8	1,8
Maissilage (6 DM/100 kg)	0,2	2,2	0,1	0,9
KF/Starter (60 DM/100 kg)	5,8	28,4	2,3	14,9
DM pro kg Zuwachs	2,07	1,97	2,41	2,51

7. Gesundheitsüberwachung der Kälber

Die Gesundheitskontrolle und die frühzeitige Erkennung von Krankheiten ist eine wichtige Maßnahme in der Kälberhaltung und kann für den Aufzucht- oder Masternfolg von entscheidender Bedeutung sein. Die Bestandüberwachung ist in der Gruppenhaltung schwieriger als in der Einzeltierhaltung und verlangt bei der Automatentränke mehr Sorgfalt als bei der Eimertränke. Die mögliche individuelle Kontrolle der Verzehrsmengen bei den Tränkedosierautomaten ist bereits sehr wertvoll, da mangelnder Appetit ein wichtiger Hinweis auf Gesundheitsstörungen ist. Vom Krankheitsbefall bis zur Nahrungsverweigerung können aber in vielen Fällen 1-2 Tage vergehen. Eine sichere Erkennung wäre daher über die Veränderung der Körpertemperatur gegeben. Dies trifft unter anderem auch für die Rinderrippe, die hohe Verluste verursacht, zu.

Aus diesem Grunde wäre es erstrebenswert, bei den Tränkedosierautomaten mit Einzeltieridentifizierung eine automatisierte Körpertemperaturmessung durchzuführen und im Computer zu registrieren. Als geeigneter Ort zur Temperaturerfassung ist daher der Tränkestand anzusehen. Als vorbereitende Arbeit wurde mit Temperaturfühlern und Infrarotmeßgeräten versucht, die Temperatur an verschiedenen Körperstellen zu erfassen, wobei als Vergleichswert jeweils die Rektaltemperatur herangezogen wurde. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Da Tastversuche eine gute Übereinstimmung zwischen der Rektaltemperatur und der Temperatur im geschlossenen Maul erbrachten, wurde zunächst versucht, ein Thermoelement in den Sauger einzubauen. Es wurde im Nuckel gegen den milchführenden Kanal mit einer guten Wärmedämmung abgeschirmt, um eine Beeinflussung durch die Milchttemperatur zu vermeiden. Die Messungen zeigten aber sehr unterschiedliche Streuungen, da dennoch eine gewisse Beeinflussung der Temperatur durch die Tränke im Maul gegeben ist und zudem durch das unruhige Saufen und das Loslassen des Saugers ein Einfluß von der Umgebungstemperatur kommt. Auch bei der Messung an der Körperoberfläche ist eine Einwirkung der Stalltemperatur nicht auszuschließen. Zudem werden Abweichungen zur Körpertemperatur von der Dichte des Haarkleides, der Intensität der Durchblutung an der Meßstelle und der eingelagerten Fett- bzw. Bindegewebsschicht verursacht. Deshalb brachte auch eine Abdeckung des Meßfühlers mit einer Isoliermatte keine befriedigenden Ergebnisse.

Von der Anwendung ist die berührungslose Messung mit Infrarot eine elegante Methode. Im Grunde treten aber die gleichen Probleme auf wie bei den Thermofühlern, so daß die gewonnenen Ergebnisse auch ähnliche Werte zeigen.

Tab. 2: Temperaturmessungen an verschiedenen Körperstellen von Kälbern-

1. Messung mit Thermoelementen (Ni Cr Ni)

	n	x	s	Vk	R
rektal	39	39,1	0,29	0,74	1,5
im Maul	39	38,4	0,56	1,44	3,1
Differenz	39	0,7	0,43	61,67	2,2
rektal	30	39,1	0,29	0,75	1,5
am Maul	30	34,1	0,91	2,60	3,6
Differenz	30	4,3	0,85	19,75	3,7
rektal	40	39,1	0,30	0,75	1,5
Schulterblatt	40	33,7	0,99	2,94	4,1
Differenz	40	5,4	1,13	20,81	4,8
rektal	13	38,9	0,39	0,99	1,6
Widerrist	13	38,4	0,53	1,37	1,8
Differenz	13	0,6	0,43	76,44	1,6
rektal	4	39,2	0,55	1,39	1,2
Widerrist abgedeckt mit Glaswolleplatte	4	38,8	0,44	1,12	1,0
Differenz	4	0,4	0,77	204,69	1,7

2. Temperaturmessungen mit Infrarot, rektal mit Meßfühler

rektal	18	39,3	0,43	1,11	1,8
Auge	18	34,8	0,65	1,86	2,0
Differenz	18	4,5	0,69	15,42	2,4
rektal	7	38,7	0,36	0,94	1,0
am After	7	35,5	1,78	5,01	5,0
Differenz	7	3,3	1,42	43,10	3,8
rektal	4	38,7	0,35	0,90	0,8
Stirn	4	25,8	1,89	7,35	4,0
Differenz	4	12,9	2,17	16,81	4,8
rektal	4	38,7	0,35	0,90	0,8
Ohrwurzel	4	28,8	1,71	5,94	4,0
Differenz	4	9,9	1,90	19,09	4,2
rektal	4	38,7	0,35	0,90	0,8
Bauchfalte-Hodenansatz	4	35,6	3,12	8,76	6,5
Differenz	4	3,1	3,38	110,91	7,1
rektal	3	38,7	0,40	1,03	0,8
Genick	3	29,0	1,00	3,45	2,0
Differenz	3	9,7	1,21	12,44	2,3

Trotz dieser bislang nicht erfolgreichen Versuche sollen diese Arbeiten fortgeführt werden. Dabei sind zunächst noch mit den geschilderten Methoden einige Körperstellen zu überprüfen. Daneben müssen aber dringend andere Meßverfahren auf ihre Brauchbarkeit überprüft und in die Untersuchungen einbezogen werden.

Insgesamt sind die Tränkedosierautomaten zwischenzeitlich zu einem funktionsfähigen Verfahren der Kälberfütterung entwickelt worden und es sind bereits mehrere Anlagen in der Praxis im Einsatz. Die Bemühungen um eine weitere Verbesserung dieser Tränkemethode werden sich auf die Anlernphase konzentrieren müssen und sollen auf das wichtige, wenn auch schwierige Gebiet einer intensiveren Gesundheitskontrolle ausgeweitet werden.

Veröffentlichungen

1. P i r k e l m a n n, H.; S t a n z e l, H.: Kälber mit Dosier-
automat tränken?
dlz 30 (1979) H. 6, S. 454 - 458
2. P i r k e l m a n n, H.: Tränkedosierautomaten für die Kälber-
haltung.
Landtechnik 36 (1981) H. 7/8 S. 368 - 372
3. P i r k e l m a n n, H.: Tränkedosierautomaten für Aufzucht-
kälber.
Der Tierzüchter 33 (1981) H. 9, S. 393 - 396
4. P i r k e l m a n n, H.; W e n d l i n g, F.: Löst der Dosier-
automat den Tränkeeiner ab?
top agrar (1981) H. 2, S. R30 - R33

Vorträge

S t a n z e l, H.: Der Einsatz von Tränkedosierautomaten in
Kälberaufzucht und -mast.
Freising, 2.3.82 Fachgespräch des SFB Fütterungstechnik in der
Rinderhaltung.

Projektbereich G "Milchgewinnung"

Untersuchungen zur optimalen Gestaltung des maschinellen Milchentzuges

Leiter: o.Prof. Dr. H. Karg
Lehrstuhl für Physiologie der
Fortpflanzung und Laktation
Vöttingerstr. 45
8050 Freising
Tel. 08161/71508

Wie bereits im vorangegangenen Berichtszeitraum, erfolgten die Arbeiten im Projektbereich G entsprechend einem interdisziplinären Verbund, bestehend aus den Komplexen "Biotechnik", "Technik" sowie "Arbeitswirtschaft/Züchtung" (vgl. Schema S.146). Bis auf die Teilprojekte G 10 und G 11 waren alle bereits in vorigen Anträgen und Berichten enthalten.

G 10 wurde hereingenommen, um Fragen des maschinellen Nachmelkens/ Nachgemelkes, speziell unter genetischen Gesichtspunkten sowie wegen der anfallenden phänotypischen Daten näher zu untersuchen.

G 11, Milchmengenmessung, lief während des letzten Berichtszeitraumes unter G 4, Technik und soll auch dort wieder eingegliedert werden. Aus Gründen der Kontinuität erschien es jedoch sinnvoll, zur Überbrückung des Auslandsaufenthaltes des stellvertretenden Projektbereichsleiters ein eigenes Teilprojekt zu schaffen.

Die wesentlichen Fortschritte im Berichtszeitraum liegen auf dem Gebiet technischer Verbesserungen und insbesondere in einem vertieften Verständnis der Biotechnik der Milchhergabe. Eine ausführliche Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Projektbereich G ist im Forschungsantrag gegeben; daher seien hier nur die wichtigsten Arbeiten genannt:

1. Optimierung der Vakuumapplikation im Hinblick auf die Milchhergabe
2. Untersuchungen der Auswirkungen von Melkzeugen mit periodischem Lufteinlaß auf ein größeres Praxismaterial
3. Verfeinerung des RIA zur Ocytocinanalyse
4. Versuche zur Freisetzung von Ocytocin
5. Analyse von Trenn- und Fördereinrichtungen für das Melkzeug
6. Strömungsmechanische Optimierung des Ringelektrodengebers zur Milchmengenmessung sowie Arbeiten zur elektronischen Steuerung
7. Analyse verschiedener Arbeitsverfahren
8. Untersuchungen zum Nachgemelksverhalten von Braunvieh unter besonderer Berücksichtigung züchterischer Aspekte

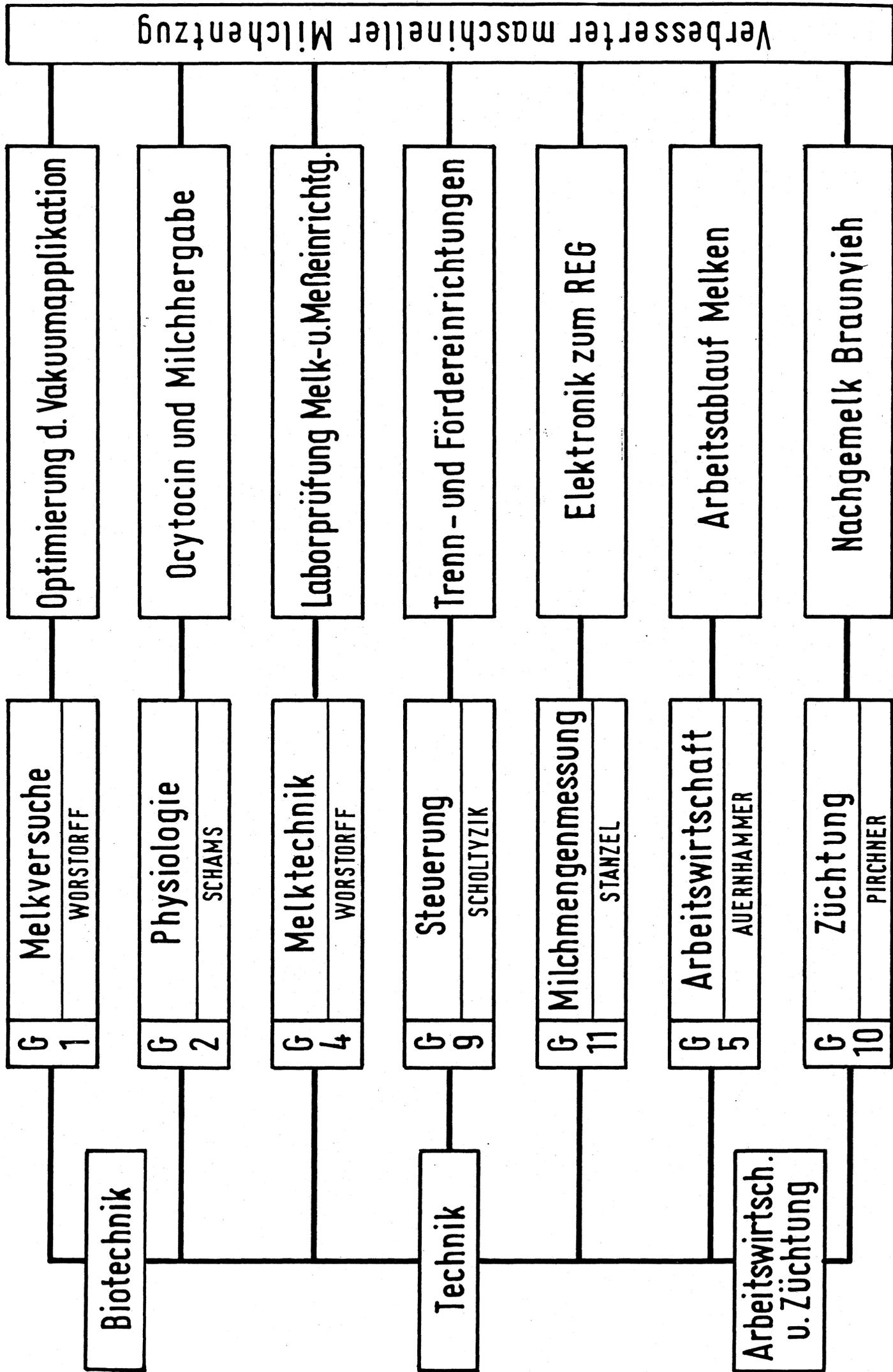
Die Ergebnisse sind in einer Dissertation sowie einer Vielzahl von Veröffentlichungen und Vorträgen in verschiedenen Ebenen nach außen getragen worden.

Fachgespräch: "Milchmengenmessung"

Der Sonderforschungsbereich 141, Projektbereich G und A, haben am 13.2.1980 in Weihenstephan ein Fachgespräch zum Thema "Milchmengenmessung" abgehalten, zu dem auf Einladung etwa 30 Vertreter der einschlägigen Industrie des In- und Auslandes sowie etwa 12 Teilnehmer aus verschiedenen Institutionen, darunter auch drei Gutachter, erschienen waren.

Die breit angelegte Thematik dieses, auf gegenseitigen Erfahrungsaustausch ausgerichteten Treffens reichte von "Management-Information" bis zu "Milchmengenmessung aus der Sicht eines Landeskontrollverbandes" und hatte die Diskussion und Demonstration des im SFB 141/G entwickelten Ringelektrodengebers sowie die damit verbundenen Möglichkeiten und Anforderungen bei zweimal täglicher Erfassung der Milchmenge zum Schwerpunkt.

PROJEKTBEREICH G



Teilprojekt G 1

Beeinflussung von Melkgeschwindigkeit und Milchabgabe durch verschiedene technische Parameter

Leiter: Dr. habil. Dr. H. Worstorff
Institut für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71894

Mitarbeiter: Dr. B. Heinl, Dipl.Ing.agr.
W. Schmidt, Dipl.Ing.agr.
A. Prediger, Ing.agr.

1. Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragstellung und Ausgangsfragestellung

1.1 Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation

Systematische Vorarbeiten über den Zusammenhang von Soll- und Ist-Werten bei der Vakuumapplikation (G 4) sowie Arbeiten mit verschiedenen Programmsteuerungen (G 1, G 4, G 9) haben den Nachweis erbracht, daß bei herkömmlichen Melkzeugen Vakuum und Pulsierung beim Melken mehreren Einflußfaktoren unkontrolliert unterliegen und sich daher auch nicht befriedigend steuern lassen. Eine parallel dazu laufende Untersuchung zum Einfluß der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die Milchabgabe der Kuh mit einem konventionellen Melkzeug - und damit den genannten Bedingungen - empfiehlt 50 kPa, 60 Z/min und 60 - 80 % Saugphase, wobei besonders betont wird, daß die in der Anlage eingestellten Werte unabhängig vom Milchfluß zur Wirkung gelangen sollten. Auf der anderen Seite wird mit verschiedensten Nennwerten in der Praxis weltweit ohne klare Vorzüglichkeit gemolken.

Optimierungsversuche zur Milchhergabe unter kontrollierten Vakuumbedingungen am Euter der Kuh waren zum Zeitpunkt der Antragstellung nicht bekannt. Die Frage lautete daher: Liegt beim Melken ein biologisch bedingter Indifferenzbereich für Vakuum und Pulsierung vor oder ist dieser durch technische Unzulänglichkeiten unserer Melkzeuge bedingt? Zur Klärung der Frage wurden zwei labortechnisch optimierte Lösungen herangezogen: Ein Sammelstückabscheider mit Trennung von Milch und Luft sowie der periodische Lufteinlaß.

2. Angewandte Methoden

2.1 Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation

Die Versuche wurden an Kühen der Rasse SB und HF ohne übliche Zitzenverhärtungen mit experimentellen Melkzeugen mit Trennung von Milch und Luft im Sammelstück (konstantes Vakuum) bzw. handelsüblichen Melkzeugen mit periodischem Lufteinlaß (kontrolliertes Vakuum, periodische Absenkung in der Entlastungsphase) durchgeführt. Die dabei zur Anwendung kommende Vakuumapplikation ist in Abb. 1 wiedergegeben.

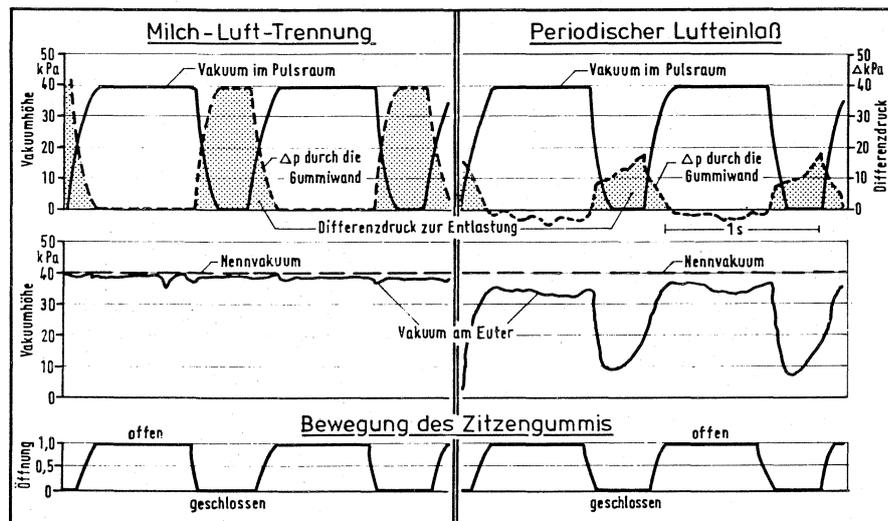


Abb. 1 : Vakuumapplikation bei Milch-Luft-Trennung im Abscheide-sammelstück bzw. periodischem Lufteinlaß (40 kPa, 60 Z/min, 70 % S, highline, Flüssigkeitsdurchsatz 3 l/min, Einfaltdruck 8 kPa)

In Bayern stehen etwa 40 % der Kühe der Bundesrepublik und nur 3,2 % davon in Laufställen. Nicht nur wegen der größeren Probleme bei hochverlegter Melkleitung, sondern auch wegen der praktischen Bedeutung sollten die Untersuchungen auch für die hochverlegte Melkleitung eine Antwort geben, was bei den verwendeten Melkeinheiten unproblematisch ist. Die Arbeiten wurden mit einem speziell konstruierten Melkwagen mit Highline-Simulator durchgeführt (vgl. Abb. 2), der mit Einrichtungen zur parallelen Aufzeichnung von je zwei Milchflußkurven sowie den zur zeitgerechten Arbeitserledigung erforderlichen Mengen- und Durchflußanzeigen ausgestattet war.

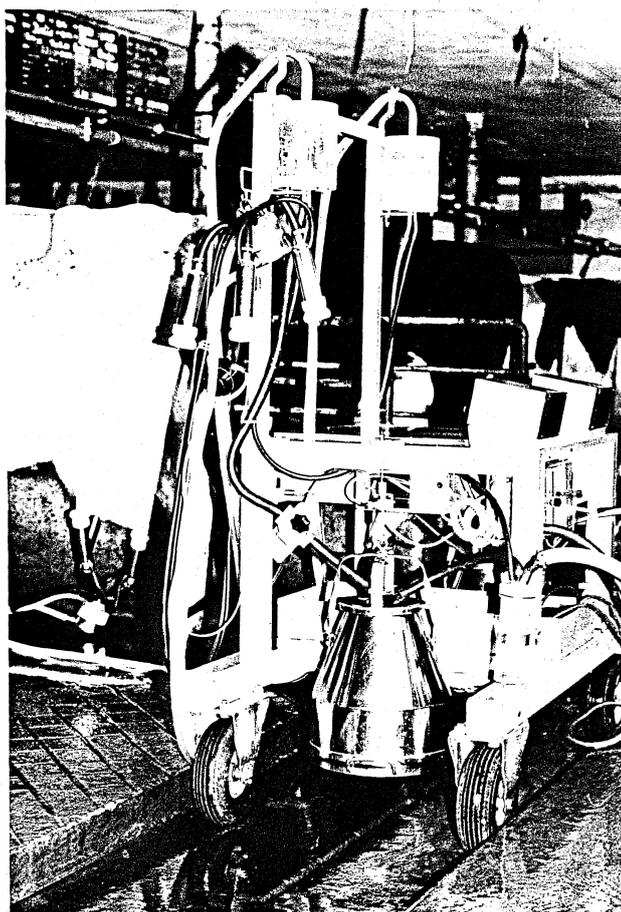


Abb. 2: Melkwagen

Insgesamt wurden 3180 Milchflußkurven mit systematisch abgestuften Kombinationen aus Vakuum und Pulsierung vorwiegend im change-over von je zwei mal fünf Tagen erstellt und per Programm in der Landtechnik Weihenstephan auf die üblichen Mengen-, Zeit- und Flußmerkmale ausgewertet. (Vgl. Diss. HEINL, 1980).

3. Ergebnisse und ihre Bedeutung

3.1 Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation

Aus den vielen Versuchen sind nachstehend die wichtigsten Ergebnisse tabellarisch bzw. graphisch zusammengefaßt und diskutiert. Bei der Bewertung der Versuchsergebnisse ist zu beachten, daß durch routinemäßiges Melken mit dem periodischen Lufteinlaß bei 39 - 40 kPa in der hochverlegten Anlage die Kühe weitgehend frei von Zitzenverhärtungen waren. Damit wurde erfolgreiches Melken mit Niedrigvakuum ermöglicht, und gleichzeitig wurden schonende Melkverfahren im Versuch nicht mit Verhältnissen belastet, die sie nicht zu verantworten haben. Auf der anderen Seite sind Zitzenverhärtungen anscheinend typisch für unsere bisherige Melktechnik; und so lief insbesondere die Standardmaschine aber - aufgrund der Entlastung allein durch Klemmdruck - wohl auch die Maschinen mit Milch-Luft-Trennung unter Bedingungen, die diese Melkzeuge im Langzeiteinsatz nicht halten können. Nachfolgend werden zunächst die Vakuumstufen 40, 45 und 50 kPa untereinander verglichen und zwar bei den heute bei uns gebräuchlichen Eckwerten der Pulsatorckenndaten 50 Z/min mit 50 % Saugphase und 60 Z/min mit 70 %.

Tab. 1: Vakuumapplikation und Milchabgabe
(konstantes Vakuum, Mittelwerte je Melkzeit)

Variable Zielgröße	40 kPa		45 kPa		50 kPa	
	50Z/min/50%	60Z/min/70%	50Z/min/50%	60Z/min/70%	50Z/min/50%	60Z/min/70%
Gesamtgemelk (kg)	10,03	10,15	10,72	10,51	10,16	9,97
masch. Nachgemelk (kg)	0,13	0,21	0,17	0,20	0,42 *	0,65
Gesamtzeit (min)	7,39 **	5,86	7,15 **	5,93	6,18 *	5,58
durchschnittl. Minutengemelk (kg/min)	1,42 ***	1,81	1,57 ***	1,83	1,68	1,83
Höchster Milchfluß (kg/min)	2,43 ***	3,45	2,63 ***	3,42	3,08 ***	4,03
n	80	80	80	80	32	32

* p = 95% ** p = 99% *** p = 99,9%

Bei konstanter Vakuumapplikation molk die Kombination 60 Z/min und 70 % Saugphase bei allen Vakuumstufen deutlich schneller als eine Pulsierung mit 50 Z/min und 50 %. Die hier nicht dargestellte Stufe mit 60 % Saugphase lag zwischen diesen Werten.

Der Einfluß der Vakuumhöhe auf die Milchhergabe trat im Gegensatz zu den Ergebnissen von WEBER sowie im Vergleich zum Einfluß der Pulsierung völlig zurück. Damit ergibt sich für die gemolkene Gruppen eine klare Vorzüglichkeit für die Kombination 40 kPa, 60 Z/min und 70 % Saugphase. In Abhängigkeit von der Melkbarkeit der Kühe variiert das optimale Vakuum im Bereich von einigen kPa, wobei das Vakuum mit zunehmender Leichtmelkigkeit abgesenkt werden sollte.

Der Versuch mit der Vakuumstufe 50 kPa mußte nach nunmehr drei Tagen abgebrochen werden, da alle Kühe Anzeichen schwerer Irritation zeigten, und die Nachgemelke sich im Durchschnitt verdreifacht hatten. Das zeigt, daß Kühe mit natürlich weichen Zitzen die heute gebräuchliche Vakuumhöhe am Euternicht aushalten.

Für den periodischen Lufteinlaß erfolgte u.a. eine Untersuchung bei den Vakuumstufen 40, 42,5 und 45 kPa; dabei kam nur eine Saugphase von 70 % mit 50 bzw. 60 Z/min zum Einsatz, da das Melkzeug in seiner strömungstechnisch optimierten handelsüblichen Konfiguration auf 70 % Saugphase abgestimmt ist. Eine Pulsierung mit z.B. 50 % würde eine größere Luftmenge einlassen und damit nicht den gewünschten zitzenendigen Vakuumverlauf erbringen. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, daß angesichts der geringen Vakuumverluste in der Milchflußphase die Ergebnisse mit der Milch-Luft-Trennung auf den periodischen Lufteinlaß weitestgehend übertragbar sind (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Vakuumapplikation und Milchabgabe
(Per. LE, highline, Mittelwerte je Melkzeit)

Variable Zielgröße	60 Z/min/70%			
	40 kPa	45 kPa	40 kPa	42,5kPa
Gesamtgemelk (kg)	9,19	9,17	8,78	8,85
masch. Nachgemelk (kg)	0,21 *	0,32	0,13	0,16
Gesamtzeit (min)	6,53	6,22	6,58	6,29
durchschnittl. Minutengemelk (kg/min)	1,44	1,48	1,38	1,44
Höchster Milchfluß (kg/min)	2,60 ***	2,94	2,52	2,66
n	100	100	100	100
* p = 95% ** p = 99% *** p = 99,9%				

Bei laktationsbedingt im Vergleich zu den Daten von Tabelle 1 leicht gesunkenem Leistungsniveau unterschieden sich die Vakuumstufen 40 und 45 kPa signifikant voneinander, während zwischen den Stufen 40 und 42,5 kPa keine Differenzen mehr gesichert werden konnten. Als Optimalwert ergibt sich damit eine Vakuumhöhe von 42,5 kPa, da tendenziell eine schnellere Milchhergabe erfolgt, während die Vollständigkeit der maschinellen Milchgewinnung noch nicht leidet. Die Ergebnisse befinden sich in hervorragender Übereinstimmung mit denen für die Milch-Luft-Trennung.

Zwischen den Pulszahlen 50 und 60 Z/min ergaben sich aus dem dargestellten Material keine gesicherten Unterschiede. Inzwischen vorliegende Daten aus anderen Versuchen zeigen jedoch, daß insbesondere schwermelkende Tiere mit 60 Z/min - wahrscheinlich aufgrund der besseren Konditionierung des Zitzengewebes - die Milch schneller und vollständiger hergeben.

Bei 45 kPa wird das Optimum für den periodischen Lufteinlaß deutlich überschritten, wie aus den erhöhten Nachgemelken ersichtlich ist. Die Betrachtung der Durchschnittswerte spiegelt die tatsächlichen Reaktionen jedoch nur teilweise wieder, da die Nachgemelkshöhe tierindividuell sehr stark streut; es sind immer gewisse Kühe, die die Routine durch erhöhte Nachgemelke stören. Beim Einzeltier traten bis zu sechsfache Unterschiede auf.

Die dargestellten Versuche zeigen u.E. eindeutig, daß eine scharfe Optimierung von Vakuum und Pulsierung möglich wird, sobald die Bedingungen am Euter nicht mehr durch unkontrollierte Vakuumapplikationen verfälscht werden. Damit sind endlich die Grundvoraussetzungen für eine umfassende biotechnische Optimierung gelegt.

1.2 Auswirkungen einer Umstellung von konventionellen Melkzeugen auf Melkzeuge mit periodischem Lufteinlaß in der Praxis

Laborversuche haben ergeben, daß mit der Technik des periodischen Lufteinlasses die für Standardmelkzeuge typischen Vakuumverluste drastisch gesenkt werden können, so daß die Grundvoraussetzungen für eine kontrollierte Vakuumapplikation damit erfüllbar sind.

Die im Unterpunkt 1 durchgeführten Arbeiten hatten ferner gezeigt, daß neben der Versuchsmaschine mit Trennung von Milch und Luft im Sammelstück auch das Melkzeug mit periodischem Lufteinlaß punkt-scharf hinsichtlich der Milchhergabe optimiert werden kann.

Einsatzerfahrungen beim Melken in Versuchs- und Praxisbetrieben hatten ergeben, daß sich Zitzenverhärtungen zurückbilden können, und daß die periodische Absenkung deutlich positive Effekte auf die Melkbereitschaft der Tiere hatte. Von Praktikern wurde insbesondere die Milchhergabe und der Ausmelkgrad bei schonender Zitzenbehandlung gerühmt.

Für die Optimierung eines Melkverfahrens für die Praxis muß ein Melkzeug viele Punkte gleichzeitig erfüllen, wenn Fortschritte insgesamt erzielt werden sollen, denn die Einflußfaktoren sind vielfältig miteinander vernetzt; sie hängen aber letztendlich alle am ersten Punkt: Kontrollierte Bedingungen (vgl. Abb. 3), denn unkontrollierte Verhältnisse sind nicht optimierbar.

1. VORAUSSETZUNG: kontrollierte Bedingungen
2. schnell und vollständig melken
3. Zitzen schonend behandeln
4. keine Bakterienübertragung
 zwischen Vierteln zwischen Kühen
5. (keine) Beeinträchtigung der Milchqualität
6. einfache praxisgerechte Konstruktion

Abb. 3: Anforderungen an Melkmaschinen

Versuche zur Milchhergabe in der Praxis mit kontrollierter Vakuumpplifikation waren zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns nicht bekannt.

Die Ausgangsfrage lautete daher: Wie weit kann man mit verbesserten Melkzeugen ohne Milchflußsteuerung in der Praxis kommen?

Da kontrollierte Bedingungen mit einer praktisch akzeptablen Konstruktion und unter Einschluß der Unterbindung der Bakterienübertragung (auch derzeit noch) nur mit der Maschine mit periodischem Lufteinlaß gegeben zu sein scheinen, wurden die Umstellungsversuche mit dieser Technik durchgeführt.

2.2 Auswirkungen einer Umstellung von konventionellen Melkzeugen auf Melkzeuge mit periodischem Lufteinlaß in der Praxis

Untersuchungen mit für unsere Struktur typischen Familienbetrieben sind außerordentlich problematisch, weil z.B. das Auswechseln einer Kuh nicht zufällig erfolgt und stark durchschlägt, und auch von der Fütterung her selten die an kontrollierte Versuchsbedingungen zu stellenden Anforderungen erfüllt werden. Hinzu kommt, daß arbeitswirtschaftliche Effekte nur bedingt durchschlagen können ("Zeitvertreib") durch Nachmelken ohne Berücksichtigung der Anzeige, festgefahrene Routine etc.).

Aus den genannten Gründen wurden die noch laufenden Umstellungsversuche in einen der besten Staatsbetriebe in Ungarn verlegt. In dem Betrieb stehen 1400 Milchkühe der Rasse Ungarische Rotbunte (die Kühe sind Schwarzbunt) x HF mit einer durchschnittlichen Milchleistung von ca. 5000 kg/Kuh/Jahr. Die Tiere stehen in Anbindeställen à 2 x 100 Kühe nach folgendem Schema (vgl. Abb. 4).

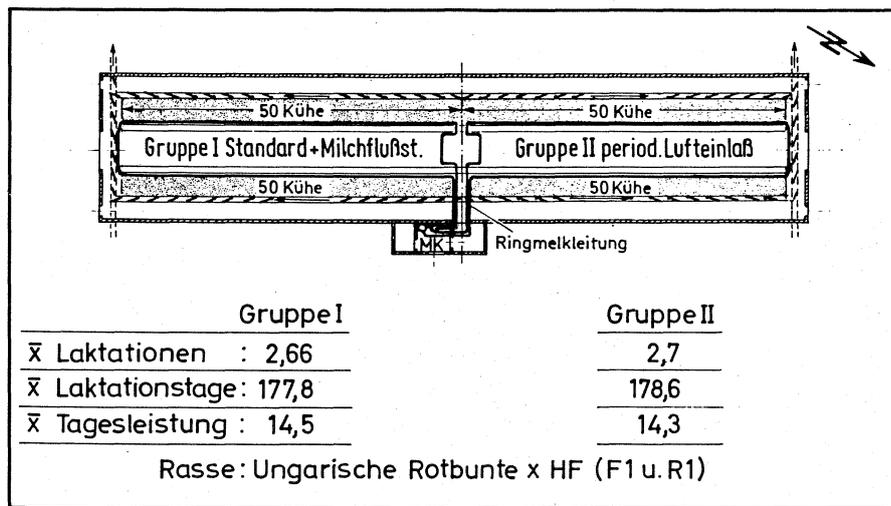


Abb. 4: Versuchstall und Tiermaterial

Die Fütterung erfolgt mit einem Futtermischwagen; die Komponenten sind von gleichmäßiger guter Qualität (hohe Schlagkraft). Gemolken wird von je einem Melker für 100 Kühe mit je sechs Melkeinheiten. Die Melkanlagen sind getrennt und daher für Vergleichsversuche gut geeignet. Neu in die Herde kommende Kühe werden nach einem Losverfahren aus einem Pool gezogen. Der Vergleich läuft zwischen Melkzeugen mit periodischem Lufteinlaß und Standardmelkzeugen mit Zweistufen-Milchflußsteuerung. Es begann mit einer Anamnese im Juli 1980; im September erfolgte die Umstellung auf periodischen Lufteinlaß. Dreimal jährlich werden erfaßt bzw. zusammengestellt:

- Analyse der Melkarbeit (Zeitstudie, vgl. G 5)
- Palpieren der Zitzen (Verhärtungen)
- Adspektion der Zitzen (Ausstülpungen)
- Überprüfung der Melkanlage
- Zusammenstellung der täglichen/monatlichen Milchmenge/Gruppe
- Zellzahl (elektronisch) Viertelgemelke
- Bakteriologische Analyse Viertelgemelke

3.2 Auswirkungen einer Umstellung von konventionellen Melkzeugen auf Melkzeuge mit periodischem Lufteinlaß in der Praxis

Bezüglich der Zitzenverhärtungen (vgl. 2.3) zeigten sich im Feldversuch folgende Veränderungen:

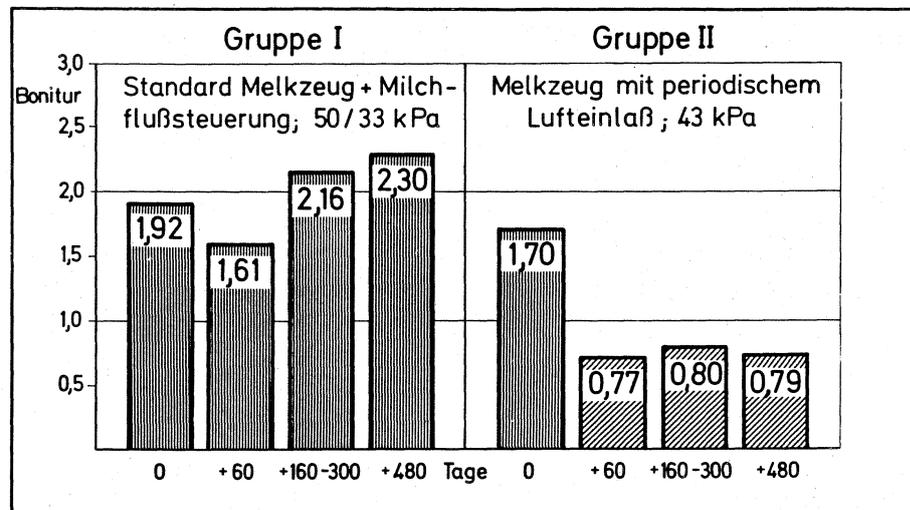


Abb. 5: Melktechnik und Verlauf der Zitzenverhärtungen (Anbindestall, n=2x100 Kühe; hochverlegte Melkleitung)

Die Standardgruppe hat sich über 1 1/2 Jahre praktisch nicht verändert und hält sich auf dem Niveau deutlicher Verhärtungen. In der Gruppe 2 ohne geändertes Nennvakuum beim Blindmelken dagegen, wurden die Verhärtungen bereits nach 60 Tagen um über 50 % abgebaut und halten sich seither in diesem weichen Zustand. (Anmerkung: Beide Werte für die Untersuchung " + 480 Tage" könnten etwas zu hoch liegen, weil sie kurz nach dem Melken bestimmt worden sind). Die noch verbleibenden Resthärten sollten zurückgehen, wenn die Blindmelkzeiten von durchschnittlich mehreren Minuten abgebaut werden und die Anlage das Nennvakuum besser hält, so daß mit 40 kPa gefahren werden kann. Weiterhin wird an einer Vertiefung der periodischen Vakuumabsenkung beim Blindmelken gearbeitet. Die Gruppe 2 verbesserte ihre Melkbarkeit um 10 - 15 % gegenüber der Standardgruppe. Für die Strichkanalausstülpungen ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Verhärtungen:

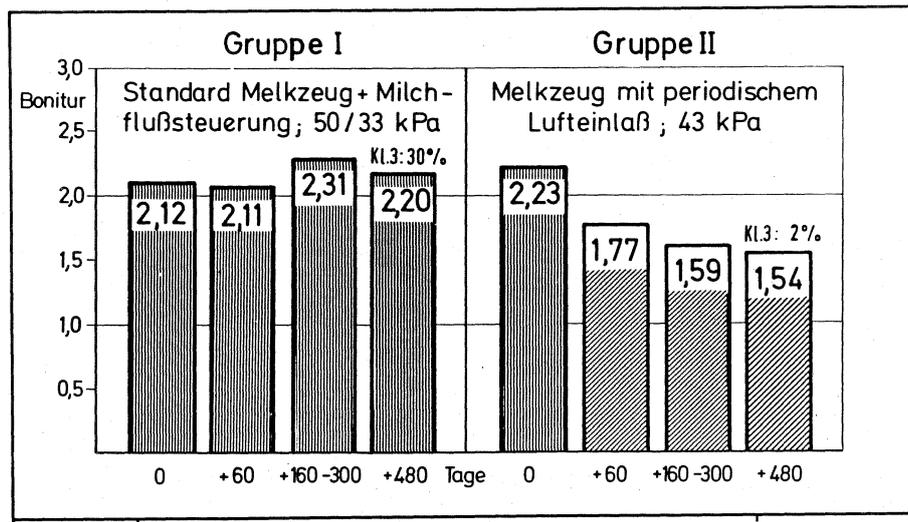


Abb. 6: Melktechnik und Verlauf der Strichkanalausstülpungen (Anbindestall; n=2x100 Kühe, hochverlegte Melkleitung)

In der Standardgruppe bewegen sich die Ausstülpungen im Durchschnitt auf dem Niveau "deutlich", und der Anteil der verschorften Form der Klasse 3 betrug bei der letzten Untersuchung noch 30 %.

In der Versuchsgruppe 2 dagegen zeigt sich ein deutlicher Trend zur Zurückbildung dieser anatomischen Veränderungen. Naturgemäß muß ein längerer Zeitraum für die Normalisierung in Ansatz gebracht werden. Bei der letzten Untersuchung waren aber nur noch 2 % der Zitzen in Klasse 3 zu finden, so daß der positive Trend klar unterbaut ist.

Die Milchleistung der Versuchsgruppe verbesserte sich um 5,48 % (vgl. Abb. 7) im bisherigen Versuchszeitraum:

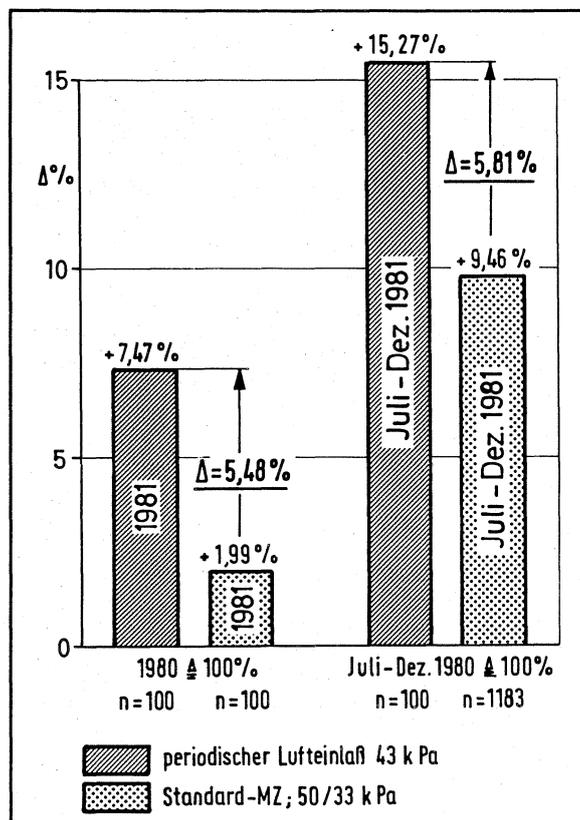


Abb. 7: Melktechnik und Milchleistung
(Anbindeställe à 200 Kühe, hochverlegte Melkleitung)

Die gleiche Größenordnung zeigt sich, wenn der Zeitraum vom Juli bis Dezember betrachtet wird, wo insbesondere aufgrund von neuem Futter die meiste Milch anfällt. Als Vergleich dienen hier 1183 Kühe aus dem gleichen Bestand und mit der gleichen Melktechnik und Fütterung wie die Standardgruppe.

Trägt man den Verlauf der Milchproduktion über der Zeit auf, dann wird deutlich, daß die höhere Milchmenge insbesondere durch ein besseres Durchhaltevermögen bedingt ist.

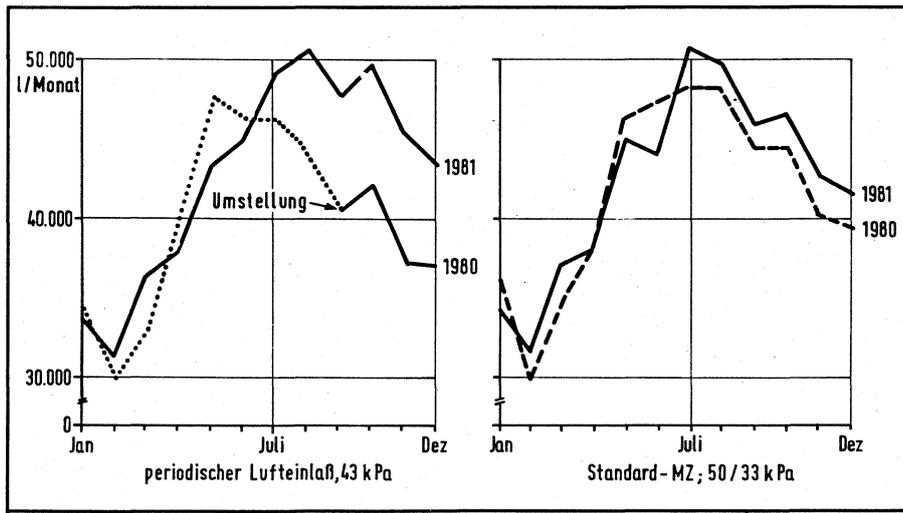


Abb. 8: Melktechnik und Verlauf der Milchproduktion
(Anbindestall 2x100 Kühe, hochverlegte Melkleitung)

Der Zusammenhang zwischen Zellzahl und Milchproduktion schließlich, zeigt einen deutlich inversen Verlauf, wobei nach einer Versuchsdauer von etwa zehn Monaten sich eine klare Vorzüglichkeit der Maschine mit periodischem Lufteinlaß abzeichnet (vgl. Abb. 9).

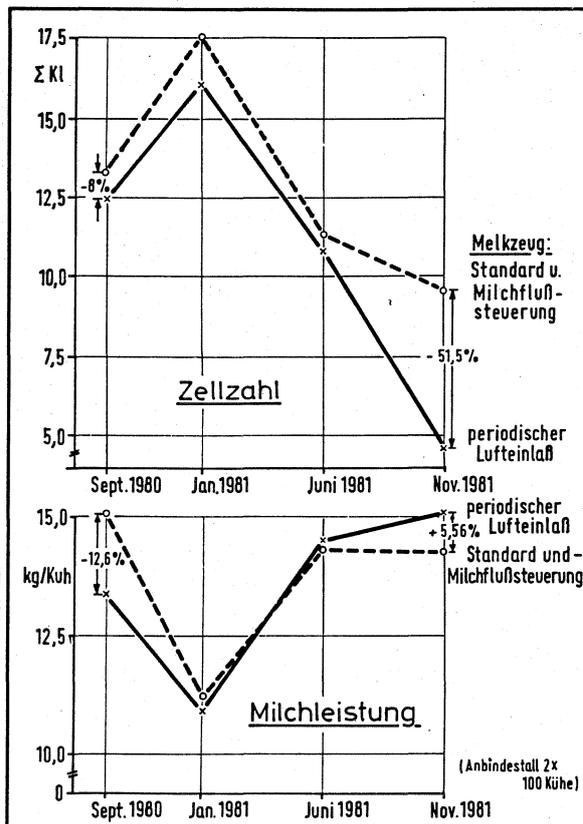


Abb. 9: Einfluß der Melktechnik auf Zellzahl und Milchleistung

1.3 Beurteilung/Messung von Zitzenhärte und Strichkanalausstülpungen als Ausdruck der Zitzenbehandlung beim Melken

Die Zitzenbehandlung wurde traditionell im Zusammenhang mit der Melkroutine durch nicht ordnungsgemäße Maschinen (z.B. überhöhtes Vakuum) oder schlechte Routine (z.B. langes Blindmelken) gesehen. Der Gedanke, daß verschiedene Vakuumpplikationen biotechnisch eine Alternative zum klassischen Zweiraumbeker sein könnten, ist erst in jünster Zeit systematisch aufgegriffen worden. Neu ist daher auch der Ansatz, daß unterschiedliche Behandlungen beim Melken Auswirkungen auf die Zitzenkondition haben sowie die Einsicht, daß selbst beim Melken mit ordnungsgemäß eingestellten Anlagen Zitzenverhärtungen erzeugt werden. Veränderungen an der Zitzenspitze müssen bereits rein strömungstechnisch die Milchhergabe behindern, und die Funktion des Strichkanals als Abwehrpforte gegen Bakterien wird bei stärkeren Strichkanalausstülpungen mit Rissen (n. TOLLE) geschwächt.

Bekannt geworden sind besonders die Ansätze aus der EFAM/Bern sowie der INRA/Rennes, bei denen die Zitzenhärte(und -temperatur) in Abhängigkeit vom Melken (z.T. mit verschiedenen Melkeinheiten) gemessen werden sollte. An der Tierärztlichen Hochschule Hannover laufen histologische Untersuchungen zur Frage der Zitzenverhärtung.

Während die Grundlagenarbeiten in Hannover sicher wertvolle Erkenntnisse liefern werden, erscheinen die bisherigen Messungen der Zitzenhärte unzulässig (vgl. 3.3). Ausstülpungen sind unseres Wissens immer visuell beurteilt worden.

2.3 Beurteilung/Messung von Zitzenhärte und Strichkanalausstülpungen als Ausdruck der Zitzenbehandlung beim Melken.

Das Zitzenmeßgerät der EFAM/Bern (vgl. Abb. 5, Diss. C. SCHNEIDER, Bern 1981) wurde studiert und im Mai 1980 in einem Gemeinschaftsversuch mit der IVO/Zeist an 2 x 14 Zwillingen der Rasse Schwarzbunte eingesetzt, bei denen die konventionelle Melktechnik mit dem periodischen Lufteinlaß verglichen wurde. (Anmerkung: der periodische Lufteinlaß lief hierin einem firmeninternen Versuch mit einem fabrikatfremden, nicht abgestimmten Pulsator und mit einem strömungstechnisch ungünstigen Highline-Simulator; Schaumbildung)

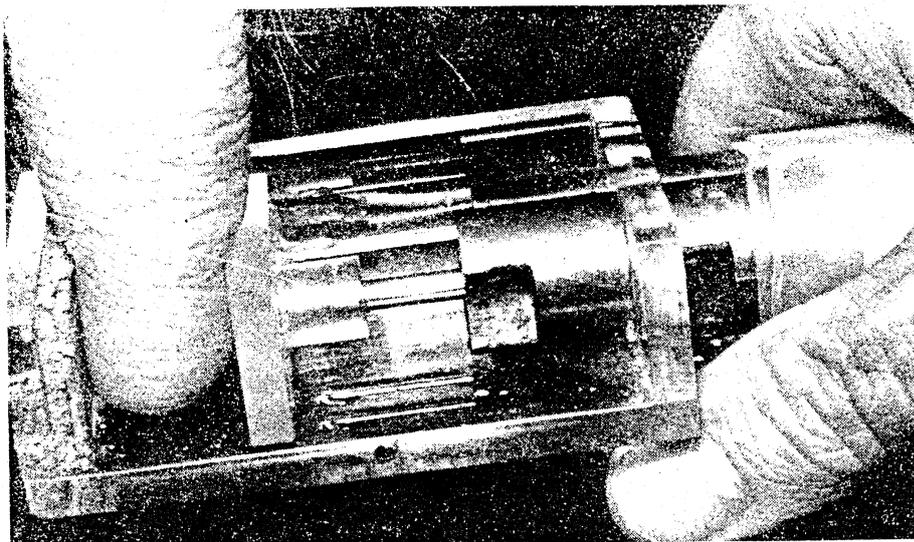


Abb.10: Zitzenmeßgerät nach SCHNEIDER

Weiterhin wurde die Möglichkeit untersucht, die einzelnen Gewebeschichten der Zitze, insbesondere die sogenannte Gefäß-Muskel-Schicht (vgl. Abb.11, Quelle: Institut für Hygiene und Technologie der Milch, Tierärztliche Hochschule Hannover), mit Hilfe von Ultraschall zu erfassen.



Abb.11: Querschnitt durch die Zitzenspitze einer Kuh

Im Januar 1980 führte die Firma Siemens in der hiesigen Versuchsstation Veitshof in Gegenwart von Dr.vet.med. Schams (G 2) ein Gerät vor, das der Aufgabe gerecht werden könnte.

Zum damaligen Zeitpunkt stand jedoch ein verbesserter Kopf, der an die Meßaufgabe bei geringer Tiefe und hoher Auflösung angepaßt war, noch nicht zur Verfügung. Somit konnte noch nicht endgültig über die Technologie entschieden werden.

Das Gerät IMAGER 2300 mit elektronischer Focussierung kostet in der für die Erfüllung der Aufgabe erforderlichen Ausstattung DM 52.115,60 und soll erneut vorgeführt werden, sobald der verbesserte Geber zur Verfügung steht. Alternativ dazu wird ein Gerät der Firma Toshiba in Erwägung gezogen. Auch von Seiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover besteht an der gemeinsamen Nutzung der Technologie Interesse, weil Messungen am lebenden Tier vorgenommen und dann mit histologischen Resultaten vernetzt werden könnten. Die Beurteilung von Zitzenverhärtungen und Strichkanalausstülpungen erfolgt noch klassifiziert/visuell nach folgenden Schemen:

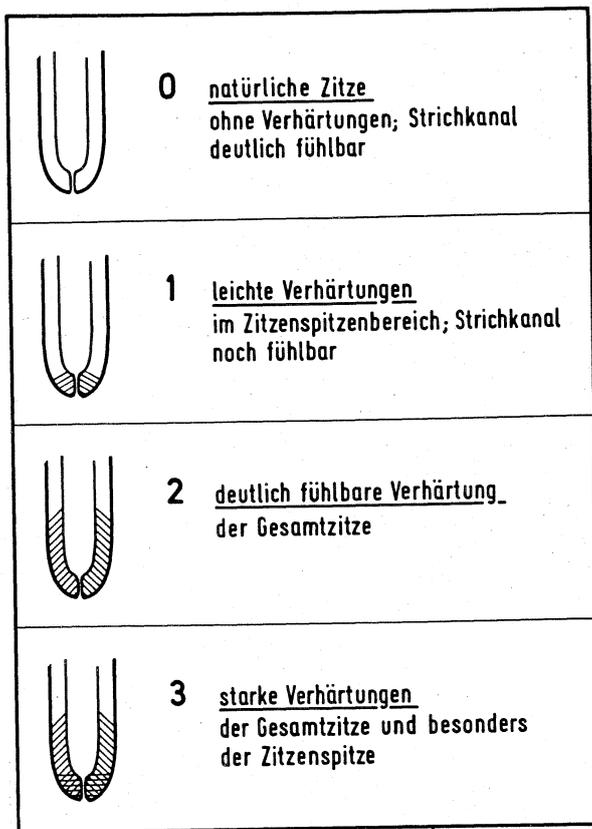


Abb. 12: Bonitur der Zitzenverhärtungen

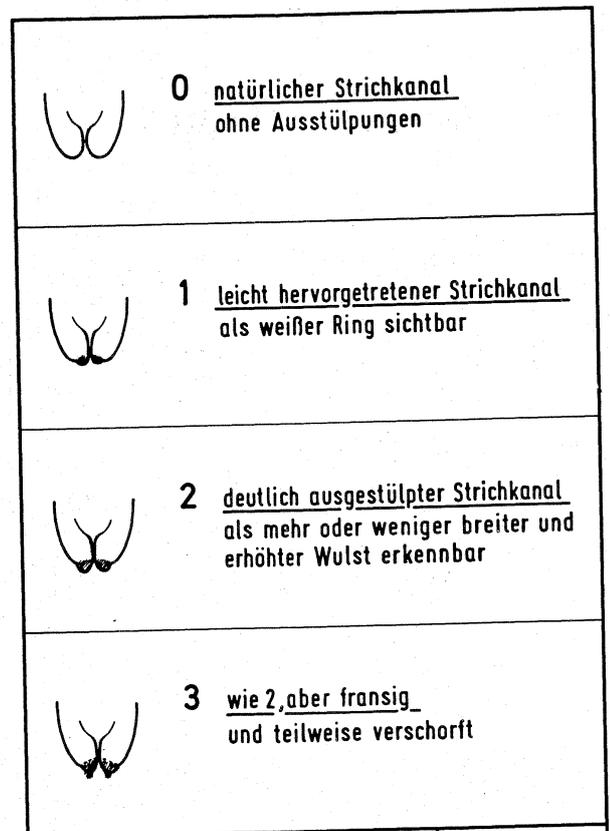


Abb. 13: Bonitur der Strichkanalausstülpungen

3.3 Beurteilung/Messung der Zitzenhärte als Ausdruck der Zitzenbehandlung beim Melken

Der praktische Einsatz des EFAM Meßgerätes ergab folgende Erkenntnisse:

1. Der induktive Weggeber mit hoher Auflösung ist nicht zentral angeordnet, so daß sich bei nicht mittiger Messung durch Verkanten der Meßplatte ein Fehler von 0,5 - 1 mm ergeben kann.
2. Für die "drucklose" Messung der Zitzendicke muß der Kolben beidseitig mit geringem Druck bei leichter Druckdifferenz beaufschlagt werden. Eine weiche Zitze wird dabei stärker deformiert als eine harte; ebenso im Vergleich von einer dünnen und einer dicken. Das ist somit abhängig von Faktoren, die ursächlich in keinem Zusammenhang zur Verhärtung stehen und gilt analog beim Zusammendrücken.
3. Bei der "gedrückten" Messung wurde vom Hersteller mit Drücken über 1,2 bar gearbeitet. Beide Gruppen in Holland akzeptieren diesen Druck nicht. Die Standardgruppe tolerierte gerade noch 1,2 bar, während die Gruppe mit dem periodischen Lufteinlaß mit maximal 0,8 bar beaufschlagt werden durfte. Die Empfindlichkeit gegenüber Klemmdruck steht also in Zusammenhang mit der verwendeten Melkmaschine.
4. Der Preßdruck muß abgestimmt sein auf die Konsistenz der zu messenden Zitze, weil sonst bei sehr weichem Material das Gewebe bis auf den Strichkanal zusammengedrückt und die Messung verfälscht wird - und eine Kuh nimmt Klemmen nicht reaktionslos hin
5. Das Gerät kann nicht unterscheiden zwischen fleischigen und verhärteten Zitzen.

Aufgrund der praktischen Einsatzerfahrungen mit o.a. Gerät in drei Wiederholungen wird in den laufenden Feldversuchen die Konsistenz der Zitze palpiert.

Eine Möglichkeit zur Messung der Gewebereaktion auf mechanische Beanspruchung scheint in der Ultraschallanalyse der Gewebeschichten gegeben.

4. Vergleiche mit Arbeiten außerhalb des Sonderforschungsbereiches

4.1 Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation

Optimierungsversuche mit definierten Verhältnissen für Vakuum und Pulsierung am Euter unabhängig vom Milchfluß sind bisher aus der Literatur nicht bekannt geworden. Auch das Arbeiten mit Kühen ohne melkmaschinenbedingte Zitzenveränderungen für derartige Versuche ist neu.

4.2 Auswirkungen einer Umstellung von konventionellen Melkzeugen auf Melkzeuge mit periodischem Lufteinlaß in der Praxis

Abgesehen von dem versuchsweisen Einsatz (teilweise in einer experimentellen Viertelgemelksversion) in wenigen Betrieben mit chronischen Mastitisproblemen im Bereich des TGD Kempten sind aus der Literatur keine Versuche bekannt, die über längere Zeit unter kontrollierten Bedingungen mit der optimierten Serienversion des Melkzeuges mit periodischem Lufteinlaß durchgeführt worden sind.

4.3 Beurteilung/Messung der Zitzenhärte als Ausdruck der Zitzenbehandlung beim Melken

SCHNEIDER (1) führte in der EFAM/Bern Messungen mit dem für G 1 versuchsweise ausgeliehenen Gerät bei mit verschiedenen Melkzeugen gemolkenen Kühen durch. Die Versuche liefen jedoch nur über je 2 x 5 Tage und nicht mit der heute handelsüblichen Version des periodischen Lufteinlasses sowie unter durch die Meßtechnik ('Truvac') verfälschten und nicht ISO-gerechten Vakuumbedingungen am Euter. BONELLI (2) von der INRA/Rennes beschreibt 1979 ein Gerät, mit dem die Kraft zum Zusammendrücken des Zitzengewebes durch Federkraft bestimmt wird. Dieses Gerät wird vorgestellt im Rahmen einer Studie über Melkbarkeit und Zitzeneigenschaften, jedoch nicht in Abhängigkeit von der Melktechnik. Auch hier dürften gewisse Einschränkungen wie Beeinflussung des Meßresultates durch die Fläche sowie das nicht gegebene Unterscheidungsvermögen zwischen "fleischig" und "verhärtet" angebracht sein. Signifikante negative Zusammenhänge zwischen Zitzenhärte und Melkbarkeit werden beschrieben.

(1) S c h n e i d e r, C.: Dissertation med. vet. 1980 Bern

(2) B o n e l l i, A.: INRA Sonderdruck 1979

5. Offene Fragen

Da die Arbeiten in G 1 eng verzahnt sind, werden offene Fragen gemeinsam angegeben:

1. Soll das zitzenendige Vakuum konstant oder periodisch abgesenkt sein? Welche Konfiguration?
2. Ist Überdruckpulsierung bei 40 kPa Nenn-/Melkvakuum (und periodischer Absenkung) von Bedeutung?
3. Wie hängen Differenzdruck, Einfaltdruck und Länge der Milchflußphase in Abhängigkeit von der Vakuumhöhe zusammen?
4. Welche Folgen haben natürlich weiche Zitzen für Melkbarkeit und Eutergesundheit?
5. Ist eine Schonstufe bei geringem Milchfluß (Blindmelken) bei 40 kPa Nenn-/Melkvakuum (und periodischer Absenkung) erforderlich? Wie kann sie aussehen?
6. Welchen Einfluß hat eine optimierte maschinelle Vorstimulation auf die Ergebnisse der Umstellungsversuche in der Praxis?
7. Wie verhalten sich die Streuungen der Milchmenge bei optimierter Technik?
8. Wie ist der Zusammenhang zwischen Melktechnik und Abbau/Aufbau von Zitzenverhärtungen (Ultraschallanalyse, Histologie)?
9. Wie ist der Zusammenhang zwischen Melktechnik und Strichkanalausstülpungen?
10. Wie kann ein umfassend biotechnisch optimiertes Melkzeug aussehen?

Veröffentlichungen:

1. W o r s t o r f f, H.: Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zur Biotechnik der Milchgewinnung
Vortrag Molkerei Weißenstephan 4.9.1979
2. W o r s t o r f f, H., B o x b e r g e r, J., K u r t z, T.: Melkräume-Einrichtung und Zuordnung.
ALB Blatt 02.15.01 1980
3. W o r s t o r f f, H.: Melktechnik, Melchräume in DLG 170
"Modernisierung von Anbindeställen" 1980
4. W o r s t o r f f, H., H e i n l, B.: Optimizing the Milking Machine
Nat. Milking Center Design Conf. Rochester, N.Y. 15. - 18. Nov. 1980, Proceedings S. 149 - 167
5. H e i n l, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation.
Diss. TU München-Weißenstephan 1980
6. W o r s t o r f f, H.: Entrée d'air périodique, un nouveau faisceau-trayeur pour une véritable décongestion biologique des traillons
Table Ronde Westfalia-Separator France, Paris 6.10.1981
7. W o r s t o r f f, H.: Melkmaschinen und Milchqualität
Fortbildung beamteter Tierärzte in Bayern
Weißenstephan, 19./20.10.1981
8. W o r s t o r f f, H.: Verbesserter, schonender maschineller Milchentzug
Jahrestagung Landtechnik Weißenstephan 11.11.1981
9. W o r s t o r f f, H.: Anforderungen an Melkmaschinen aufgrund neuer wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse
Milchpraxis 1982 im Druck
10. W o r s t o r f f, H.: Milchviehhaltung in den USA
Seminarvortrag Weißenstephan, 20.1.1982
11. W o r s t o r f f, H.: Anforderungen an den maschinellen Milchentzug aus der Sicht der angewandten Wissenschaft
Symposium Dalmand/Ungarn 23.2.1982

5. Offene Fragen

Da die Arbeiten in G 1 eng verzahnt sind, werden offene Fragen gemeinsam angegeben:

1. Soll das zitzenendige Vakuum konstant oder periodisch abgesenkt sein? Welche Konfiguration?
2. Ist Überdruckpulsierung bei 40 kPa Nenn/Melkvakuum (und periodischer Absenkung) von Bedeutung?
3. Wie hängen Differenzdruck, Einfaltdruck und Länge der Milchflußphase in Abhängigkeit von der Vakuumhöhe zusammen?
4. Welche Folgen haben natürlich weiche Zitzen für Melkbarkeit und Eutergesundheit?
5. Ist eine Schonstufe bei geringem Milchfluß (Blindmelken) bei 40 kPa Nenn-/Melkvakuum (und periodischer Absenkung) erforderlich? Wie kann sie aussehen?
6. Welchen Einfluß hat eine optimierte maschinelle Vorstimulation auf die Ergebnisse der Umstellungsversuche in der Praxis?
7. Wie verhalten sich die Streuungen der Milchmenge bei optimierter Technik?
8. Wie ist der Zusammenhang zwischen Melktechnik und Abbau/Aufbau von Zitzenverhärtungen (Ultraschallanalyse, Histologie)?
9. Wie ist der Zusammenhang zwischen Melktechnik und Strichkanalausstülpungen?
10. Wie kann ein umfassend biotechnisch optimiertes Melkzeug aussehen?

Veröffentlichungen:

1. W o r s t o r f f, H.: Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zur Biotechnik der Milchgewinnung
Vortrag Molkerei Weihenstephan 4.9.1979
2. W o r s t o r f f, H., B o x b e r g e r, J., K u r t z, T.:
Melkräume-Einrichtung und Zuordnung.
ALB Blatt 02.15.01 1980
3. W o r s t o r f f, H.: Melktechnik, Melchräume in DLG 170
"Modernisierung von Anbindeställen" 1980
4. W o r s t o r f f, H., H e i n l, B.: Optimizing the Milking
Machine
Nat. Milking Center Design Conf. Rochester, N.Y. 15. - 18. Nov.
1980, Proceedings S. 149 - 167
5. H e i n l, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung
der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw.
kontrollierter Vakuumapplikation.
Diss. TU München-Weihenstephan 1980
6. W o r s t o r f f, H.: Entrée d'air périodique, un nouveau
faisceau-trayeur pour une véritable décongestion biologique
des traions
Table Ronde Westfalia-Separator France, Paris 6.10.1981
7. W o r s t o r f f, H.: Melkmaschinen und Milchqualität
Fortbildung beamteter Tierärzte in Bayern
Weihenstephan, 19./20.10.1981
8. W o r s t o r f f, H.: Verbesserter, schonender maschineller
Milchentzug
Jahrestagung Landtechnik Weihenstephan 11.11.1981
9. W o r s t o r f f, H.: Anforderungen an Melkmaschinen aufgrund
neuer wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse
Milchpraxis 1982 im Druck
10. W o r s t o r f f, H.: Milchviehhaltung in den USA
Seminarvortrag Weihenstephan, 20.1.1982
11. W o r s t o r f f, H.: Anforderungen an den maschinellen
Milchentzug aus der Sicht der angewandten Wissenschaft
Symposium Dalmand/Ungarn 23.2.1982

12. P r e d i g e r, A., W o r s t o r f f, H., A u e r n h a m -
m e r, H.: Ergebnisse der Umstellungsversuche auf Melkzeuge
mit periodischem Lufteinlaß unter besonderer Berücksichtigung
der Zitzenbeschaffenheit und Arbeitswirtschaft
Symposium Dalmand/Ungarn 23.2.1982
13. W o r s t o r f f, H.: Bedeutung der modernen Melktechnik
für die Qualitätsmilcherzeugung
Vortrag Windsbach am 5.3.1982
14. W o r s t o r f f, H.: Pour une traite mécanique améliorée
Production Laitière Moderne 101, 135 - 144, 1982
15. W o r s t o r f f, H.: Neues aus der Forschung der Melk-
technik
Fachgespräch im Hause Miele/München am 16.3.1982
16. W o r s t o r f f, H., H e i n l, B., A u e r n h a m m e r,
H., S t a n z e l, H., P r e d i g e r, A.: Optimierungs-
arbeiten mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation
zur Milchabgabe bei Kühen
Milchwissenschaft 1982 im Druck

Teilprojekt G 2

Auswirkungen verschiedener technischer Parameter auf die neuroendokrine Regulation beim Milchentzug

Leiter: apl. Prof. Dr. med. vet. D. Schams
Lehrstuhl für Physiologie der Fortpflanzung
und Laktation
Vöttingerstr. 45
8050 Freising
Tel. 08161/71509

Mitarbeiter: o.Prof. Dr. H. Karg
Dipl. agr. H. Mayer
Dipl. agr. A. Prokopp
Dr. agr. habil. H. Worstorff
Ing.agr. A. Prediger

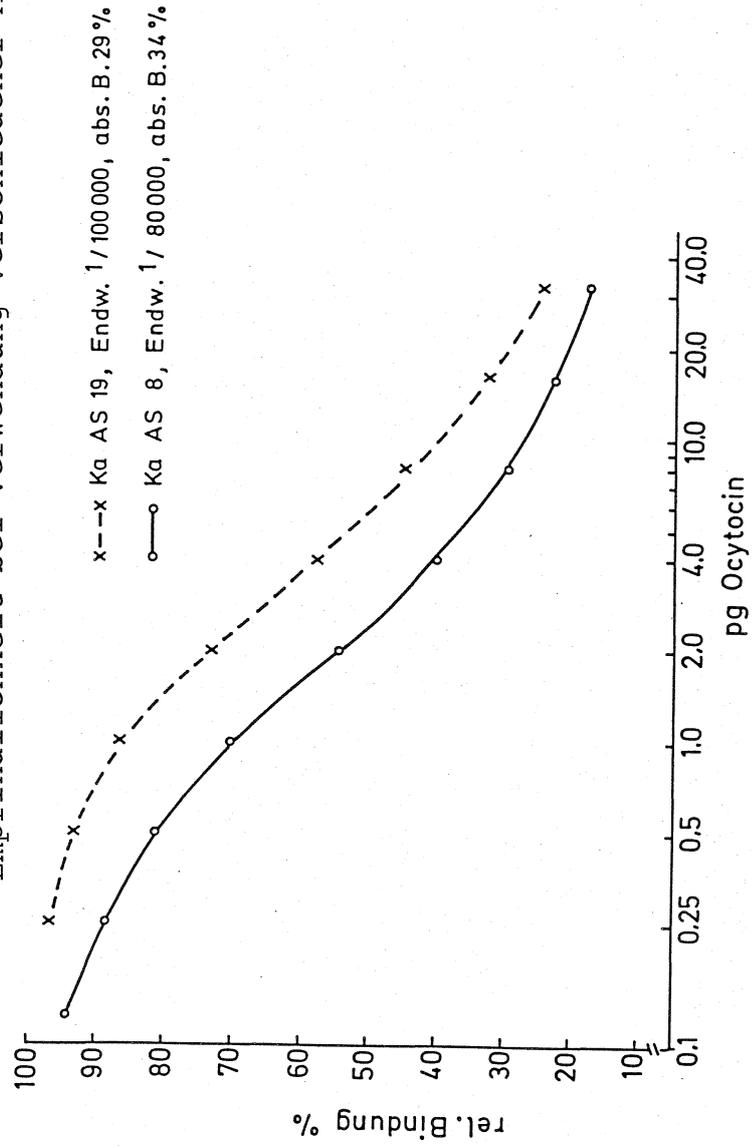
Das Peptidhormon Ocytocin gilt als Schlüsselhormon für die Milchejektion. Die Freisetzung erfolgt durch einen neuro-endokrinen Reflexbogen. Als Schlüsselreiz wirkt besonders die taktile Stimulation von sensiblen, auf Druck empfindliche Nervenendigungen, die vorwiegend in den Zitzen lokalisiert sind. Ziel der Untersuchungen im Antragszeitraum 1980 - 1982 war es, die Methodik der Ocytocinbestimmung noch zu verfeinern, um auch Basiskonzentrationen messen zu können sowie Fragen, die die Vor- und Nachgemelksphase betreffen, zu untersuchen.

Im einzelnen wurden im Berichtszeitraum folgende Arbeiten vorgenommen:

1. Methodische Arbeiten zur Erhöhung der Empfindlichkeit der Analyse

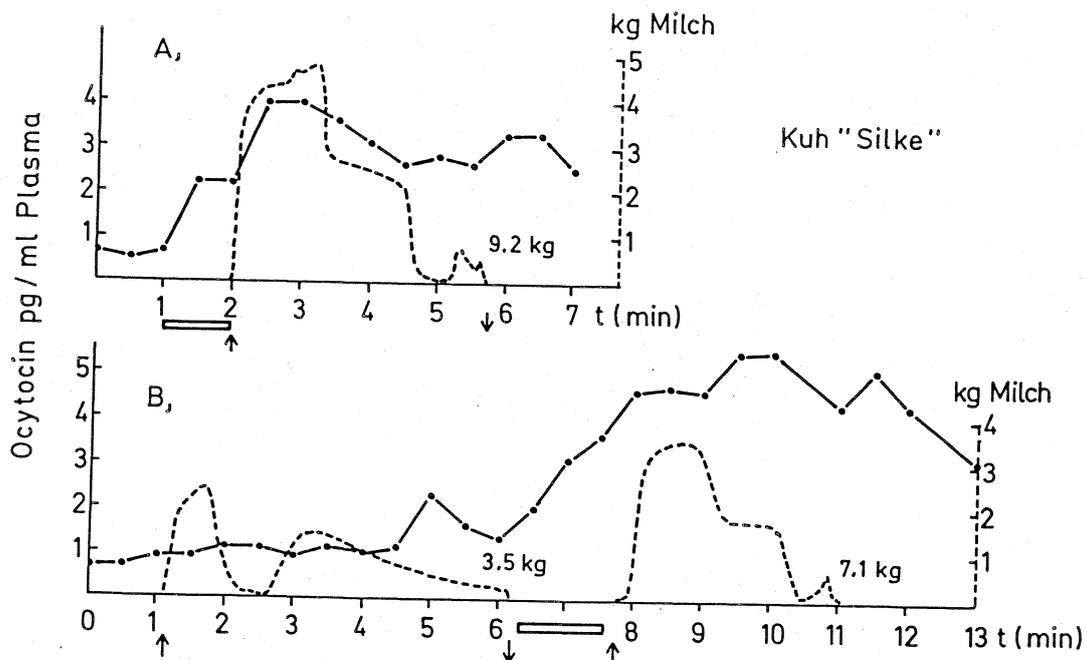
Das radioimmunologische Routineverfahren (RIA) basiert auf der Verwendung einer Eichkurve, erstellt in Ocytocin freiem Rinderplasma. Standardkurve und unbekannte Proben müssen mit Aceton extrahiert werden. Nach Niedertrocknung des Überstandes sowie Aufnahme in Pufferlösung erfolgt die Durchführung des eigentlichen RIA. Die Nachweisgrenze liegt bei 3 pg/ml. Für die Steigerung der Empfindlichkeit wurde nach einer Methode gesucht, bei der die Probe extrahiert und gleichzeitig konzentriert werden kann. Mit der bisherigen Methode war dies nicht möglich, da Salze mitkonzentriert wurden. Weitere Schritte bestanden darin, ein empfindliches Antiserum zu gewinnen sowie die Anwendung einer Puffer-Standardkurve. In Abb. 1 ist der Einfluß des Antiserums auf die Empfindlichkeit zu erkennen. Die Extraktion und Konzentrierung erfolgt für hohe Empfindlichkeiten jetzt mit Minisäulen, die nach dem Prinzip der Hochdruckflüssigkeitschromatographie arbeiten. Ocytocin wird auf der Säule zurückgehalten.

Abbildung 1: Ocytocinstandardkurven mit unterschiedlicher Empfindlichkeit bei Verwendung verschiedener Antisera



Proteine, Salze und Zucker werden mit dest. Wasser eluiert. Anschließend wird durch ein höher polares Lösungsmittel (Aceton: Methanol 7 : 1 v/v) Oxytocin vor dem Hauptteil der Lipide eluiert. Je nach Bedarf können 1 - 4 ml Blutplasma extrahiert werden. Nach Niedertrocknung wird die Probe in 0,5 ml Puffer aufgenommen und jeweils 0,2 ml davon im RIA getestet. Mit dieser verbesserten Technik können jetzt je nach Bedarf bis zu 100 Femtogramm (0,1 pg/pro ml) nachgewiesen werden. Ein Beispiel der Anwendung ist in Abb. 2 wieder gegeben. Die Kuh "Silke" im Versuch "Bedeutung der Vorstimulation" konnte mit der bisherigen Technik nicht ausgewertet werden, obwohl gerade dieses Tier besonders empfindlich bezüglich des Milchflusses reagiert hat.

Abbildung 2: 1 min Vorstimulation (A) und Nichtvorstimulation (B), Auswirkung auf Oxytocinkonzentration und Milchfluß bei der Kuh Silke, die sich durch besonders niedrige Oxytocinwerte auszeichnete.
Melkmaschine an \uparrow ab \downarrow , \square Handstimulation



2. Bedeutung der Vorstimulation für den Milchentzug

Der Vorstimulation kommt aus arbeitswirtschaftlicher und ertragsbiologischer Hinsicht eine große Bedeutung zu. Im Rahmen des Teilprojektes versuchten wir herauszufinden, welche Rolle Ocytocin als Schlüsselhormon für die Milchejektion dabei spielt. Zunächst wurde die Auswirkung mit- und ohne Vorstimulation untersucht. Verglichen wurde 1 minütige manuelle Vorstimulation mit sofortigem Ansetzen der Zitzenbecher ohne jegliche Vorstimulation. Die Kühe wurden vor jeden Versuch und Wechsel zu anderen Parametern durch eine Eingewöhnungswoche an Geräte, Personen und Versuchsparameter eingewöhnt. Anschließend erfolgte die Versuchsphase mit Blutentnahmen und Aufzeichnung der Milchflußkurven. Die Ergebnisse der Ocytocinmessungen zu Beginn des Melkens sind in Abb. 3 sowie der Einfluß auf das Milchabgabeverhalten in Tabelle 1 zusammengefaßt. Aus Abb. 3 ist ersichtlich, daß es durch die Vorstimulation bereits nach 30 sec. zu einer deutlichen Freisetzung von Ocytocin noch vor dem Ansetzen des Melkzeuges kommt. Ohne Anrücken wird Ocytocin erst während des Melkens freigesetzt. Wie aus der Tabelle 1 erkenntlich, wird dadurch das Milchabgabeverhalten beeinflußt. Die Gesamt-, Haupt- und Nachgemelkszeit wird deutlich verlängert.

Die verzögerte Ejektion durch Vermeiden der Vorstimulation drückt sich auch in einem verspäteten Einsetzen des höchsten Milchflusses aus. Aber auch die eigentlichen Milchflußmerkmale wie Flußgeschwindigkeit (Hauptgemelk : Hauptgemelkszeit), durchschnittliches Minutengemelk sowie der höchste Milchfluß sind ohne Vorstimulation deutlich niedriger. Weiterhin ist das Gesamt-, Haupt- und Nachgemelk erniedrigt. Die zusammenfassende Darstellung der Ocytocinwerte läßt die hohe Variabilität zwischen den Kühen nicht erkennen. Die Ocytocin-Konzentrationen sind durch eine hohe Streuung gekennzeichnet.

Abbildung 3: Mittelwerte der Ocytocinkonzentration im Rinderblut zu Melkbeginn nach 1 min Vorstimulation ●---● (n= 30 Kühe, 215 Melkzeiten) und ohne jegliche Vorstimulation ○---○ (n=13 Kühe, 100 Melkzeiten).

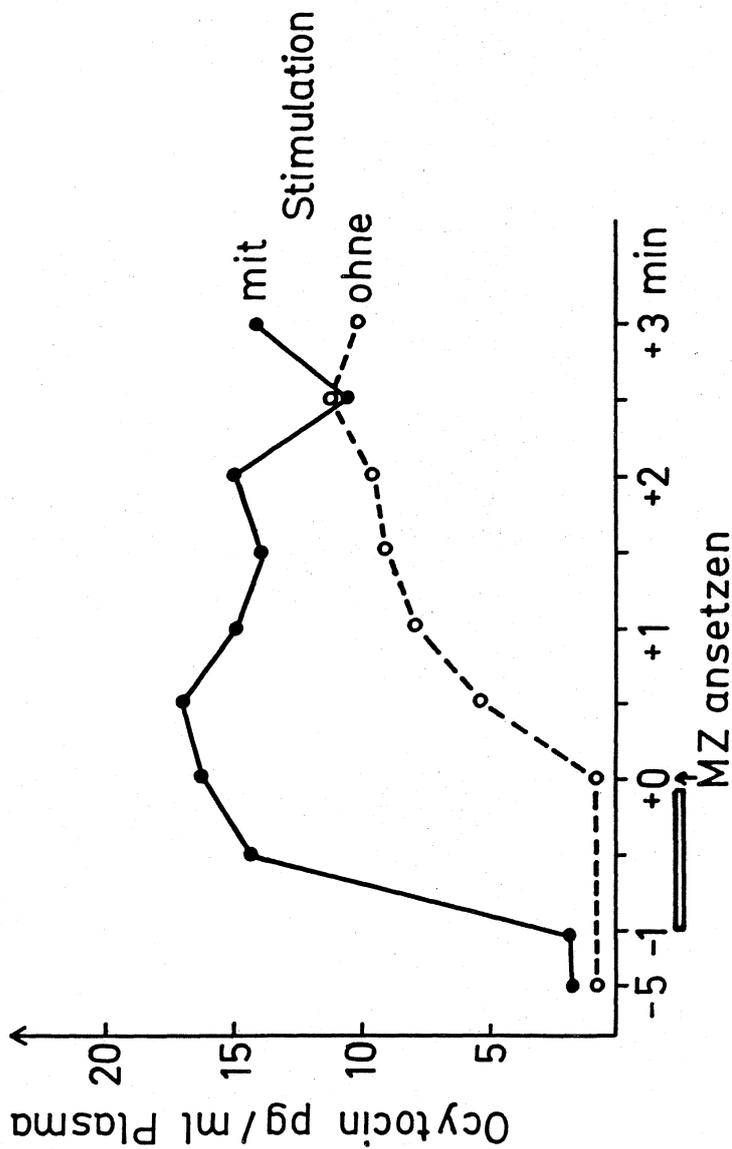


Tabelle 1: Milchabgabe mit und ohne Vorstimulation ($\bar{x} \pm SD$)

Parameter	mit Vorstimulation		ohne Vorstimulation	
	23 Kühe	168 Gemelke	23 Kühe	159 Gemelke
Gesamtgemelk (kg)	10.2	4.0	9.5	3.9
Hauptgemelk (kg)	9.8	3.9	8.8	4.0
Nachgemelk (kg)	0.4	0.4	0.7	1.0
t-Gesamtgemelk (min)	7.1	2.8	8.5	3.4
t-Hauptgemelk (min)	6.2	2.4	7.1	3.0
t-Nachgemelk (min)	0.9	0.7	1.4	1.1
Flußgeschwindigkeit (kg/min) (Hauptgem.:Hauptgem.-Zeit)	1.6	0.8	1.2	0.6
Höchster Milchfluß (kg/min)	2.4	1.3	2.1	1.2
Zeitpunkt des höchsten Milchflusses	1.8	1.3	3.1	2.0

Der Ocytocinanstieg nach der Stimulation schwankt zwischen 4 bis 100 pg/ml. Nach unserer Auffassung sollten die Absolutwerte nur bedingt (d.h. hoch oder niedrig) zur Beurteilung herangezogen werden. Vielmehr scheint der zeitgerechten Freisetzung eine größere Bedeutung zuzukommen. Die Milchejektion dürfte nach dem Schwellenwertgesetz ablaufen d.h. eine bestimmte Menge löst den Effekt aus. Noch höhere Konzentrationen scheinen keine weitere Wirkung zu haben. Die Bedeutung von Ocytocin für die Milchabgabe wird am Beispiel in Abb. 2 besonders deutlich. Diese Kuh reagierte besonders empfindlich auf das Fehlen der Vorstimulation. Es wird überwiegend nur Zisternenmilch ermolken. Die Maschine übt nur einen schwachen Reiz aus. Erst nach Abnahme des Melkzeuges und Vorstimulation mit der Hand kommt es zu einer, verglichen mit anderen Kühen, bescheidenen Ocytocinfreisetzung mit anschließender Abgabe der Milch. Demnach scheint eine Erhöhung der Ocytocinwerte im peripheren Blut um wenige pg/ml den effektiven Schwellenwert bereits zu erreichen.

2.1 Einfluß verschiedener Stimulationstechnik auf die Ocytocin-freisetzung und das Milchabgabeverhalten

Aufgrund der Wichtigkeit der Vorstimulation für die Milchabgabe interessierte die Frage nach dem zweckmäßigen "Wie". Verglichen wurde 1 min. Handstimulation Zitzen feucht und warm, 1 min. Handstimulation Drüsengewebe und 1 min. Handstimulation Zitzen trocknen. Es ergab sich eine annähernde Gleichwertigkeit der feuchten und der trockenen Zitzenstimulation gegenüber der etwas schlechteren Reaktion nach ausschließlicher Massage des Drüsenkörpers. Dies deckt sich mit der Annahme, wonach die taktile Reizung der Druckrezeptoren, die besonders in den Zitzen lokalisiert sind, besonders wichtig ist. Ocytocinwerte und Milchabgabe sind aus Publikation No. 3 zu entnehmen.

2.2 Vergleich Maschinenstimulation mit Handstimulation

Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen wäre es interessant, wenn die Handstimulation durch eine Maschinenstimulation ersetzt werden könnte.

Versuch A Vergleich mit und ohne Handstimulation und milchflußgesteuerter Vorphase (Schwellenwert 200 g/min) mit 33 KPa und 48 Z/min.

Die Ergebnisse dieses Versuches, der mit 4 Kühen über jeweils 8 Melkzeiten durchgeführt wurde, sind ebenfalls in Publikation No. 3 zusammengefaßt. Es zeigte sich, daß durch diese Art der Maschinenstimulation die günstigen Ergebnisse der Handvorstimulation nicht erreicht werden können. Entscheidend dürfte sein, daß durch die nicht zeitgerechte bzw. verspätete Ocytocinfreisetzung die Ejektion nicht optimal ist und mehr oder weniger der Variante ohne Handvorstimulation im Ergebnis gleichzusetzen ist.

Versuch B Vergleich Handstimulation mit 1 min. Maschinenstimulation (Vibration des Zitzengummis durch erhöhte Pulsfrequenz, 43 KPa Nennvakuum ohne Öffnung des Zitzengummis).

Diese Art der maschinellen Vorstimulation wurde in 2 Versuchen an insgesamt 9 Kühen mit 55 - 64 Gemelken untersucht. Gegenüber der Handstimulation kommt es auch hier noch zu einer verzögerten Ocytocinfreisetzung. Die Werte steigen erst gegen Ende der Stimulation bzw. mit Beginn des Milchflusses an, aber noch rechtzeitig genug, um bei 8 Kühen einen mehr oder weniger ungestörten Milchfluß zu gewährleisten (ein Beispiel ist in Abb. 4 wiedergegeben). Nur bei einer Kuh (Abb. 5) kommt es zum Abmelken der Zisternenmilch; bei dieser konnte aber auch ein Ocytocinanstieg erst später nach Beginn des Melkens gemessen werden. Das Milchabgabeverhalten ist in Tabelle 2 zusammengefaßt. Wie die Ergebnisse zeigen, bestehen keine nennenswerten Unterschiede zwischen maschineller und manueller Stimulation. Das gute Milchabgabeverhalten führen wir darauf zurück, daß mit Melkbeginn zuerst die

Zisternenmilch abgemolken wird, die spätere Ocytocinfreisetzung aber noch rechtzeitig genug kommt, um einen kontinuierlichen Milchfluß zu gewährleisten. Aber auch diese maschinelle Stimulationstechnik soll noch verbessert werden, um noch eine zeitgerechtere Freisetzung von Ocytocin zu erhalten und den Anstiegswinkel zu vergrößern.

Abbildung 4: Kuh "Olga" - Auswirkung von 1 min manueller Vorstimulation und 1 min maschineller Vorstimulation (Vibrationspulsator) auf Ocytocinfreisetzung und Milchfluß

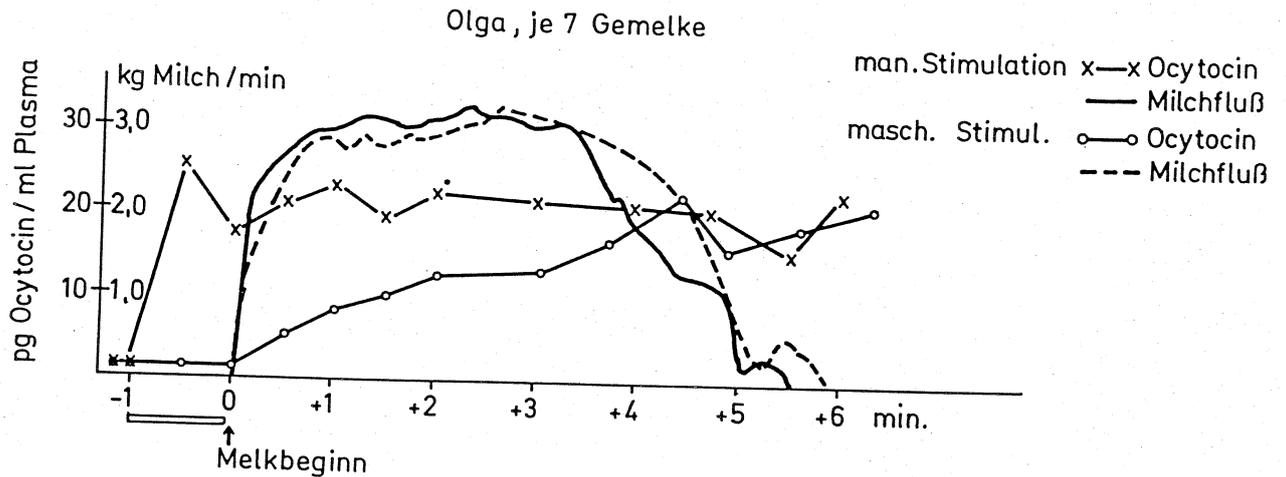


Abbildung 5: Kuh "Ritana" - Auswirkung von 1 min manueller Vorstimulation und 1 min maschineller Vorstimulation (Vibrationspulsator) auf Ocytocinfreisetzung und Milchfluß.

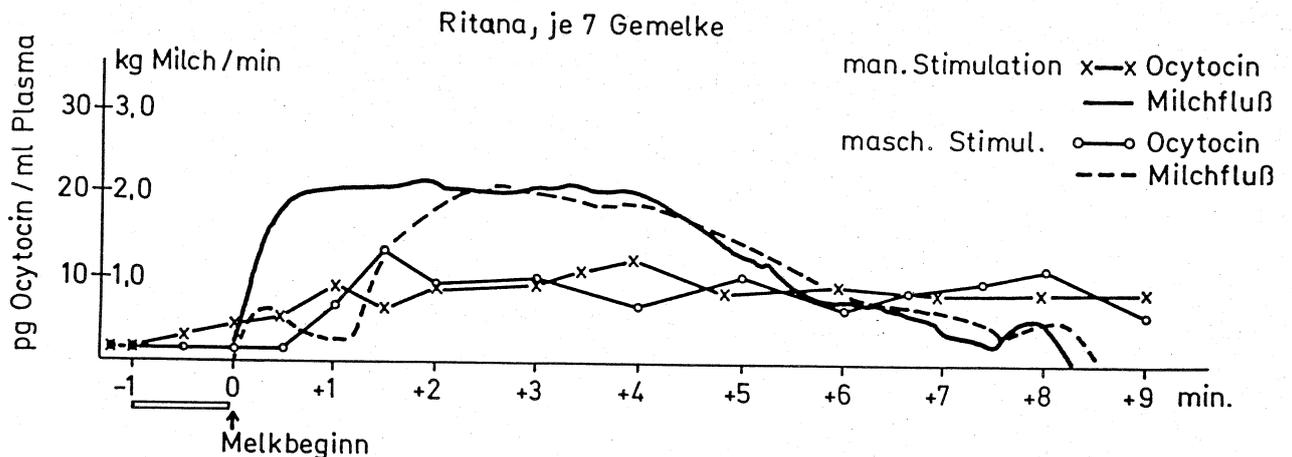


Tabelle 2: Milchabgabeverhalten ($\bar{x} \pm SD$) nach manueller Vorstimulation und maschineller Vorstimulation durch Zitzengummivibration über 1 min. sowie ohne jegliche Vorstimulation

Parameter	1min manuelle Vorstimul.		Maschin. Vorstimulation		Ohne Vorstimulation	
	64 Gemelke	2.2	65 Gemelke	55 Gemelke	64 Gemelke	55 Gemelke
Maschinengesamtgemelk (kg)	11.3	2.2	11.3	2.1	10.3	2.4
Maschinenhauptgemelk (kg)	10.9	2.3	10.7	2.0	9.4	3.1
Maschinennachgemelk (kg)	0.4	0.4	0.6	0.6	0.9	1.5
t-Maschinengesamtgemelk (min)	7.6	2.1	8.3	2.0	10.0	2.5
t-Maschinenhauptgemelk (min)	6.6	2.2	7.0	1.8	8.1	2.8
t-Maschinennachgemelk (min)	1.0	0.7	1.3	1.0	1.9	1.5
Flußgeschwindigkeit (kg/min)	1.7	0.4	1.6	0.5	1.2	0.4
Durchschnittl. Minuten-gemelk (kg/min)	1.5	0.4	1.4	0.4	1.0	0.4
Höchster Milchfluß (kg/min)	2.5	0.6	2.3	0.6	2.0	0.6
Zeitpunkt des höchsten Milchflusses (min)	2.5	1.4	3.3	1.2	4.4	2.0

2.3 Vergleich 1 min. Vorstimulation mit Nichtstimulation sowie Nichtstimulation mit exogener Ocytocingabe

Um den Wirkungsmechanismus der Vorstimulation besser erklären zu können, interessierte die Frage, ob nur die Stimulierung der Ocytocinfreisetzung eine Rolle spielt oder ob noch andere Faktoren beteiligt sind. Deshalb sollte die durch Vorstimulation erreichte endogene Ocytocinfreisetzung durch exogene Ocytocingabe (aber ohne manuelle Stimulation) ersetzt werden. Durch Vorversuche mußte zunächst die Dosis für Ocytocin gefunden werden, die ähnliche Blutplasmawerte erreicht wie nach endogener Freisetzung. In Abb. 6 sind die Plasmakonzentrationen nach intravenöser Applikation von 0,5, 1, 2,5 und 20 I.E. wiedergegeben. Als Versuchsdosis, die den physiologischen Konzentrationen am ähnlichsten ist, wurden 0,5 I.E. i.v. ausgewählt. Der Versuch wurde mit 4 Kühen durchgeführt, 27 - 28 Gemelke kamen zur Auswertung. Die Ocytocin-Konzentrationen nach exogener Applikation 1 min. vor Melkbeginn lagen um ca. 10 pg höher verglichen mit der endogenen Freisetzung nach 1 min. Vorstimulation. Das Milchabgabeverhalten ist in Tabelle 3 zusammengefaßt. Daraus ist ersichtlich, daß exogenes Ocytocin ohne Vorstimulation die Wirkung der Vorstimulation nicht ersetzen kann. Für die Milchabgabe scheint daher die Konsistenz der Zitzen eine große Rolle zu spielen. Durch die manuelle Vorstimulation kommt es zu einer Erektion der Zitzen vor Melkbeginn, dies bewirkt einen besseren Sitz der Zitzenbecher und günstige mechanische Voraussetzung für einen optimalen Milchentzug.

Tabelle 3: Milchabgabe (\bar{x} + SD) mit und ohne 1 min manuelle Vorstimulation sowie ohne Vorstimulation aber i.v. Applikation von 0.5 IE Ocytocin 1 min vor Melkbeginn

Parameter	1 min manuelle Vorstimul. 28 Gemelke	ohne Vorstimulation	ohne Vorstimulation i.v. Applik. v. 0.5 I.E. Ocytocin
Maschinengesamtgemelk (kg)	12.2	11.8	11.5
Maschinenhauptgemelk (kg)	12.0	11.3	11.0
Maschinennachgemelk (kg)	0.2	0.5	0.5
t-Maschinengesamtgemelk (min)	7.4	8.3	8.1
t-Maschinenhauptgemelk (min)	6.7	7.1	7.2
6-Maschinennachgemelk (min)	0.7	1.2	0.9
Flußgeschwindigkeit (kg/min)	1.9	1.6	1.6
Durchschnittl. Minutenge- melk (kg/min)	1.7	1.4	1.4
Höchster Milchfluß (kg/min)	2.5	2.4	2.3
Zeitpunkt des höchsten Milchflusses (min)	1.9	3.0	3.3

3. Auswirkung verschiedener Wartezeiten bis Melkbeginn nach 1 min. manueller Vorstimulation

Ein sofortiges Ansetzen der Melkmaschine nach dem Anrücken wird als optimal für die Milchgewinnung betrachtet. Verzögerungen führen zu einer Verschlechterung der Milchabgabe. In Zusammenhang mit der Milchabgabe interessierte uns, inwieweit sich diese Verzögerungen auf die Oxytocinfreisetzung auswirken.

In 2 Versuchen mit 10 Kühen wurde diese Fragestellung untersucht. Nach 1 min. manueller Vorstimulation wurde die Maschine sofort angesetzt sowie nach einer Wartezeit von 3, 15 und 60 min. mit dem Melken begonnen.

Bei 9 Kühen wirkten sich die unterschiedlichen Wartezeiten nicht negativ auf die Oxytocinfreisetzung während des Melkens aus. In der Regel waren die Oxytocinkonzentrationen sogar höher wie nach sofortigem Ansetzen der Maschine. Die Parameter für die Milchabgabe sind in Tabelle 4 zusammengefaßt. Hier fällt auf, daß nach 15 min. Wartezeit signifikant weniger Milch ermilken wurde. Ansonsten bestehen Tendenzen, daß mit längerer Wartezeit die Milchflußkurve flacher wird und sich die Melkzeit verlängert. Der Befund, daß nach 15 min. Wartezeit 1 l weniger Milch ermilken wird, bedarf weiterer Untersuchungen. Die Abflachung und Verlängerung der Milchflußkurve führen wir darauf zurück, daß durch die Wartezeit die Zitzenkonsistenz schlaffer und dadurch der Milchfluß mechanisch erschwert wird.

Tabelle 4: Milchabgabe ($\bar{x} \pm SD$) nach 1 min manueller Vorstimulation und unterschiedliche Wartezeiten bis zum Melkbeginn

Parameter	sofortiges Ansetzen 63 Gemelke	3 min Verzögerung 62 Gemelke	15 min Verzögerung 60 Gemelke	60 min Verzögerung 9 Kühe, 54 Gemelke				
Maschinengesamt- gemelk (kg)	10.8	2.7	10.5	2.8	9.8	2.7	10.7	2.8
Maschinenhaupt- gemelk (kg)	10.5	2.7	10.3	2.8	9.4	2.8	10.3	3.1
Maschinennach- gemelk (kg)	0.3	0.27	0.2	0.1	0.4	0.7	0.4	0.7
t-Maschinenge- samtgemelk (kg)	6.9	2.0	7.2	2.1	7.2	2.0	7.8	2.1
t-Maschinen- hauptgemelk (kg)	6.2	1.1	6.7	2.0	6.5	1.9	6.9	2.2
t-Maschinen- nachgemelk (kg)	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.6	0.9	0.6
Flußgeschwindig- keit (kg/min)	1.8	0.4	1.6	0.5	1.5	0.4	1.5	0.3
Durchschnittl. Minutengemelk (kg/min)	1.6	0.4	1.5	0.4	1.4	0.4	1.4	0.3
Höchster Milch- fluß (kg/min)	2.7	0.6	2.5	0.6	2.4	0.5	2.4	0.5
Zeitpunkt des höchsten Milch- flusses (min)	1.7	1.0	2.1	0.9	2.4	1.2	3.1	1.2

4. Residualmilch - als Zusatzparameter für den Ausmelkgrad

Über die Residualmilchbestimmung existieren in der Literatur noch unterschiedliche Angaben besonders über Dosis und Verabreichungsform von Oxytocin. Beziehungen zwischen verabreichter Dosis und Konzentrationen im Blut waren nicht bekannt. In Vorversuchen wurden deshalb Dosis und Applikationsart (intramuskulär oder intravenös) ausgetestet. Die Blutkonzentrationen von Oxytocin nach intravenöser Verabreichung sind bereits in Abb. 6 wiedergegeben. Die Werte sind durch geringe Streuung zwischen den Tieren, rasches Anfluten sowie baldigen Abfall gekennzeichnet. Nach intramuskulärer Injektion steigen die Konzentrationen langsamer an. Maximalwerte wurden erst nach 8 - 10 min. erreicht. Zwischen den Tieren bestehen erhebliche Schwankungen, wahrscheinlich abhängig davon, wie gut das Gewebe resorbiert (Muskel, Faszie). Die Dosierung muß viel höher gewählt werden, um vergleichbare Konzentrationen wie mit der intravenösen Verabreichungsform zu erhalten. In Abb. 7 sind die Blutspiegel nach Injektion von 100 I.E. in die Schenkel- oder Beckenmuskulatur wiedergegeben. Neben der Schwankung fällt auf, daß selbst mit 100 I.E. nicht die Konzentrationen wie mit 20 I.E. i.v. erzielt werden können. Aus den Vorversuchen ergab sich folgendes Behandlungsschema für die Gewinnung der Residualmilch.

Abbildung 6: Oxytocinkonzentrationen im Rinderblut nach intravenöser Injektion von 0,5, 1, 2,5 sowie 20 I.E. Oxytocin.

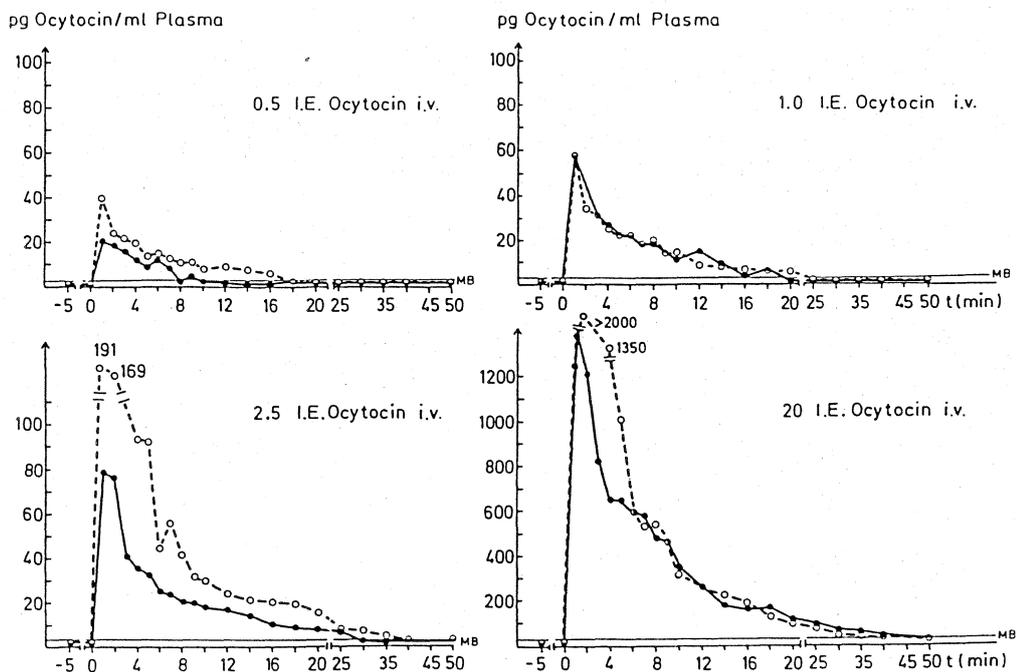
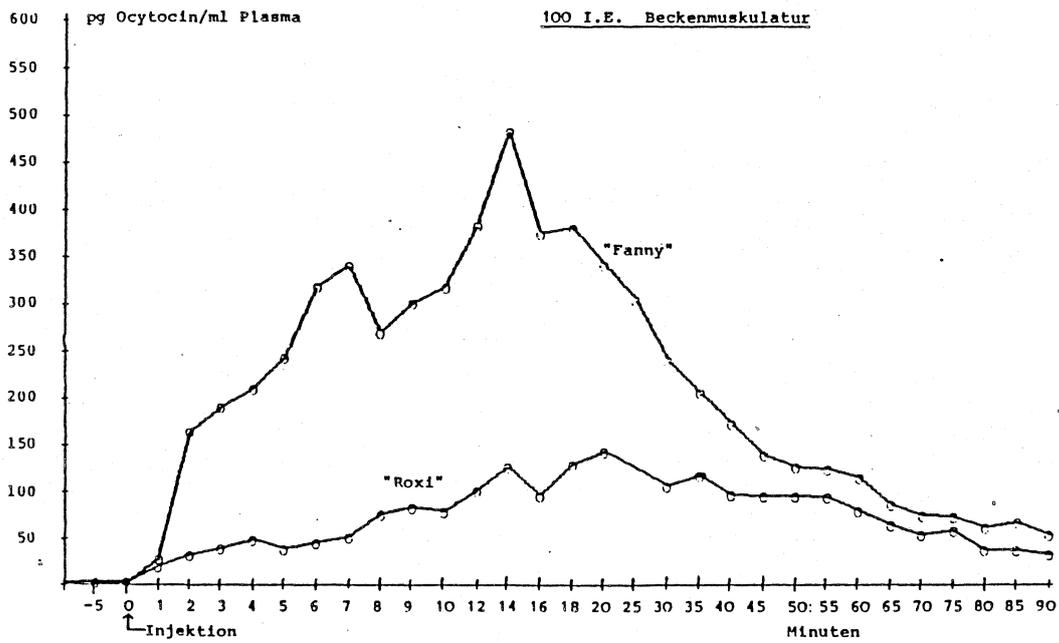
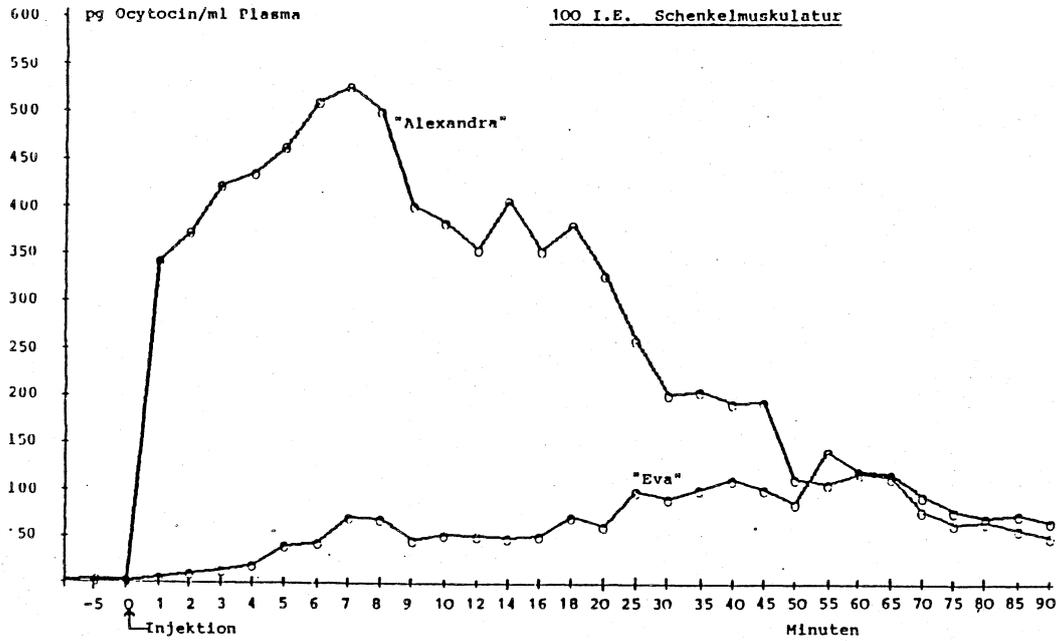


Abbildung 7: Ocytocinkonzentrationen im Rinderblut nach intramuskulärer Injektion von 100 I.E. Ocytocin in die Schenkel- oder Beckenmuskulatur.



Intramuskulär: 100 I.E. in die Schenkelmuskulatur, nach 10 min.
Gewinnung der Residualmilch

Intravenös: 20 I.E. in die Eutervene, nach 1 min. Gewinnung der Residualmilch. Der letzteren Methode geben wir den Vorzug, da diese durch die konstante Anflutung einfach besser standardisierbar ist. Um einen Einblick über die Größenordnung der Residualmilch zu erhalten, wurden bisher 2 Vorversuche durchgeführt.

Versuch I: Herde mit 21 Tieren, Rasse Deutsche Schwarzbunte mit hohem HF Anteil, 100 I.E. intramuskulär in die Schenkelmuskulatur, nach 10 min. Wartezeit Gewinnung der Residualmilch und gleichzeitig Entnahme einer Blutprobe für die Ocytocinbestimmung. Die Werte sind in Tabelle 5 zusammengefaßt. Daraus ist ersichtlich, daß der Anteil 15.8 % beträgt, zwischen den Tieren aber erhebliche Schwankungen bestehen.

Versuch II: Eine Herde in Ungarn, Ungar. Schwarzbunte sowie Kreuzungen, 20 I.E. i.v., nach 1 min. Milchgewinnung und Blutentnahme für die Ocytocinbestimmung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 wiedergegeben. Der mittlere prozentuale Anteil der Residualmilch beträgt 11,1 %. Auch hier treten zwischen den Tieren erhebliche individuelle Schwankungen auf.

Tabelle 5: Residualmilchbestimmung nach Injektion von 100 I.E. i.m.,
n = 21 Kühe

	\bar{x}	\pm	SD
Gesamtmilch Kg	10.0		3.5
Normalmilch Kg	8.4		2.9
Residualmilch Kg	1.6		0.9
%	15.8		6.1
Residualmilch-Fett %	12.7		2.9
Ocytocin pg/ml	344		114
Ocytocin min.	217		
max.	561		

Tabelle 6 Residualmilchbestimmung nach intravenöser Injektion
von 20 I.E.

	n	\bar{x}	SD	VQ %
Gesamtmilch (Kg)	164	10.5	3.2	30.5
Normalmilch (Kg)	164	9.3	2.9	31.2
Residualmilch (Kg)	164	1.2	0.8	66.7
Residualmilch (%)	164	11.1	5.6	-
Ocytocin pg/ml	153	1450	490	33.8

Veröffentlichungen:

1. S c h a m s, D., S c h m i d t - P o l e x, B., K r u s e, V.:
Oxytocin determination by radioimmunoassay in cattle.
Acta Endocrinol. 92, 258 - 270 (1979).
2. S c h a m s, D.: Radioimmunologische Oxytocinbestimmung
als Parameter bei der Weiterentwicklung der Technik des
Milchentzuges.
Deutsche Molkerei-Zeitung 100, 936 - 937 (1979)
3. W o r s t o r f f, H., S c h a m s, D., P r e d i g e r, A.,
A u e r n h a m m e r, H.: Zur Bedeutung der Stimulation beim
Melken.
Milchwissenschaft 35, 141 - 144 (1980)
4. W o r s t o r f f, H., S c h a m s, D.: Kann die Melkmaschine
anrücken?
Top agrar 61, 22 - 25 (1980)

Drei weitere Publikationen sind in Vorbereitung

Vorträge

5. S c h a m s, D.: Oxytocin determination by RIA in cattle at
milking, parturition and during the estrous cycle
6th Intern. Congr. of Endocrinology, Melbourne 1980
6. S c h a m s, D.: Einfluß der Vorstimulation beim Melken auf
die Freisetzung von Oxytocin und die Milchabgabe
Kieler Milchwoche, Arbeitstagung der Deutschen Ges. f.
Milchwissenschaft, Kiel 1980
7. S c h a m s, D.: Radioimmunological determination of oxytocin
in connection with milk removal
XXVIII International Congress of Physiological sciences,
Budapest 1980

Teilprojekt G 4

Weiterentwicklung und technische Optimierung verschiedener Milch-entzugssysteme

Leiter: Dr. agr. habil. Dr. Hermann Worstorff
Institut für Landtechnik
Vöttinger Straße 36
8050 Freising
Tel. 08161/71 894

Mitarbeiter: Axel Prediger, Ing. agr.
B.J. Scholtysik, Dipl.-Ing.
Dr. Hans Stanzel, Dipl.-Ing. agr.

1. Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragstellung und Ausgangsfragestellung

In umfassenden Laborarbeiten ist der Zusammenhang zwischen den in der Melkanlage eingestellten Nennwerten für Vakuum und Pulsierung und den Ist-Werten der Vakuumapplikation erarbeitet und die Bedeutung des Melkzeuges für die Vakuumapplikation herausgestellt worden. Danach ist:

- Bei konventionellen Melkzeugen die Vakuumapplikation weitgehend unkontrolliert und nur begrenzt durch eine für hoch- bzw. tiefverlegte Melkleitung spezifische technische Abstimmung zu verbessern.
- Bei Einrohrmelkanlagen eine Verbesserung durch eine für das Melkzeug speziell entwickelte Pulssteuerung möglich. (Diese Steuerung wurde kürzlich in Holland unter dem Namen "MOC" an die neuseeländische Bodmin-Maschine adaptiert.)
- Beim periodischen Lufteinlaß eine kontrollierte Vakuumapplikation sowohl bei hoch- als auch bei tiefverlegter Melkleitung erzielbar.
- Bei der Trennung von Milch und Luft im Sammelstück-Abscheider durch abgestimmte Konstruktion ein konstantes Vakuum zu erreichen. Eine vom Sammelstück getrennte Abscheidung führt nur zu Verhältnissen, die denen einer tiefverlegten Melkleitung mit Standardmelkzeug ähnlich sind.

Der Ringelektrodengeber war weiterentwickelt worden zu einem kleinen

Zyklonkörper, um einer Praxislösung für den Anbindestall näher zu kommen.

Offene Fragen waren insbesondere:

Was ist bei der Luftabscheidung zu beachten?

Kann man den Ringelektrodengeber strömungstechnisch so optimieren, daß er bei jedem Melken auch im Anbindestall eingesetzt werden kann? (Daneben läuft die Entwicklung und Laborprüfung aller in G1 und G2 benötigten Maschinen im Teilprojekt G4).

2. Angewandte Methoden

Prüfung/Optimierung im Melklabor der Landtechnik Weihenstephan und Konstruktion.

3. Ergebnisse und deren Bedeutung

3.1 Trennung von Milch und Luft

Die Grundlagen der Phasentrennung wurden zusammen mit G9 systematisch erarbeitet und veröffentlicht (1).

Das Aufsteigen von Luftblasen erfolgt so, daß eine konstante Endgeschwindigkeit, bei der Gleichgewicht zwischen der Auftriebskraft und der geschwindigkeitsabhängigen Widerstandskraft erreicht wird, sich einstellt. Die End-Steiggeschwindigkeit ist abhängig von den Stoffeigenschaften des Blasengases und der Flüssigkeit sowie der Größe der Gasblase; sie wurde für Milch berechnet und graphisch dargestellt.

Die Blasenabscheidung in einem Beruhigungsgefäß ist vom Querschnitt des Gefäßes, jedoch nicht von der Stauhöhe beeinflusst, da bei schnellem Erreichen der Endgeschwindigkeit die Aufsteigzeit näherungsweise proportional zur Stauhöhe ist.

Die Blasenabscheidung im Rieselfilm läßt bei geringer Filmdicke nur kleine Blasen zu, die wegen der geringen Distanz zur Oberfläche schnell austreten können.

Rotierende Systeme scheiden für die Verwendung im Sammelstück aus konstruktiven Gründen aus.

Aus der Analyse ergibt sich, daß ein Abscheider-Sammelstück vorzugsweise im Verhältnis zum Durchmesser flach und mit einem Rieselfilm ausgestattet sein sollte.

3.2 Strömungsmechanische Optimierung des Ringelektrodengebers

Das im Forschungsbericht 1979 beschriebene Versuchsmodell eines kleinen, zyklonförmigen Ringelektrodengebers hat gezeigt, daß es grundsätzlich möglich ist, die mit dem rohrförmigen Ringelektrodengeber früherer Versuche gewonnenen Ergebnisse durch eine entsprechende Konstruktion auch für den Anbindestall nutzbar zu machen. Probleme lagen jedoch insbesondere noch bei der Abhängigkeit des Ausgangssignals von Leckluft sowie bei den Strömungsverlusten. Letztere dürfen nach ISO/DIN maximal 3 kPa bei einem Flüssigkeitsdurchsatz von 3 l/min betragen, wenn eine Meßeinrichtung ständig in die Melkeinheit integriert sein soll.

Mit der in G 11 abgebildeten Konstruktion wurden die strömungsmechanischen Probleme weitestgehend gelöst.

Die Vakuumverluste sind minimal und liegen unter denen mancher handelsüblicher Milchflußanzeiger:

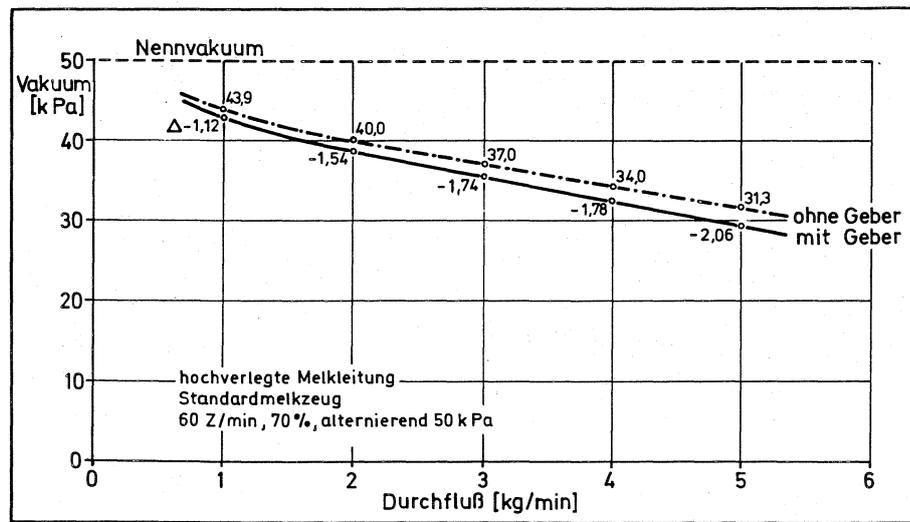


Abb. 1: Durchschnittsvakuum an der Zitze während der Saugphase mit und ohne Ringelektrodengeber.

Die Arbeiten sind umfassend auf dem Fachgespräch "Milchmengenmessung" am 13.2.1980 in Weihenstephan diskutiert und im Sonderdruck 1/1980 der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan zusammenfassend dargestellt worden.

Die wesentlichen verbleibenden Probleme liegen auf dem Elektroniksektor und zwar schwerpunktmäßig bei der Leitwertkompensation, da das Ausgangssignal auch bei dieser Konstruktion naturgemäß vom Leitwert der Milch beeinflusst wird (vgl. Abb. 2).

Die zu diesen Fragen durchgeführten Arbeiten sind im Teilprojekt G 11 dargestellt.

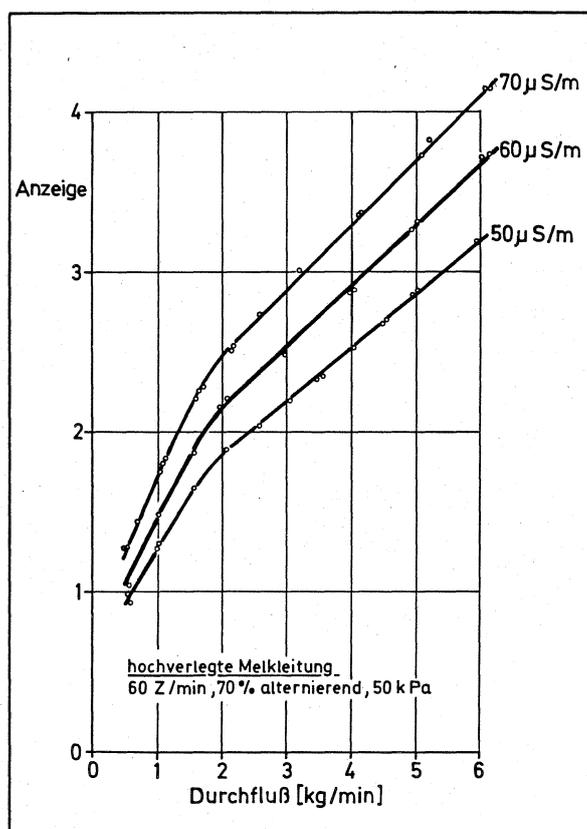


Abb. 2: Kennlinien des Ringelektrodengebers bei verschiedener Leitfähigkeit

4. Vergleiche mit Arbeiten außerhalb des Sonderforschungsbereiches

4.1 Trennung von Milch und Luft

Wissenschaftliche Arbeiten zur Trennung von Milch und Luft im Sammelstück einer Melkmaschine aus anderen Forschungsinstituten sind nicht bekannt.

4.2 Strömungsmechanische Optimierung des Ringelektrodengebers.

Arbeiten am Ringelektrodengeber laufen unseres Wissens schwerpunktmäßig nur im Sonderforschungsbereich 141; nach dem Fachgespräch waren jedoch verschiedene Firmen an den Entwicklungen interessiert. Zu Rücksprachen und Diskussion der Weiterentwicklung haben sich zwei Firmen angesagt.

In der Industrie wie in der Forschung laufen vielfältige Ansätze zur Milchmengenmessung; unseres Wissens erfolgt jedoch bisher keine systematische Bearbeitung der Probleme des mobilen Einsatzes im Anbindestall unter Einbeziehung der Vakuumverhältnisse beim Melken.

5. Offene Fragen

1. Kann die Frage der Milch-Luft-Trennung zuverlässig auf kleinem Raum technisch gelöst werden? (vgl. G 9)
2. Kann die Milch-Luft-Trennung biotechnisch umfassend die Melkprobleme lösen? (Bakterienübertragung, Vakuumapplikation, Milchhergabe, Ausflußprofile der Viertel).
3. Was läßt sich durch Programmsteuerung noch verbessern; wie kann sie technisch aussehen?
4. Wie kann eine Milchmengenmessung speziell im Anbindestall aussehen; wie sollte sie an Spezialaufgaben wie Aufzeichnen von Milchflußkurven unter Praxisbedingungen (Versuchszwecke, Melkbarkeitsprüfung) angepaßt werden?

Veröffentlichungen

1. W o r s t o r f f, H., P r e d i g e r, A.: Milchmengenerfassung mit einem Ringelektrodengeber.
Fachgespräch "Milchmengenmessung"
Weihenstephan, am 13.2.1980
2. S t a n z e l, H., S c h u l z, D.: Elektronische Steuerung zum Ringelektrodengeber.
Fachgespräch "Milchmengenmessung" Weihenstephan, am 13.2.1980
3. W o r s t o r f f, H.: Testing the Milking Machine Performance.
N.Y. Mastitis Council, Ann. Meeting Syracuse, N.Y. am 9.4.1981
4. S c h o l t y s i k, B., W o r s t o r f f, H.: Trenn- und Fördereinrichtungen für die Melktechnik.
Grundlagen der Landtechnik 1982 (in Vorbereitung)

Teilprojekt G 5

Optimale Gestaltung der Arbeitsorganisation beim Melken

Leiter: AOR Dr. H. Auernhammer
Institut für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71442

Arbeitssteam: Dr. H. Auernhammer
Ing.agr. Prediger
TA J. Stirner
Dr.agr. habil. H. Worstorff

1. Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragstellung und Anfangsfragestellung

Die bisherigen Arbeiten in diesem Teilprojekt galten insbesondere den Fragen des Nachtreibens der Tiere in den Melkstand bei zunehmender Herdengröße und der Zuordnung der Melkstände zu den Freß- und Liegebereichen in Laufställen. Bei den Anbindeställen wurden insbesondere die Probleme des sogenannten Anbindemelkstandes mit Containermelkanlage untersucht.

Offene Fragen ergaben sich zu Beginn des Antragzeitraumes, vor allem zur Arbeitsorganisation in größeren Anbindeställen und zur exakteren Kalkulation des Arbeitszeitbedarfes, wobei für den Laufstall die Frage nach dem Rangfolgeverhalten der Kühe in Melkständen im Vordergrund stand.

2. Angewandte Methode

Aufbauend auf die langjährigen Untersuchungen arbeitswirtschaftlicher Art wurde die am Institut für Landtechnik übliche Methode der Arbeitsbeobachtung verwendet. Hauptvorteil ist dabei die Erfassung der tatsächlichen Situation in der Praxis mit der dort anzutreffenden Ist-Situation. Letztere kann dann durch die Modellkalkulation überprüft werden. Gleichzeitig gestattet diese, evtl. mögliche Verbesserungen im voraus zu kalkulieren. Nähere Angaben zur Gesamtmethodik siehe Teilprojekt A 1.

3. Ergebnisse und ihre Bedeutung

Die Ergebnisse lassen sich hinsichtlich ihrer Aussagekraft in drei Bereiche einordnen:

3.1 Verbesserungen der Arbeitsorganisation in größeren Anbindeställen

Im Berichtszeitraum wurden in Verbindung mit dem in G 1 laufenden Vergleichsversuch Standardmelkzeug: periodischer Lufteinlaß regelmäßig Arbeitsanalysen durchgeführt. Dabei werden die Teilarbeitsvorgänge Vorreinigen, Stimulation, Zeiten für Maschinenhaupt-, -blind- und -nachgemelk als Fortschrittszeit mit der Stoppuhr erfaßt und die gewonnenen Werte mit einem abgewandelten Programm zum Errechnen von absoluten Differenzen zwischen den Spalten einer Datei zu Absolutzeiten verrechnet (EDV-Programm: ABSTI).

Zur statistischen Auswertung der Meßzeiten werden diese Werte mit dem Programm MEMIWE weiterverarbeitet. In Verbindung mit den Absolutzeiten lassen sich dann Informationen errechnen, wie durchschnittliches Herden-Minutengemelk, Kühe je Melkeinheit und Stunde, effektive Auslastung der Melkeinheit in Prozent der Gesamtzeit usw..

Aus den Versuchen in G 1 wird nachstehend die Arbeitsroutine wiedergegeben: Bei Versuchsanfang sah der Ablauf folgendermaßen aus (vergl. Abbildung).

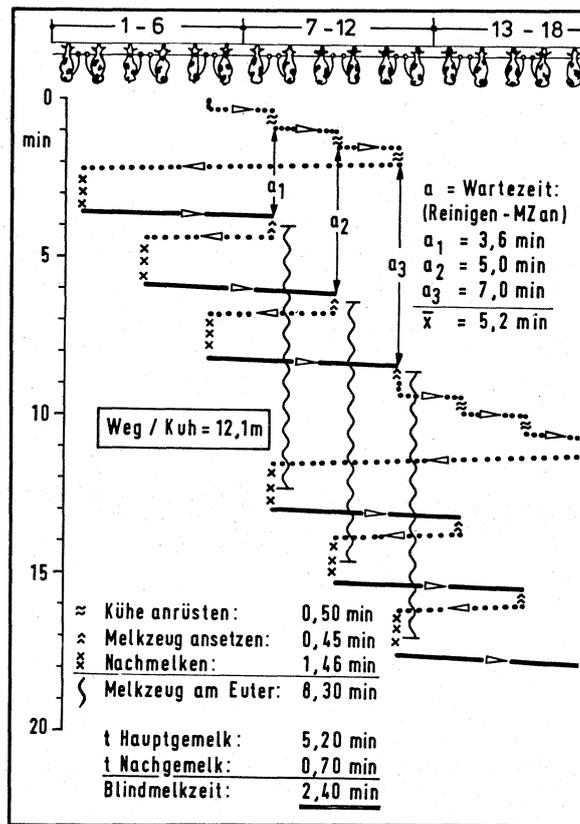


Abb. 1: Routine A mit 6 Melkzeugen

Nachdem der Melker bei den Kühen 1-6 die Melkzeuge angesetzt hat, geht er zu den Kühen 7 - 12 und bereitet diese paarweise für das Melken vor; er geht dann leer zurück. Die Kühe 1 und 2 werden nachgemolken, die Melkzeuge abgenommen und an die Kühe 7 und 8 umgesetzt. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis alle Melkzeuge auf die Kühe 7 - 12 umgesetzt sind.

Aus der Routine ergeben sich Wartezeiten von 3,6 - 7 min zwischen der Vorbereitung der Kühe und dem Ansetzen des Melkzeuges. Die Blindmelkzeit beträgt theoretisch 2,4 min; wegen Störungen in der Praxis jedoch tatsächlich ca. 4,5 min, wobei Werte von 0 - 12 min bei beiden Gruppen auftraten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde vier Monate nach Versuchsbeginn die Melkroutine wie folgt geändert (vergl. Abbildung)

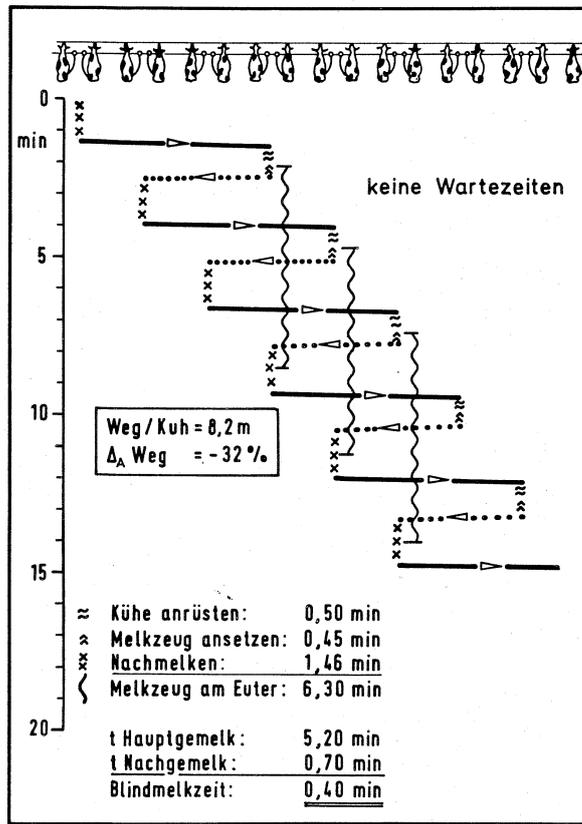


Abb. 2: Routine B mit 6 Melkzeugen.

Der Melker vollzieht das Nachmelken und Melkzeugabnehmen bei den Kühen 1 und 2 und trägt dann die Maschinen zu den Kühen 7 und 8. Nach der Eutervorbereitung werden beide Maschinen angesetzt. Der

Melker geht dann leer zurück zu den Kühen 3 und 4 und verfährt analog. Systematische Wartezeiten gibt es nicht mehr. Die Wege des Melkers betragen nur noch 8,2 m/Kuh und haben sich damit gegenüber der Routine A um 32 % verkürzt. Allein durch diese Wegeeinsparung reduzierte sich die Gesamtmelkzeit um ca. 15 min. Die Blindmelkzeit wurde ebenfalls verkürzt und zwar auf theoretisch 0,4 min. und praktisch etwa 2,5 min/Kuh, wobei jedoch die Spannweite immer noch zwischen 0 und etwa 12 Minuten liegt. In der Standardgruppe wird beim Blindmelken milchflußgesteuert das Vakuum auf 33 kPa reduziert, die Gruppe mit dem periodischen Lufteinlaß läuft im Versuch ohne Milchflußsteuerung.

3.2 Rangfolgeverhalten der Kühe beim Melken im Melkstand

Hier galt das Hauptaugenmerk der Einordnung des Einzeltieres in die Gruppe, die nach bisherigen Untersuchungen vieler Autoren sehr stark mit der Höhe der Milchleistung korreliert.

Zur Klärung dieser Frage wurden Arbeitsbeobachtungen in drei Milchviehställen durchgeführt. Zwei dieser Ställe besaßen Doppelvierer-Fischgrätenmelkstände, im dritten war ein Doppelsechser-Fischgrätenmelkstand eingesetzt. Die Arbeitsbeobachtung erfolgte im 4-wöchigen Abstand, wobei jeweils vier aufeinander folgende Melkzeiten beobachtet wurden. Nach der entsprechenden Auswertung läßt sich folgende Gesamtaussage vornehmen (vergl. Abbildung)

Monat	Melkzeit	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3
März	1.	1 3 7 8	(5) 9 4 26	1 4 6 (8) 10 12
	2.	(4) 6 3 1	(5) 9 6 7	13 30 22 (8) 15 14
	3.	9 23 3 (4)	(5) 1 30 9	21 (8) 6 4 34 18
	4.	6 21 14 (4)	(5) 1 19 12	4 12 47 34 6 (8)
April	1.	41 (4) 23 42	4 16 8 (5)	(8) 13 4 9 12 35
	2.	41 44 14 2	(5) 20 32 10	47 59 6 9 7 4
	3.	41 11 42 12	(5) 6 39 17	13 3 1 10 22 2
	4.	41 16 17 23	12 10 39 19	7 27 1 32 2 (8)
Mai	1.	(4) 12 5 40	(5) 12 1 17	59 22 27 4 27 16
	2.	6 12 (4) 5	20 42 (5) 12	59 2 21 17 (8) 7
	3.	12 (4) 5 40	(5) 40 39 9	19 (8) 59 44 15 2
	4.	5 40 21 (4)	(5) 39 12 16	59 47 43 22 34 23

Abb. 3: Kühe der jeweils ersten Gruppe im Melkstand bei unterschiedlichen Betrieben und verschiedenen Zeitpunkten.

Die Überprüfung des Zusammenhangs Milchleistung und Melkordnung ergab keine statistisch gesicherte Korrelation. Die Korrelation weist zwar auf die Tendenz hin, daß leistungsstarke Kühe die vorderen Melkplätze einnehmen und leistungsschwache die hinteren, insgesamt aber muß die Verteilung der Milchleistungen über eine Melkzeit als mehr zufällig angesehen werden als geordnet.

Die Vermutung, daß sich immer wieder dieselben Kühe zu einer Melkgruppe zusammenfinden, und daß die durchschnittlichen Milchleistungen der ersten Gruppen höher sind als die der letzteren, konnte nicht bestätigt werden. Es bildeten meistens Tiere mit sehr unterschiedlichen Milchleistungen eine Gruppe, so daß die Kuh mit der höchsten Milchleistung über die Verweildauer der Gruppe im Melkstand entschied.

Eine deutlichere Abhängigkeit der Melkordnung von der Milchleistung könnte sich bei konstitutionell ausgeglichenen Herden, die auf Hochleistung gezüchtet wurden, ergeben. Auf den hier ausgewählten Betrieben fanden sich keine größeren Unterschiede.

3.3 Genauigkeit deterministischer Arbeitszeitbedarfssimulationen

Mit zunehmender Verfeinerung der Kalkulationsmethoden zur Arbeitszeitbedarfsermittlung stellt sich immer stärker die Frage, inwieweit die damit erzielbaren Ergebnisse in die Praxis übertragbar sind.

Umfangreiche Untersuchungen durch SAUER ergaben dafür folgende Zusammenhänge (verg. Abbildung).

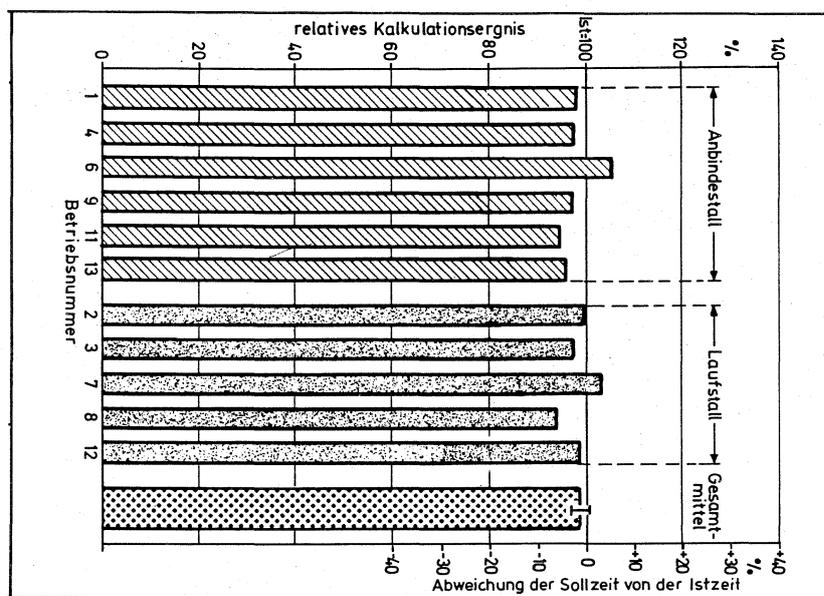


Abb. 4: Gewichtete Abweichungen des Ist-Sollvergleiches der Melkarbeit für 11 Betriebe.

Arbeitszeitmodelle auf Basis von Planzeiten mit funktionellem Charakter erlauben bei betriebsspezifischen Gegebenheiten eine Vorkalkulation des zu erwartenden Arbeitszeitbedarfes mit hoher Genauigkeit. Die zu erwartende Abweichung lag für 11 Betriebe im Bereich von $\pm 7\%$, wobei im Mittel eine Unterschätzung von 2% zu erwarten ist.

Insgesamt können damit die erzielten Ergebnisse als "sehr gut" bezeichnet werden, wobei die Genauigkeit und die relativ geringe Streuung die Erwartungen weit überfragen.

3.4 Vergleiche mit anderen Arbeiten außerhalb des Sonderforschungsbereiches

Eigentliche Vergleiche zu Arbeiten außerhalb des SFB sind nur im Bereich des Rangfolgeverhaltens der Kühe beim Melken im Melkstand möglich. Dazu erbrachten die eigenen Untersuchungen keine Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren.

Dem gegenüber stellen die anderen Untersuchungen echte Primärarbeiten dar. Deren Ergebnisse fließen in Veröffentlichungen und als echte Planungsdaten in die KTBL-Datenbank ein und können damit in das heute am weitesten verbreitete Datensammlungssystem eingearbeitet werden.

3.5 Offene Fragen

Mit den vorgestellten Ergebnissen wurden die wichtigsten Fragen zur optimalen Gestaltung der Melkarbeit weitgehend geklärt.

Offene Fragen ergeben sich allerdings noch in der optimalen Gestaltung der Wartepplätze vor den Melkständen, wobei die künftig immer stärker anzutreffenden Identifizierungssysteme den Ausschlag für die Einordnung der Herde in den Melkstandzutrieb ergeben. Ebenso verbleiben Fragen zur Verkürzung der hohen Nebenzeiten in Melkständen mit 40 - 60 Kühen, die gerade in diesem Bereich eine überhöhte Gesamtarbeitszeit für das Melken erfordern (vergl. Abbildung).

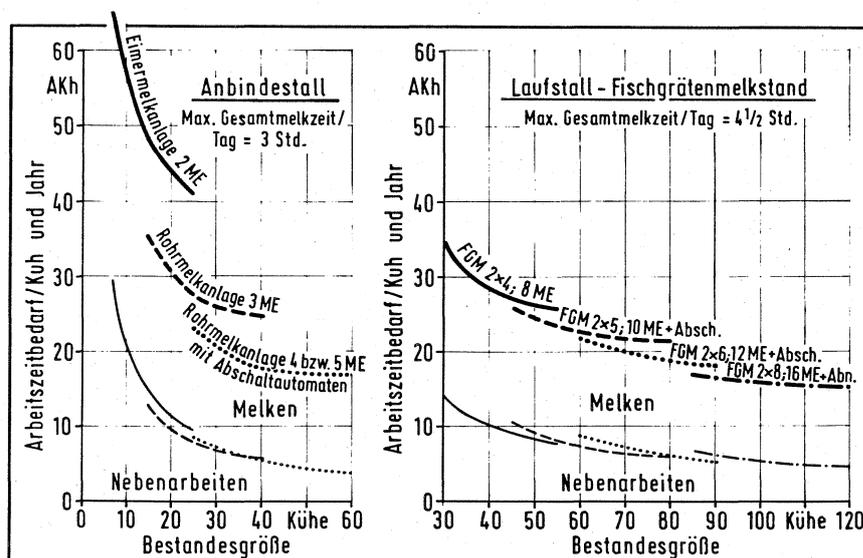


Abb. 5: Arbeitszeitbedarf für die gesamten Melkarbeiten im Anbinde- und Laufstall

Veröffentlichungen:

1. A u e r n h a m m e r, H., Z ä h, H.: Planzeiten und Arbeitszeitmodelle für die Milchviehhaltung.
Forschungsbericht an das KTBL, Weihenstephan 1979
2. A u e r n h a m m e r, H., Z ä h, H.: Arbeitszeitbedarf bei der Bullenmast und Milchviehhaltung.
Landtechnik 34 (1979), Heft 7/8, S. 375 - 376
3. A u e r n h a m m e r, H., Z ä h, H.: Arbeitszeitbedarf für die Sonderarbeiten in der Rinderhaltung.
DLG-Merkblatt 158, Frankfurt 1979
4. A u e r n h a m m e r, H.: Sonderarbeiten in der Rinderhaltung.
Landtechnik 34 (1979), H. 9, S. 428 - 429
5. A u e r n h a m m e r, H.: Verfahrenskennwerte für die Milchviehhaltung.
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Heft 1, (1982), S. 106 - 122.
6. S a u e r, H.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulationen in der Milchviehhaltung.
Dissertation TU München - Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981.
7. S a u e r, H., A u e r n h a m m e r, H.: Arbeitszeitbedarf für die Milchviehhaltung in Anbinde- und Laufställen.
Landtechnik 37 (1982), Heft 4, S. 198 - 202
8. W o r s t o r f f, H., S c h a m s, D., P r e d i g e r, A., A u e r n h a m m e r, H.: Zur Bedeutung der Stimulation beim Melken.
Milchwissenschaft 35, (1980), Heft 3, S. 141 - 144

Vorträge:

1. A u e r n h a m m e r, H.: Verfahrenskennwerte für die Milchviehhaltung.
Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan am 11.11.1981 in Weihenstephan

Diplomarbeiten:

1. F r a u e n k n e c h t, H.: Untersuchungen über das Rangfolgeverhalten von Kühen beim Melken im Melkstand.
Diplomarbeit TU München - Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1980.

Teilprojekt G 9

Entwicklung von Systemen zur Optimierung der Melktechnik durch pneumatische Steuerung und strömungstechnische Verbesserungen

Leiter: Dipl.-Ing. B.J. Scholtysik, Wiss.Ass.
Institut für Landmaschinen
Arcisstraße 21
8000 München 2
Tel.: 089/ 2105 2555

Mitarbeiter: o. Prof. W. Söhne
Dr.agr.habil. Dr. Hermann Worstorff

Das Teilprojekt G 9 hat sich mit Fragen der pneumatischen Milchflußsteuerung befaßt (vgl. Melkgespräch Weihenstephan 1976, KTBL-Schrift "Probleme der modernen Melktechnik" Schrift 217) und seit 1975 mit der Verbesserung der Vakuumbedingungen durch spezielle Einrichtungen für die Hochförderung der Milch bei Rohrmelkanlagen.

Die Arbeiten wurden in enger Vernetzung insbesondere mit dem Teilprojekt G 4 und mit verhältnismäßig geringem finanziellem Aufwand durchgeführt.

1. Vakuumverhältnisse bei konventionellen Rohrmelkanlagen

Bei konventionellen Rohrmelkanlagen mit hochverlegter Melkleitung dient das Vakuumsystem sowohl zum Entzug der Milch aus dem Euter als auch zum Transport der ermolkenen Milch vom Sammelstück zur Melkleitung und weiter zum Milchsammelbehälter. Dabei tritt in der Praxis mit wachsendem Milchfluß eine Verringerung des mittleren Vakuums im Zitzen-gummiinnenraum auf (1). Dieses Absinken des Vakuums entsteht durch Strömungsverluste sowie vor allem durch die Hochförderung der Milch bei hochverlegter Leitung. Dazu wäre bei einer Förderhöhe von $H = 2\text{m}$ und einer Dichte der Milch $\rho = 1\text{ g/cm}^3$ theoretisch eine Druckdifferenz von $\Delta p = 20\text{ kPa}$ notwendig. Durch einen dauernden Lufteinlaß von $5 - 10\text{ l/min}$ in das Sammelstück (unter praktischen Betriebsbedingungen plus Leckluft) wird die geförderte Milch im langen Milchschauch von Luft durchperlt, ihr spezifisches Gewicht dadurch verringert und der Vakuumabfall niedriger gehalten (ca. 10 kPa).

Das Absinken des Betriebsvakuums an der Zitze mit wachsendem Milchfluß bewirkt, daß das größte Vakuum beim Blindmelken, und das geringste

Vakuum beim größten Milchfluß auftritt, siehe Abb. 1. Durch das Absinken des Vakuums wird bei konstantem Einfaltdruck des Zitzengummis die Milchflußphase verlängert, und damit die Entlastung des Zitzengewebes verkürzt (2). Die Vakuumapplikation am Euter ist weitgehend unkontrolliert und damit einer biotechnischen Optimierung unzugänglich.

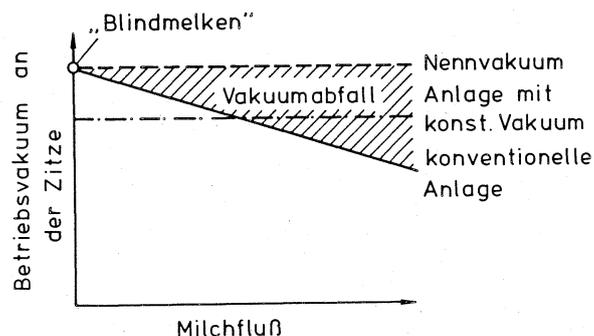


Abb. 1: Abhängigkeit des Betriebsvakuums an der Zitze vom Milchfluß bei konventioneller Melkanlage und bei einem Melkzeug mit konstantem Vakuum

2. Verbesserungsmöglichkeiten

Die ungünstigen Vakuumverhältnisse bei konventionellen Rohrmelkanlagen mit hochverlegter Milchleitung lassen sich mit einem konstanten, vom momentanen Milchfluß unabhängigen Vakuum an der Zitze vermeiden. Dabei kann ein niedrigeres Nennvakuum als bei konventionellen Anlagen verwendet werden. Dadurch wird bei geringem Milchfluß schonender gemolken und bei hohem Milchfluß die Milch besser entzogen als bei konventionellen Anlagen (vgl. Abb. 1). Für eine konstante Vakuumapplikation wurde in (3) die folgende Kombination der Melkparameter als optimal ermittelt:

Melkvakuum	$P_M = 40 \text{ kPa}$
Pulsfrequenz	$f^M = 60 \text{ min}^{-1}$
Saugphasenanteil	$S^P = 70 \%$

Zur Verwirklichung kontrollierter Vakuumbedingungen an der Zitze

müssen spezielle Einrichtungen für die Hochförderung der Milch verwendet werden. Bei der handelsüblichen Melkmaschine mit "periodischem Lufteinlaß" wird bei jedem Melkbecher in der Entlastungsphase im Schauglasbereich Luft eingelassen, die für einen zügigen Abtransport der Milch sorgt. Dadurch wird das Vakuum in der Entlastungsphase deutlich abgesenkt und in der Saugphase weitgehend unabhängig vom momentanen Milchfluß. Ein nordamerikanisches Sammelstück mit einem Schwimmer verwendet getrennte Vakuumstufen für Entzug und Transport der Milch und strebt so ein konstantes Vakuum am Euter an.

Im folgenden werden einige prinzipielle Möglichkeiten für eine verbesserte Hochförderung der Milch untersucht.

3. Milchförderung durch Pumpe

Um die Milchförderung zu verbessern, erscheint es zunächst sinnvoll, im Sammelstück eine Pumpe zu verwenden, die den Milchvolumenstrom \dot{V}_M um die Höhe H fördert, siehe Abb. 2. Die von der Pumpe erzeugte Druckdifferenz Δp muß zur Überwindung des hydrostatischen Druckes aus der Förderhöhe H und der Verluste aus der Reibung im langen Milchschlauch ausreichen. Bei einer Förderhöhe $H = 2$ m ist eine Druckdifferenz von $\Delta p = 25$ kPa ausreichend.

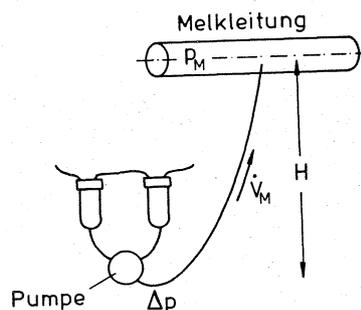


Abb. 2: Pumpe im Sammelstück zur Milchförderung

Der Leistungsbedarf der Pumpe N_p beträgt:

$$N_p = \frac{\dot{V}_M \cdot \Delta p}{\eta} \quad (1)$$

Für einen Milchfluß $\dot{V}_M = 6 \text{ l/min}$, eine Druckdifferenz $\Delta p = 25 \text{ kPa}$ und einen Pumpenwirkungsgrad $\eta = 80 \%$ ergibt sich: $N_p = 3,125 \text{ W}$.

Zum Hochfördern der Milch sind Kreiselpumpen ungeeignet, da wegen der hohen Drehzahl des Laufrades die Milch in Verbindung mit Luft geschädigt werden könnte. Kreiselpumpen sind außerdem zur Förderung von Schaum ungeeignet. Bei Verdrängerpumpen (z.B. Membranpumpen) ergibt sich das notwendige Hubvolumen V_H aus dem zu fördernden Milchfluß \dot{V}_M und der Hubfrequenz der Pumpe f_{Pumpe} :

$$V_H = \frac{\dot{V}_M}{f_{\text{Pumpe}}} \quad (2)$$

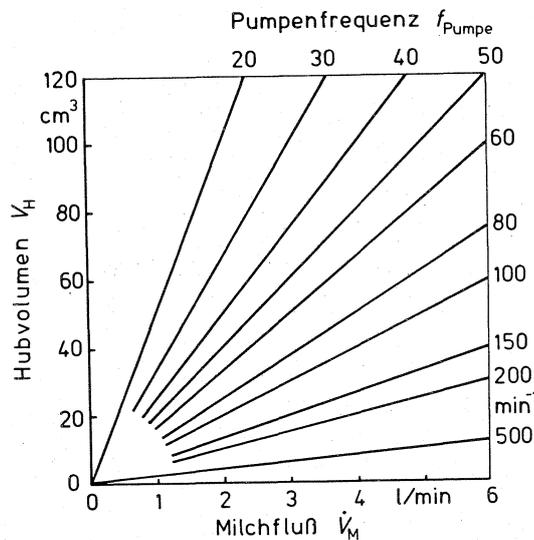


Abb. 3: Notwendiges Hubvolumen einer Verdrängerpumpe in Abhängigkeit vom Milchfluß und der Pumpenfrequenz

Abb. 3 zeigt das notwendige Hubvolumen in Abhängigkeit vom Milchfluß und der Pumpenfrequenz. Der Antrieb der Pumpe kann pneumatisch durch den vom Pulsator gesteuerten Druckwechsel erfolgen. Die Pumpenfrequenz ist dann gleich der Pulsfrequenz. Zur Förderung von 6 l/min ist bei einer Pumpenfrequenz von 60 min^{-1} ein Hubvolumen $V_H = 100 \text{ cm}^3$

notwendig. Dieses verhältnismäßig große Hubvolumen und die notwendigen Ventile der Pumpe lassen sich nur schwer im Sammelstück unterbringen. Nach Abb. 3 läßt sich das Hubvolumen verringern, wenn die Pumpenfrequenz erhöht wird. Dafür könnte z.B. eine elektrisch angetriebene Membranpumpe dienen. Dabei besteht jedoch prinzipiell der Nachteil einer gesonderten elektrischen Energieversorgung. Außerdem wäre die Frage zu klären, ob die geförderte Milch in einer schnelllaufenden Membranpumpe geschädigt wird.

Wenn sich die Pumpe, wie in Abb. 2, im Sammelstück befindet, besteht außerdem der Nachteil, daß der lange Milchschauch am Ende des Melkvorgangs durch die Pumpe nicht vollständig von der Milch entleert werden kann. Dazu könnte dann ein kurz nach der Pumpe im langen Milchschauch vorhandener Umgebungslufteinlaß dienen. In diesem Fall kann jedoch der für die Milchförderung notwendige Differenzdruck auch ohne Pumpe nur durch den Lufteinlaß erzeugt werden, wobei durch einen Ventilmechanismus eine Rückgewinnung auf das an der Zitze vorhandene Vakuum vermieden werden muß. Diese Möglichkeit wird im folgenden genauer untersucht.

4. Lufteinlaß im "Schleusensammelstück"

Zur Vermeidung des durch die Hochförderung der Milch entstehenden Vakuumabfalls an der Zitze könnte das in Abb. 4 schematisch dargestellte Sammelstück verwendet werden.

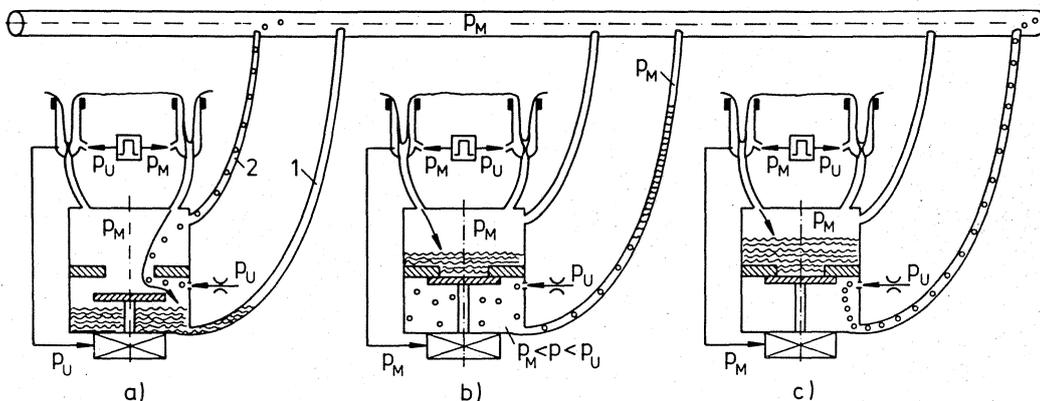


Abb. 4: Funktionsprinzip "Schleusensammelstück"

Das Sammelstück läßt sich durch ein Ventil in zwei Bereiche unterteilen. Beide Teile des Sammelstücks sind durch die Leitungen 1 und 2 mit der hochverlegten Melkleitung verbunden, also mit dem Melkvakuum P_M . Das Öffnen und Schließen des Ventils erfolgt hier durch den Druckwechsel in einem Melkbecher, also periodisch im Pulsatortakt. In Bild a ist das Ventil geöffnet. Die einströmende Milch wird im unteren Teil des Sammelstücks und im tiefsten Teil des langen Milchschauchs aufgefangen. Durch die Leitung 2 gelangt Melkvakuum P_M in das ganze Sammelstück und damit auch zur Zitze. Die in den unteren Teil des Sammelstücks gedrosselt einströmende Umgebungsluft wird über die Leitung 2 in die Melkleitung abgesaugt. In Bild b ist das Ventil geschlossen. Die einströmende Milch wird im oberen Teil des Sammelstücks aufgefangen, in den durch die Leitung 2 Melkvakuum eingeleitet wird. Im unteren Teil des Sammelstücks entsteht durch die einströmende Umgebungsluft ein Druck, der größer als das Melkvakuum ist. Dieser Druckanstieg (entspricht einem Vakuumverlust!) fördert die vorher im unteren Teil des Sammelstücks gesammelte Milch durch den langen Milchschauch zur hochverlegten Melkleitung. Wenn die gesamte Milch weggefördert ist, herrscht im unteren Teil des Sammelstücks wieder Melkvakuum P_M , weil die einströmende Umgebungsluft durch den langen Milchschauch (Leitung 1) abgesaugt wird, siehe Bild c. In diesem Zustand wird das Ventil geöffnet, wodurch die im oberen Teil gesammelte Milch in den unteren Teil fließt. Dabei tritt an der Zitze keine Vakuumschwankung auf, weil in beiden Sammelstückteilen der gleiche Druck (P_M) herrscht. Der Vorgang beginnt jetzt wieder von vorne (vgl. Bild a).

Bei dem in Abb. 4 dargestellten Gerätetyp ist im oberen Teil des Sammelstücks, und damit auch an der Zitze, stets das volle Melkvakuum vorhanden. Die Hochförderung der Milch erfolgt aus dem periodisch mit einem Ventil abgeschlossenen unteren Teil des Sammelstücks durch einen Druckaufbau mittels einströmender Umgebungsluft. Für die einströmende Luftmenge ist theoretisch ein Wert von 15 - 20 l/min notwendig. Diese Luftmenge reicht aus, um bei jedem Arbeitstakt im unteren Teil des Sammelstücks und im langen Milchschauch einen so großen Druck aufzubauen, daß die Milch zur hochverlegten Melkleitung transportiert wird.

Weil die Saugphase des Pulsators wesentlich länger sein soll ($\approx 70\%$) als die Entlastungsphase ($\approx 30\%$) ist es günstig, den Ventilmechanismus so zu gestalten, daß das Ventil während der Saugphase (also bei Melkvakuum) geschlossen ist. Dadurch steht für den Abtransport der Milch aus dem unteren Geräteteil eine möglichst lange Zeit zur Verfügung.

Der in das Sammelstück einströmende Volumenstrom entsteht bei alternierender Pulsierung als Überlagerung von zwei zeitlich versetzten Teilströmen \dot{V}_1 und \dot{V}_2 , wie dies in Abb. 5 schematisch dargestellt ist.

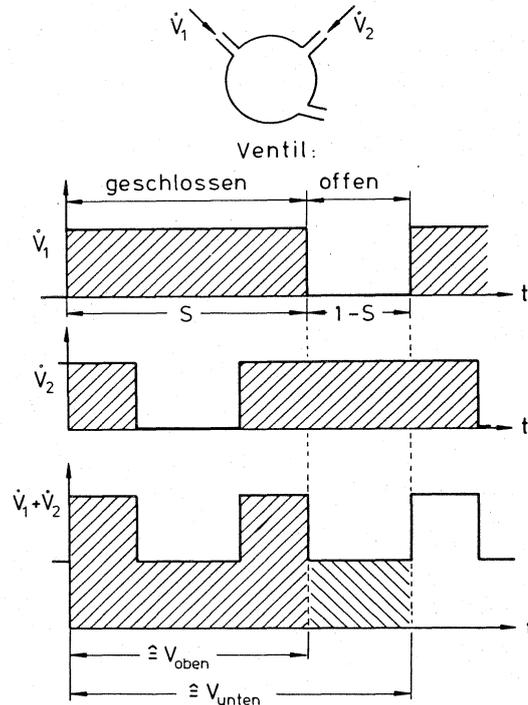


Abb. 5: Schematische Darstellung der alternierenden Milchflüsse V_1 und V_2 und des gesamten Milchflusses ($V_1 + V_2$) zur Berechnung der Speichervolumen des Schleusensammelstückes

Wenn das Ventil geschlossen ist, wird im oberen Teil des Sammelstückes das Milchvolumen V_{oben} aufgefangen:

$$V_{\text{oben}} = \frac{\dot{V}_M}{f_p} \cdot \left(\frac{3 \cdot S - 1}{2 \cdot S} \right) \quad (3)$$

Wenn das Ventil geöffnet ist, strömt das vorher im oberen Teil gestaute Volumen V_{oben} nach unten und zusätzlich wird das während der Öffnungsdauer einströmende Milchvolumen aufgefangen. Insgesamt wird im unteren Teil des Sammelstückes das während eines Pulszyklus ge-

förderte Milchvolumen aufgefangen.

$$V_{\text{unten}} = \frac{\dot{V}_M}{f_p} \quad (4)$$

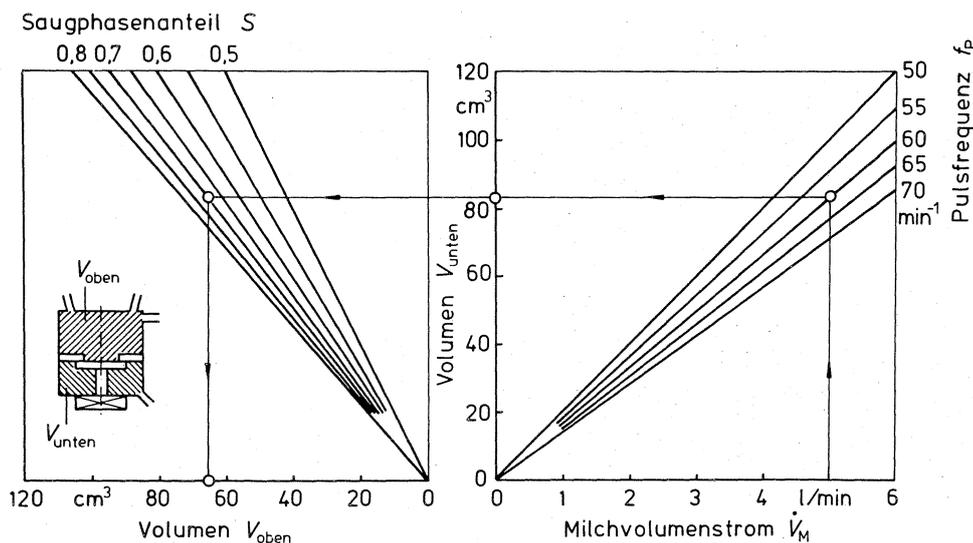


Abb. 6: Notwendige Speichervolumen V_{oben} und V_{unten} des Schleusensammelstücks in Abhängigkeit von Milchfluß. Pulsfrequenz Saugphasenanteil (für alternierende Pulsierung nach Abb. 5 berechnet). Beispiel: $\dot{V}_M = 5 \text{ l/min}$, $f_p = 60 \text{ min}^{-1}$, $S = 70 \%$

Mit Abb. 6 können aus dem Milchvolumenstrom, der Pulsfrequenz und dem Saugphasenanteil die Volumina V_{unten} und V_{oben} ermittelt werden. Die so berechneten Milchvolumina V_{oben} und V_{unten} werden in den jeweiligen Teilen des Sammelstücks gespeichert. Um eine sichere Arbeitsweise des Geräts zu erreichen, müssen die beiden Sammelstückteile tatsächlich größer sein als die theoretisch zu speichernden Milchvolumina. Dies ist z.B. im Hinblick auf die im Gerät auftretende Schaumentwicklung notwendig, und weil in der Praxis nicht immer eine vertikale Aufhängung des Sammelstücks gegeben ist.

5. Getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport

Um das Melkvakuum im Zitzengummiinnenraum von den Vorgängen im milchableitenden System unabhängig zu machen, können getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport verwendet werden. Die Druckdifferenz p zwischen Transportvakuum p_{Tr} und Melkvakuum p_M muß sicher für das Hochfördern der Milch und für das Überwinden der vergleichsweise geringen Strömungswiderstände im langen Milchschauch ausreichen. Bei einer Hubhöhe von 2 m ist eine Druckdifferenz von 25 kPa ausreichend.

5.1 Geräteprinzip

Die Trennung der beiden Vakuumsysteme soll so erfolgen, daß einerseits die Milch vom Milchentzugssystem in das Transportsystem übertreten kann, andererseits aber eine direkte Verbindung der beiden Systeme ausgeschlossen ist, da sonst sehr große Vakuumschwankungen auftreten.

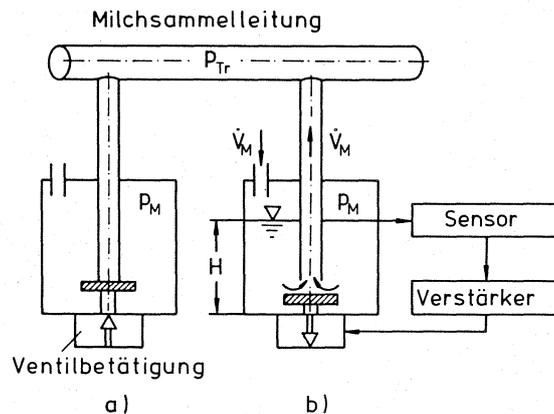


Abb. 7: Funktionsprinzip eines Sammelstücks mit getrennten Vakuumsystemen für Milchentzug und Milchtransport

Diese Forderungen können, wie in Abb. 7 schematisch dargestellt, durch ein Ventil erfüllt werden, das die beiden Systeme zunächst gegeneinander abdichtet (a). Das Ventil wird nur geöffnet, wenn ein ausreichendes Milchvolumen die beiden Vakuumsysteme trennt (b), wenn also die Milch bis zu einer bestimmten Höhe H aufgestaut ist. Bei öffne-

tem Ventil wird Milch abgesaugt, wodurch sich die Stauhöhe verringert, bis das Ventil wieder geschlossen wird. Zur Steuerung der Ventilbetätigung ist ein geeigneter Sensor notwendig, der das Erreichen der gewünschten Stauhöhe H feststellt. Als Sensor können pneumatische Elemente (z.B. Druckschalter, schwimmerbetätigter Schalter, Tauchrohr) oder elektrische Elemente (z.B. Lichtschranke, Elektroden) verwendet werden. Pneumatische Sensoren können so gestaltet werden, daß sie mit der Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck und Melkvakuum arbeiten, und somit keine gesonderte Energieversorgung benötigen. Die Ventilbetätigung kann mit dem ausreichend verstärkten Ausgangssignal des Sensors erfolgen. Für elektrische Sensoren ist eine zusätzliche elektrische Energieversorgung im Stall bzw. Melkstand notwendig. Bei elektrischen Sensoren ist neben einer ausreichenden Verstärkung u.U. auch eine Energieumwandlung (z.B. elektrisch-pneumatisch) zur Betätigung des Ventils notwendig.

Aus der im Gefäß aufgestauten Milch werden alle Luftblasen abgeschieden, die während der Verweilzeit der Milch im Gefäß bis zur Milchoberfläche aufsteigen. In (4) wurde gezeigt, daß die Blasenabscheidung von der Gefäßquerschnittsfläche, jedoch nicht von der Stauhöhe beeinflußt wird. Bei einem Milchfluß von 5 l/min reicht ein Gefäßquerschnitt von 50 - 100 cm² aus, um Luftblasen mit Durchmessern größer als 0,2 - 0,3 mm abzuscheiden. Durch weitgehende Abscheidung der Luft aus der Milch werden die strömungstechnisch ungünstigen Bedingungen einer Zweiphasenströmung vermieden. Dadurch wird die Milch schonender als bei konventionellen Melkanlagen transportiert und die Milchqualität hinsichtlich des Gehalts an freien Fettsäuren verbessert.

5.2 Versuchsmodell

Für das in Kap. 5.1 beschriebene Geräteprinzip wurde eine Reihe von Versuchsgeräten entwickelt. Die Versuchsgeräte sollten in ihrem Aufbau und ihrer Arbeitsweise möglichst einfach sein. Bei einer späteren Weiterentwicklung der Versuchsgeräte muß auch berücksichtigt werden, daß die Reinigung der Geräte mit den üblichen Verfahren möglich ist, um den milchhygienischen Anforderungen zu genügen.

Da nur eine geringe freie Höhe unter dem Euter der Kuh vorhanden ist, sollte die Bauhöhe der Versuchsgeräte nicht wesentlich größer sein als bei herkömmlichen Sammelstücken. Die Durchmesser der Geräte unterlagen dagegen keiner so strengen Begrenzung. Eine kleine Baugröße der Geräte ist auch im Hinblick auf eine bequeme Handhabung wünschenswert.

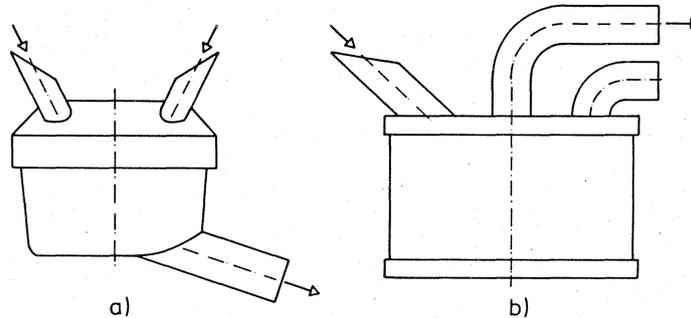


Abb. 8: Größenvergleich eines konventionellen Sammelstücks (a) und eines Versuchsmodells für getrennte Vakuumsysteme (b)

Abb. 8 zeigt den Größenvergleich eines gebräuchlichen, konventionellen Milchsammelstücks und eines Versuchsmodells für das in Kap. 5.1 beschriebene Geräteprinzip. Beim konventionellen Sammelstück (a) geht die Abflußleitung schräg nach unten und der lange Milchschauch wird in einem weiten Bogen nach unten weggeführt. Beim Versuchsmodell mit getrennten Vakuumsystemen (b) ist der lange Milchschauch oben am Gerät waagrecht angeschlossen. Die unter dem Euter notwendige freie Höhe ist damit nicht größer als beim konventionellen Sammelstück.

Der Aufbau des Versuchsmodells mit getrennten Vakuumsystemen ist in Abb. 9 dargestellt. Die ermolzene Milch wird dem Gefäß über die kurzen Milchsclläuche zugeführt und ohne Querschnittsverengung an die Innenseite der Gefäßwand geleitet, wo sie in einem Rieselfilm nach unten fließt. Die Rieselfilmdicke beträgt etwa 0,5 mm, so daß größere Luftblasen aus der Milch abgeschieden werden (4). Das Abflußrohr wird von einer druckfederbelasteten Membran verschlossen bzw. geöffnet, je nach dem unter der Membran herrschenden Druck. Der Druck unter dem Membran wird mit Hilfe einer lose zwischen drei Stäben geführten, schwimmfähigen Kunststoffkugel und einer darunter angebrachten Düse erzeugt. Bei geringer Stauhöhe der Milch wird die Düse von der auf ihr liegenden Kugel weitgehend verschlossen, so daß die gedrosselt einströmende Umgebungsluft unter der Membran einen so

großen Druck aufbaut, daß die Membran gegen die Federkraft angehoben wird.

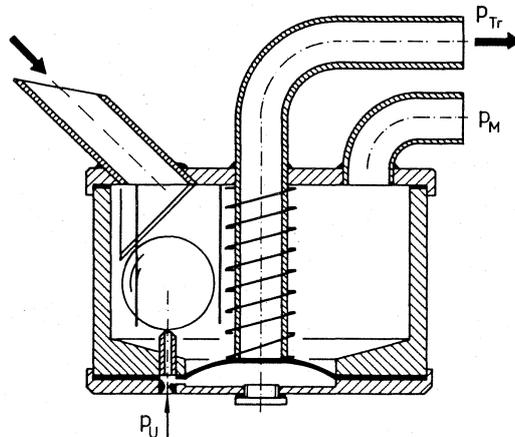


Abb. 9: Versuchsmodell eines Sammelstücks für getrennte Vakuumsysteme

Bei größerer Stauhöhe der Milch schwimmt die Kugel. Dadurch herrscht hinter der Drossel, und damit auch unter der Membran, der nur entsprechend der Stauhöhe der Milch vergrößerte Druck im Gefäß, also etwa Melkvakuum. In diesem Zustand wird die Membran von der Druckfeder geöffnet. Die durch die Düse in das Gefäß einströmende, geringe Luftmenge (≈ 2 l/min) verhindert, daß Milch in die Düse eindringen kann. Mit dieser sehr einfachen, schwimmerbetätigten Höhenabtastung wird erreicht, daß stets eine Stauhöhe von etwa 25 mm eingehalten wird. Das so aufgestaute Milchvolumen reicht bei geöffneter Membran zur Trennung der Vakuumsysteme aus.

Bei der in Abb. 9 dargestellten Höhenabtastung können bei der Melkzeugabnahme u.U. durch die Düse geringe Restmilchmengen vom Gefäßinneren unter die Membran gelangen. Um die hygienischen Anforderungen zu erfüllen, muß deshalb der Raum unter der Membran und die Düse bei der Reinigung des Sammelstücks erfaßt werden. Dazu dient an dem Versuchsgerät ein Anschluß, mit dem durch den Raum unter der Membran die Steurdüse und die Lufteinlaßdrossel gespült werden können. Diese hygienischen Probleme treten nicht auf, wenn die Steuerung so gestaltet wird, daß keine direkte Verbindung zwischen dem Gefäß-

inneren und dem Raum unter der Membran vorhanden ist. Bei einem früher in (4) beschriebenen Versuchsmodell wurde die Bewegung eines Schwimmers mit einem Hebel durch eine Trennmembran auf eine außen am Gefäß angebrachte Steuerung übertragen. Dabei sind der Platzbedarf der außen liegenden Steuerung sowie die Beeinflussung der Beweglichkeit der Trennmembran durch Milchablagerungen nachteilig. Bei einem weiteren Versuchsgerät wurde deshalb die in Abb.10 schematisch dargestellte berührungslose Signalübertragung erprobt.

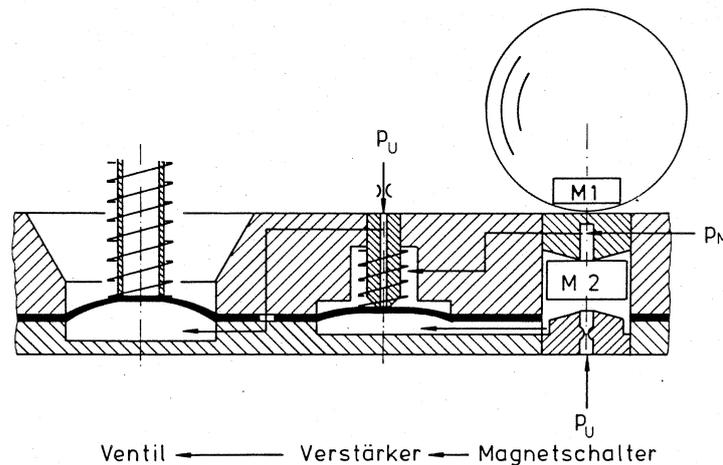


Abb. 10: "Magnet-Steuerung" für Sammelstück mit getrennten Vakuumsystemen (nicht maßstäblich!)

Dabei befindet sich in der Schwimmerkugel ein kleiner Permanentmagnet M1. Ein zweiter, außerhalb der Milch befindlicher Magnet M2 wird bei niedriger Lage des Schwimmers angehoben; bei hoher Lage des Schwimmers sinkt der Magnet M2 nach unten. Dadurch wird entweder eine Verbindung zum Umgebungsdruck p_u bzw. zum Melkvakuum p_M geöffnet. Das pneumatische Ausgangssignal dieses Magnetschalters wird über einen kleinen Verstärker unter die Ventilmembran geleitet. Wegen der begrenzten Größe der Schwimmerkugel besteht bei dieser Ausführung die Schwierigkeit in der geeigneten Abstimmung von Schwimmerauftrieb, Magnetgewicht und Anziehungskraft zwischen den beiden Magneten.

5.3 Messung der Vakuumverhältnisse

An dem Versuchsmodell nach Abb. 9 wurde im Melklabor der Landtechnik Weißenstephan der Vakuumverlauf an der Zitze gemessen. Zum Vergleich wurde ein konventionelles, handelsübliches Sammelstück (a) verwendet. Der Aufbau der verwendeten Anlagen ist in Abb. 11 schematisch dargestellt.

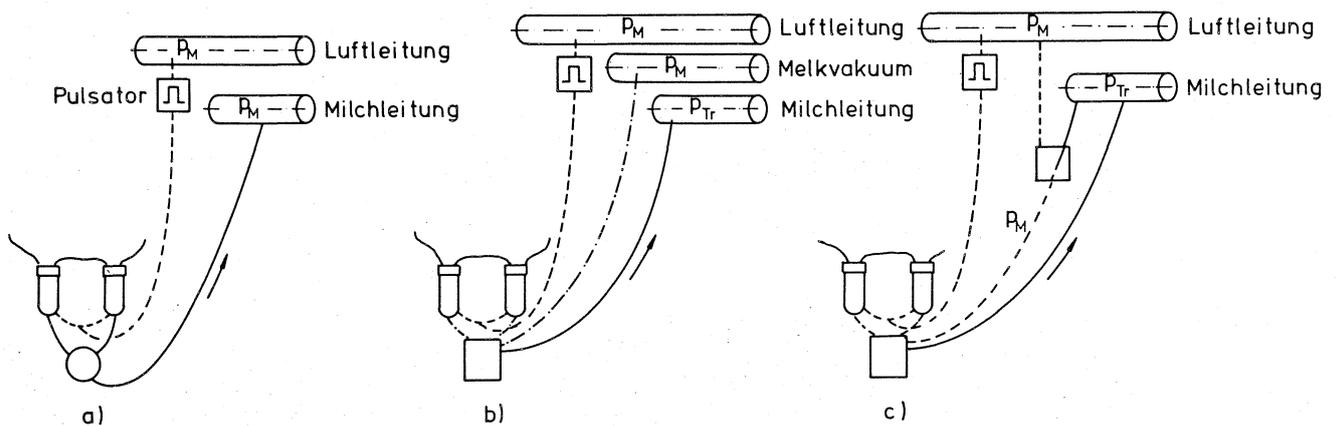


Abb. 11: Schematische Darstellung des Aufbaus von konventioneller Rohrmelkanlage (a) und Anlagen mit getrennten Vakuumsystemen mit 3-(b) bzw. 2-Leitungen (c)

Beim Sammelstück mit getrennten Vakuumsystemen kann das Transportvakuum p_{Tr} aus einer speziellen Milchtransportleitung entnommen werden (b). Diese dritte, gegenüber konventionellen Rohrmelkanlagen zusätzliche Leitung verursacht jedoch einen erhöhten Installationsaufwand. Der durch die Schaumentwicklung im Gerät bzw. bei Schräglage entstehende Überriß gelangt in die Melkvakuumleitung und müßte dort abgeschieden werden. Ferner müssen bei dieser 3-Leitungsanlage zwei Leitungen gespült werden. Diese Probleme können vermieden werden, wenn die im Bild c dargestellte 2-Leitungsanlage verwendet wird. Dabei wird das Melkvakuum mit Hilfe eines speziellen Membranvakuumreglers aus dem Transportvakuum abgegriffen, wobei als Sollwert das Melkvakuum aus der Luftleitung (Pulsatorversorgung) dienen kann. Durch diesen Membranvakuumregler wird auch der Schaumüberriß in die

Transportleitung geführt, so daß, wie bei konventionellen Rohrmelkanlagen, nur eine Leitung gespült werden muß.

Bei den Messungen wurde ein handelsüblicher Pulsator mit alternierender Pulsierung, 60 Zyklen pro Minute und einem Saugphasenanteil von 70 % verwendet. Während bei der konventionellen Anlage das übliche Nennmelkvakuum von 50 kPa verwendet wurde, wurde bei der Anlage mit getrennten Vakuumsystemen ein reduziertes Melkvakuum von 40 kPa und ein Transportvakuum von 65 kPa benützt. Die Förderhöhe zur hochverlegten Sammelleitung beträgt jeweils etwa 2 m.

In Abb. 12 ist der Verlauf des gemessenen Vakuums an der Zitze bei verschiedenen Milchflüssen dargestellt.

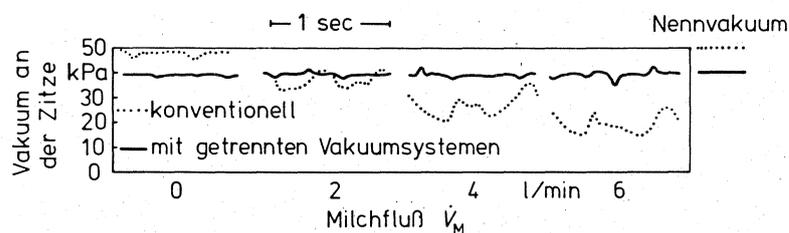


Abb. 12: Vakuum an der Zitze bei verschiedenen Milchflüssen für konventionelle Rohrmelkanlage und Anlage mit getrennten Vakuumsystemen

Bei der konventionellen Anlage zeigt sich mit wachsendem Milchfluß die für Rohrmelkanlagen typische Verringerung des Melkvakuums (vgl. Abb. 1). Außerdem zeigen sich beim Milchfluß zyklische Vakuumschwankungen, die dadurch entstehen, daß durch die Pumpbewegung des Zitzengummis die abströmende Milch periodisch beschleunigt und verzögert wird. Vakuumschwankungen können einen Rückfluß bereits ermolkenener Milch verursachen, wodurch ein höheres Infektionsrisiko entsteht. Bei der Anlage mit getrennten Vakuumsystemen bleibt das Melkvakuum unabhängig von der Größe des Milchflusses erhalten, so daß die angestrebten konstanten Vakuumbedingungen erreicht werden.

Durch den im Sammelstück erforderlichen 'Milchpuffer' sind jedoch ideale Voraussetzungen für eine Bakterienübertragung - insbesondere bei Lufteinbrüchen - gegeben. Die noch vorhandenen geringen Vakuumschwankungen entstehen durch die Pfropfenströmung in den kurzen Milchschläuchen. Bei dem Versuchsgerät nach Abb. 9 ist ein ausreichend großer Querschnitt des Melkvakuumschlusses notwendig, weil sonst in diesem Anschluß bereits bei kleinen Überrißmengen Milchpfropfen entstehen, wodurch größere Vakuumschwankungen verursacht werden.

Im Teilprojekt G 9 könnten verschiedene Lösungen zur Milchförderung grundsätzlich analysiert und hinsichtlich der Konstruktion bis ins Laborstadium vorangetrieben werden. Das gilt insbesondere für das Verfahren der Trennung von Milch und Luft im Sammelstück.

Für den Einsatz in Melkversuchen steht jedoch bisher noch keine praxiserichtete Konstruktion eines Sammelstücks Abscheiders zur Verfügung. Offene Fragen betreffen die Schaumbildung beim Melken und eine hygienisch wie funktionell befriedigende Konstruktion für die Membransteuerng.

Weiterhin bedarf die biotechnische Optimierung unter Einschluß der Vakuumapplikation und der Bakterienübertragung vertiefter Klärung (vgl. G 1).

6. Veröffentlichungen

1. W o r s t o r f f, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit. Habilitationsschrift 1977, Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan.
2. W o r s t o r f f, H.; S t a n z e l, H.: Untersuchungen zur Bewegung des Zitzengummis in Abhängigkeit von Einfaltdruck, Pulszyklus und Vakuumhöhe in Melkanlagen. Grundl.Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 1, S. 8/12.
3. H e i n l, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation. Dissertation 1981, TU München-Weihenstephan
4. S c h o l t y s i k, B.H.; W o r s t o r f f, H.: Verbesserung der Vakuumbedingungen bei Melkanlagen durch Luftabscheidung und getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport. Grundl.Landtechnik Bd. 29 (1979) Nr. 5, S. 153/158.
5. R e u s c h e n b a c h, H.: Pneumatische Programmsteuerung von Melkzeugen. KTBL-Schrift 217 Probleme der modernen Melktechnik, S. 76 - 88

Teilprojekt G 10

Untersuchungen über die genetische Variabilität des Nachgemelks

Leiter: o.Prof.F. Pirchner, Ph.D.
Lehrstuhl für Tierzucht
der TU München - Weihenstephan
8050 Freising - Weihenstephan

Mitarbeiter: Dr. H. Willeke
Dipl.-Ing.agr. F. Reinhardt

Einleitung und Fragestellung

In der Literatur liegen zahlreiche Arbeiten über genetische und umweltbedingte Einflüsse auf die Melkbarkeit beim Rind vor. Es besteht aber nach wie vor große Unsicherheit, wie die Melkbarkeit in der Milchrinderzucht berücksichtigt werden soll. RABOLD (1967) kommt zu dem Ergebnis, daß die Melkleistung hauptsächlich durch technische und organisatorische Maßnahmen verbessert werden kann. In welchem Ausmaß sich eine genetische Verbesserung der Melkbarkeit ökonomisch auswirkt bleibt jedoch unklar. WOLF und GRAVERT (1973) schlagen dennoch eine Zucht auf Melkbarkeit vor und POGACAR et al. (1974) geben ökonomische Gewichte für die Selektion auf Melkbarkeit und Milchleistung an, wenn eine optimale Melkumwelt unterstellt wird. In allen Arbeiten wird als Selektionskriterium das auf die Gemelksmenge korrigierte durchschnittliche Minutengemelk vorgeschlagen. Das Nachgemelk - insbesondere das maschinelle Nachgemelk - wird dagegen meistens vernachlässigt, obwohl es aus züchterischen und ökonomischen Gründen durchaus von praktischem Interesse ist.

Ziel des Forschungsvorhabens ist daher die Schätzung genetischer Parameter für den Milchfluß und das maschinelle Nachgemelksverhalten, sowie die Korrektur der entsprechenden Merkmale auf Umwelteinflüsse, um der Zucht ein standardisiertes Verfahren zur Selektion auf Melkeigenschaften vorzuschlagen. Außerdem wurde die Verwendbarkeit eines von der Landtechnik Weihenstephan entwickelten Gerätes zur Trennung des maschinellen Haupt- und Nachgemelks getestet.

Versuchsdurchführung und Datenmaterial

Die Melkbarkeitsprüfungen wurden von 26 Leistungsprüfern des Milchkontrollringes Kaufbeuren mittels vom LKV-Bayern zur Verfügung gestellter True-Test-Geräte, die von der Landtechnik Weißenstephan mit Milchflußanzeigern ausgerüstet wurden, durchgeführt. Die Funktionsweise des Gerätes wurde von WORSTORFF et al. (1979) ausführlich beschrieben. Als Problem stellte sich jedoch bald die nicht einheitliche Handhabung der Geräte durch die verschiedenen Probenehmer heraus. Trotz mehrmaliger intensiver Unterweisungen des Versuchspersonal anhand praktischer Versuchsabläufe konnte dieses Problem wahrscheinlich nicht ganz beseitigt werden. So dürfte vor allem der Anfang des Nachmelkens unterschiedlich determiniert worden sein, was hauptsächlich in der zeitlichen Verzögerung des Gerätes (ca. 5-10 S) begründet ist.

In drei Versuchsdurchgängen von August 1980 bis Juli 1981 wurden insgesamt 1723 Kühe in 178 Betrieben 1-3 mal geprüft. Der Aufbau des Versuchsdatenmaterials ist aus Tab. 1 ersichtlich. Insgesamt wurden 3271 Einzelprüfungen durchgeführt. Von 557 Kühen liegt eine Prüfung, von 784 Kühen zwei und von 382 Kühen liegen drei Prüfungen vor. Um eine vernünftige genetische Analyse zu gewährleisten, wurden Tochter-Mutter-Paare ausgesucht. Es ergaben sich 992 Paare. Zusätzliche wurde der Brown Swiss Blutanteil und der Vater der Tiere registriert.

Tabelle 1: Struktur der Versuchsdaten

	Zeitraum	Kühe geprüft	Prüfungen
1. Durchgang	8.80 - 11.80	1680	
2. Durchgang	12.80 - 2.81	879	
3. Durchgang	4.81 - 6.81	712	
Gesamt		1723	3271

In den drei Prüfdurchgängen wurden folgende Merkmale erhoben:

Maschinen-Hauptgemelksmenge (MHG)

Maschinen-Hauptgemelkszeit (t_{MHG})

Maschinen-Nachgemelksmenge (MNG)

Maschinen-Nachgemelkszeit (t_{MNG})

Daraus lassen sich die Größen

Maschinen-Gesamtgemelksmenge (MGG)

Maschinen-Gesamtgemelkszeit (t_{MGG})

Durchschnittl. Minutenhauptgemelk (DMHG)

Durchschnittl. Minutennachgemelk (DMNG)

berechnen.

Als Faktoren, die das Melkgeschehen bzw. die Erfassung der Melkeigenschaften beeinflussen könnten, wurden festgehalten

Betrieb, Leistungsprüfer,
Melkzeit (Abends, Morgens)
Haltung (Weide, Stall),

und ob die Kuh überhaupt maschinell nachgemolken wurde.

Von den 712 Kühen des 3. Probedurchgangs liegen zusätzlich folgende Eutermaße vor:

Zitzenlänge (vorne, hinten)
Zitendurchmesser (vorne, hinten)
Euterabstand vom Boden

und als Maß für den Rahmen der Kuh die Beckenhöhe. Außerdem wurde von diesen Kühen die Anzahl Zwischen- und Afterzitzen notiert, sowie evtl. Euterkrankheiten (Mastitis, Strichverletzungen) während des Prüfzeitraumes.

Da die entsprechenden Laktationsleistungen der Kühe z.T. noch nicht abgeschlossen sind, konnte vom LKV-Bayern nur von 2278 Kühen die Zusatzinformationen vollständig übermittelt werden. Die Komplettierung des Datenbestandes müßte im Mai 1982 möglich sein.

Auswertungsmethoden

Da in allen Arbeiten in der Literatur die Melkbarkeitsmerkmale auf die Gemelksmenge am Prüftag mittels Regression additiv korrigiert wurden, wurde auch bei diesem Datenmaterial zuerst ein die Gemelksmenge berücksichtigendes Korrekturmodell unterstellt (siehe ANDREAE, 1964; AVERDUNK, 1967; POGACAR et al., 1974). Für eine züchterische Berücksichtigung der Melkbarkeit ist dies jedoch eine etwas fragwürdige Methode, da durch diesen Ansatz eine offensichtlich vorhandene genetische Kovarianz zwischen Milchfluß und Milchleistung (MILLER et al., 1976; TOMASZEWSKI, 1975) reduziert wird. Daher wurde diesem Modell eine zweite Korrekturmethode gegenübergestellt, in dem die Melkbarkeitsmerkmale auf das Laktationssadium bzw. den Abstand des Prüftages von der letzten Kalbung korrigiert wurden. Die Korrekturmodelle (1, 2) hatten folgendes Aussehen:

$$Y_{ijklm} = \mu + D_i + NG_j + LN_k + h_l + b \cdot x + e_{ijklm}$$

wobei

- Y Beobachtungswert der jeweiligen Melkbarkeits-Eigenschaft
D_i Einfluß des i-ten Prüfdurchganges (Wiederholung), i = 1,2,3
NG_j Einfluß des Nachmelkens mit der Maschine (1=mit, 2=ohne)
LN_k Einfluß der k-ten Laktationsnummer, k = 1,...12
h_l zufälliger Einfluß der l-ten Herde
b Regressionskoeffizient auf 1) Gemelksmenge, 2) Lakt.-Stadium
e_{ijklm} zufälliger Fehler ist.

Nach Korrektur der jeweiligen Merkmale auf das Laktationssadium, wurden phänotypische und genetische Varianzkomponenten sowie Heritabilitäten und Korrelation der Melkbarkeitsmerkmale untereinander und zu Milchleistungsmerkmalen geschätzt. Dabei wurde folgendes Modell unterstellt.

$$Y_{ijklmn} = \mu + KS_i + NG_j + LN_k + H_l + s_m + e_{ijklmn}$$

wobei

- KS_i Einfluß der i-ten Kalbesaison (i=1,2,3,4)
NG_j Einfluß der j-ten Nachgemelksgruppe (j=1,2)
LN_k Einfluß der k-ten Laktation (k=1,.....,12)
H_l Einfluß der l-ten Herdenklasse in Milchleistung (400 kg Klassen) und im durchschnittlichen Minutengemelk (0.33 kg/min Klassen)
s_m zufälliger Einfluß des m-ten Vaters
e_{ijklmn} zufälliger Fehler ist.

Da lediglich Väter mit mindestens 2 Töchtern berücksichtigt wurden, verminderte sich das auswertbare Datenmaterial auf 1400 Prüfungen von 778 Kühen, die Töchter von 221 Bullen sind.

Da von vielen Kühen die abgeschlossene, zur Melkbarkeitsprüfung korrespondierende Laktationsleistung noch nicht vorliegt, ist die Datenstruktur zur Schätzung genetischer Parameter über eine Tochter-Mutter-Regression noch ungünstiger wie in der oben beschriebenen Halbgeschwesteranalyse. Da die Versuchsplanung jedoch auf diese Auswertungsmethode ausgerichtet ist, wurde auch mit dieser Methode versucht, genetische Parameter zu schätzen. Das Modell war wie folgt:

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + s_j + b \cdot x + e_{ijk}$$

wobei

- Y das auf Durchgang, Laktationsnummer, Kalbesaison und Nachgemelksgruppe korrigierte Melkbarkeitsmerkmal der Tochter
- x das ebenso korrigierte entsprechende Merkmal der Mutter
- H_i der Einfluß der i-ten Herdenklasse
- s_j der zufällige Einfluß des j-ten Vaters
- e_{ijk} der zufällige Fehler ist.

Die Tochter-Mutter-Regression wurde also innerhalb Vater geschätzt, um nicht zuletzt auch durch unterschiedliche Brown-Swiss-Blutanteile bedingte Unterschiede zu berücksichtigen.

Ergebnisse und DiskussionUmwelteinflüsse

Die Rohmittelwerte und Standardabweichungen der berücksichtigten Merkmale sind in Tab. 2 abgebildet. Sie zeigen, daß der Versuch in eher überdurchschnittlichen Betrieben (in bezug auf die Milchleistung) durchgeführt wurde. Den größten Anteil der Gesamtvarianz der Melkbarkeitsmerkmale nimmt die durch Betriebsunterschiede bedingte Varianz ein. Sowohl bei DMHG wie auch bei MNG und t_{MNG} liegt die Betriebskomponente bei über 30 % der Gesamtvarianz. Da der Betrieb innerhalb Leistungsprüfer getestet ist, vergrößert die unterschiedliche Versuchshandhabung und Meßgenauigkeit der Prüfer in diesem Fall jedoch die Betriebskomponente. Die Betriebskomponente der t_{MHG} ist prozentual größer wie die der MHG. Dies weist darauf hin, daß innerhalb eines Betriebes die Kühe an eine konstante Melkzeit gewöhnt sind. Das DMHG nimmt bis zur 6. Laktation zu und fällt dann wieder leicht ab. Dies dürfte zum einen durch 'verbrauchte' Euter und zum anderen durch den niedrigeren BS-%-Blutanteil bei älteren Kühen zu erklären sein. Ältere Kühe werden häufiger nachgemolken als junge Kühe und haben auch eine größere Nachgemelksmenge. An dieser Stelle ist es vielleicht interessant, einige Zahlen zur Handhabung des Nachmelkens in den Versuchsbetrieben aufzuführen. 13 Betriebe melken überhaupt nie nach, 109 Betriebe melken z.T. nach und 56 Betriebe melken grundsätzlich immer nach; wobei mit steigender Kuhzahl der Anteil nachgemolkener Kühe abnimmt. Über die geprüften Kühe betrachtet, ergibt sich folgendes Bild: 380 Kühe wurden nie nachgemolken, 381 Kühe wurden z.T. und 962 Kühe wurden stets nachgemolken. Dies zeigt, daß doch noch die Mehrzahl der Landwirte größeren Wert auf das Nachmelken legt und es demzufolge auch als wirtschaftlich sinnvoll erachtet. Nachgemolkene Kühe haben zwar eine niedrigere MHG aber eine um 0,25 kg höhere MGG. Die Unterschiede sind zwar nicht ganz signifikant abzusichern, jedoch ist dieser Trend auch bei den Laktationsleistungen ersichtlich. Hier ergibt sich ein Unterschied von 180 kg zugunsten von nachgemolkene Kühen. Das DMHG ist bei nachgemolkene Kühen höher. Dies läßt darauf schließen, daß die Milchflußkurve während des Maschinenhauptgemelks bei diesen Tieren schneller abfällt, als bei Kühen, die ihr gesamtes Gemelk in einer Melkphase abgeben.

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichungen

Merkmale	Maßeinheit	\bar{x}	S.D.
305-Tage Leist.	kg	5383.00	815.00
Fett-%	%	3.94	0.35
Eiweiß %	%	3.43	0.26
DMHG	kg/min	1.58	0.54
MHG	kg	7.71	2.65
t_{MHG}	min	5.34	2.03
MNG	kg	0.25	0.49
t_{MNG}	min	0.35	0.62

Die Haltungsform (Weidegang, Stallhaltung) sowie die Melkzeit (Morgen, Abend) hatten keinen gesicherten Einfluß auf das Melkgeschehen. Bei den Versuchswiederholungen machte sich jedoch eine annähernd gesicherte Zeitverminderung (t_{MHG} , t_{MNG}) bemerkbar. Der Grund dafür dürfte in den Versuchspersonen zu suchen sein.

Die Regressionsfaktoren der Melkbarkeitsmerkmale auf die Gemelksmenge bzw. das Laktationssadium sind aus Tab. 3 ersichtlich. Der Regressionsfaktor 0.07 des DMHG auf MHG ist mit 0.07 bedeutend niedriger als die in der Literatur berichteten Werte, 0.10 - 0.15 (ANDREAE, 1964; AVERDUNK et al., 1968; POGACAR et al., 1974), und der derzeit in Deutschland allgemein angewandte Faktor von 0.10 (DREYER u. RHOMBERG). Auch wenn die Regression innerhalb Kuh geschätzt wird, ändert sich dieser Wert nur unwesentlich, 0.065 zu 0.07. Der innerhalb Kuh geschätzte Wert stimmt gut mit dem von WÖRLE (1978) beim Fleckvieh mit gleicher Versuchsdurchführung geschätzten Wert überein.

Tabelle 3: Regressionsfaktoren der Melkbarkeitsmerkmale auf die MHG (kg) und auf das Lakt.-Stad. (Tage)

Merkmal	b x (MHG in kg)	b x (Zeit in Tagen)
DMHG	0.072***	- 0.002***
MGG	0.98 ***	- 0.021***
t_{MGG}	0.40 ***	- 0.008***
MNG	0.003 n.s.	- 0.00002 n.s.
t_{MNG}	0.004 n.s.	- 0.00003 n.s.

*** p < 0.001 signifikant.

Bei den Nachgemelksmerkmalen konnte keine signifikante Abhängigkeit von der Gemelksmenge oder dem Laktationsstadium gefunden werden. Die Regression des DMHG auf den Zeitabstand der Prüfung von der Kalbung ist hoch signifikant (p 0.001). Wird darüber hinaus ein partielles Regressionsmodell des DMG auf Zeit und Gemelksmenge unterstellt, zeigt sich, daß eine sehr hohe Abhängigkeit des DMHG von der MHG bestehen bleibt, was vom Modellansatz ja erwartet wird. Durch eine Korrektur auf den Zeitabstand bleibt also die Kovarianz zwischen Milchfluß und Milchleistung erhalten, die in der Zucht auf beide Merkmale verwendet werden kann (Index), MILLER et al. (1976).

Genetische Parameter

In Tab. 4 sind Unterschiede in den Melkbarkeitseigenschaften bei steigendem Brown-Swiss Blutanteil aufgezeigt. Die Werte zeigen deutlich, daß mit der Einkreuzung die Melkbarkeit verbessert werden konnte. Die Heritabilitäten in Tab. 5, geschätzt über Halbgeschwisteranalyse (Spalte 1) und Tochter-Mutter-Regression (Spalte 2), sind aufgrund der schon erwähnten ungünstigen Datenstruktur mit relativ hohen Fehlern behaftet, 0.08 - 0.15 bei der HG-Analyse und 0.12 - 0.15 bei der TM-Regression. Die Heritabilitäten liegen beim durchschnittlichen Minutengemelk im Bereich der in der Literatur berichteten Werte, TOMASZEWSKI et al. (1975), MILLER et al. (1976), POGACAR et al. (1974), AVERDUNK et al. (1968). Die Heritabilitäten für die Nachgemelkseigenschaften sind bei der HG-Analyse unerklärlich hoch, und bei der TM-Regression immer noch höher als allgemein in der Literatur berichtet (MILLER et al., 1976; JOHANSSON, 1958; RUDOVSKI et al. 1978; WÖRLE, 1978). Gründe für die hohen Werte könnten sein, daß sowohl nachgemolkene wie auch grundsätzlich nicht nachgemolkene Kühe an der Analyse beteiligt sind, und sich dadurch eine extreme Schiefverteilung ergibt.

Tabelle 4: Einfluß des BS-% Blutanteil auf die Melkbarkeit bei gleichzeitiger Korrektur auf Lakt.-Stad.

BS-% Gruppe	DMHG (kg/min)	MGG (kg)	MNG (kg)	t_{MNG} (min)
(1) orig. BV	-0.14	-0.45	0.04	0.06
(2) 1-25 % BS	-0.02	-0.08	-0.01	0.03
(3) 26-49 % BS	-0.03	0.18	-0.05	-0.07
(4) 50-62.5 % BS	0.04	0.13	-0.02	-0.05
(5) >62.5 % BS	0.15	0.22	0.03	0.03

Tabelle 5: Heritabilitäten geschätzt aus Vaterkomponenten und TM-Regression für Melkbarkeitseigenschaften

Merkmal	h^2 (HG-Analyse)	h^2 (TM-Regr.)
DMHG	0.31 \pm 0.08	0.39 \pm 0.12
MNG	0.50 \pm 0.12	0.20 \pm 0.16
t_{MNG}	0.20 \pm 0.11	0.18 \pm 0.15

Die genetischen und phänotypischen Korrelationen der Melkbarkeitsmerkmale zueinander, in Tab. 6, liegen durchaus im erwarteten Größenbereich. Während die phänotypischen Korrelationen zwischen DMHG und MNG bzw. t_{MNG} sich um den Nullpunkt bewegen, scheint eine gesicherte, genetisch negative Beziehung zu bestehen. Hier sollte noch einmal darauf hingewiesen werden, daß eine Korrektur - ob nachgemolken wurde oder nicht - im Modell enthalten ist, und die Korrelationen innerhalb dieser Gruppen geschätzt wurden. Die geschätzten Korrelationen deuten darauf hin, daß mit einer Selektion auf Milchfluß auch das Nachgemelksverhalten verbessert werden könnte.

Die Beziehungen der Melkbarkeitsmerkmale zu den Milchleistungsmerkmalen (Tab. 6) stimmen gut mit amerikanischen Literaturwerten überein (MILLER et al. 1976; TOMASZEWSKI et al., 1974). Das DMHG ist, wie erwartet, mit der Milchmenge genetisch hoch positiv und mit den Milch-inhaltsstoffen negativ korreliert, während phänotypisch keine bedeutende Beziehung sichtbar wird. Etwas schwierig sind die Korrelationen zwischen den Nachgemelksmerkmalen und den Milchleistungsmerkmalen zu interpretieren. Sie passen jedoch gut in das Bild, wenn man die Beziehungen zwischen DMHG und MNG bzw. t_{MNG} und DMGH und Milchleistungsmerkmalen in Betracht zieht. Während, wie bei den Umwelteinflüssen schon berichtet, das Nachmelken einen positiven Leistungseinfluß hat, dreht sich die Beziehung innerhalb Nachmelkgruppen um.

Tabelle 6: Genetische und phänotypische Korrelationen, geschätzt aus Vaterkomponenten (r_G oberhalb, r_P unterhalb der Diagonalen)

$r_P \backslash r_G$	M-kg	F-%	Ew-%	DMHG	MNG	t_{MNG}
M-kg	-	-.01	-.30	.56	-.18	-.61
F-%	-.01	-	.36	-.12	.18	.11
Ew-%	-.23	.36	-	-.22	.06	.21
DMHG	.23	-.01	-.10	-	-.16	-.37
MNG	.02	-.03	-.06	.01	-	.83
t_{MNG}	.01	-.07	-.08	.02	.72	-

Weiteres Vorgehen.

Sobald die noch ausstehenden zusätzlichen Informationen vom LKV-Bayern vollständig zur Verfügung stehen, sollten die bisherigen Auswertungen wiederholt werden. Mit einer günstigeren Datenstruktur in bezug auf TM-Paare und HG-Gruppen sollten dann zuverlässigere Schätzwerte zu erwarten sein. Vielleicht wäre auch eine getrennte Auswertung für die beiden Nachgemelksgruppen (mit bzw. ohne) ratsam. Außerdem sollen Beziehungen zwischen Melkbarkeit und Eutermaßen einerseits und Milchleistung und Eutermaßen andererseits geschätzt werden.

Veröffentlichungen

1. A n d r e a e, U.: Einfluß der Gemelksgröße und des Alters auf die Milchflußintensität bei Kühen. Züchtungskunde 36, (1964) S. 340 - 355.
2. A v e r d u n k, G.; R i t t e r, H.CH.; Z y w c r o k, H.; G a u ß, F.: Wiederholte Melkbarkeitsprüfungen in der ersten Laktation und die Abhängigkeit der Milchflußkriterien von der Milchmenge. Bayr. Ldw.Jahrbuch 44, (1967), S. 317 - 331.
3. D r e y e r, R o m b e r g: Persönliche Mitteilung (1981)
4. M i l l e r, R.H.; P e a r s o n, R.E.; W e i l a n d, B.T.; F u l t o n, L.A.: Genetic parameters of several measures of milk flow rate and milking time. J.Dairy Sci. 59 (1967), S. 957 - 964.
5. P o g a c a r, J.; A v e r d u n k, G.; G o t t s c h a l k, A.; S c h w a r z, E.: Untersuchungen über genetische und umweltbedingte Einflüsse auf die Melkbarkeit bei Fleckvieh und Braunvieh in Bayern. Bayr. Ldw. Jahrb. 51, (1974) S. 695 - 703.
6. R a b o l d, K.; L a n s e r, E.; M a y n t z, M.; P a i z s, L.: Biotechnik der Milchgewinnung. Verlag Mann, Hildesheim (1974).
7. R u d o v s k i, H.-J.; W e h o w s k y, G.; B e u c h e, W.; E b e n d o r f f, W.: Vergleichende Untersuchungen zum Nachmelken. Monatsh. für Veterinärmedizin 33, (1978), S. 223-226.
8. T o m a s z e w s k i, M.A.; H a r g r o v e, G.L.; L e g a t e s, J.E.: An assessment of field measures of milking rate. J. Dairy Sci. 58, (1975) S. 545 - 550.
9. W o l f, R.; G r a v e r t, H.O.: Zuchtwertschätzung für Melkdauer. Züchtungskunde 45 (1973), S. 393 - 398.

10. W ö r l e, L.: Zwischenbericht über das Forschungsprojekt:
"Schätzung genetischer Parameter bei Hauptgemelk und maschinell
Nachgemelk am Flechvieh (Persönl. Mitteilung, unveröffentl. Manus-
kript). (1979).
11. W o r s t o r f f, H.; S t a n z e l, H.; F r e i b e r g e r, F.:
Entwicklung eines Gerätes zur Messung der Dauer des maschinellen
Nachmelkens als Ausgangspunkt für züchterische und melktechnische
Verbesserungen. Milchwissenschaft 34 (1), (1979) S. 6 - 8.
12. R e i n h a r d t, F.; D e m p f e l e, L.; S a n t o s -
C r i s t a l, M.: How to include milkability in dairy cattle
breeding. Vortrag anlässlich der EAAP, Leningrad, 16.-19. August
1982.

Teilprojekt G 11

Milchmengenerfassung mit Leitwertgeber

Leiter: Dr. H. Stanzel
Institut für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71449

Mitarbeiter: Ing. D. Schulz

Die Arbeiten zur Entwicklung eines Gerätes zur Milchmengenerfassung mit Leitwertgeber konnten auf Erfahrungen mit geraden Ringelektroden-Gebern für den Milchfluß aufbauen, die im Rahmen des Teilprojektes G 4 in früheren Jahren gesammelt worden waren.

1. Meßprinzip

Das Funktionsprinzip besteht darin, daß das Milch-Luft-Gemisch unmittelbar nach dem Melkzeug an zwei Elektroden in Ringform vorbeiströmt, zwischen denen der elektrische Leitwert G gemessen wird. Da der Durchfluß $Q(t)$ an der Meßstelle eine Funktion der Flüssigkeitsquerschnittsfläche A und der Strömungsgeschwindigkeit \bar{w} ist, ist auch der Leitwert G ein Maß dafür.

$$Q(t) = c \cdot \left(\frac{G \cdot \bar{w}}{\sigma \cdot T} \right)$$

Hält man \bar{w} durch strömungstechnische Maßnahmen konstant, dann hat man in G eine Meßgröße für A und damit für den Durchfluß. Der Vorteil wäre, daß sich im Gegensatz zu allen anderen Durchflußprinzipien die mitgeführte Luft nicht auf die Signalhöhe auswirkt. Allerdings hängt der Leitwert G auch in starkem Maße von der Leitfähigkeit σ der Milch und der Temperatur T ab. Wird der Ringelektrodengeber dicht hinter dem Melkzeug in die Milchleitung eingebaut, dann bleibt während des Maschinenhauptgemelkes die Temperatur auf konstanter Höhe, weil sie beim Austritt aus dem Euter die gering schwankende Körpertemperatur hat. Dieser Einfluß ist also gering. Dagegen wird die große Schwankungsbreite der Leitfähigkeit von 45 bis 85 $\mu\text{S/m}$ stark das Ergebnis beeinflussen, woraus sich die Notwendigkeit zur Kompensation dieser Größe ergibt (3).

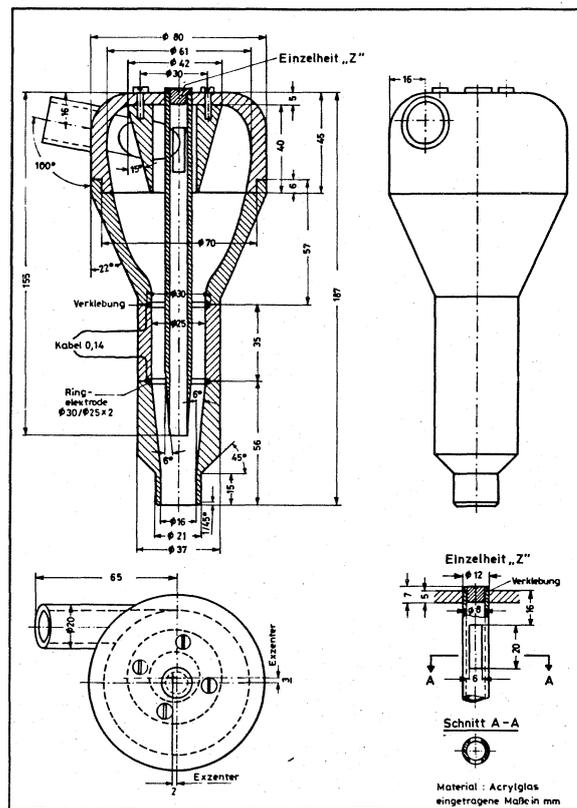
2. Durchfluß-Messer

Abb. 1: Meßwertgeber mit Ringelektroden-Strecke

Der Ring-Elektroden-Messer ähnelt einem Zyklon. Das Milch-Luft-Gemisch strömt unter einem Winkel von 10° tangential in das runde Gefäß, das sich nach unten konisch verjüngt (Abb. 1). Um die Auswirkung der sehr viel höheren Luftgeschwindigkeit auf den Milchfluß im Bereich des Meßgefäßes auszuschalten, wird die Luft in der Kuppel über ein Zentralrohr abgesaugt und erst nach der Meßstrecke wieder mit der Milch zusammengeführt. Dadurch sollen unterschiedliche Luft-raten keinen Einfluß nehmen. Die Flüssigkeit gelangt an der Wandung rotierend zur Elektrodenstrecke im unteren Teil. Dabei stabilisiert sich die Strömung, so daß sie pulsationsarm an den ringförmigen Edelstahl-Elektroden vorbeiströmt. Diese Gefäßform entstand empirisch im Melklabor, wobei die Kriterien Lufttrennung, Pulsationsglättung und Vakuumverluste die Formgebung bestimmten. Die Kennlinie des Ring-Elektrodengebers (Abb. 2) - dargestellt als Analogsignal für den Durchfluß aufgetragen über dem wahren Durchfluß - zeigt einen kontinuierlichen Verlauf im Bereich von 0,5 - 6 kg/min mit einem charakteristischen Knick bei 1,8 kg/min, der auf strömungstechnische Phänomene zurückzuführen ist.

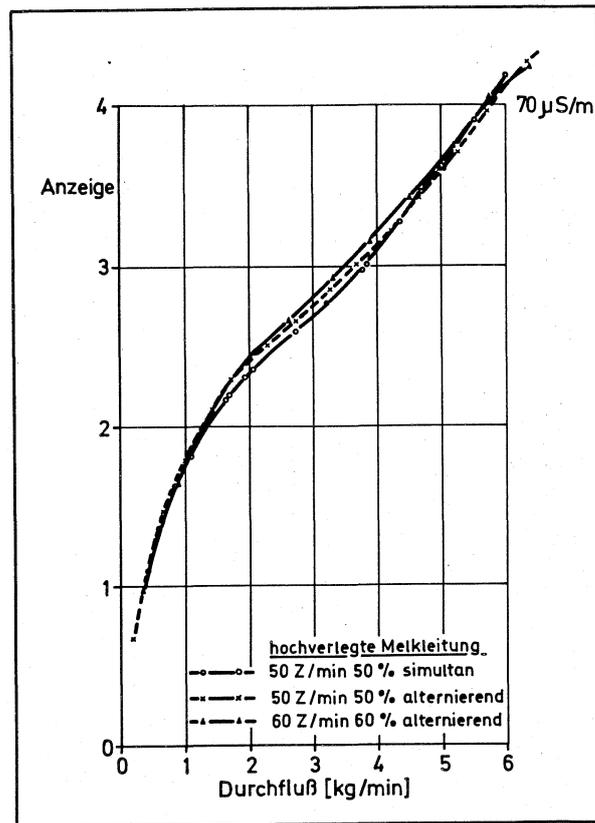


Abb. 2: Kennlinien des Ringelektroden-Gebers bei konstanter Leitfähigkeit von $70 \mu\text{S/m}$

3. Leitfähigkeitsmeßzelle

Um zu einem brauchbaren Signal für die Leitfähigkeit der Milch zu kommen, muß luftfreie Milch zwischen zwei Elektroden mit einem Wechselstrom gemessen werden. Versuche, diese Größe hilfsweise im turbulenten Milch-Luft-Gemisch zu bestimmen und mittels Spitzenspeicherung den wahren Wert einzufangen, schlugen fehl. Deshalb ist ein eigenes Meßgefäß vorzusehen, das die Phasentrennung vornimmt und eine Elektrodenstrecke in einem abgetrennten Flüssigkeitsvolumen vorsieht. Eine Ausführung, die sich gut in den Milchschauch einfügen läßt und mit winzigen Platin-Stab-Elektroden arbeitet, war zeitlich nicht stabil (Abb. 3).

Guten Erfolg hatte ein senkrecht stehendes Meßgefäß mit 50 mm Nennweite, das die Milch-Luft-Trennung beherrscht und den Graphit-Elektroden am Boden genügend beruhigte Milch zuführt. Um den Milchaustausch an der

Elektrodenstrecke pulsationsunabhängig zu machen, ist ein Hilfsablauf in Elektrodennähe platziert, durch den das Gefäß nach dem Melken langsam leer laufen kann (Abb. 4).

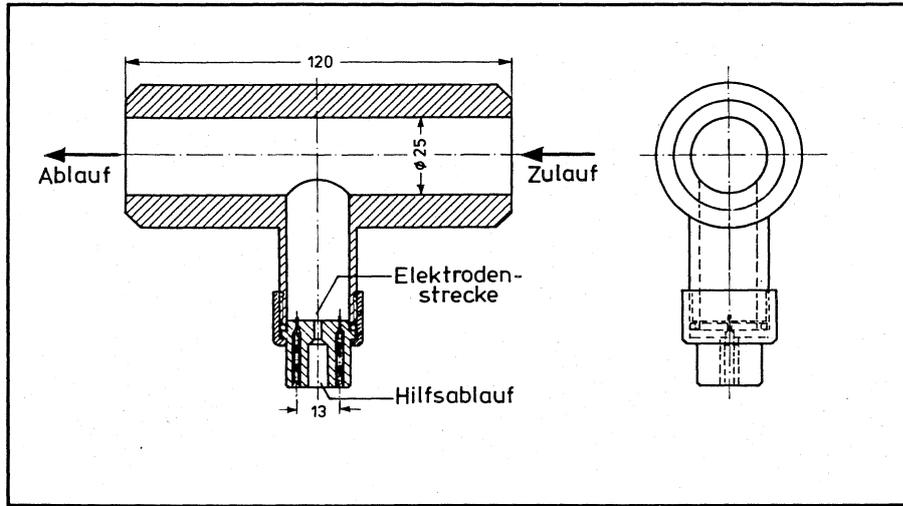


Abb. 3: Leitfähigkeits-Meßzelle mit Platin-Elektroden

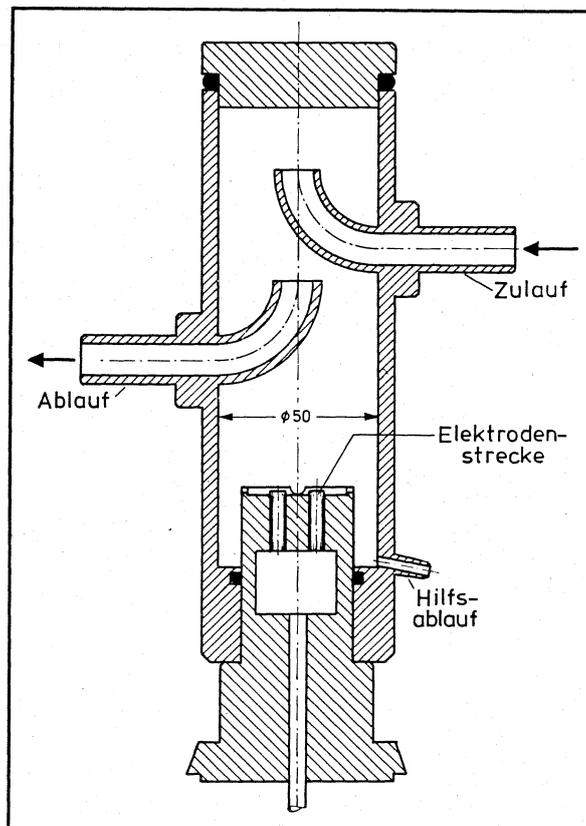


Abb. 4: Leitfähigkeits-Meßzelle mit Graphit-Elektroden

4. Elektrische Schaltung

Einen Funktionsplan zur Milchmengenmessung mit Ring-Elektrodenmesser und Leitfähigkeitskompensation zeigt Abbildung 5. Die Leitfähigkeitsmeßzelle LF 74-1 wird von einem Generator mit 2-kHz-Rechteck-Wechselstrom gespeist. In dem Wander LFV-1 befindet sich eine Schaltung, mit der eine Temperaturkorrektur des Meßwertes erfolgt. Dieser Baustein und der folgende Stromspannungswandler sind so abgestimmt, daß einem Meßbereich von $0 \dots 100 \mu\text{S/m}$ an der Elektrodenstrecke ein proportionales, analoges Spannungssignal von $0 \dots 10 \text{ V}$ entspricht. Um Komplikationen für den folgenden Dividierer BB 4203 bei der Division durch Null zu vermeiden, wird das Signal vorher in einem Grenzwertschalter GWS auf eine Grenze von 4 V entsprechend $40 \mu\text{S/m}$ überwacht. Läuft die Meßzelle leer und fallen die Leitwerte deshalb gegen Null, dann wird dem Dividierer ein Signal von 10 V entsprechend $100 \mu\text{S/m}$ als Divisor vorgegeben.

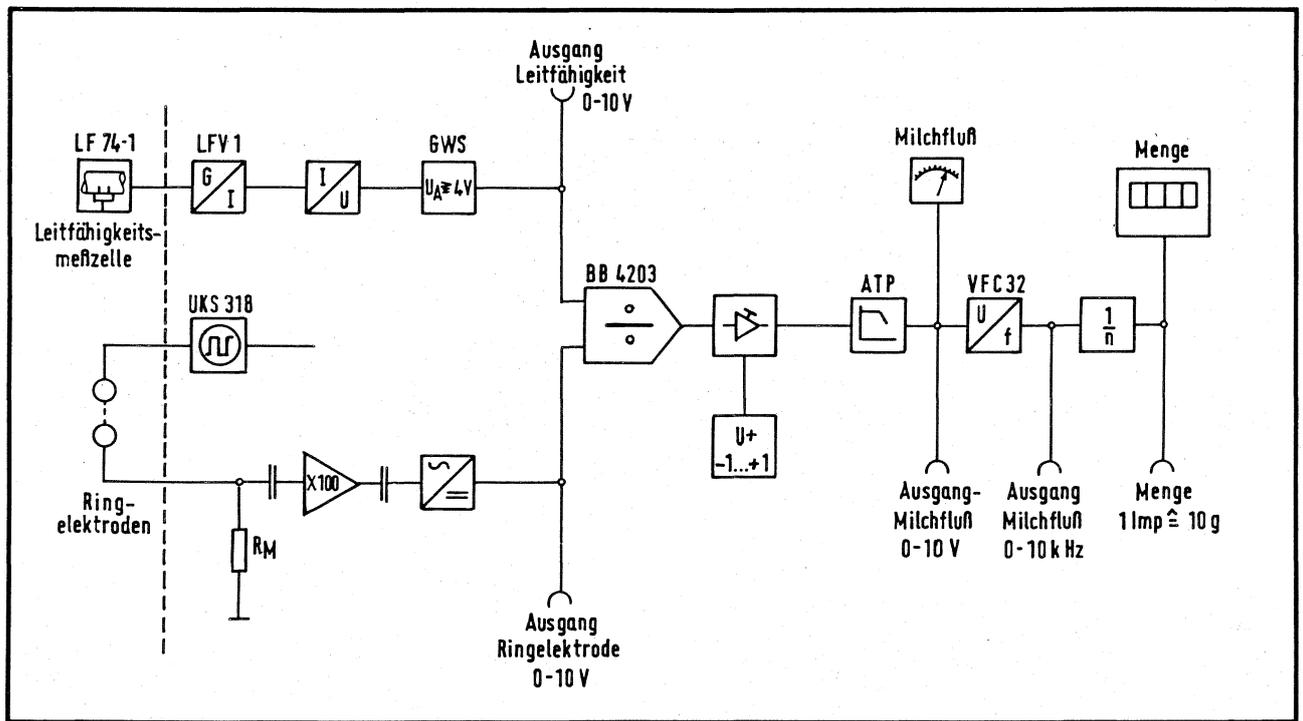


Abb. 5: Funktionsschaltbild der Milchmengenmessung mit Ringelektroden-Geber und Leitfähigkeitskompensation

Der Dividend wird aus dem Ringelektroden-Geber als Analogsignal für den Durchfluß gewonnen. Dazu speist ein 1-kHz-Rechteck-Wechselstromgenerator UKS die Ringelektrodenstrecke. Der Strom, der darüber läuft, wird an R_M gemessen, verstärkt und gleichgerichtet. Ein Durchflußbereich von $0 \dots 10 \text{ kg/min}$ entspricht jetzt eine analoge Spannung von $0 \dots 10 \text{ V}$.

Nach der Division im BB 4203 steht nun das um die Leitfähigkeit korrigierte, analoge Durchflußsignal an, das mit einem variablen Verstärker hinsichtlich Steigung und Nulldurchgang entsprechend dem Kennlinienverlauf des Meßgefäßes in weiten Grenzen manipulierbar ist. Vor der abschließenden Integration zum Mengensignal glättet ein Tiefpaßfilter ATP die restlichen Pulsationen des Milchflußsignals, das dann in einem Spannungsfrequenzwandler VFC 32 in eine proportionale Impulsfrequenz umgeformt wird. Ein variabler Teiler reduziert die hohe Frequenz auf ein Maß, daß jeder Impuls einer Milchmenge von 10 g entspricht, die in einem mechanischen Zähler aufaddiert und angezeigt wird. Setzt man den Zähler vor dem Melken auf Null, dann zeigt er am Ende das Gesamtgemelk an.

Mit den Abstimm-Möglichkeiten an den Eingangskreisen und der Verstellung hinter dem Dividierer konnte die Kennlinie des Ring-Elektrodengebers im Labor mit Salzwasser so hingetrimmt werden, daß die Nicht-linearitäten innerhalb 5 % um die beste Gerade von 1...6 kg/min Durchfluß liegen.

5. Milchmengenmessung am Veitshof

Der Versuch diente zur Übertragung der im Labor mit Salzwasser gewonnenen Einstellung der Elektronikkomponenten auf dem praktischen Betrieb beim Melken. Zur Verfügung stand die Braunviehherde des Versuchsbetriebes Veitshof. Der Betrieb melkt in einem Durchtreibemelkstand mit vier Buchten; die Melkanlage arbeitet bei einem Vakuum von 0,43 bar. Die Melkbecher sind mit Ventilen zum periodischen Luft-einlaß versehen. Die Milch läuft vom Sammelstück in tiefliegende Rekorder, die an Präzisionswägezellen hängen und eine Gewichtsbestimmung innerhalb der Fehlergrenze von $\pm 0,1$ kg ermöglichen.

Zwischen Milchsammelstück und Rekorder wurde das REG-Meßgefäß und die Leitfähigkeitsmeßzelle eingebaut; diese Teile verblieben auch während der automatischen Reinigung dort. Zusätzlich zur numerischen Anzeige der Milchmenge wurde auf einem Linienschreiber der zeitliche Verlauf der Leitfähigkeit, des Milchflußsignals vom REG-Messer und das Milchflußsignal der Wägezellen registriert. Der Versuch fand in der Zeit vom 25. März bis zum 2. April 1982 statt. Täglich wurden morgens und abends je 10 Gemelke von den Kühen registriert, die nach dem Zufallsprinzip diese Melkbucht betreten mußten.

Tab. 1: Ergebnisse des Einsatzversuchs des REG-Milchmengenmessers mit Leitfähigkeitskompensation am Veitshof mit 90 Gemelken

		Mittelwert	Streubereich für P = 95 %	Einheit
1	Gesamtgemelk aus Wägung	9,27	7,5	kg
2	Gesamtgemelk aus REG-Messer	9,49	7,3	kg
3	Durchschn. Minutengemelk	1,01	0,88	kg/min
4	Leitfähigkeit der Milch	50,9	3,9	$\mu\text{S/m}$
5	Abweichung (REG-Werte gegen Wägung)	0,18	2,26	kg

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen, daß die Gesamtgemelke, das durchschnittliche Minutengemelk und die Leitfähigkeit im üblichen Streubereich liegen. Im Mittel liegen die Anzeigewerte des REG-Messers nur um 0,2 kg über dem wahren Wert. Der REG-Messer folgt auch der idealen Kennlinie im Bereich der Gemelke von 3 bis 20 kg (Abb. 6). Die Korrelation hat ein Bestimmtheitsmaß r^2 von 0,91.

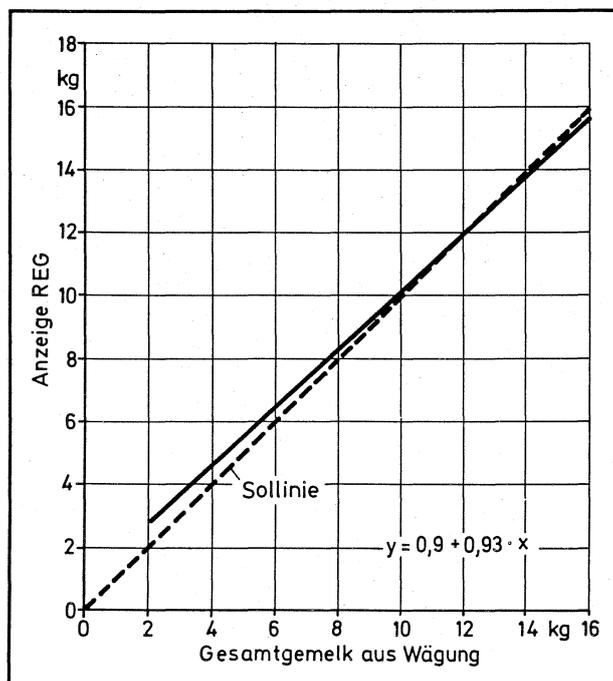


Abb. 6: Kennlinie des Ringelektroden-Mengenmessers gewonnen aus 90 Einzelgemelken

Schon hier fällt aber ein zunehmender positiver Fehler im Bereich kleiner Gemelke auf, die auf die strömungstechnische Inkonzanz bei kleinen Milchflüssen hinweisen. Die beste Übereinstimmung ergibt sich bei Gemelken im Bereich von 11 bis 15 kg.

Betrachtet man die Abweichung der REG-Anzeigen von den wahren Werten, dann fällt neben dem recht geringen Mittelwert von 0,18 kg der große Streubereich von 2,26 kg auf, der symmetrisch um den Nullpunkt verteilt ist (Abb. 7).

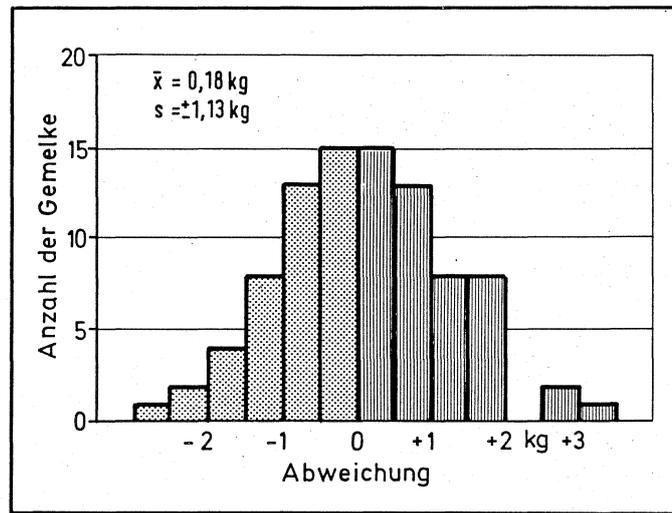


Abb. 7: Abweichung der Anzeige des Ringelektroden-Mengenmessers vom Sollwert der Wägung (n = 90 Gemelke)

Die Korrelationsrechnung mit der möglichen Einflußgröße "durchschnittliches Minutengemelk" ergibt mit $r^2 = 0,08$ keine relevante Beziehung; ebenso wenig die Einflußgröße "Leitfähigkeit", die mit der Kompensationsschaltung offensichtlich erfolgreich korrigiert wurde ($r^2 = 0,08$).

Der Milchmengenmesser mit Ringelektrodengeber und Leitfähigkeitskompensation erfaßt also den Mittelwert vieler Gemelke sehr gut. Die stochastischen Fehler bei einzelnen Gemelken bewegen sich jedoch im Bereich von + 2,26 kg und entziehen sich einer Kompensation über die meßbaren Einflußgrößen.

Die Frage nach der Eignung des REG für die Erfassung von Milchfluß/ Milchmenge ist nur im Zusammenhang mit der Anwendung zu sehen: Für eine Milchflußsteuerung von Melkzeugen würde man - je nach Programmgestaltung - insbesondere im unteren Durchsatzbereich eine genaue Grenzwerterkennung benötigen. Für höhere Milchflüsse dagegen ist es nur erforderlich, daß sich das Signal proportional zum Durchfluß verhält.

Im Rahmen einer leistungsbezogenen Gabe von Kraftfutter wird für den Einzelwert eine Genauigkeit von ± 1 kg diskutiert unter der Voraussetzung, daß der Mittelwert wesentlich besser erfaßt wird.

Bei der Milchleistungsprüfung wäre zu untersuchen, welche Genauigkeit bei den derzeitigen Anforderungen von z.B. $\pm 2,5$ % bei 95 % der Messungen wirklich erreicht wird (Erfassung einmal monatlich, Beeinflussung des Melkgeschehens, Personalfaktor etc.). Im Rahmen einer Erfassung der Milchmenge jedes Einzeltieres bei jedem Melker wäre anzustreben, die Genauigkeitsanforderungen kritisch zu überdenken, da bei einem zufälligen Fehler eine gute Anpassung über Mittelung erreicht werden kann. Diese Diskussion erscheint insbesondere erforderlich, damit die Geräte einfach bleiben und nicht -ggf. durch übertriebene Anforderungen- unerschwinglich werden.

Veröffentlichungen

1. S t a n z e l, H.; S c h u l z, D.: Ein Melkwagen für kontrolliertes Melken im Anbindestall.
Institutsbericht 1979
2. W o r s t o r f f, H.; S t a n z e l, H.; P r e d i g e r, A.;
S c h u l z, D.: Ringelektrodengeber zur Milchmengenmessung.
Fachgespräch über Milchmengenerfassung am 13.2.1980, Schriftenreihe
Landtechnik Weihenstephan 1 (1980)
3. L ü d e r s, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Eignung eines
Ringelektrodengebers für die Erfassung der abgegebenen Milchmenge bei
Kühen.
Diplomarbeit, Institut für Landtechnik Weihenstephan 1980
4. H e i n l, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der
Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter
Vakuumapplikation.
Dissertation Weihenstephan 1981, S. 41 - 46
5. J a c o b s e n, K.: Vergleich der Zellzahl und der elektrischen
Leitfähigkeit der Milch als Indikator für die Rindermastitis.
Diplomarbeit, Institut für Tierhygiene und Nutztierkunde, Weihen-
stephan 1981

Projektbereich L

Ermittlung von Kennwerten für die optimale Stallhaltung von Rindern.

Leiter: Dr. J. Boxberger, OLR
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71453

Im Förderungszeitraum 1980 bis 1982 umfaßte der Projektbereich L die Teilprojekte L 7 "Optimale Abmessungen und räumliche Anordnung von Laufflächen, Liegeboxen, Wartezonen und Versorgungseinrichtungen in Liegeboxenlaufställen" und L 9 "Anforderungen an den Stallfußboden im Liege- und Laufbereich". In diesem Teilprojekt konzentrierten sich die Arbeiten auf die Ermittlung von Grunddaten über das Abkotverhalten und die Tritthäufigkeit, da die vorgegebene Zielsetzung die Verbesserung von Spaltenböden war. Dieses Vorhaben konnte planmäßig im Laufe des Jahres 1981 abgeschlossen werden.

Das Teilprojekt L 7 unterscheidet sich von L 9 wesentlich (Abb. 1). Konnte in L 9 mit einer Reihe verschiedenartiger Methoden gearbeitet werden, so stellte sich im Teilprojekt L 7 heraus, daß die anspruchsvolle Zielsetzung eine exakte Erfassung des Herden- und Einzeltierverhaltens erforderte. Dafür mußte eine neue Methode entwickelt werden, auf diese Arbeiten konzentrierte sich der überwiegende Teil der Aktivitäten der ersten beiden Jahre des Förderungszeitraumes. Seit einiger Zeit liefert nun das Teilprojekt erste Ergebnisse über das Verhalten einer Laufstallherde.

In Fortsetzung der Arbeiten früherer Jahre wurden darüber hinaus im Teilprojekt L 7 Fragen der Trinkwasserversorgung bearbeitet.

Der Projektbereich L hat im Förderungszeitraum ein Fachgespräch veranstaltet und sich an einer weiteren Tagung beteiligt. Das Fachgespräch am 2. Dezember 1980 befaßte sich mit den Problemen der Nahbereichsphotogrammetrie. Bei dieser Veranstaltung berichtete Dr. Boxberger über die Entwicklung und Bedeutung der Nahbereichsphotogrammetrie bei der Verhaltensbeobachtung von Rindern. Dr. Jungbluth (Gießen) stellte Verhaltensbeobachtungen bei Mastschweinen durch Analyse von Monobildern vor. Die Aufnahmetechnik und die Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare wurde von Dr. Stephani, Dr. Auernhammer und Dipl.Ing.agr. Zips vorgestellt. Dr. Stephani referierte über die methodischen Grundlagen der Nahbereichsphotogrammetrie. Dr. Auernhammer zeigte die Möglichkeiten des Auswerteprogramms auf, und Dipl.Ing.agr. Zips stellte die Beobachtungstechnik und erste Ergebnisse bei der Erfassung des Tierverhaltens von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall vor.

GESAMTZIEL

TEILZIEL

PROBLEM

TEILPROJEKT

PROJEKTBEREICH

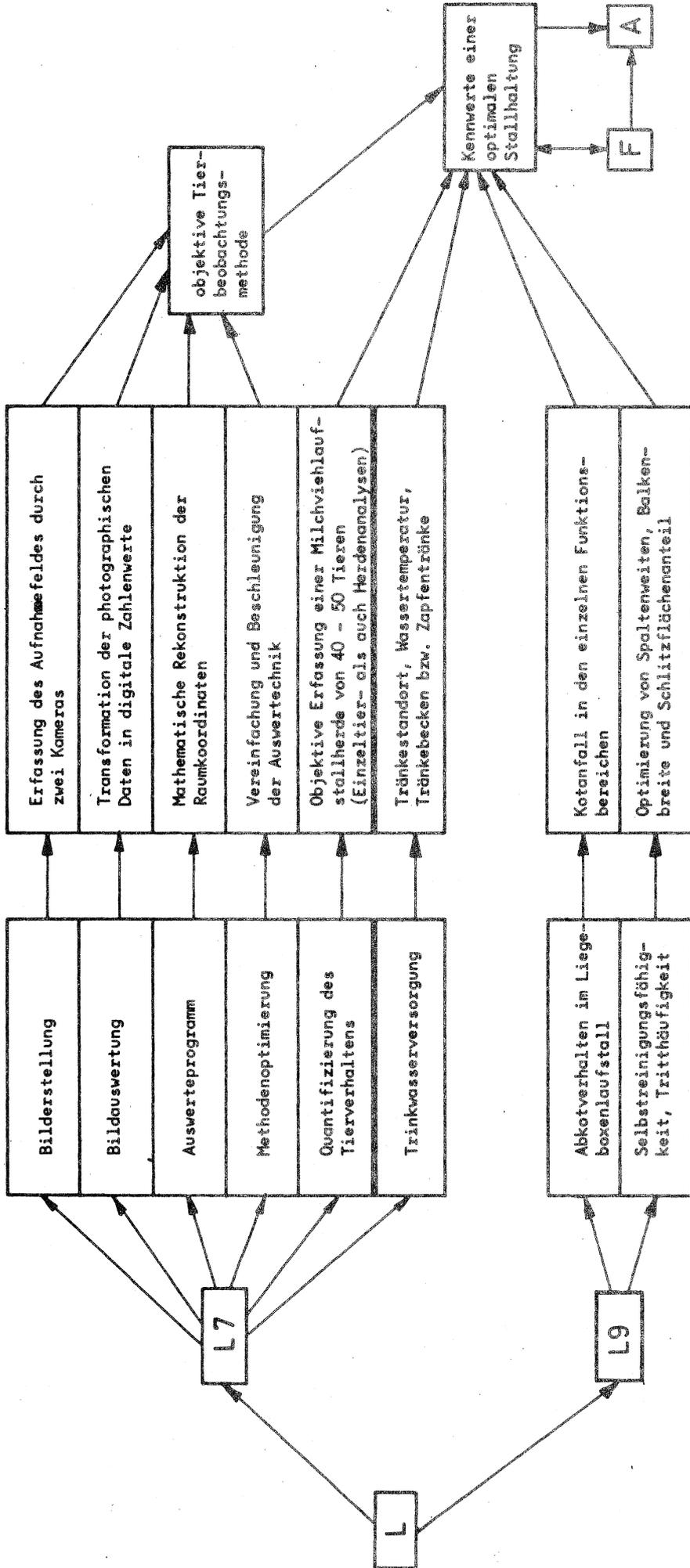


Abb. 1: Aufgliederung des Projektbereiches L

Dieses Fachgespräch hinterließ vor allem bei Ethologen, Landtechnikern sowie bei Vertretern aus Wirtschaft, Industrie und der Fachpresse einen nachhaltigen Eindruck.

Das Teilprojekt L 9 hat bei der Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliches Bauen in Bayern eine Tagung über Spaltenböden für Rinder und Schweine angeregt, die schließlich am 15. Mai 1981 in Weihenstephan stattfand. Referenten dabei waren Dr. Pfadler (Sonderforschungsbereich, Teilprojekt L 9), Dr. Greif (Gießen) sowie OBR Jascheck (BLT Grub). Die Ergebnisse dieser Tagung wurden von der landwirtschaftlichen Praxis als auch von der Industrie mit großem Interesse zur Kenntnis genommen.

Teilprojekt L 7

Optimale Abmessungen und räumliche Anordnung von Laufflächen, Liegeboxen, Wartezonen und Versorgungseinrichtungen in Liegeboxenlaufställen

Leiter: Dr. J. Boxberger, OLR
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71453

Mitarbeiter: A. Zips, Dipl.Ing.agr.
F.J. Bockisch, Dipl.Ing.agr.

Die Zielstellung des Teilprojektes, die Einrichtung von Liegeboxenlaufställen zu optimieren, beruht auf der Erkenntnis, daß Standardgrundrisse dieser Laufstallform nach Erfahrungswerten konzipiert und unter dem Zwang zur Kapitaleinsparung entstanden sind. Verschiedene Autoren (ANDREAE und PASIERBSKI; SAMBRAUS) äußern jedoch die Befürchtung, daß durch Einschränkung z.B. bei den Freßplätzen, den Liegeboxen oder den Gangabmessungen die sozialen Auseinandersetzungen zunehmen, wobei bisher eindeutige Aussagen mangels unzureichenden Datenmaterials nicht gemacht wurden.

Um zu präziseren Aussagen zu kommen, mußte im Teilprojekt L 7 zunächst eine Tierbeobachtungsmethode entwickelt werden, die das Aufzeichnen und Auswerten des Verhaltens einer Milchviehherde und deren Einzeltiere simultan quantitativ und qualitativ ermöglicht. Derzeit kann sowohl über die weitgehend abgeschlossene Methodenentwicklung und über erste Ergebnisse berichtet werden.

In Fortsetzung der Arbeiten in den früheren Teilprojekten L 3 und L 137 wurden weitere Untersuchungen zur Trinkwasserversorgung von Rindern durchgeführt und Vorschläge für die Praxis entwickelt.

Aufnahmetechnik zur Erstellung von Bildern für die Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare

Die neu entwickelte Methode benötigt aus Präzisionsgründen bei der Auswertung Bildpaare. Zur Festlegung des Raumpunktes von Objekten wird bei der Auswertung von Bildpaaren der Stereobildeffekt ausgenutzt. Die Orientierung und Einpassung der Meßpunkte in den Bildpaaren während der Bildanalyse erfordert sicher zu identifizierende Punkte (Paßpunkte), deren Koordinaten mit übergeordneter Genauigkeit bekannt sind. Die Anordnung des Paßpunktsystems muß gleichmäßig über den zu erfassenden Stallraum erfolgen (Abb. 2). Vor Versuchsbeginn wird die Lage der Paßpunkte und die der Kamerastandorte geodätisch bestimmt.

Kamera 1 und Kamera 2 sind über ein Zeitschaltgerät miteinander gekoppelt, so daß vom Aufnahmegegenstand synchrone Bildpaarserien erzeugt werden können. Die Bildauslösung erfolgt manuell; die Bildabstände bewegen sich zwischen 10 sec. bis hin zu einem Zeitraum von 10 min.

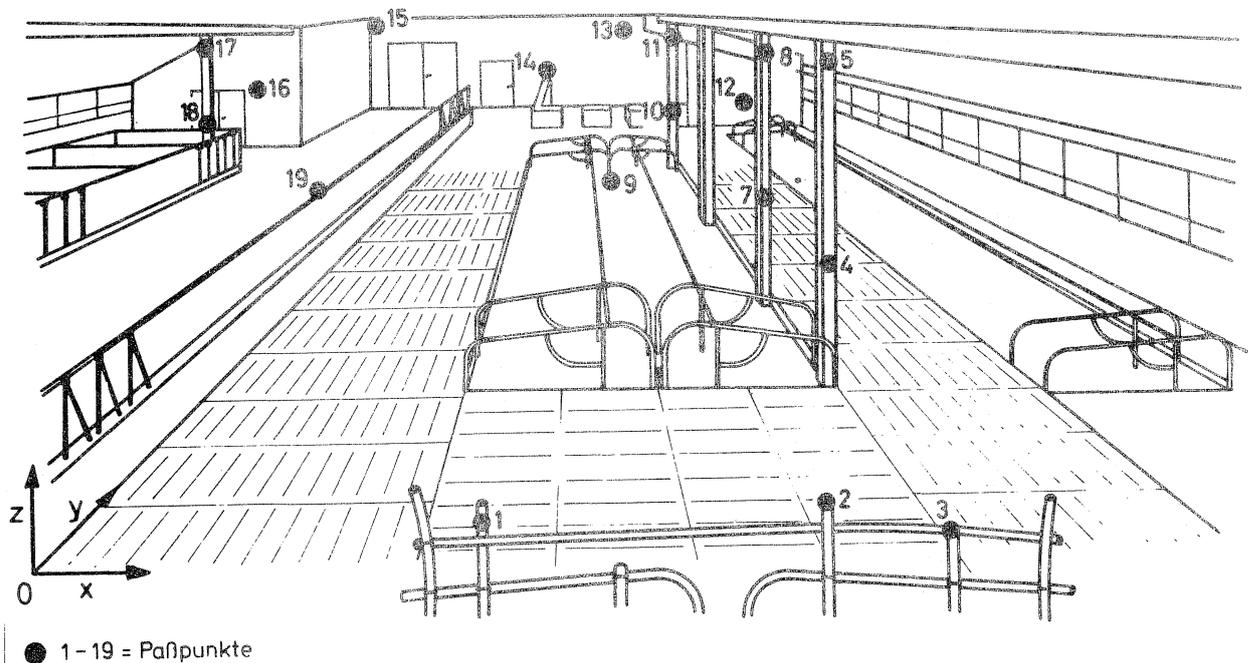


Abb. 2: Anordnung des Paßpunktsystems im Versuchsstall

Auswertung der Bildpaare

Die Bildoriginale werden in Negativform (36 x 24 mm) mittels zweier Projektoren auf das Meßtableau projiziert und dabei auf eine 10- bis 12-fache Vergrößerung gebracht (Abb. 3). Am unteren Rand des Meßtableaus ist ein sogenanntes Menüfeld angebracht, über das routinemäßig sich wiederholende Informationen, wie Paßpunktnummern, Kuhnummern sowie Codes für die einzelnen Aktivitäten eingegeben werden können. Durch Antippen des entsprechenden Feldes auf dem Menüfeld mit dem Cursor werden zunächst die Paßpunkt- oder Kuhnummern eingegeben und dann die Koordinaten des linken und rechten Bildes. Bei diesem Vorgang werden die Standorte der Kühe als x,y-Koordinatenpaare jeweils auf dem linken und rechten Bild bestimmt und im online-Betrieb vom Minicomputer direkt oder seperat in die echten Raumkoordinaten (x;y;z) umgerechnet.

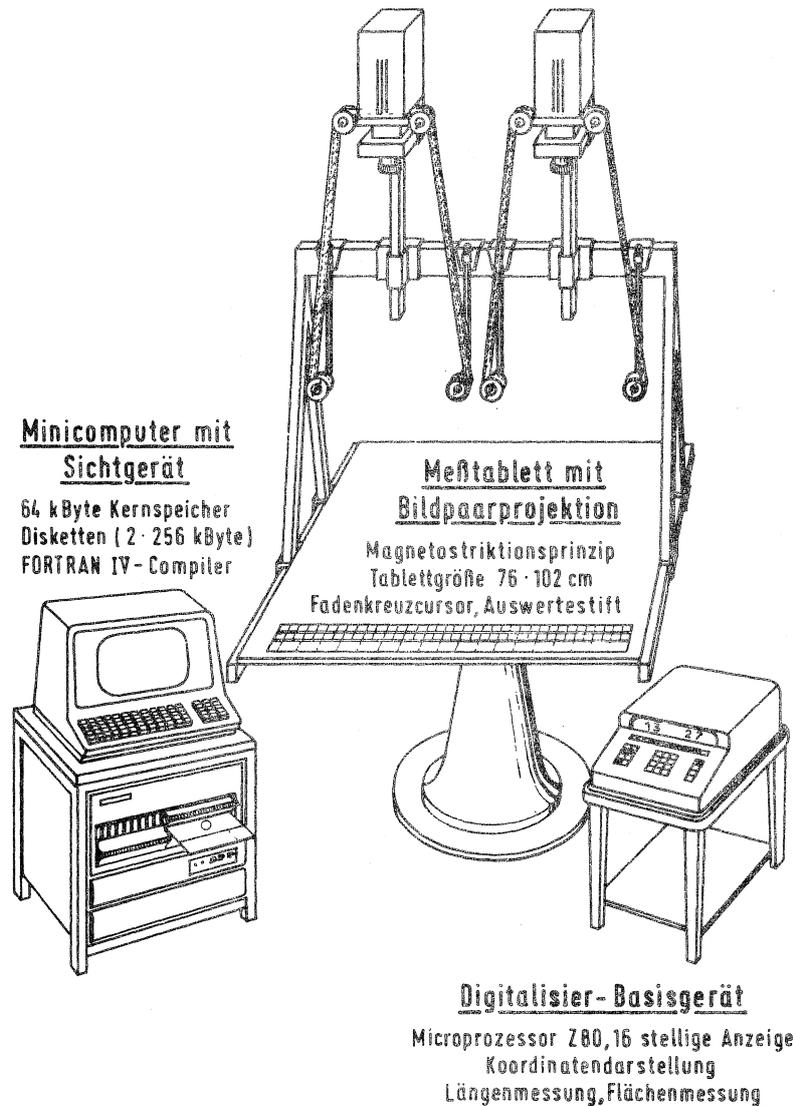


Abb. 3: Bildanalyse-System (Minicomputer, Digitalisiergerät, Bildpaarprojektion)

Es werden je Bildpaar nur die Tiere digitalisiert, die ihren Standort gegenüber dem vorhergehenden Bild verändert haben. Dazu hat die Auswerteperson ein Protokoll zu führen. Die gesamte Auswertzeit für ein Bildpaar beträgt im Mittel ca. 6,7 min mit einem Schwankungsbereich von 3,9 min bis max. 24 min.

Auswerteprogramm STERDI

Die Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare (STERDI) zur Auswertung der Bildvorlage wurde in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Photogrammetrie der TU München entwickelt. Das Programm arbeitet zunächst nach der Helmert-Transformation und bestimmt danach die Objektkoordinaten mit der sogenannten Bündellösung. Der Programmablauf ist interaktiv, wobei maximal 50 Objektpunkte pro Bildpaar erfaßt und berechnet werden können. Das Programm STERDI mußte in Overlay-Struktur geschrieben werden, damit es in dem vorhandenen Minicomputer mit einer maximalen Speichergröße von 64 kByte untergebracht werden konnte. Dadurch besteht das Programm aus mehreren Blöcken. Das Hauptprogramm und die oft benötigten Auswerteprogramme sind immer im Kernspeicher. Die Programmteile mit nur einmaliger Verwendung je Programmlauf und die einmal je Bildpaar benötigten Unterprogramme (LESEN, NWERT) sind in dem bei Bedarf überlagerungsfähigen Kernspeicherbereich eingelagert (Abb. 4).

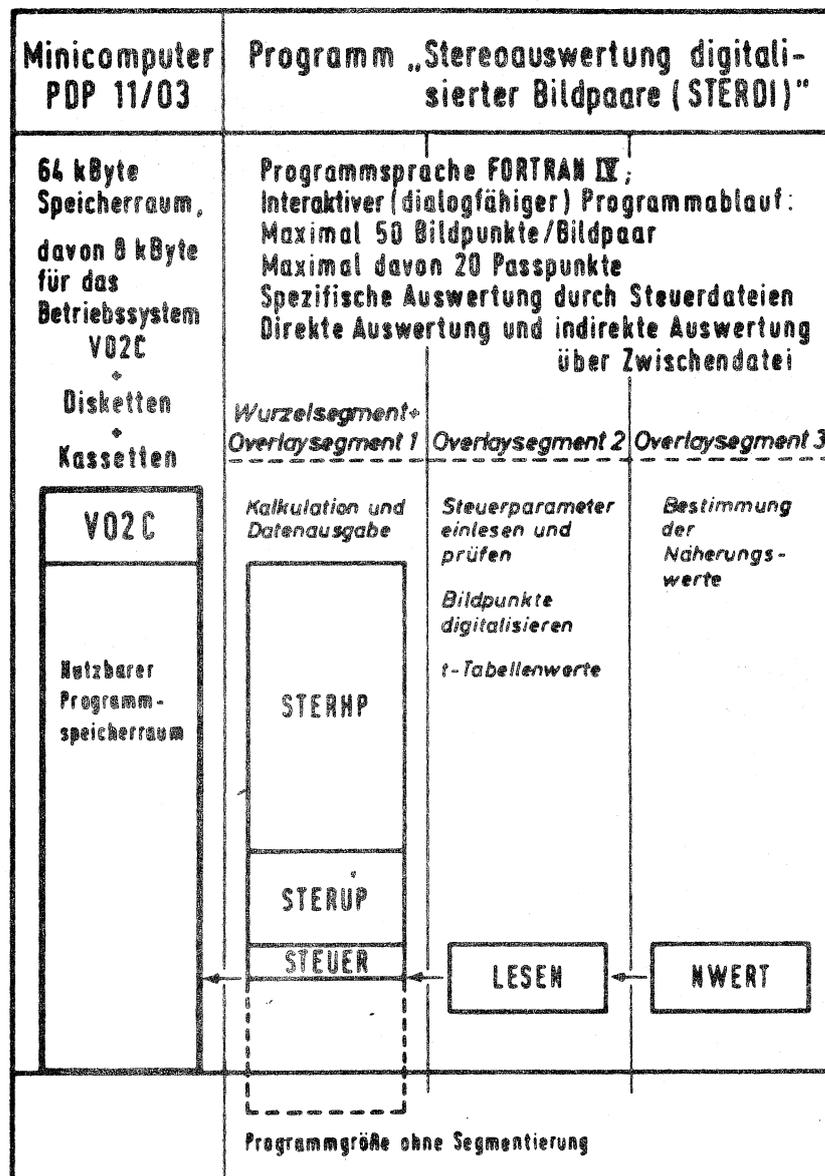


Abb. 4: Programmsegmentierung und Overlay-Struktur für das Programm STERDI (Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare)

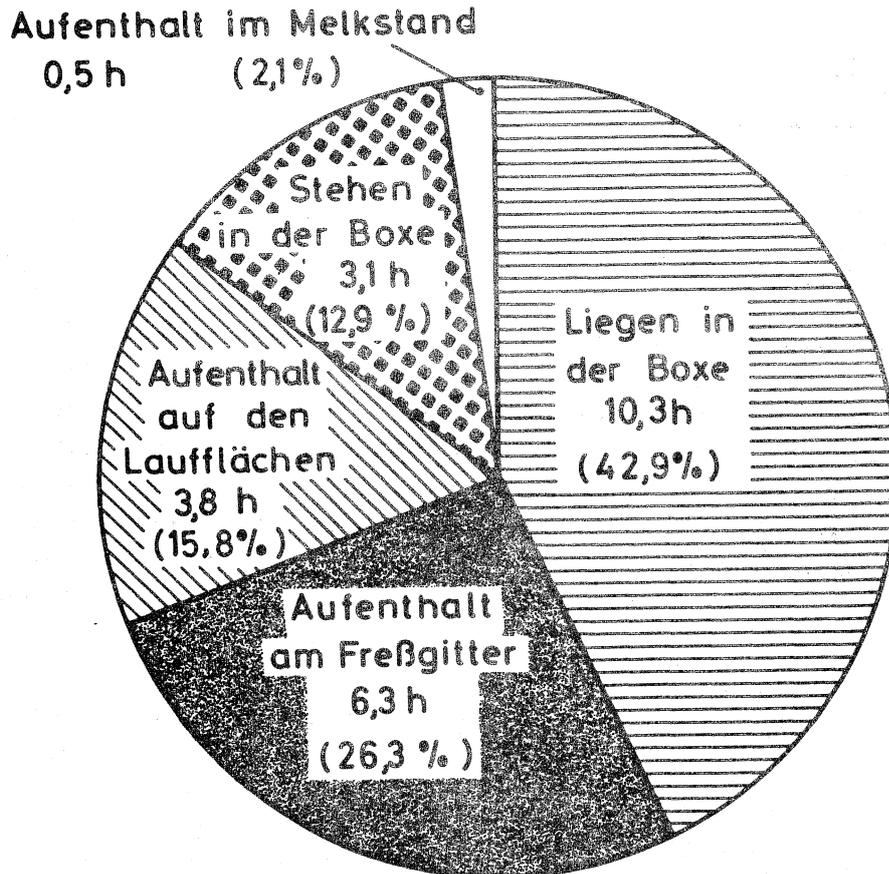


Abb. 5: Durchschnittlicher Aufenthalt von Kühen in einzelnen Funktionsbereichen während einer 24-stündigen Beobachtungsperiode (39 Kühe, 39 Liegeboxen, 39 Freßplätze, 2 x 4 FG Melkstand)

Durch die Auswertung einer 24-stündigen Dauerbeobachtung bei einer 39-köpfigen Schwarzbuntherde wurde festgestellt, daß die täglich individuell zurückgelegten Wegstrecken zwischen fast 200 m bis knapp 1200 m reichen. Der Mittelwert lag bei 656 m Wegstrecke. Differenziert man zwischen gesunden und klauenkranken Tieren, so liegt der Mittelwert für erstere bei ca. 700 m und für die letzteren bei 370 m am Tag. Nahezu 50 % der Kühe lagen in der Wegstreckenklasse von 500 - 750 m je Tag. Bei der Betrachtung einer Stichprobe konnte festgestellt werden, daß den langen Wegstrecken auch lange Aufenthaltsdauern auf den Laufgängen zuzuordnen sind. Relativ hohe Durchschnittsgeschwindigkeiten erreichen Kühe, die zur mittleren Wegstreckenklasse gehören. Derzeit wird versucht zu klären, von welchen Faktoren die große Streubreite der täglich zurückgelegten Wegstrecke abhängt. Vermutlich sind gerade rangniedere Kühe zusätzlichen Rankämpfen und Verdrängungsaktivitäten ausgesetzt, die sich aus der Unterschreitung der Ausweichdistanzen in den Laufgängen ergeben, was u.U. die starke Streuung erklären könnte.

Meßpräzision und Methodenverfeinerung

Die bei der Standortbestimmung erreichte Genauigkeit ist durch die Angabe des Vertrauensbereiches gesichert. Die realisierte Genauigkeit liegt bei einer Rauntiefe von 27 m durchschnittlich im Bereich $\pm 12,5$ cm. Die Genauigkeitswerte der x-Koordinatenwerte liegen durchschnittlich im Bereich von unter 1 cm. Diese hohe Präzision sowie die Tatsache, daß ca. 73 % aller y-Standortkoordinaten mit einem Vertrauensbereich von $\pm 0 - 5$ cm digitalisiert werden könnten, beweisen, daß das Programm STERDI selbst sowie die zugrundeliegende Geräteausstattung die gestellten Anforderungen nicht nur im Liegeboxenlaufstall zufriedenstellend erfüllt, sondern auch für andere gleichgelagerte Fragestellungen herangezogen werden kann.

Zu Beginn der Auswertearbeiten wurden je Bildpaar alle Tiere identifiziert. Bei Standort- bzw. Aktivitätswechsel mußten die Tiere dann digitalisiert werden. Zur Vereinfachung der Auswertearbeiten wurde dazu übergegangen, je Bildpaar nur ein Tier zu erfassen bzw. zu verfolgen. Dadurch ist der Film zwar öfter zu betrachten, aber Fehlerquellen werden ausgeschlossen. Das Erkennen der Kühe ist sicherer. Weiterhin wurde die Dateneingabe verbessert. Derzeit wird der Filmtransport automatisiert und der Rechenvorgang durch Näherungswertfortschreibung beschleunigt.

Quantifizierung des Tierverhaltens

Mit der photographischen Registrierung des Tierverhaltens im Nahbereich durch die Zweibildtechnik und Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare ist es möglich, das Verhalten einer gesamten Laufstallherde einschließlich das der Einzeltiere zu erfassen. Durch die manuelle Steuerung des Bildabstandes ist es möglich, die Bildfrequenz der Tieraktivität anzupassen.

Die durchschnittliche zeitliche und prozentuale Verteilung der Aktivitäten über 24 Stunden je Tier und Tag deckt sich weitgehend mit den in der Literatur gefundenen Werten (Abb. 5). Besonderes Interesse verdient das Laufverhalten bzw. die Ereignisse während des Aufenthaltes auf den Laufgängen. Dazu ist grundsätzlich zu bemerken, daß Rinder nicht spazieren gehen (ZEEB), sondern das Laufen zielorientiert vornehmen.

Trinkwasserversorgung

Durch das Trinkwasser werden ökonomisch relevante Leistungskriterien wie z.B. tägliche Zunahmen oder Milchleistung (vergl. Teilprojekt F 8) stark beeinflußt. Eine reduzierte tränkesystembedingte Trinkwasseraufnahme kann dann zu Leistungsdepressionen führen, wenn das Wasserdefizit nicht durch andere Wasserquellen (z.B. Futterwasser) kompensiert werden kann.

Nebendem traditionellen Tränkesystem, dem Tränkebecken, haben sich in jüngster Zeit Zapfentränken als Wasserversorgungseinrichtungen für Mastbullen in der Praxis eingeführt. Zapfentränken stammen aus der Schweinehaltung. Allerdings besteht der Verdacht, daß Tiere an Zapfentränken geringere Mengen an Trinkwasser aufnehmen als an Tränkebecken. Daher wurde zur Erarbeitung eindeutiger Beurteilungskriterien die Zapfentränke im direkten Vergleich zu Tränkebecken getestet. Die zentralen Fragestellungen lauteten:

- Liegt die Trinkwasseraufnahme an Zapfentränken auf gleichem Niveau wie bei Tränkebecken?
- Ergeben sich an Zapfentränken Unterschiede hinsichtlich des Trinkverhaltens?

Aus diesen Untersuchungen ging als grundlegende Konsequenz hervor, daß Mastbullen an Zapfentränken weniger Wasser aufnehmen als an Tränkebecken. Beobachtungen des Trinkverhaltens haben gezeigt, daß sich bei der Trinkwasseraufnahme am Tränkebecken keine Anpassungsschwierigkeiten ergeben. An der Zapfentränke war jedoch ein erheblicher Teil der Tiere auch nach mehrwöchiger bzw. auch nach mehrmonatiger Eingewöhnungszeit nicht in der Lage, die spezielle Trinktechnik an der Zapfentränke zu erlernen. Diese Tiere drücken den Unterkiefer beim Trinkvorgang nicht vollständig an den Oberkiefer, so daß ein erheblicher Teil des abgerufenen Wassers seitlich aus der Mundhöhle austritt (Abb. 6). Der geschilderte Vorgang der Trinkwasseraufnahme äußert sich u.a. in einem permanenten Zungenschlagen. Der hohe Verlustwasseranteil an Zapfentränken, der bei ordnungsgemäß montierten Tränkebecken mit Nachflußraten von 10 l/min nicht beobachtet werden konnte, trägt zu einer ständigen Vernässung des Spaltenbodens unterhalb der Zapfentränke bei. Die glatten Flächen erhöhen die Rutsch- und Verletzungsgefahr der Tiere. An der Zapfentränke werden pro Trinkvorgang geringe Mengen aufgenommen, was sich besonders auf eine erhöhte Bewegungsaktivität in der Vollspaltenbodenbucht und negativ auf das Liegeverhalten der Tiere auswirkt.

Im Februar/März 1982 wurde bei Milchkühen in einem Liegeboxenlaufstall der Einfluß des angewärmten Trinkwassers auf die Wasseraufnahme und die Standortwahl untersucht. Der Warmwasserverbrauch stieg schon jeweils am ersten Tag deutlich an. Die Tiere hatten die Warmtränke offensichtlich trotz des schlechteren Standortes schnell entdeckt. Es standen in den Liegeboxenlaufställen zwei Tränken gleicher Bauart zur Verfügung. Solange an beiden Tränken Kaltwasser zur Verfügung stand, wurden knapp 70 % des gesamten Trinkwassers am Standort I und etwas mehr als 30 % am Standort II getrunken. Als am Standort II Warmwasser zur Verfügung stand, kehrte sich das Bild nahezu um. Der ungünstigere Standort konnte offensichtlich die Wahl des warmen Trinkwassers nicht nachhaltig beeinflussen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Erkenntnissen von HIMMEL (1964). Neben der gestiegenen Trinkwasseraufnahme konnte dabei auch eine um einen Liter je Tag gestiegene Milchleistung registriert werden.

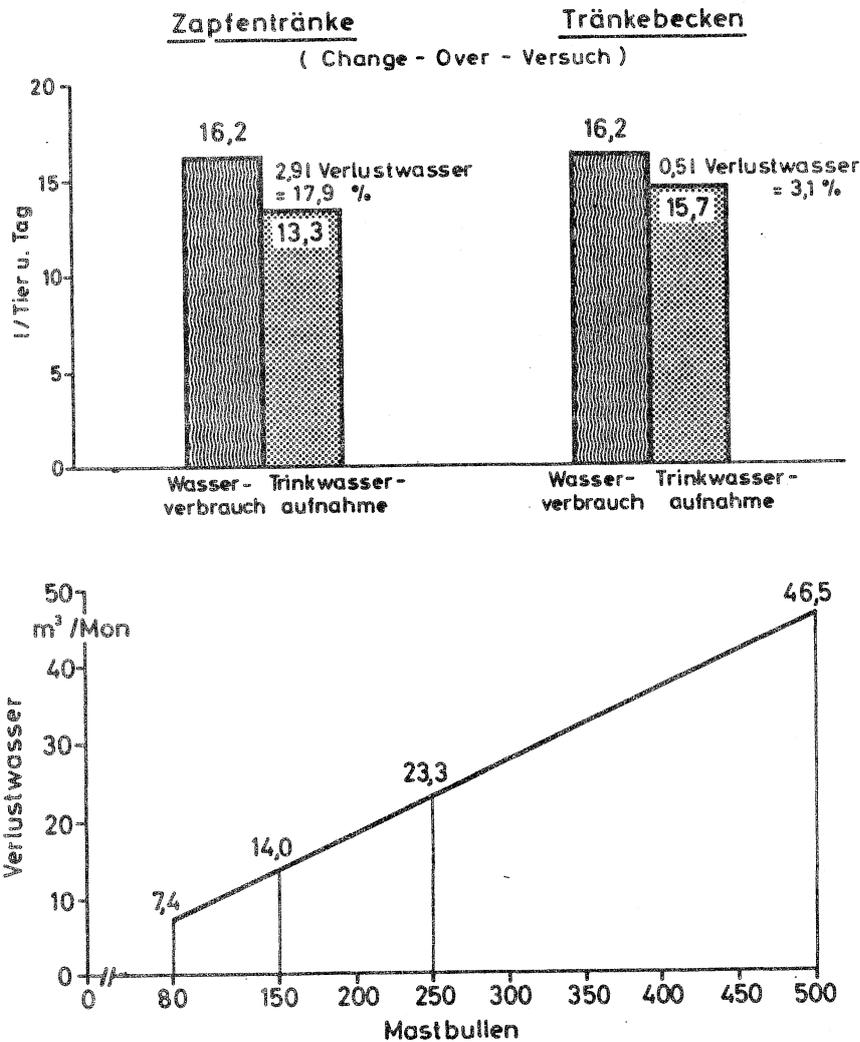


Abb. 6: oben: Wasserverbrauch und Trinkwasseraufnahme von Mastbullen bei Zapfentränke
 unten: Umfang des Verlustwassers bei unterschiedlicher Bestandesgröße (Ø LG 450 kg, Ø TS-Aufnahme 4,7 kg/Tag, Ø Trinkwasseraufnahme 20 l/Tag, Ø Verlustwasseranteil 15,5 %)

Literatur

1. A u e r n h a m m e r, H.: Auswertesystem zur Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare in "Einsatz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierhaltung"
Schriftenreihe Landtechnik Weihenstephan, H. 6, 1981
2. B o c k i s c h, F.J., Z i p s, A., B o x b e r g e r, J.: Gibt es die "Norm"-Kuh im Liegeboxenlaufstall?
KTBL-Schrift 280, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup 1982
3. B o x b e r g e r, J., H a m m e r, K. und M i t t r a c h, B.:
Liegeboxen für Milchvieh
dlz 31 (1980) H. 6, S. 880 - 883
4. B o x b e r g e r, J.: Krippenschalen für Kühe: an Freßverhalten und Reichweite anpassen
Feld & Wald 99 (1980) H. 28, S. 20 - 21
5. B o x b e r g e r, J., Z i p s, A.: Trinkwasserversorgung von Rindern
Rinderwelt 5 (1980) H. 4, S. 134 - 137
6. B o x b e r g e r, J., Z i p s, A.: Neues Tränkesystem für Kühe
top agrar 9 (1980) H. 8, S. R18 - R19
7. B o x b e r g e r, J.: Der Anbindestall heute
DLG-Mitteilungen 1980 H. 18, S. 1056 - 1058
8. B o x b e r g e r, J.: Arbeitskomfort nicht auf Kosten der Tierleistung
Agrar-Übersicht 31 (1980) H. 2, S. 42 - 45
9. B o x b e r g e r, J., P i r k e l m a n n, H., W o r s t o r f f, H.:
Modernisierung von Anbindeställen für Milchkühe
DLG-Verlag, Frankfurt 1980
10. B o x b e r g e r, J.: Auch im Anbindestall läßt sich einiges verbessern
Agrar-Übersicht 32 (1981) H. 1, S. 42 - 45
11. B o x b e r g e r, J.: Der Liegeboxenlaufstall
Agrar-Übersicht 32 (1981) H. 2, S. 46 - 49
12. B o x b e r g e r, J.: Entwicklung und Bedeutung der Nahbereichsphotogrammetrie bei der Verhaltensbeobachtung von Rindern in "Einsatz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierhaltung"
Schriftenreihe Landtechnik Weihenstephan, H. 6, 1981

13. B o x b e r g e r, J.: Neuere Erkenntnisse über die Einrichtung von Milchviehställen
Landtechnische Schriftenreihe, H. 82 (1981), Kuratorium für Landtechnik, Schwindgasse 5, 1040 Wien, Österreich
14. B o x b e r g e r, J.: Aufstallungsformen für die Milchviehhaltung
Schule und Beratung H. 3 (1982) S. 15 - 26
15. S t e p h a n i, M.: Methodische Grundlagen der Nahbereichsphotogrammetrie in "Einsatz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierhaltung"
Schriftenreihe Landtechnik Weihenstephan, H. 6, 1981
16. Z i p s, A., B o x b e r g e r, J.: Die Nahbereichsphotogrammetrie als Meßverfahren zur Erfassung und Quantifizierung des Tierverhaltens
In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1980, KTBL-Schrift 264, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup 1981

Vorträge

1. B o x b e r g e r, J.: Entwicklung und Bedeutung der Nahbereichsphotogrammetrie bei der Verhaltensbeobachtung von Rindern
Fachgespräch SFB/A und L, 2.12.1980 in Weihenstephan
2. B o x b e r g e r, J.: Tiergemäße Aufstallung von Rindern
Bezirksbauernkammer Braunau in Gündertshausen, 22.1.1981
3. B o x b e r g e r, J.: Verbesserungen für Anbindeställe
Verband der Landwirtschaftskammern, Haus Riswick am 30.3.1981
4. B o x b e r g e r, J.: Neuere Erkenntnisse über die Einrichtung von Milchviehställen
ÖKL-Baukreis in Salzburg am 20.5.1981
5. B o x b e r g e r, J.: Aktuelle Probleme bei der Einrichtung von Kuhställen
ALB Schleswig-Holstein in Plön am 4.11.1981
6. B o x b e r g e r, L.: Aufstallungsformen für die Milchviehhaltung
Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan in Freising am 11.11.1981
7. Z i p s, A.: Die Stereophotographie als eine Methode zur Erfassung und Quantifizierung des Tierverhaltens im Liegeboxenlaufstall
Landtechnisches Seminar, Weihenstephan am 25.1.1980

8. Z i p s, A.: Die Nahbereichsphotogrammetrie als Meßmethode zur Erfassung und Quantifizierung des Tierverhaltens
Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V.,
Freiburg am 20.11.1980
9. Z i p s, A.: Erfassung und Auswertung von Daten im Rahmen der Tierbeobachtung
GfT-Seminar über angewandte Nutztierhaltung, Grub am 5.10.1981
10. Z i p s, A.: Stereoanalyse digitalisierter Bildpaare aus der Tierbeobachtung
GIL-Tagung Braunschweig am 24.3.1982
11. B o c k i s c h, F.J.: Erfassung der Verhaltensgrunddaten von Kühen in Liegeboxenlaufställen
Landtechnisches Seminar Weihenstephan am 30.1.1981
12. B o c k i s c h, F.J.: Graphische Bildanalyse als Hilfsmittel für die Tierbeobachtung
Tagung des DLG Arbeitsausschusses in Weihenstephan am 9.10.1981
13. B o c k i s c h, F.J.: Gibt es die "Norm"-Kuh im Liegeboxenlaufstall?
Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V.,
Freiburg am 19.11.1981
14. B o c k i s c h, F.J.: Derzeitiger Stand der Auswertung von Bildpaaren aus der Tierbeobachtung über Stereoanalyse und bisherige Ergebnisse
Landtechnisches Seminar Weihenstephan am 15.1.1982

Wissenschaftliche Kontakte

Lehrstuhl für Photogrammetrie der TU München

Institut für Tierzucht und Tierverhalten der FAL, Trenthorst (Dr. Andreae)

Tierhygienisches Institut Freiburg (Dr. Zeeb)

Institut für Bauforschung der FAL Braunschweig-Völkenrode (Dr. Irps)

Bayer. Landesanstalt für Tierzucht in Grub (Prof. Bogner)

Teilnahme an Tagungen

Tagung der DVG, Fachgruppe Verhaltensforschung, 19.-22.Nov. 1980
in Freiburg

FAL-Kolloquium: Programmierte Fütterung und Herdenüberwachung in der Milchviehhaltung am 4. Nov. 1981 in Braunschweig-Völkenrode

Seminar der "International Working Group on Cattle Housing vom 9.-13.Nov. 1981 in Wageningen, Niederlande

GfT-Seminar, Angewandte Nutztierethologie an der Bayer. Landesanstalt für Tierzucht, Grub vom 5.-9.Okt. 1981

Tagung der DVG, Fachgruppe Verhaltensforschung, 18.-21. Nov. 1981 in Freiburg

Auslandskontakte

Dr. Boxberger: Mitarbeiter in der "International Working Group on Cattle Housing"

Teilprojekt L 9

Anforderungen an den Stallfußboden im Liege- und Laufbereich

Leiter: Dr. J. Boxberger, OLR
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71453

Mitarbeiter: Dr. Walter Pfadler
Georg Langenegger, Ing.agr.

Ziel der Untersuchungen im Teilprojekt L 9 war für den Berichtszeitraum die Ermittlung von Kennwerten und Funktionsmaßen für die optimale Gestaltung der Laufflächen im Liegeboxenlaufstall. Die Erkenntnisse hierzu konnten bereits Mitte des Jahres 1981 dargelegt werden.

Abkotverhalten im Liegeboxenlaufstall

Milchkühe bzw. Rinder setzen ihren Kot diffus im Stall ab (ZEEB). Die Häufigkeit des Kotabsatzes richtet sich bei den gesunden Tieren in erster Linie nach der Verdaulichkeit der Nahrung und dem Umfang der Kotmenge.

Zur Erfassung des Abkotverhaltens von Milchviehlaufstallherden wurde visuell beobachtet. Die Auswertung der Daten zeigte, daß es keinen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Zahl der täglichen Abkotvorgänge gibt. Ebenso besteht keine gesicherte Korrelation zwischen sozialem Rang und Abkothäufigkeit.

Sortiert man die Abkothäufigkeit nach der Tieraktivität, dann stellt sich heraus, daß sich 26 % der Abkotvorgänge nach dem Aufstehen ereignen (Abb. 7). Durch die enge Verknüpfung des Ausscheidungsverhaltens mit dem Herdenleben sind Auswirkungen auf die Verteilung des Kotes in den Laufgängen zu erwarten. Die Auswertung zeigte, daß beim dreireihigen Liegeboxenlaufstall im Gang zwischen den Liegeboxen um ca. 20 % mehr Kot anfällt als auf den der Krippe zugeordneten Laufflächen. Im untersuchten zweireihigen Stall war der Kotanfall in beiden Gängen mit Ausnahme der Zone am Kraftfutterautomaten in etwa gleich hoch. Einflüsse des Stallklimas und der Zusammensetzung der Futterration auf die Abkothäufigkeit konnten nicht festgestellt werden.

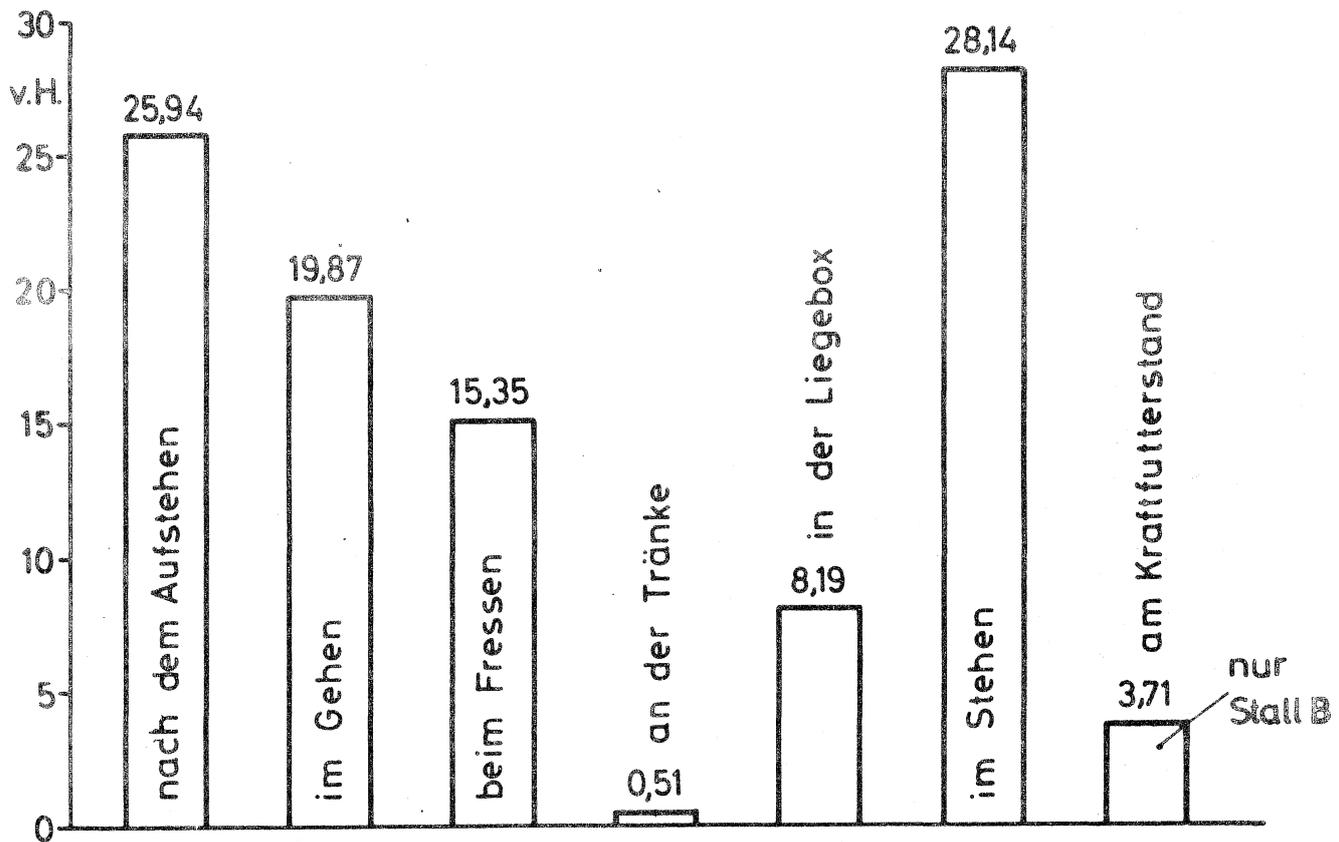


Abb. 7: Abkothäufigkeit von Kühen in Abhängigkeit von der Tieraktivität (Mittelwerte aus zwei Herden: 33 SB-Kühe, 28 FV-Kühe, Beobachtungsdauer jeweils 3 x 24 h, nach PFADLER, 1981)

Selbstreinigungsfähigkeit und Klauenbelastung

Die wichtigsten Faktoren für den Selbstreinigungseffekt von Spaltenböden sind vor allem der Schlitzflächenanteil (Abmessungen von Auftrittsbreite und Schlitzweite) und die Balkenform. Das bisher überwiegend verwendete Trapezprofil, bei dem sich der Balken nach unten verjüngt, ist in der Selbstreinigung ungünstiger als spezielle T-Profile, bei denen sich am Balkenrand eine Kotabriebkante befindet. Der Kotdurchlaß hängt hauptsächlich vom Schlitzflächenanteil ab. Natürlich wirkt sich hier auch die Kotkonsistenz aus, die jedoch als gegeben anzusehen ist. In einem Versuch konnte nachgewiesen werden, daß bei einem Schlitzflächenanteil von 15 - 20 % die Restverschmutzung mit 85 - 90 % des abgesetzten Kotfladens sehr hoch ist, während bei einem Schlitzflächenanteil von 30 - 35 % eine ausreichende Selbstreinigung, auch bei zähem Kot erfolgte. Nur bei sehr dünnflüssigem Kot war mit einem Schlitzflächenanteil von 10 - 25 % schon eine ausreichende Selbstreinigung möglich. Beispiel für Schlitzflächenanteile von 30 % und mehr sind Balken-Schlitz-Kombinationen von 80/30 mm oder 100/45 mm.

Die Klauengesundheit hängt jedoch nicht allein von der Sauberkeit des Spaltenbodens, sondern auch von seiner Form ab. Nachdem nachgewiesen war, daß Kühe beim Laufen oder Stehen den Schlitz nicht meiden, muß nach Schlitzbreiten gesucht werden, die eine möglichst geringe Druckbelastung der Klauensohle verursachen und das Hineinkippen der Klaue in den Spalt unterbinden. Aus der Verringerung der Fußungsfläche mit zunehmender Schlitzweite läßt sich errechnen, wie die Drücke bei ungünstiger Klauenposition zunehmen (Abb. 8).

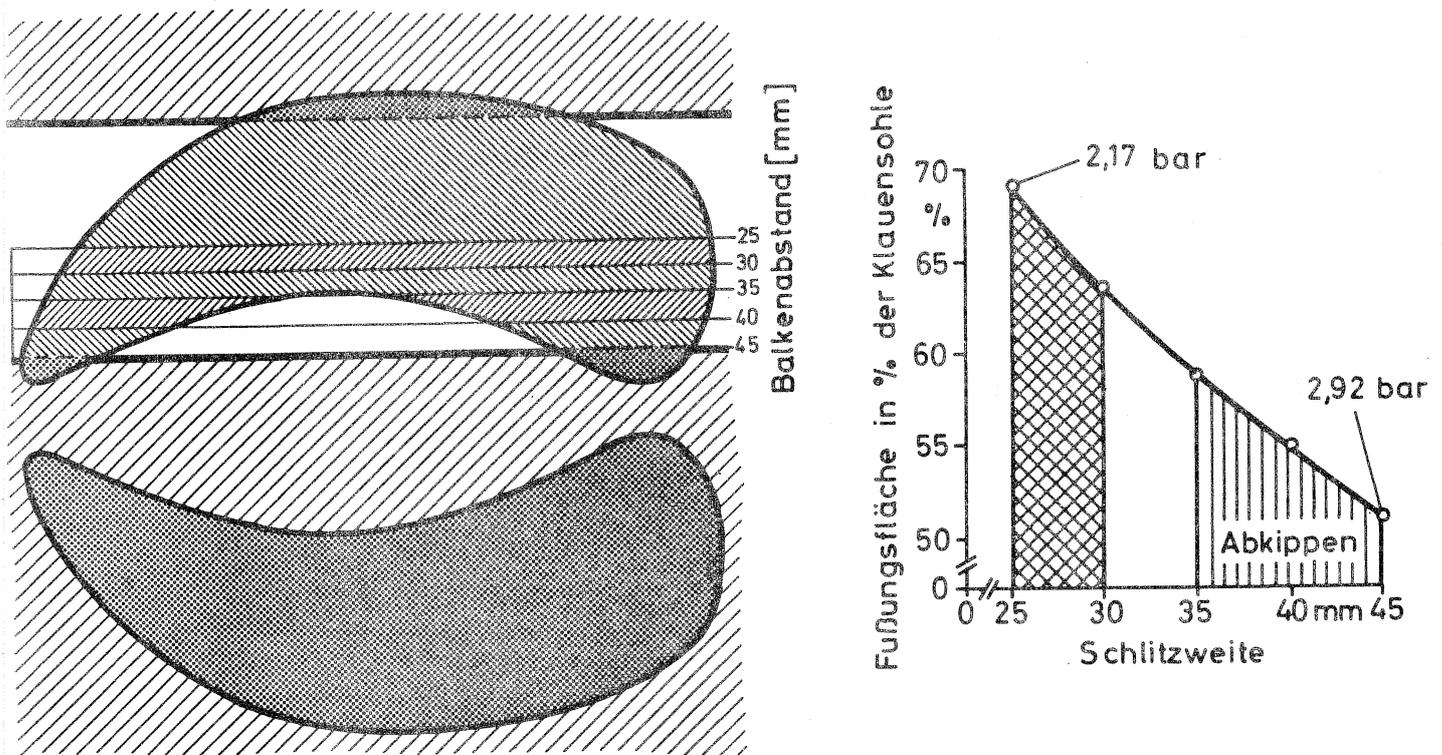


Abb. 8: Belastete Klauensohlenfläche in Abhängigkeit von der Schlitzweite (nach FESSEL, 1968, LASSON, 1976 PFADLER, 1981)

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

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

Einfluß der Tritthäufigkeit

Die Auftrittsfläche der Klauen und statische Gesichtspunkte bestimmen die Minimalabmessungen der Balkenbreite. Unter Beachtung dieser Grenzen ist es nicht möglich, alle Exkremente aus dem Bereich der Tiere zu entfernen, so daß immer eine bestimmte Restmenge an Kot durchgetreten werden muß. In einer Simulation wurde deshalb geprüft, wie hoch der Reinigungseffekt des Klauentritts bei den verschiedenen Abmessungen von Balkenbreite und Schlitzweite sowie unterschiedlichem Schlitzflächenanteil ist. Nach Absetzen eines Kotfladens wurden bis zu 10 Klauentritte systematisch verteilt auf den Kotfladen ausgeübt. Zehn Klauentritte in der Simulation entsprechen der Tritthäufigkeit im Freßbereich eines dreireihigen Liegeboxenlaufstalles (ca. 80 Tritte je m² und Tag). Im Laufgang zwischen den Liegeboxen wurden im Mittel weniger als 40 Tritte je m² und Tag registriert.

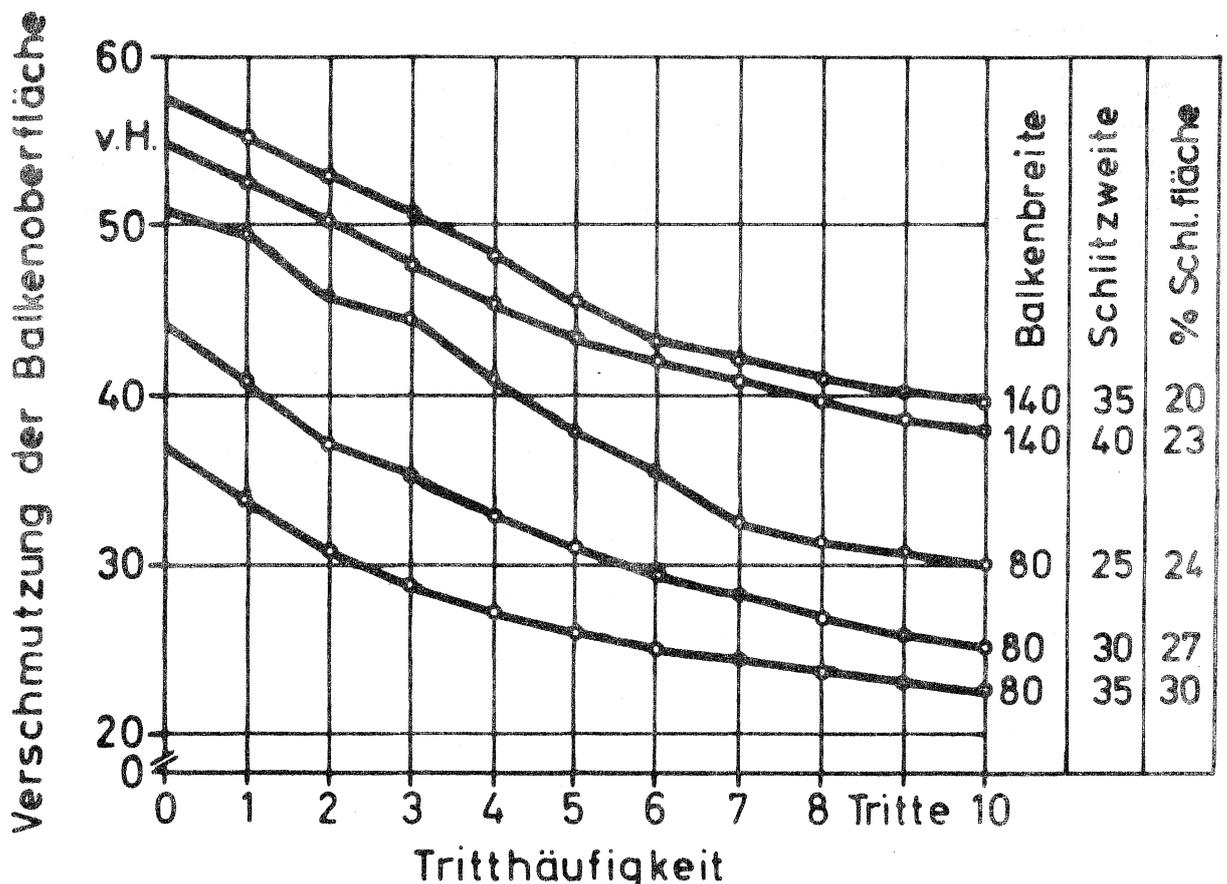


Abb. 9: Verschmutzung der Balkenoberfläche nach Abwurf eines Kotfladens bei unterschiedlicher Tritthäufigkeit

Die Analyse der Verschmutzung (restliche, nicht durchgefallene oder durchgetretene Kotmenge) der Balkenoberfläche in Abhängigkeit vom Balkenabstand und der Tritthäufigkeit (Abb. 9) zeigt, daß mit zunehmender Schlitzweite der Kotdurchlaß verbessert wird (Vergleich: 80/25 mm zu 80/35 mm).

Während der Balkenabstand für die Menge des je Klauentritt durchgesetzten Kotes eine eher untergeordnete Rolle spielte, zeigte sich bei der Balkenbreite ein völlig anderes Bild. Besonders deutlich trat hier im Mittel aller Schlitzweiten die positive Wirkung niedriger Auftrittsbreiten auf den Kotdurchsatz hervor. Die Differenz der Verschmutzung zwischen den Kombinationen 80/35 mm und 140/35 mm vergrößerte sich mit zunehmender Trittzahl. Sie betrug nach zehn Tritten ca. 17 % der Anfangverschmutzung.

Geht man davon aus, daß die kotbeseitigende Wirkung von zehn Tritten einer Schlitzweitenvergrößerung von mehr als 10 mm gleichkommt, so zeigt sich erneut, daß im Sinne geringer Klauenbelastung Kompromisse mit geringen Schlitzweiten zu bevorzugen sind. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Tritthäufigkeit, die mit der Aktivität der Kühe in dem jeweiligen Stallbereich zusammenhängt, und des Abkotverhaltens (ca. 50 - 55 % des Kotes fallen im Liegebereich an) muß eine differenzierte Spaltenbodenausführung angestrebt werden:

Freßbereich (Balken/Schlitz): 80/25 (max. 30) mm

Liegebereich: 80/30 (max. 35) mm

Diesen Forderungen hinsichtlich Form und Abmessungen stehen Begrenzungen von Seiten der Statik bzw. Betontechnologie gegenüber. Eine Realisierung dieser Forderung sehen Hersteller nur in Stahlbeton-Schlitzplatten (Abb. 10), die in den bisherigen Einsatzversuchen sehr positiv zu beurteilen sind.

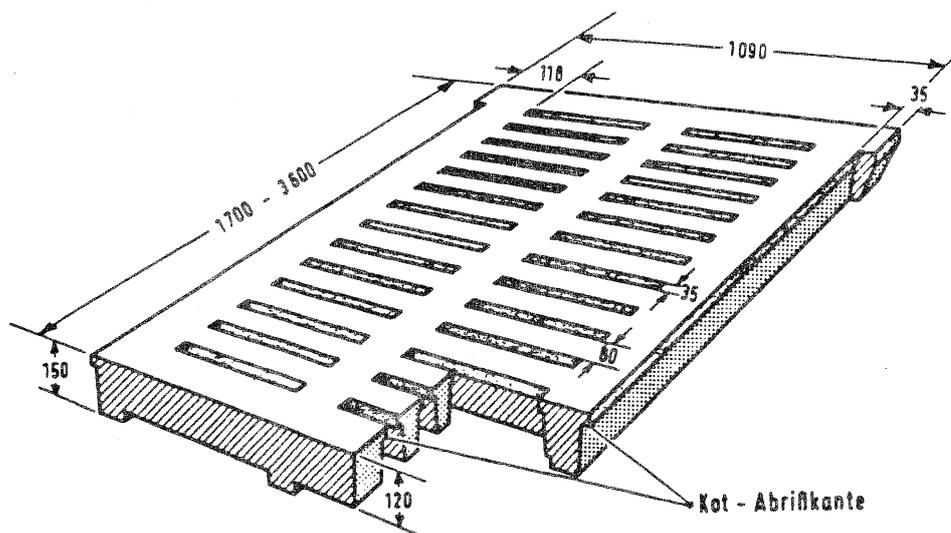


Abb. 10: Rinder-Spaltenrost

Veröffentlichungen

1. B o x b e r g e r, J., P f a d l e r, W.: Bei Spaltenboden geht's um Millimeter
Bayer. Landw. Wochenblatt 170 (1980) H. 9, S. 34 - 35
2. B o x b e r g e r, J., P f a d l e r, W.: Untersuchungen zur Ausführung von Spaltenböden für Milchkühe
Landtechnik 35 (1980) H. 5, S. 227 - 231
3. B o x b e r g e r, J., P f a d l e r, W.: Lochböden - eine Alternative zum Spaltenboden?
Landtechnik 35 (1980) H. 12, S. 564 - 565
4. B o x b e r g e r, J., P f a d l e r, W.: Lochboden: Wirklich besser als Spaltenboden?
top agrar 10 (1981) H. 8, S. R20 - 21
5. B o x b e r g e r, J., P f a d l e r, W.: Anforderungen an Spaltenböden in Liegeboxenlaufställen
Landtechnik 37 (1982) H. 1, S. 41 - 44
6. P f a d l e r, W., B o x b e r g e r, J.: Die Erfassung des Abkotverhaltens und der Bewegungsaktivität von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall
In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1980, KTBL-Schrift 264, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup

Vorträge

1. P f a d l e r, W.: Die Erfassung des Abkotverhaltens und der Bewegungsaktivität von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall
Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V.
Freiburg am 20. Nov. 1980
2. P f a d l e r, W.: Anforderungen an Spalten- bzw. Rostböden für Milchviehlaufställe
Gemeinsames Seminar der Fachrichtung "Tierproduktion", Weihenstephan am 4. Febr. 1981
3. P f a d l e r, W.: Spaltenböden für Milchviehlaufställe
ALB-Arbeitstagung in Weihenstephan am 15. Mai 1981

Dissertation

1. P f a d l e r, W.: Ermittlung optimaler Funktionsmaße von Spaltenböden in Milchviehlaufställen
TU München-Weihenstephan, 1981

Wissenschaftliche Kontakte

Tierklinik der Universität München (Prof. Dirksen)

Institut für Tierzucht und Tierverhalten der FAL, Trenthorst
(Dr. Andreae)

Institut für morphologische und funktionelle Veterinär-Pathologie
der FU Berlin (Prof. Dämmrich)

Bayer. Landesanstalt für Tierzucht in Grub (Dr. Koller)

Teilnahme an Tagungen

Tagung der DVG, Fachgruppe Verhaltensforschung, 19. - 22. Nov. 1980
Freiburg

FAL-Kolloquium: Programmierte Fütterung und Herdenüberwachung in
der Milchviehhaltung am 4. Nov. 1981 in Braunschweig-Völkenrode

Seminar der "International Working Group on Cattle Housing" vom
9.-13. Nov. 1981 in Wageningen, Niederlande

GfT-Seminar, Angewandte Nutztierethologie an der Bayer. Landesanstalt
für Tierzucht, Grub vom 5.-9. Okt. 1981

Tagung der DVG, Fachgruppe Verhaltensforschung, 18.-21. Nov. 1981 in
Freiburg

Auslandskontakte

Dr. Boxberger: Mitarbeit in der "International Working Group on
Cattle Housing"

Projektbereich M

Optimierung des Wärmehaushalts von Rinderställen unter dem Gesichtspunkt eines sinnvollen Energieeinsatzes

Leiter: Dr. Heinz Schulz, LD
Fachleiter der Bayerischen Landesanstalt für
Landtechnik und Geschäftsführer des Landtechni-
schen Vereins in Bayern e.V.
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel.: 08161/71461
/5885

Hohe tierische Leistungen und eine lange Haltbarkeit der für den Bau von Rinderställen verwendeten Materialien kann man nur erzielen, wenn der Wärmehaushalt ausgeglichen und das Stallklima in Ordnung ist. Auch die Nutzung der tierischen Abwärme für Heizzwecke kann wirtschaftlich nur in einem Stall mit optimierter Wärmebilanz durchgeführt werden.

Im Projektbereich M wurden daher die verschiedenen Möglichkeiten zur Verbesserung des Wärmehaushalts von Rinderställen näher untersucht wie vor allem:

- . gezielter Einsatz neuzeitlicher Dämmstoffe in Abhängigkeit von Stalltemperatur und Belegungsdichte
- . günstigere Gestaltung der Luftführung, insbesondere bei Ställen mit Traufen-First-Lüftung
- . Rückgewinnung von Abwärme aus der Stallluft

Hierzu wurden in Labor- und Praxisversuchen neue Materialien zur Verbesserung der Wärmedämmung auf Haltbarkeit und Kosten untersucht, Rechenprogramme zur wirtschaftlichen Optimierung der Wärmedämmung erarbeitet und Untersuchungen zur Wärmeenergiebilanz angestellt.

Außerdem wurden die Luftbewegungen und Luftraten bei typischen Ställen mit Traufen-First-Lüftungen erfaßt und Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet. Zur Rückgewinnung von Lüftungsabwärme konzentrierten sich die Arbeiten auf Bau und Betrieb eines Prüfstandes für Stallluft-Wärmetauscher sowie auf begleitende Messungen an Wärmerückgewinnungsanlagen in der Praxis. Den Anregungen der Gutachter folgend, wurde den theoretischen und methodischen Grundlagen zur Prüfung der Wärmetauscher besondere Beachtung geschenkt.

Die im Projektbereich M erzielten Ergebnisse konnten in Vorträgen und Veröffentlichungen einem breiten Interessentenkreis vorgestellt werden. Durch eine gute Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen, Industrie, Praxis und Beratung erfolgte eine schnelle Umsetzung der Erkenntnisse. Für 1983 ist ein Fachgespräch über die im Projektbereich M bearbeiteten Fragen geplant.

Teilprojekt M1

Untersuchungen der Wärmeproduktion der Tiere und der zweckmäßigen Wärmedämmung zur Optimierung der Wärmebilanz

Leiter: Dr.rer.nat. Gerhard Englert, AOR

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik

Vöttinger Str. 36

8050 Freising, Tel.: 08161-71-799

Mitarbeiter: Versuchstechniker J.Neuhauser

1. Ausgangsfragestellung

Um die Stalltemperatur, eine der wichtigen Einflußgrößen der tierischen Leistungsfähigkeit, bei den veränderten Außentemperaturen auf tiergerechten Werten konstant halten zu können, muß dafür gesorgt werden, daß die Wärmebilanz des Stalles ausgeglichen bleibt. Bei den tieferen Außentemperaturen im Winter bieten sich dazu folgende technische Möglichkeiten an:

- Wärmedämmung der Stallhülle,
- Erwärmung der Zuluft in Lüftungs- oder Transmissionswärmetauschern (Wärmerückgewinnung),
- Heizung.

Da alle diese Maßnahmen mit laufenden Kosten für die Investitionen und den Betrieb verbunden sind, ist der Ausgleich von Defiziten in der Wärmebilanz eines Stalles nicht allein ein technisches Problem, das durch geeignete Kombination der technischen Kennwerte der genannten Maßnahmen gelöst werden kann. Es ist vielmehr eine Wirtschaftlichkeitsprüfung erforderlich, in die auch die finanziellen Kennwerte (Investitionsbedarf, Kosten für Instandhaltung und Betriebsstoffe) der einzelnen Maßnahmen einzubeziehen sind. Der Wärmebilanzausgleich muß wirtschaftlich optimiert werden.

2. Angewandte Methodik

Für diese Wirtschaftlichkeitsprüfung gibt es eine Reihe von Prüfgrößen, wie z.B. die Amortisationszeit oder den internen Zinssatz. Da Landwirte im allgemeinen nur dann daran denken, Investitionen zur Verbesserung der Wärmebilanz ihres Stalles zu tätigen, wenn ihnen die laufenden Kosten für das Zuheizen zu hoch werden, bietet es sich an, die jährlichen Gesamtkosten für den Ausgleich der Wärmebilanz als Prüfgröße einzuführen. In diese Gesamtkosten gehen ein:

- die Investitionskosten der im Einzelfall in Betracht zu ziehenden technischen Einrichtungen,
- die Kosten für Instandhaltung und Betriebsstoffe (außer für die Betriebsstoffe der Heizung) und
- die Energiekosten (für die Heizung), die nach Durchführung der anderen Maßnahmen noch aufzubringen sind.

Der Ausgleich der Wärmebilanz ist dann wirtschaftlich optimal, wenn die jährlichen Gesamtkosten minimal sind. Aufgabe der wirtschaftlichen Optimierung ist es also, diejenige Kombination von technischen Kennwerten für die im Einzelfall zu berücksichtigenden technischen Maßnahmen zu ermitteln, bei der die Wärmebilanz im betrachteten Zeitraum eines Jahres mit minimalen Gesamtkosten ausgeglichen werden kann. Rechenverfahren zur Lösung dieser Aufgabe erfordern wegen ihres Umfangs (die Kennwerte der wirtschaftlich optimalen Lösung lassen sich nur iterativ ermitteln) den Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung.

Die Arbeiten des Teilprojektes M1 konzentrierten sich im Berichtszeitraum darauf, EDV-Rechenprogramme zu erarbeiten, die es für den Spezialfall, daß Wärmebilanzdefizite nur über die Wärmedämmung und Heizung ausgeglichen werden sollen, erlauben, wirtschaftlich optimale k-Werte und Dämmschichtdicken zu ermitteln. Dabei ist es für den praxisüblichen Fall, daß Wärmedämm-Maßnahmen in zwei und mehr Bauelementen möglich sind, notwendig, für jeden mittleren k-Wert der Stallhülle die k-Wert-Kombination dieser Bauelemente mit minimalem Investitionsbedarf zu ermitteln. Die Grundzüge dieser Rechenprogramme sind im folgenden dargestellt.

Eine Analyse der Einflußgrößen dient dann dazu, die wichtigsten, auf die Kennwerte der wirtschaftlich optimalen Wärmedämmung sich auswirkenden Größen herauszufinden. Diese müssen ausreichend genau bekannt sein, damit die Ergebnisse des Rechenverfahrens praxisrelevant sind. Wie dargestellt wird, ergibt die Analyse, daß vor allem die Kennwerte für den Wärme- und Wasserdampfanfall der Tiere präzisiert werden müssen.

Bestandteil des Rechenverfahrens ist - bei der Berechnung der Energiekosten - ein Rechenmodell für die Wärmeenergiebilanz von Ställen. Dabei wird angenommen, daß die Transmissions-Wärmeflußdichte der

jeweiligen Differenz zwischen Stall- und Außentemperatur proportional ist. Weiterhin sollen sich die Einflüsse der Wärmekapazität der Baustoffe in der Stallhülle sowie der, von der Himmelsrichtung abhängigen, Einwirkung der Sonneneinstrahlung und des Windes ausmitteln, wenn man über einen längeren Zeitraum hinweg die abfließende Wärmeenergie aufsummiert und die errechneten Gesamt-Wärmeenergieverluste als Mittelwerte der Energieverluste über die in verschiedene Himmelsrichtungen orientierten Bauelemente der Stallhülle interpretiert. Zum Nachweis dieser Annahmen wurden in einem Versuchsgebäude Wärmeflußmessungen durchgeführt und deren Ergebnisse mit berechneten Wärmeenergieverlusten verglichen. Die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse werden dargestellt.

Berichtet wird weiterhin von Versuchen zum Verhalten von Wärmedämmstoffen im Stallklima. Diese sollten Informationen zu den Instandhaltungskosten von Wärmedämm-Maßnahmen erbringen.

1. EDV-Rechenprogramme zur Ermittlung der Kennwerte der wirtschaftlich optimalen Wärmedämmung

Das in (14) näher erläuterte Rechenverfahren zur Ermittlung des k-Wertes bzw. der Dämmschichtdicken für die wirtschaftlich optimale Wärmedämmung eines Stalles ermittelt bei iterativ verändertem mittlerem k-Wert der Stallhülle den Minimalwert der jährlichen Gesamtkosten für die Investition in Wärmedämm-Maßnahmen (und für den Ausgleich des jeweils noch verbleibenden Energiedefizites). Die Investitionskosten ergeben sich dabei aus dem Investitionsbedarf durch Multiplikation mit dem Annuitätenfaktor, in den der Zinssatz und die jährliche Energiepreissteigerung eingehen. Die Energiekosten errechnen sich aus dem Defizit in der Wärmeenergiebilanz des Stalles durch Multiplikation mit dem Energiepreis. Das Energiedefizit selbst läßt sich aus einer Verknüpfung der von der Außentemperatur abhängigen Wärmeleistungsbilanz mit Häufigkeitsverteilungen der Außentemperatur berechnen (7). Es standen dazu Häufigkeitsverteilungen für die Orte Oberstdorf, München und Hamburg zur Verfügung. Die Berechnung des Volumenstroms der Lüftung (der Luftrate) in Abhängigkeit von der Außentemperatur erfolgte nach einem Modell, das im Winter und Sommer konstante Volumenströme nach DIN 18910 ("Stallklima") und in der Übergangszeit

eine Regelung des Volumenstromes zur Erzielung einer konstanten Stalltemperatur vorsieht.

Besteht die Stallhülle aus zwei oder mehr Bauelementen, in denen Wärmedämm-Maßnahmen möglich sind, so ist der Investitionsbedarf für jeden mittleren k -Wert von der Kombination der k -Werte dieser Bauelemente abhängig und es gilt, die k -Wert-Kombination mit minimalem Gesamt-Investitionsbedarf zu ermitteln. Für den Fall zweier Bauelemente läßt sich eine geschlossene Lösung dieser Aufgabe angeben (8). Diese wurde in das EDV-Rechenprogramm WAEDAM (25) einbezogen.

Beim praxisgerechten EDV-Programm WAEDOP (26) wird berücksichtigt, daß viele Wärmedämmstoffe nur in zentimeterweise veränderlichen Dicken erhältlich sind, so z.B. die Wärmedämmplatten. Die Struktur des Programmes WAEDOP ist in Abbildung 1 dargestellt. Für zentimeterweise iterativ veränderte Dämmschichtdicken im Wand- und Deckenbereich wird der für den jeweils entsprechenden mittleren k -Wert k_m erforderliche Investitionsbedarf der Wärmedämmung und das Defizit in der Wärmeenergiebilanz des Stalles errechnet. Aus dem Minimalwert der damit errechenbaren jährlichen Gesamtkosten ergeben sich dann der wirtschaftlich optimale k -Wert und die entsprechenden Dämmschichtdicken bzw. Investitionen im Wand- und Deckenbereich.

Bei diesem Modell-Rechenverfahren zur wirtschaftlichen Optimierung der Wärmedämmung von Ställen wurde angenommen, daß die Temperaturträgheit der Bauelemente in der Stallhülle sich nicht auf den Rechenwert des Gesamt-Energiedefizites im Winter auswirkt, daß sich also die Trägheitseffekte ausmitteln (s. Abschnitt 3). Weiterhin war vorausgesetzt, daß für die Heizung keine Investitionskosten und für die Wärmedämmung keine Betriebskosten anfallen. Eine Einbeziehung dieser Größen hätte auch nur zu höheren minimalen Jahreskosten geführt, den wirtschaftlich optimalen k_m -Wert aber nicht verändert, da diese Kosten nicht vom mittleren k -Wert abhängen. Angenommen wurde weiterhin, daß der Zinssatz und die jährliche Energiepreissteigerung im Nutzungszeitraum unverändert bleiben.

Die Methode der wirtschaftlichen Optimierung durch Minimierung der jährlichen Gesamtkosten konnte inzwischen auch auf das Problem der Wärmedämmung von Biogasanlagen angewendet werden. Sie führte dort

zu einer geschlossenen Lösung für den wirtschaftlich optimalen k-Wert bzw. für die entsprechende Dämmschichtdicke (12).

2. Analyse von Einflußgrößen der Kennwerte für die wirtschaftlich optimale Wärmedämmung von Ställen

Durch Variation der in die Berechnung der Kennwerte für die wirtschaftlich optimale Wärmedämmung explizit eingehenden

betrieblichen Einflußgrößen

Tierzahl n

Stalltemperatur ϑ_i

Stallfeuchte φ_i

tierspezifischen Einflußgrößen

Wärmeanfall je Tier q_{T_i}

Wasserdampfanfall je Tier w_{T_i}

wirtschaftlichen Einflußgrößen

Zinssatz i

Energiepreissteigerung j

Nutzungsdauer N

sollte untersucht werden, welche dieser Größen den größten Einfluß auf die minimalen Jahreskosten haben. Für diese Größen (sofern es sich um Rechenwerte handelt, wie z.B. bei q_{T_i} und w_{T_i}) müssen besonders genaue praxisrelevante Werte vorliegen, damit die errechneten Kennwerte der wirtschaftlich optimalen Wärmedämmung den Praxisgegebenheiten entsprechen.

Wie in (14) näher dargestellt und aus der Abbildung 2 zu ersehen ist, wirken sich die Rechenwerte für den Wärme- und Wasserdampfanfall der Tiere besonders gravierend auf die minimalen Jahreskosten aus. Dies bestätigt die Notwendigkeit, vorhandene Rechenwerte für diese Größen, wie sie z.B. in der DIN 18910 angegeben sind, auf ihre Praxisrelevanz hin zu überprüfen. Zwei an der Landtechnik Weihenstephan angefertigte Diplomarbeiten mit Literatur-Recherchen zum Wärme- und Wasserdampfanfall von Rindvieh (21, 22) unterstützen diese Notwendigkeit.

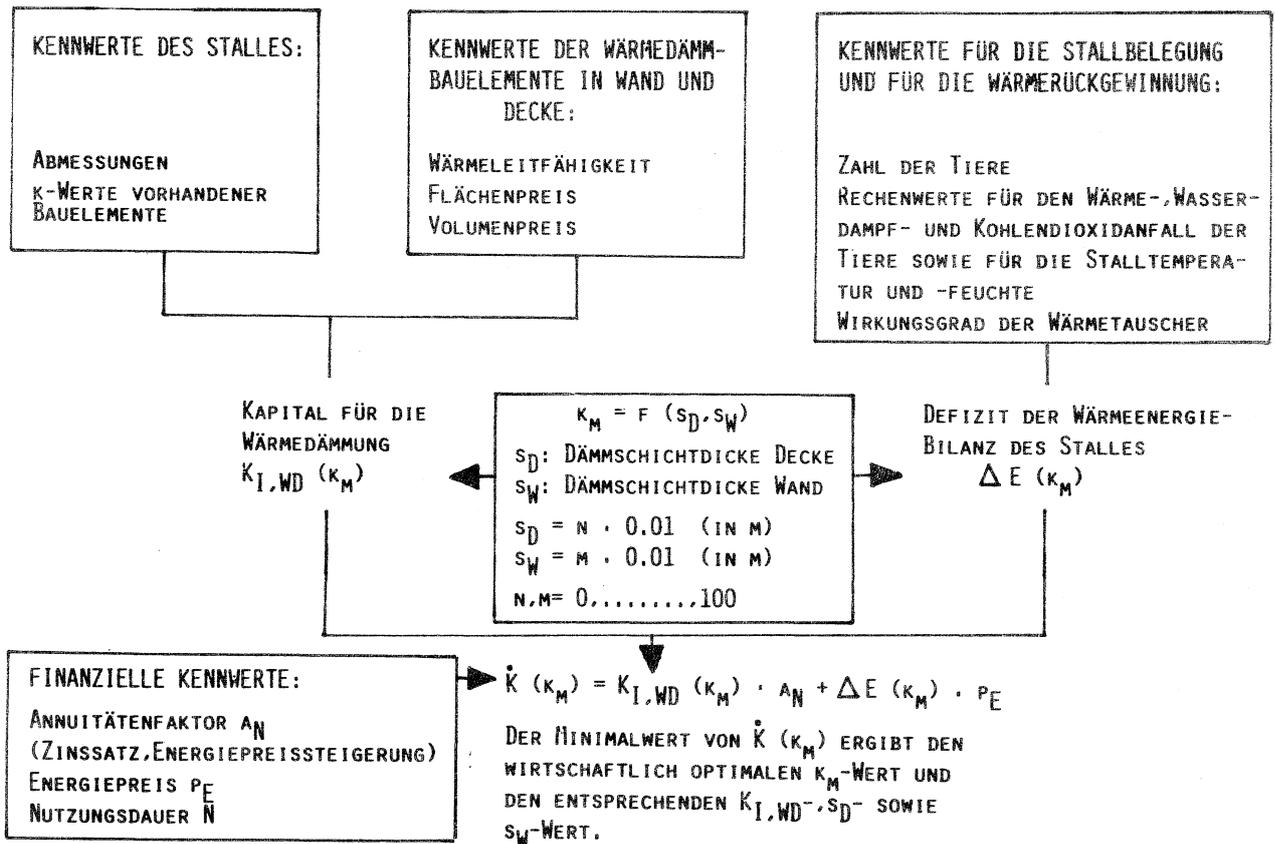


Abb. 1:

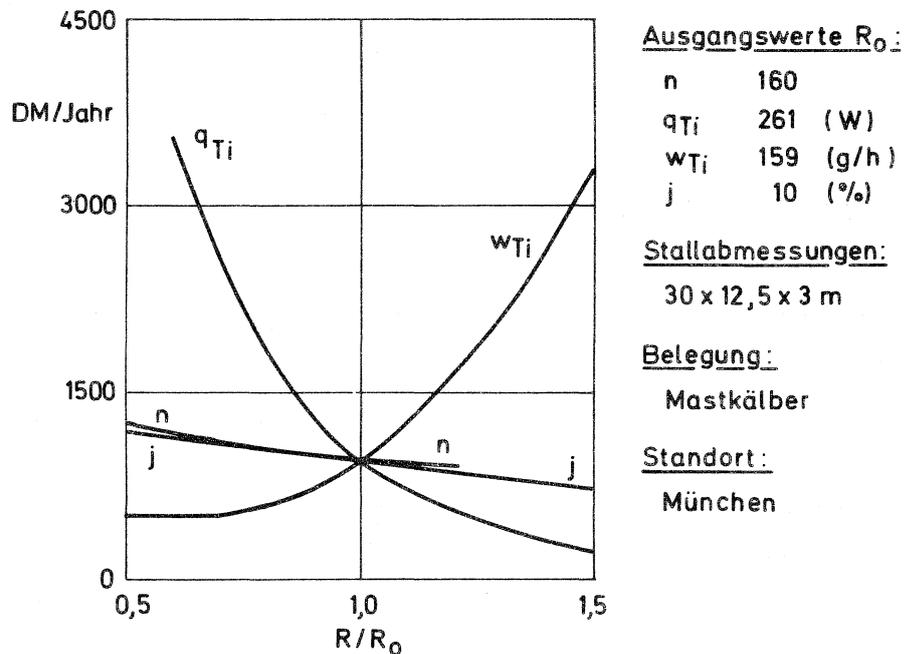


Abb. 2: Vergleich des Mittelwertes der Meßergebnisse mit den berechneten Werten des Wärmeenergieverlustes

Die sich in der Abbildung 3 zeigenden Minimalwerte der jährlichen Kosten bei Veränderung der Stalltemperatur erklären sich damit, daß die Lüftungswärmeverluste mit steigender Temperatur kleiner werden, da die Stallluft, bei gleichbleibender Stallfeuchte, immer mehr Wasserdampf aufnehmen kann und deshalb immer weniger Wasserdampf über die Lüftung abzuführen ist. Die Transmissionswärmeverluste werden dagegen mit zunehmender Stalltemperatur größer.

Die nicht dargestellten Abhängigkeiten der minimalen jährlichen Kosten von der Stallfeuchte, der Nutzungsdauer und dem Zinssatz sind, verglichen mit den Abhängigkeiten von den Einflußgrößen Wärme- und Wasserdampfanfall der Tiere, ebenfalls von nachrangiger Bedeutung (14).

3. Untersuchungen zur Gültigkeit des Rechenmodelles für die Wärmeenergiebilanz von Ställen

Um die grundlegende Annahme des Rechenmodelles für die Wärmeenergiebilanz von Ställen nachprüfen zu können, daß die ohne Berücksichtigung der Wärmekapazität der Baustoffe in der Stallhülle und der Einwirkung der Sonnenstrahlung und des Windes berechneten Gesamt-Wärmeenergieverluste durch Transmission die Verhältnisse in der Praxis in ausreichender Näherung wiedergeben, wurden in einem Versuchsgebäude Wärmeflußmessungen durchgeführt. Die vier Wände dieses Gebäudes (Abmessungen: 2,5 x 2,5 x 2 m) aus 36,5 cm dickem Ziegelmauerwerk mit beidseitig aufgetragenen Kalkzementputz waren in die Himmelsrichtungen Nord, West, Süd und Ost ausgerichtet. Gemessen wurden in Zeitabständen von jeweils 15 min:

- die Wärmeflußdichten aller vier Wände,
- die auf 20°C konstant gehaltene Temperatur im Versuchshaus und die Außentemperatur
- die Globalstrahlung sowie die Windstärke und -richtung.

Durch die Multiplikation des mittleren Wärmestromes für den Zeitraum zwischen zwei Messungen mit der Zeit lassen sich dann die durch die einzelnen Wände im Zeitraum von 15 min abfließenden Wärmeenergien berechnen und, ausgehend von Beginn der Messungen, zu dem Gesamt-Wärmeenergieverlust durch Transmission aufsummieren. Aus der jeweiligen Differenz zwischen Raum- und Außentemperatur

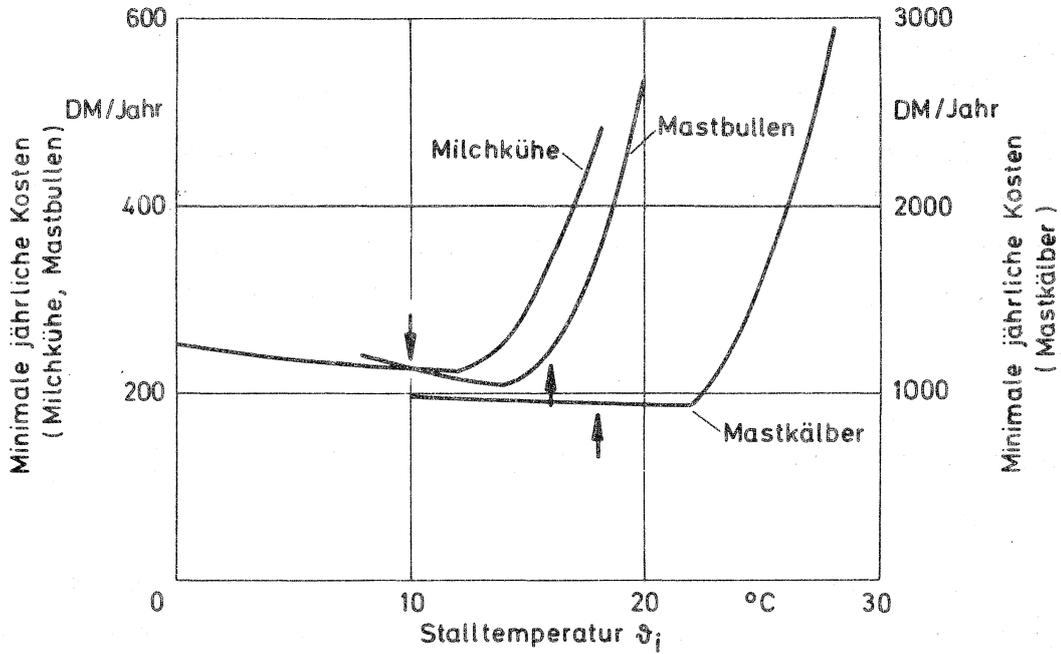


Abb. 3: Minimale jährliche Gesamtkosten in Abhängigkeit von der Stalltemperatur

Standort München

Pfeile kennzeichnen die Rechenwerte nach DIN 18910

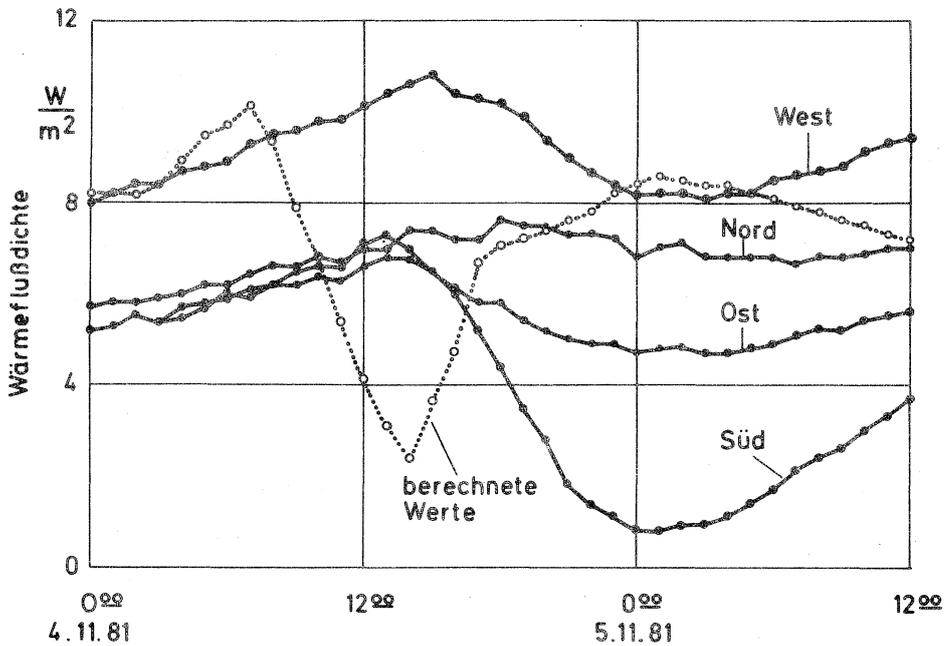


Abb. 4: Veränderung der Wärmeflußdichten in einem Zeitraum von 1 1/2 Tagen

und dem k-Wert für die Wand (errechnet nach DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau") ergeben sich in gleicher Weise Vergleichswerte entsprechend dem Rechenmodell für die Wärmeenergiebilanz.

Die Abbildung 4 zeigt für einen beliebig herausgegriffenen Zeitraum von 1 1/2 Tagen, daß die gemessenen Wärmeflußdichten, je nach Himmelsrichtung, unterschiedlich groß sind und verschieden stark schwanken, als Folge einer Erwärmung durch Sonneneinstrahlung (bis zu 800 W/m^2) um die Mittagszeit des ersten Tages. Die Unterschiede zu den aus der Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen berechneten Wärmeflußdichten sind deutlich. Die höheren Wärmeenergieverluste über die nach Westen orientierte Wand erklären sich größtenteils damit, daß der Außenputz des Versuchshauses keinen ausreichenden Feuchtigkeitsschutz bot, was sich besonders an der Westwand auswirkt. Die Messungen sollen daher bei verbessertem Feuchtigkeitsschutz wiederholt werden.

Vergleicht man nun die Mittelwerte der vier gemessenen Wärmeflußdichten mit den jeweils berechneten Werten, so zeigen sich im dargestellten Zeitraum ebenfalls erhebliche Unterschiede, wie aus der Abbildung 5 zu ersehen ist. Als Gesamt-Wärmeenergieverlust nach 1 1/2 Tagen ergibt sich

- durch Mittelung der Meßwerte über die vier Wände: 226 Wh/m^2
- als Rechenwert: 266 Wh/m^2

Der Rechenwert unterscheidet sich also von dem mit Wärmefluß-Messungen erhaltenen Wert um fast 18 %, weil sich die Differenz von 40 Wh/m^2 bei den doch noch relativen kleinen Energieverlusten merklich auswirkt.

In den Abbildungen 6 und 7 ist dargestellt, wie der Gesamt-Wärmeenergieverlust in einem Zeitraum von 80 Tagen zunimmt. Die Abbildung 6 zeigt, daß der aus den Meßwerten der Wärmeflußdichte errechnete Energieverlust für die einzelnen Wände unterschiedlich groß ist (die für die Ost-Wand erhaltenen Ergebnisse entsprechen dabei weitgehend den Ergebnissen der Süd-Wand und sind nicht eingezeichnet). Dies ist eine Folge der Sonneneinstrahlung und der unterschiedlichen Feuchtigkeitsbelastung. Mittelt man die Ergebnisse für die vier Wände und vergleicht sie mit den berechneten Energieverlusten, so ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung (s. Abbildung 7). Nach 80 Tagen beträgt der Gesamt-Wärmeverlust

- als Ergebnis der Wärmeflußmessungen: 22.345 MWh/m^2
- als Rechenergebnis: 22.528 MWh/m^2 .

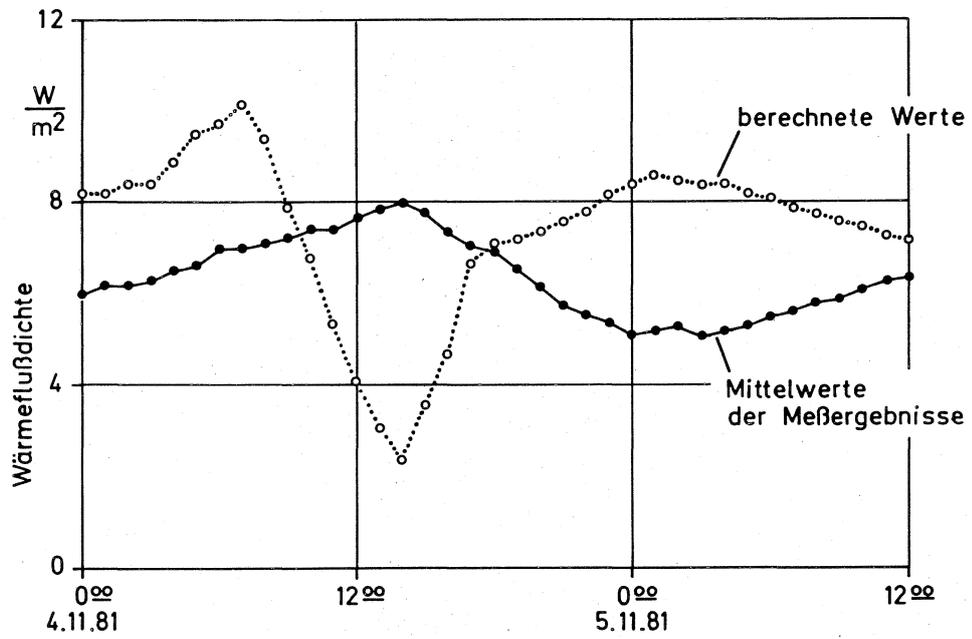


Abb. 5: Vergleich des Mittelwertes der Meßergebnisse mit den berechneten Werten der Wärmeflußdichte

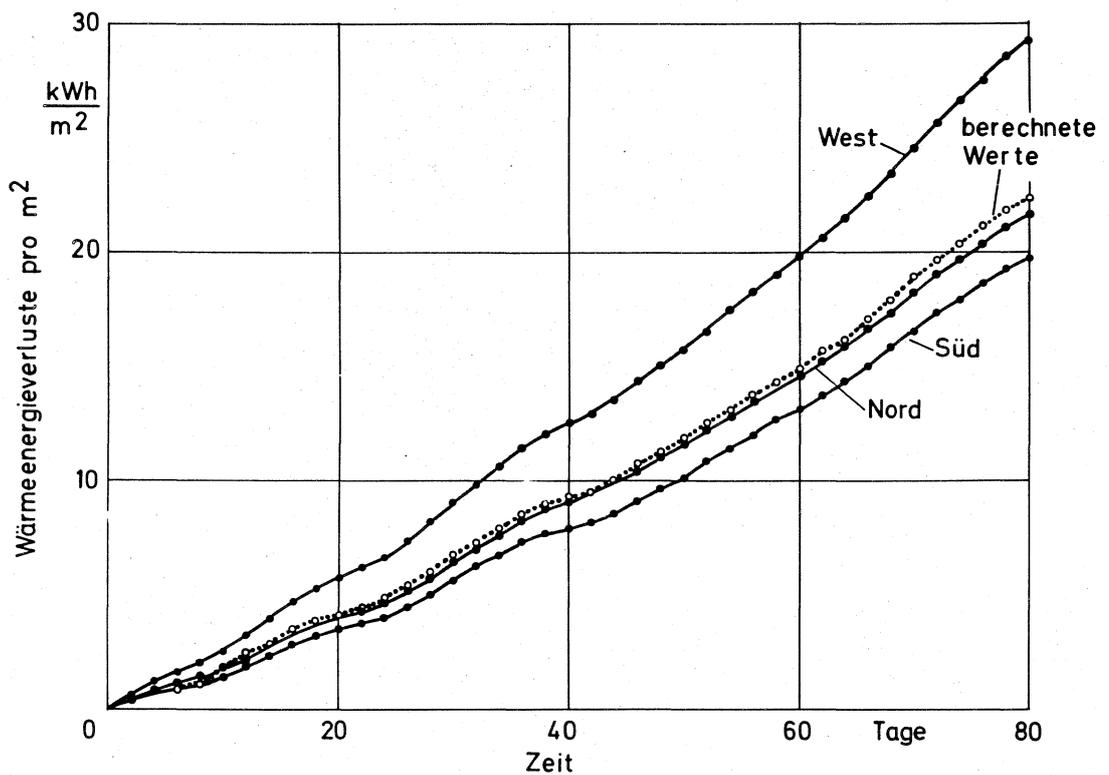


Abb. 6: Vergleich der Meßergebnisse mit den berechneten Werten des Wärmeenergieverlustes

Der Rechenwert unterscheidet sich also nur noch um etwa 1 % von dem mit den Wärmeflußmessungen erhaltenen Wert obwohl die Differenz mit 183 kWh/m² deutlich größer ist als nach 1 1/2 Tagen. Im Zeitraum ab 10 Tagen vom Versuchsbeginn an liegen die Abweichungen beider Werte unter 5 %, in der Zeit bis zu 10 Tagen über 5 %.

Diese Ergebnisse unterstreichen die Brauchbarkeit des Rechenmodells für die Wärmeenergiebilanz von Ställen. Es bleibt nachzuprüfen, wie sich ein verbesserter Wärmeschutz der Wände des Versuchshauses auf die Wärmeenergieverluste auswirkt. Möglicherweise muß ein Korrekturfaktor in das Rechenmodell eingefügt werden, eventuell auch, um Unterschiede in den Energieverlusten infolge unterschiedlicher Orientierung der Längsachse des Stalles berücksichtigen zu können. Andererseits läßt sich mit den nach 80 Tagen Versuchszeit ermittelten Gesamt-Wärmeenergieverlusten für z.B. einen Stall der Abmessungen 30 x 12,5 x 3 m errechnen, daß folgende Wärmeenergien durch die Wände verlorengehen:

Längsachse in Nord-Südrichtung:	5.939	MWh
Längsachse in Ost-Westrichtung:	5.551	MWh

Der Unterschied beider Energiewerte liegt unter 10 % und dürfte wohl in Anbetracht weiterer Ungenauigkeiten (z.B. im k-Wert durch Fugen etc), vernachlässigt werden können.

4. Untersuchungen zum Verhalten von Wärmedämmplatten im Stallklima

Um Informationen darüber zu erhalten, welche Nutzungsdauer für die wichtigsten auf dem Markt angebotenen Wärmedämmplatten aus

- Polystyrol-Partikelschaum,
- Polystyrol-Extruderschaum,
- Polyurethan-Hartschaum

angesetzt werden kann, wurden vor nunmehr über 7 Jahren Versuchsplatten in folgenden Ställen ausgelagert:

- Bullenmast-Warmstall,
- Bullenmast-Kaltstall,
- Milchvieh-Warmstall.

Das Verhalten der Wärmedämmplatten im Stallklima (u.a. hohe Luftfeuchte, Gase wie NH₃ und H₂S) sollte durch Vergleichsmessungen der Druckspannung bei 10 % Stauchung nach verschiedenen langen Auslagerungszeiten überprüft werden. Die jetzt

vorliegenden Meßergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Die festzustellende Abnahme in den Meßwerten kann als Folge einer natürlichen Alterung erklärt werden, wie die Meßergebnisse von Vergleichsproben zeigen, die in einem Lagerraum aufbewahrt wurden. Diese Alterung ist Folge eines herstellungsbedingten Beruhigungsprozesses, der nach einer bestimmten Zeit zur Ruhe kommt. Es läßt sich daher aus den Meßergebnissen ableiten, daß alle untersuchten Kunststoff-Hartschäume im Stallklima beständig sind, zumindest über einen Zeitraum von über 10 Jahren, wie für den Polystyrol-Extruderschäum inzwischen schon mit weiteren Untersuchungen nachgewiesen werden konnte.

Die Versuche sollen mit einer weiteren Vergleichsmessung im Jahr 1984 nach 10 Jahren zum Abschluß gebracht werden.

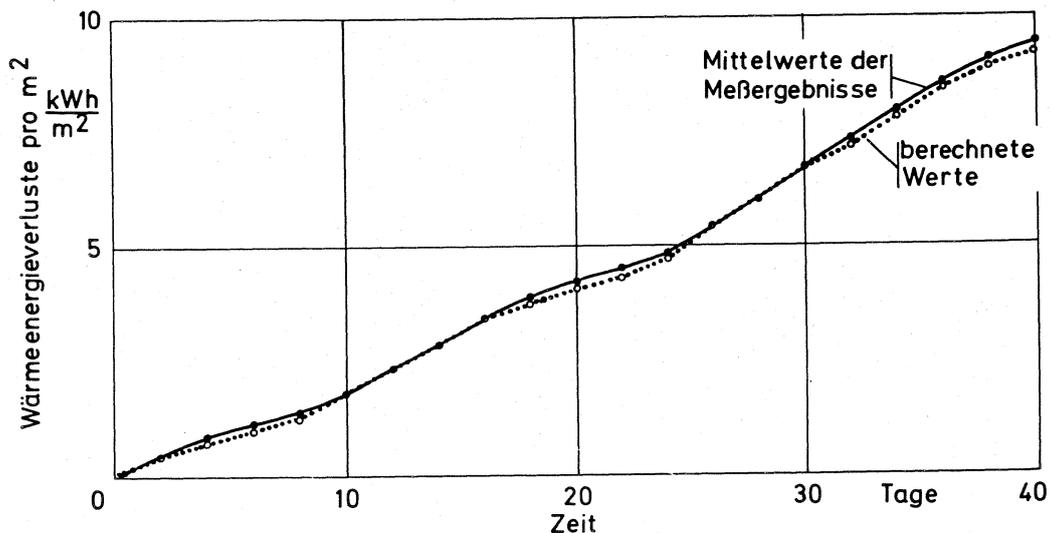


Abb. 7: Vergleich des Mittelwertes der Meßergebnisse mit den berechneten Werten des Wärmeenergieverlustes

5. Vergleich mit Arbeiten außerhalb des Forschungsbereiches

Die meisten bisherigen Arbeiten zur Wirtschaftlichkeit von Wärmedämm-Maßnahmen befaßten sich mit Einzelobjekten. Eine Schrifttumdurchsicht führte zu nur zwei Arbeiten, in denen ein allgemeingültiges Rechenverfahren angestrebt wird. So stellten NILSSON u. SÄLLVIK (23) in einer umfangreichen Arbeit u.a. ein Verfahren vor, mit dem sich Dämmschichtdicken so auswählen lassen, daß unter gegebenen Bedingungen ein Maximum an Energie eingespart wird. Als Wirtschaftlichkeitsmaßstab diente der interne Zinsfuß. Über ihm werden verschiedene Wand- und Deckenkonstruktionen mit einer Null-Alternative verglichen. Die Möglichkeit von Energiepreissteigerungen ist im Rechenverfahren berücksichtigt, eine analytische Darstellung des Problems und der Rechenmethode fehlt.

Das von CHRISTIANSON u. HELLICKSON (24) entwickelte Rechenverfahren und EDV-Programm ist konsequenter, erfaßt allerdings ebenfalls nicht alle Einflußgrößen in analytischer Darstellung. Es beruht auf einer stündlichen Energiebilanzierung und berücksichtigt dabei den Wärme- und Wasserdampfanfall der Tiere, den Wärmegewinn durch die Sonneneinstrahlung, den Austausch von Transmissions- und Lüftungswärme sowie die in den Baustoffen der Stallhülle gespeicherte Wärme. In einem besonderen Rechenverfahren wird die wirtschaftlich optimale Dämmschichtdicken-Verteilung der Stallhüllen-Bauelemente iterativ ermittelt. Die analytische Darstellung dieses Optimierungsverfahrens und auch der wirtschaftlichen Optimierung der Wärmedämmung fehlt. Energiepreissteigerungen sind nicht berücksichtigt. Aus einem Rechenbeispiel wird deutlich, daß die Heizung und Wärmedämmung bei den Überlegungen zur optimalen Kontrolle des Stallklimas vorrangig zu beachten sind. Die Einsparung an Heizkosten durch den Wärmegewinn infolge der Sonneneinstrahlung liegt bei etwa 1,5 % der Gesamtkosten.

6. Offene Fragen

In weiteren Untersuchungen ist vorrangig abschließend zu klären, wie genau das Modell für die Wärmeenergiebilanz des Stalles die Praxisverhältnisse wiedergibt. Mit dem dann abgesicherten EDV-Rechenprogramm läßt sich anschließend überprüfen, wie sich unterschiedliche Lüftungsmodelle (z.B. Luftvolumenstrom-Steuerung zur Erzielung konstanter Stalltemperaturen oder konstanter Stallfeuchten) und die Einbeziehung von Toleranzbereichen für die Stall-

temperatur und -feuchte auf die Ergebnisse des Rechenmodells auswirken. In einem weiteren Schritt sollen dann die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung in das Rechenprogramm einbezogen werden.

Auslagerungsort	Material	$\epsilon_{d10} / \epsilon_{d10,0}$ (%) nach einer Auslagerungszeit (in Monaten)			
		20	31	48	60
Milchvieh-Warmstall	PS	87	95		76
	PSE	98	96		97
	PUR	82	84		87
Bullenmast-Kaltstall	PS	88	88		90
	PSE	98	97		99
	PUR	77	87		89
Bullenmast-Warmstall	PS	92	93		89
	PSE	98	97		98
	PUR	83	92		93
Lagerraum	PS			89	85
	PSE			98	99
	PUR			89	87

PS Polystyrol-Partikelschaum
 PSE Polystyrol-Extruderschaum
 PUR Polyurethan-Hartschaum

Tabelle 1: Prozentuale Veränderung der Druckspannung bei 10 % Stauchung ϵ_{d10} von Wärmedämmstoffen bei Auslagerung im Stallklima und in einem Lagerraum

Veröffentlichungen

1. Englert, G.: Beeinflussung des Wärmehaushaltes von Stallgebäuden
Landtechnik 35 (1980) Nr. 1, S. 20/22
2. Englert, G.: Wärmedämmstoffe für Stalldecken und Stalldachdecken
Landtechnik 35 (1980), Nr. 1, S. 23/26
3. Englert, G.: Wärmedämmung spart Energie
Badisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 148 (1980) Nr. 7, S. 24/26
4. Englert, G.: Wärmedämmung spart Energie
Württembergisches Wochenblatt für Landwirtschaft 147 (1980) Nr. 7, S. 54/58
5. Englert, G. Baustoffversuche mit statistisch orientierten Versuchsplänen
Qualität und Zuverlässigkeit 25 (1980) Nr. 5, S. 131/134
6. Englert, G.: Baustoffe aus Stroh
Landtechnik 35 (1980) Nr. 8/9, S. 380/381
7. Englert, G.: Ein Rechenmodell für die Wärmeenergiebilanz von Ställen
Grundl.Landtechnik 30 (1980) Nr. 5, S.170/171
8. Englert, G.: Zur Berechnung minimaler Investitionen für die Wärmedämmung
Bauphysik 2 (1980) Nr. 6, S. 213/217
9. Englert, G.: Mit diesen Dämmstoffen können Sie bauen
top agrar (1981) Nr. 2, S. 104/112

10. Englert, G.: So lösen Sie die Wärmedämmprobleme in
ihrem Stall
top agrar (1981) Nr. 3, S. 108/110
11. Englert, G.: Wärmedämmstoffe für den Stallbau
Der fortschrittliche Landwirt 59 (1981)
Nr. 5, S. 14/15, Nr. 9, S. 14/15
12. Englert, G.: Wirtschaftlich optimale Wärmedämmung von
Biogasanlagen
Grundl.Landtechnik 31 (1981) Nr. 3, S. 77/80
13. Englert, G.: Kunststoffe im landwirtschaftlichen Bauen:
Wärmedämmplatten, Folien und beschichtete
Gewebe
Feld + Wald 100 (1981) Nr. 28, S. 80/83
14. Englert, G.: Wirtschaftliche Optimierung der Wärmedämmung
von Ställen
Grundl.Landtechnik 21 (1981) Nr. 4, S. 109/116
15. Englert, G.,
Neuhauser, J.: Baumaterialien-Preisspiegel: Wärmedämmende
Mauersteine
top agrar (1980) Nr. 2, S. 106/107
16. Englert, G.,
Neuhauser, J.: Wärmedämmung selbst verlegt
Württembergisches Wochenblatt für Landwirt-
schaft 147 (1980) Nr. 7, S. 60/66
17. Englert, G.,
Neuhauser, J.: Wärmedämmung aus Steinen
Württembergisches Wochenblatt für Landwirt-
schaft 147 (1980) Nr.8, S. 24
18. Englert, G.,
Neuhauser, J.: Wärmedämmung selbst verlegt
Badisches Landwirtschaftliches Wochenblatt
148 (1980) Nr. 10, S. 25/31

19. Englert, G.,
Neuhauser, J.: Baumaterialien-Preisspiegel: Lichtplatten,
wärmedämmend
top agrar (1981) Nr. 8, S. 54/55
20. Englert, G.,
Neuhauser, J.: Wärmedämmende Lichtplatten aus Kunststoff
top agrar (1982) Nr. 2, S. 106/107
21. Müller, A.: Der Wärmefall von Rindern
Zulassungsarbeit, Institut für Landtechnik
der TU München, 1980
22. Aschenbrenner, J.: Wasserdampfanfall von Rindvieh
Diplomarbeit, Institut für Landtechnik
der TU München, 1981
23. Nilson, Chr. u.
Sälvik, Kr.: Beräkning av energiförbrukning för
uppvärmning och ekonomiskt val av värme-
isolering in svinstallar.
Lund: Sveriges Lantbruksuniversitet,
Specialmeddelande 66, Institutionen för
Lantbrukets Byggnadsteknik (LBT) 1977.
24. Christianson, L.L.u. Simulation and optimization of energy
Hellickson M.A.: requirements for livestock housing.
Transactions ASAE Bd. 20 (1977) Nr. 2,
S. 327/35.

EDV-Programm

25. Wendl, G.,
Englert, G.: WAEDAM (Wirtschaftliche Optimierung der
Wärmedämmung von Ställen)
in: Programmbibliothek der Landtechnik
Weihenstephan 1980
24. Englert, G.: WAEDOP (Wirtschaftlich optimale Wärme-
dämmung von Ställen)
in: Programmbibliothek der Landtechnik
Weihenstephan 1981

Vorträge

1. Englert, G.: "Energiepotential in Ställen"
Weihenstephaner Baugespräch 1980 am 24.6.1980
in Freising-Weihenstephan
2. " " "Ein einfaches Rechenverfahren zur Ermittlung
minimaler Investitionen für die Wärmedämmung
von Ställen"
Weihenstephaner Baugespräch 1980 am 24.6.1980 in
Freising-Weihenstephan
3. " " "Stärkere Wärmedämmung zur Energieeinsparung in
Stallgebäuden"
Seminar "Tierische Produktion" am 26.11.1980
in Freising-Weihenstephan
4. " " "Planungsgrundsätze für die Wärmedämmung von
Ställen"
Informationsveranstaltung der Fa. Petrocarbona
am 25.2.1981 in Bexbach
5. " " "Wirtschaftlich optimale k-Werte und Dämmschicht-
dicken für landwirtschaftliche Betriebsgebäude"
Tagung "Informationsverarbeitung in der Land-
wirtschaft" am 24.3.1981 in Stuttgart-Hohenheim
6. " " "Wirtschaftliche Wärmedämmung von Ställen"
Arbeitstagung der Referenten für Landtechnik und
Landwirtschaftliches Bauwesen am 11.6.1981 in
Stuttgart-Hohenheim

Teilnahme an Tagungen

23./24.6.1980

Weihenstephaner Baugespräch 1980

Weihenstephan

23./25.3.1981

"Informationsverarbeitung in der Landwirtschaft"

Stuttgart-Hohenheim

Wissenschaftliche Kontakte

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL, Völkenrode
Forschungsabteilungen verschiedener Industriefirmen (u.a. DOW-
Chemical, BASF).

Teilprojekt M 2

Untersuchungen über Luftführung und Lüftungstechnische Einrichtungen insbesondere bei Traufen-First-Lüftungsanlagen.

Leiter: Dr.Ing. H.D. Zeisig, OBR
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttingerstr. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71458

Mitarbeiter: Ing.grad. J. Kreitmeier

1. Stand der Erkenntnisse bei der letzten Antragstellung und Ausgangsfragestellung

Als eine Variante der freien Lüftung haben Traufen-First-Lüftungsanlagen speziell bei Rinderstallungen in den letzten Jahren eine relativ große Verbreitung gefunden. Sie haben damit eine andere Ausführungsform dieser Lüftungsart, die sogenannte Schachtlüftung (1), die in früheren Zeiten weit verbreitet war, weitgehend verdrängt. Die bekannten Nachteile dieser Schachtlüftung, nämlich die Nichtfunktion bei höheren Außentemperaturen (Sommerbetrieb), hoffte man, vor allem auch beim Übergang auf einstreulose Aufstallungsformen und damit verbunden in der Regel dichter Stallbelegung, durch den Einsatz der Traufen-First-Lüftung zu beheben. Im Vergleich zu Zwangslüftungsanlagen ist damit als zusätzliches "Argument" auf jeden Fall auch eine Einsparung von Elektroenergie - beim Bullenmaststall z.B. rund 95 kWh/Mastplatz · a (2) - verbunden. Verschiedene Gründe haben dazu geführt, daß zwischenzeitlich für diese Traufen-First-Lüftungsanlagen eine Vielzahl technischer bzw. baulicher Details auf dem Markt sind, wobei grundlegende Untersuchungen über ihre Funktionsweise bzw. ihre Auswirkungen auf die Stallklimaführung nahezu vollständig fehlen. So beschäftigte man sich z.B. in den USA in Modellversuchen mit der Anströmung von Stallgebäuden (3), nicht aber mit deren Einfluß auf die Stallklimafaktoren. Untersuchungen in Holland (4), die sich ebenfalls vorwiegend in Modellversuchen mit der Queranströmung von Stallgebäuden beschäftigten, geben zwar einige Hinweise auf die Beeinflussung der Luftführung im Stall, erlauben jedoch keine umfassende Beurteilung der Lüftungstechnischen Einrichtungen, deren Möglichkeiten und Grenzen einschließlich eventueller Standortfragen von Ställen mit Traufen-First-Lüftung. Ebenso läßt sich mit Hilfe der Untersuchungen von Hansen (5) nur die Klärung einiger Detailfragen, insbesondere die Ausbildung des First-Bereiches, ableiten; weitergehende Fragen nach zweckmäßigen bzw. funktionsgerechten Lüftungstechnischen Einrichtungen für Ställe mit dieser speziellen Variante der freien Lüftung lassen sich jedoch damit nicht beantworten.

Ziel der durchzuführenden Untersuchungen mußte es daher sein, zunächst festzustellen, inwieweit die derzeitigen Lüftungstechnischen Einrichtungen in Ställen mit Traufen-First-Lüftung in der Lage sind, einige wesentliche Anforderungen der DIN 18910 (6) - insbesondere in Bezug auf Luftdurchsatz und seine Steuerung, Zugfreiheit der Lüftung sowie z.B. Vermeidung unzulässiger Schadgaskonzentrationen - unter allen Witterungsbedingungen zu erfüllen. Anschließend sollten dann durch gezielte Änderungen der Lüftungstechnischen Einrichtungen eventuelle "Schwachstellen" möglichst weitgehend beseitigt werden, um so zum einen möglichst optimale Stallklimabedingungen zu erhalten und zum anderen neben den Grenzen z.B. auch die Kosten derartiger, ggfl. funktionssicherer Lüftungssysteme angeben zu können.

2. Angewandte Methodik

Für die obige Zielstellung sind Modelluntersuchungen, insbesondere solche, die über die bereits bekannten an Strömungsmodellen wesentlich hinausgehen, wenig hilfreich. Daher beschränkten sich die durchgeführten Untersuchungen vorwiegend auf die Erfassung (sowohl photographische als auch meßtechnische) der Luft-Bewegungen im Stall unter verschiedenen Witterungsbedingungen, die Erfassung der Luftbewegungen bzw. Klimazustände im Aufenthaltsbereich der Tiere und den Versuch der meßtechnischen Erfassung bzw. Bilanzierung der Luftraten unter verschiedenen äußeren Bedingungen (Windlasten etc.). Daneben wurden konstruktive Änderungen an Zuluftführungseinrichtungen versuchsweise vorgenommen sowie im Firstbereich einige Steuerungs- bzw. Verstell-einrichtungen in Bezug auf ihre Wirksamkeit bei wechselnden Windrichtungen untersucht.

3. Ergebnisse und ihre Bedeutung

3.1 Windanfälligkeit

Bei den bislang auf dem Markt befindlichen Lüftungstechnischen Einrichtungen für Ställe mit Traufen-First-Lüftung werden sowohl die Luftraten als auch die Luftströmungen im Stall extrem stark durch äußere Windkräfte beeinflusst. Dies führt dazu, daß bei Windeinwirkung auf das Stallgebäude die nach DIN 18910 geforderten Luftraten, abhängig von Windstärke und Windrichtung, auch im Sommerbetrieb erreicht bzw. teilweise um mehr als das Doppelte überschritten werden, während bei Windstille, d.h., Windgeschwindigkeiten unter etwa 0,5 m pro Sekunde, gerade im Sommerbetrieb die ermittelten Luftraten teilweise nicht einmal 60 % des zu fordernden Wertes erreichen.

Aufgrund dieser im Sommerbetrieb vorliegenden Verhältnisse müssen zusätzliche "Notöffnungen", z.B. in Form von Fenstern oder ausreichend groß dimensionierten Türen, vorhanden und auch von Fall zu Fall entsprechend geöffnet werden. Die Gründe für diese unzureichende Funktion der Lüftung bei "Windstille" im Sommerbetrieb sind einmal in den häufig

zu klein dimensionierten Zu- und Abluftquerschnitten zu suchen. So betragen z.B. die in bestehenden Bullenmastställen eingebauten Lüftungsquerschnitte teilweise nur rd. 21 % (bzw. 35 %) der nach Abbildung 1 erforderlichen Querschnitte (7).

Zu- u. Abluftquerschnitte für Bullenmastställe mit Traufen - First - Lüftung in Abhängigkeit von der Höhendifferenz zwischen Zulufteintritt und Abluftaustritt
(Sommerlüftraten nach DIN 18910)

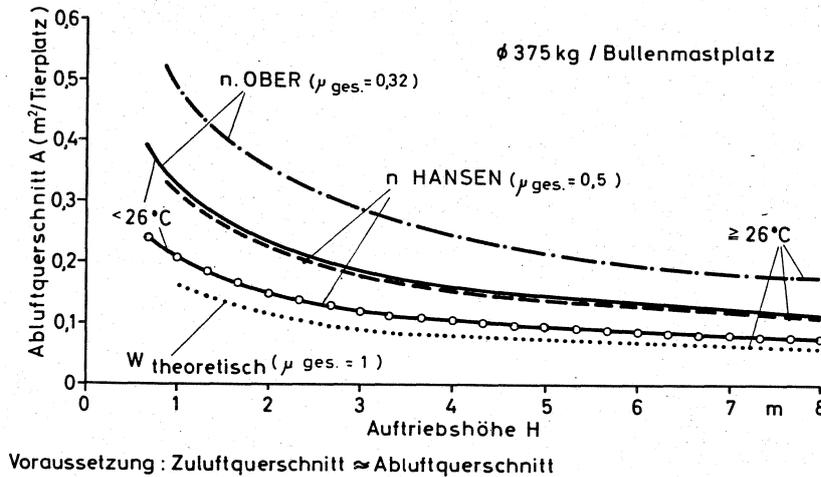


Abb. 1:

Ein zweiter Grund für die unzureichende Funktion, der diesen Effekt noch verstärkt, wird unter Abschnitt 3.2 erläutert.

Abgesehen davon ist bei den derzeitigen Ausführungsformen von Firsthauben bereits bei Windgeschwindigkeiten von rd. 0,5 m/sec festzustellen, daß an diesen für den "Abluftaustritt" vorgesehenen Bauteilen zumindest teilweise Frischluft in den Stall eintritt. Bei höheren Windgeschwindigkeiten wird dieser Effekt noch verstärkt, so daß nicht nur die Bilanzierung der Luftdurchsätze bzw. Lüftraten erheblich erschwert wird, sondern vielmehr auch gerade bei niedrigen Außentemperaturen (Winterbetrieb, Übergangszeiten) unter Umständen nicht zu vernachlässigende Temperaturdifferenzen im Stallgebäude auftreten. So wurden z.B. bei Anströmung des Stalles in Längsrichtung analog Abbildung 2 (7) in den "Lee-Bereich" um bis zu rund 7°C niedrigere Stallinnentemperaturen festgestellt - und dies, obwohl die "Zuluftöffnungen" im Traufenbereich in diesem Fall vollkommen geschlossen waren. Abgesehen von den sich daraus ergebenden Konsequenzen für eine

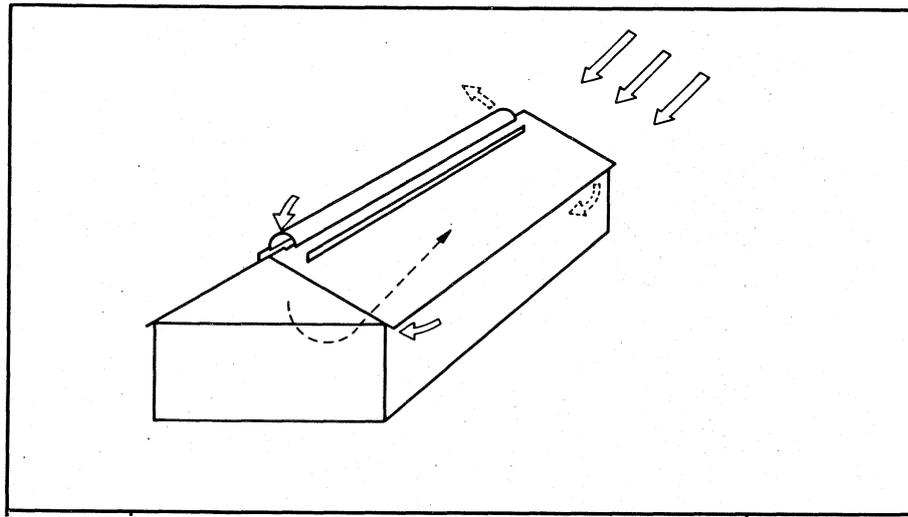


Abb. 2: Stallgebäude bei Windanströmung in Längsrichtung

eventuell mögliche Stall-Abwärmenutzung ist dies von relativ geringer Bedeutung für Bullenmastställe, in denen sich gerade in der kälteren Jahreszeit nur größere Tiere, d.h. oberhalb einem Tiergewicht von etwa 250 kg, aufhalten. Für Milchviehställe, in denen auch gleichzeitig die Nachzucht und die Kälber gehalten werden sollen, kann dieser Umstand jedoch nicht vernachlässigt werden, so daß eine derartige Haltungsform nicht zweckmäßig ist, wenn es nicht gelingt, durch geeignete Maßnahmen (7) diese "Windanfälligkeit" der Traufen-First-Lüftung zumindest erheblich zu reduzieren.

3.2 Luftführung im Stall

Die in der DIN 18910 angegebenen Luftraten für den Sommerbetrieb sind nur dann ausreichend, wenn die zugeführte Frischluft zur Wärmeabfuhr auch tatsächlich in den Aufenthaltsbereich der Tiere gelangt. Nur dann lassen sich auch die ebenfalls angegebenen zulässigen Temperaturdifferenzen zwischen Außentemperatur und Stalllufttemperatur einhalten bzw. sogar noch unterschreiten (7,8,9). Wird die eintretende Frischluft so geführt, daß sie sich im Sommerbetrieb überwiegend außerhalb des Tierbereiches bewegt, müssen die Luftraten erhöht werden. Dies bewirkt, daß z.B. in Norddeutschland von einigen Landwirtschaftskammern für Schweinemastställe eine Sommerluftrate nur dann als ausreichend angesehen wird, wenn sie rd. 60 % über dem nach DIN 18910 geforderten Wert liegt.

Bei den bislang auf dem Markt befindlichen Zulufteinrichtungen für Traufen-First-Lüftungsställe strömt die Frischluft bei hohen Außentemperaturen, wie durch Sichtbarmachung der Luftströmungen und photographische Erfassung nachgewiesen werden konnte, direkt unter der Stalldecke zum Abluftaustritt im Firstbereich (ausgezogene Pfeile in Abbildung 3).

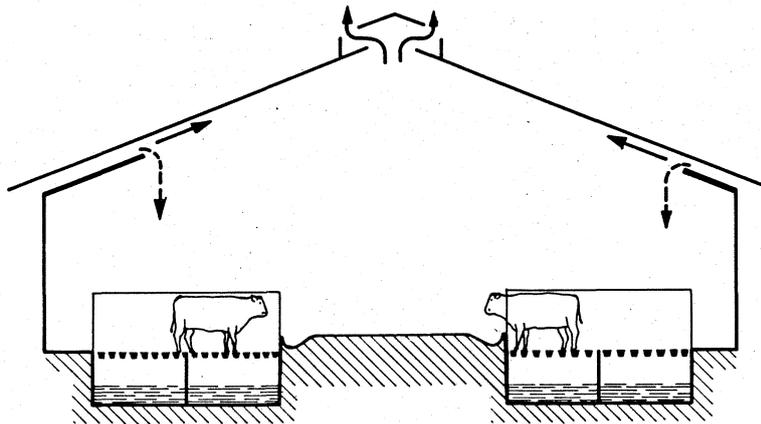


Abb. 3: Schema Luftströmungen bei Trauf- Firstlüftung

Hierfür ist es gleichgültig, ob die sogenannte "kurze Leitplatte" (in Abb. 3 rechts) oder die "lange Leitplatte" (in Abb. 3 links) (7) verwendet wird. Auch die Frischluftzuführung über angekippte Fenster (7) ändert prinzipiell nichts an dieser Luftbewegung. Lediglich Windlasten auf das Gebäude (s.a. 3.1) beeinflussen die Durchströmung des Stallgebäudes, so daß u.U. eine Stallhälfte im Tierbereich ausreichend, die andere dafür aber gar nicht "durchspült" wird. Dies wurde u.a. auch durch Gaskonzentrationsmessungen im Tierbereich bestätigt (7).

Kühlere Frischluft, so z.B. auch schon bei Stallinnentemperaturen von rund 20°C und Außenlufttemperaturen von 13 - 14°C (7) fällt, abhängig von der Windrichtung und Windstärke, mehr oder weniger direkt in einen kompakten "Strahl" am Ende der verwendeten Zulufteinrichtungen nach unten (in Abb. 3 durch gestrichelte Pfeile symbolisiert) und kann zu entsprechenden Schädigungen der Tiergesundheit führen (Beispiel: frisch melkende Kühe in einem Anbindestall).

Im direkten Winterbetrieb läßt sich diese Negativerscheinung durch verstellbare Leitplatten, deren Eintrittsquerschnitt im Stall bis auf nahezu 0 reduziert wird, praktisch vollständig beseitigen - in den Übergangszeiten ist dies jedoch bei verstellbaren Leitplatten, wenn überhaupt, nur mit einem unvertretbaren hohen Aufwand möglich.

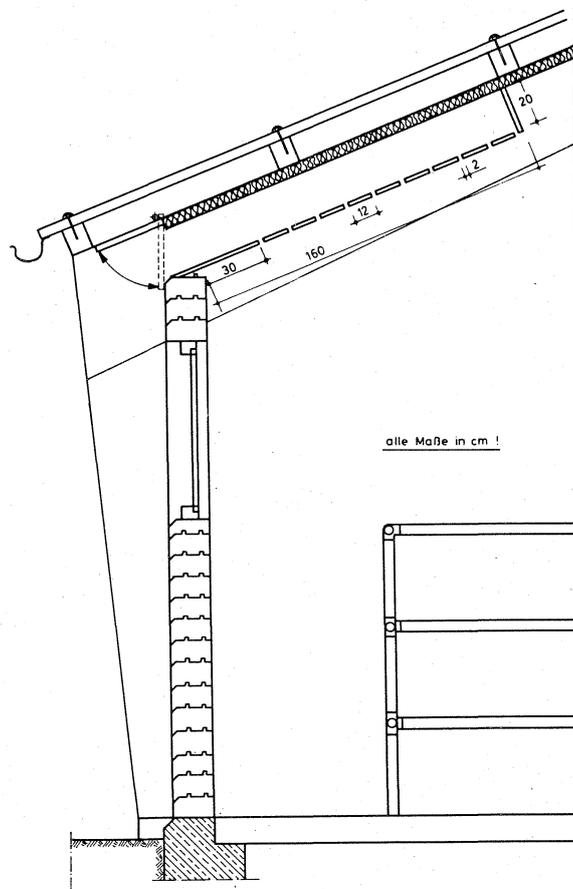


Abb. 4: Schema geänderte Zuluftführung

Die Konsequenz dieser geschilderten Zusammenhänge ist, daß die bislang verwendeten Zuluftführungseinrichtungen für eine ordnungsgemäße Frischluftführung im Stall nicht geeignet sind. Aus diesem Grunde wurde in einem Teil eines Bullenmaststalles versuchsweise eine Zuluftführungseinrichtung nach Abbildung 4 eingebaut. Zukünftige Messungen und eventuelle Änderungen daran werden zeigen, ob mit einer derartigen Lösung das Problem Zuluftverteilung gelöst werden kann.

4. Vergleiche mit Arbeiten außerhalb des Sonderforschungsbereiches

Die amerikanischen und holländischen Untersuchungen an Stallgebäudemodellen (3,4) sind bereits in Abschnitt 1 erwähnt worden, für die gewählte Zielstellung sind sie jedoch wenig hilfreich. Das gleiche gilt im wesentlichen auch für die Arbeiten von Achmedova et.al. (10) oder z.B. auch Strauß (11).

Brandsma (4) empfiehlt z.B. aufgrund seiner Untersuchungen, den Stall mit seiner Längsachse in Hauptwindrichtung zu stellen, während z.B. Juli (12) eine Lage quer zur Hauptwindrichtung bevorzugt. Aufgrund der eigenen Untersuchungen kann festgestellt werden, daß es eine zu bevorzugende Aufstellungsrichtung nicht gibt, da schon relativ geringe Windgeschwindigkeiten - in diesem Fall beeinflußt die umliegende Bebauung und eventuell Bepflanzung auch die Windrichtung - negative Folgen für die Luftführung im Stall haben.

Lediglich die Arbeiten von Katz (13) beschäftigt sich u.a. mit der Luftführung in Ställen anhand von Strömungsmodellen. Die dabei erzielten Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlußfolgerungen lassen sich jedoch schon auf normale Unterdrucklüftungsanlagen, wie bereits in (8) erwähnt, wegen der dort vorherrschenden geringeren Lufteintrittsgeschwindigkeiten nicht übertragen. Dies gilt noch in wesentlich größerem Umfang für Traufen-First-Lüftungen, bei denen die Lufteintrittsgeschwindigkeiten naturgemäß noch erheblich niedriger (7) sind.

5. Offene Fragen

Die noch ausstehenden Untersuchungen müssen zeigen, ob es gelingt, durch geänderte Zuluftführungseinrichtungen die Frischluftverteilung im Stall erheblich zu verbessern. Erst danach ist es möglich und sinnvoll, die Windanfälligkeit dieses Lüftungssystems sowohl im Traufen- als auch im First-Bereich wesentlich zu reduzieren. Diese konstruktiven Änderungen beeinflussen selbstverständlich auch die erforderlichen Querschnitte und damit den in (7) angegebenen Gesamt-Widerstandsbeiwert, so daß erst nach Vorliegen einer zufriedenstellenden Gesamtlösung auch dieser Wert nicht nur größenordnungsmäßig, sondern genauer ermittelt werden kann. Inwieweit der Gesamt-Komplex im Rahmen des vorliegenden Teilprojektes innerhalb des SFB 141 zum Abschluß gebracht werden kann, ist zur Zeit nicht abzuschätzen.

Literatur:

1. O b e r, J.: Gesundes Stallklima.
Bayer. Landwirtschaftsverlag, Bonn-München-Wien, 1957
2. Z e i s i g, H.D. et.al.: Analyse des elektrischen Leistungs-
und Energiebedarfes für einige ausgewählte Bereiche der Innen-
wirtschaft landwirtschaftlicher Betrieben.
H. 5 (1981) Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (Hrsg.),
Freising, 1981
3. H e l l i c k s o n, M.A.: Persönliche Mitteilungen über strömungs-
technische Untersuchungen an Stallgebäude-Modellen, durchgeführt
an der South-Dakota-University (August 1978)
4. B r a n d s m a, C.: Wind beeinflusst Stallentlüftung.
dlz, 27. Jhrg. (1976), S. 740 - 742
5. H a n s e n, M.: Die Verbesserung extremer Klimazustände in
Arbeitsräumen.
In: VDI-Bericht Nr. 147, Düsseldorf, 1970, S. 83 - 90
6. : DIN 18910, Klima in geschlossenen Ställen.
Ausgabe Oktober 1974, Beuth-Verlag Berlin-Köln, 1974
7. Z e i s i g, H.D.; K r e i t m e i e r, J.: Stallklima und Fragen
der Wärmerückgewinnung bei Ställen mit Traufen-First-Lüftung.
In: Tätigkeitsbericht 1981, H. 1, 1982, Schriftenreihe der
Landtechnik Weihenstephan (Hrsg.), Freising, 1982
8. Z e i s i g, H.D.: Luftführung in Ställen.
Grundlagen Landtechnik, Bd. 19 (1969), S. 79 - 84
9. Z e i s i g, H.D.: Zwangslüftung von Ställen.
In: Tagungsbericht von der 5. Weihenstephaner Tagung über
"Moderne Haltungssysteme und Tiergesundheit" am 7.10.1977 in
Weihenstephan, S. 24 - 39
10. A c h m e d o v a, M.; M ü l l e r, H.J.: Einsatz der freien
Lüftung in Tierproduktionsanlagen.
agrartechnik, 30. Jhrg. (1980) S. 30 - 32
11. S t r a u ß, H.D.: Erfahrungen mit nicht gedämmten Milchvieh-
läufställen.
Landtechnik 37 Jhrg. (1982) S. 175 - 176
12. J u l i, R.: Trauf-First-Lüftung für Rinderställe.
dlz, 30. Jhrg. (1979) S. 864 - 867
13. K a t z, Ph.: Beitrag zur experimentellen Untersuchung der Luft-
strömung in Ställen.
Dissertation Universität Gießen, 1965

Teilprojekt M 3

Entwicklung und Erprobung von technisch-baulichen Einrichtungen zur Rückgewinnung von Abwärme

Leiter: H. Schulz, Dr.agr. LD
Bayer. Landesanstalt für Landtechnik
Vöttinger Str. 36
8050 Freising
Tel. 08161/71461

Mitarbeiter: S. Vogt, Dipl.Ing.
H. Schürzinger, Dipl.Ing.agr. (FH)
K. Englbrecht, Versuchstechniker
A. Fischer, Technischer Zeichner

1. Ausgangsfragestellung

Einrichtungen zur Rückgewinnung der Stallabwärme stehen zunehmend im Interesse der Landwirtschaft. Die rückgewonnene Energie läßt sich nutzen zur

- Entlastung der Stallheizung
- Verbesserung des Stallklimas (Entfeuchten der Luft)
- Erzeugung von Brauch- oder Heizungswasser mittels Wärmepumpe.

Eine große Unsicherheit besteht bei der Beurteilung der unterschiedlichen auf dem Markt angebotenen Einrichtungen. Dabei handelt es sich zumeist um rekuperative Platten- oder Röhrenwärmetauscher aus Kunststoffmaterialien, Metall oder Glas. Wichtige Kriterien für eine vergleichende Beurteilung der verschiedenen Einrichtungen sind:

- Die thermische Übertragsleistung
- der elektrische Leistungsbedarf für die erforderlichen Ventilatoren bzw. Pumpen
- die Beständigkeit gegenüber der aggressiven Stallabluft
- die Anfälligkeit gegenüber Verschmutzungen
- die Investitionskosten pro GV

In der Praxis haben sich schon seit mehreren Jahren in Selbsthilfe erstellte Wärmetauscher bewährt, und zwar vor allem Plattenwärmetauscher aus glasfaserverstärktem Polyester sowie Röhrenwärmetauscher aus PE-Rippenrohren.

Zu klären ist, inwieweit als kostengünstige Alternative zu den industriell gefertigten Wärmetauschern Selbstbausysteme in Frage kommen bzw. in welchen Punkten diese noch verbessert werden müssen.

2. Grundlagen zur Beschreibung der Leistungsdaten von Abluftwärmetauschern

Folgende Symbole werden verwendet:

T	°C	:	Temperatur
h	kJ/kgK	:	Enthalpie der Luft
ϕ	-	:	relative Feuchte der Luft
\dot{m}	kg/h	:	Massenstrom der Luft
\dot{v}	m ³ /h	:	Volumenstrom der Luft
p	mbar	:	statischer Druck
Index	w	:	Abluft
Index	k	:	Frischlufte
1 Strich (')		:	vor dem Wärmetauscher
2 Strich ('')		:	nach dem Wärmetauscher

Die Leistungsbilanz für den Wärmetauscher stellt sich dann folgendermaßen dar (Abb. 1):

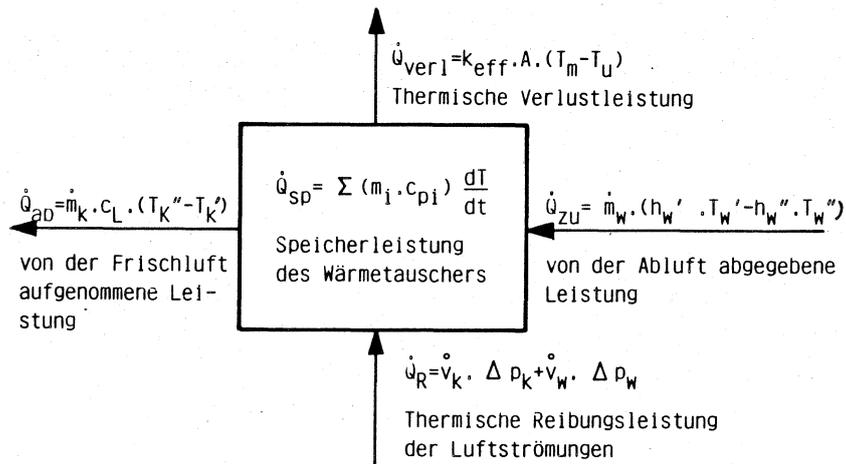


Abb. 1: Leistungsbilanz des Wärmetauschers

Für stationäre Betriebspunkte wird die Speicherleistung \dot{Q}_{sp} des Wärmetauschers gleich Null. Um die Leistungsmessungen unabhängig von der Umgebungstemperatur durchführen zu können, wird für die Versuche um den Wärmetauscher eine Isolation angebracht, so daß die thermische Verlustleistung $\dot{Q}_{Verl.}$ nach außen vernachlässigt werden kann. Auch die thermische Reibungsleistung der Luftströmungen $\dot{Q}_{Reib.}$ ist von untergeordnetem Einfluß; sie liegt bei den bisher durchgemessenen Wärmetauschern immer kleiner als 2 % der thermischen Übertragungsleistung.

Die Darstellung der Leistungsdaten erfolgt in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2076 "Leistungsnachweis für Wärmetauscher mit zwei Massenströmen" sowie an die Arbeiten von Bosnjakovic¹⁾. Der Temperatur-austauschgrad Φ_t ist folgendermaßen definiert:

$$\Phi_t = \frac{T_k'' - T_k'}{T_w' - T_k'} = \frac{\Delta T_k}{\Delta T_{gr}}, \text{ also die Erwärmung}$$

der Frischluft bezogen auf die große Temperaturdifferenz ΔT_{gr} . Er wird dargestellt in Abhängigkeit der dimensionslosen Wärmetauscher-Kennzahl κ , die definiert ist:

$$\kappa = \frac{k \cdot A}{m_k \cdot c_L},$$

wobei k der Wärmedurchgangskoeffizient des Wärmetauschers ist und A die gesamte Tauscherfläche.

κ ergibt sich aus der Leistungsbilanz: $\kappa = \dot{Q}_{ab}/A \cdot \Delta T_m$, wobei ΔT_m die mittlere Temperaturdifferenz im Tauscher darstellt.

1.) Bosnjakovic, F.: Einheitliche Berechnung von Rekuperatoren
VDI - Forschungsheft 432

Die Abhängigkeit $\Phi_t = f(x)$ stellt für jede Wärmetauscher-Bauart eine diese charakterisierende Funktion dar. Weiter ist für jeden Wärmetauscher der Zusammenhang zwischen dem k-Wert und dem Luftmassenstrom \dot{m}_k sowie dem Verhältnis \dot{m}_w/\dot{m}_k zu ermitteln. Auch der Temperatur-Austauschgrad Φ_t kann in Abhängigkeit von Luftmassenstrom und Massenstromverhältnis eindeutig angegeben werden, wobei Temperaturniveau und Temperaturspreizung keinen Einfluß haben.

Durch die angegebenen mathematisch-physikalischen Zusammenhänge läßt sich jeder "trockene" Betriebspunkt eindeutig beschreiben. Für Betriebspunkte mit Phasenänderung, also mit Kondensatausfall gilt dies nur mit Einschränkungen. An der Beschreibung der dabei auftretenden Effekte wird noch gearbeitet. Derzeit wird bei der Auswertung "feuchter" Betriebspunkt die Leistungsbilanz aufgestellt; weiter wird der Anteil der übertragenen Leistung errechnet, der durch Kondensation entstanden ist, und es wird die Verbesserung des Temperaturexchangsgrades im Verhältnis zum entsprechenden "trockenen" Betriebspunkt errechnet.

3. Angewandte Meßmethoden

3.1. Wärmetauscher - Prüfstand

Zur Beurteilung der thermischen Übertragsleistung sowie des strömungstechnischen Verhaltens der verschiedenen Wärmetauscher wurde auf Anregung der Gutachter ein Prüfstand errichtet (Abb.2).

Der simulierte Frisch - bzw. Abluftstrom kann im Bereich von 0 bis 4000 m³/h stufenlos eingestellt werden. Die kontinuierliche Bestimmung der Luftmenge erfolgt über Flügelradanemometer, die mittels einer Prandtl-Sonde durch Integration des Strömungsprofils in den Beruhigungsstrecken kalibriert sind. Die beiden Luftströme zirkulieren im Umluft-Betrieb, um stationäre Betriebsbedingungen zu erhalten. Das Anwärmen und Abkühlen der Luftströme erfolgt über Konvektoren mit Hilfe von warmem Wasser und kaltem Wasser/Äthylenglykolegemisch, beide Medien werden aus isolierten, je 1500 l fassenden Speichern entnommen.

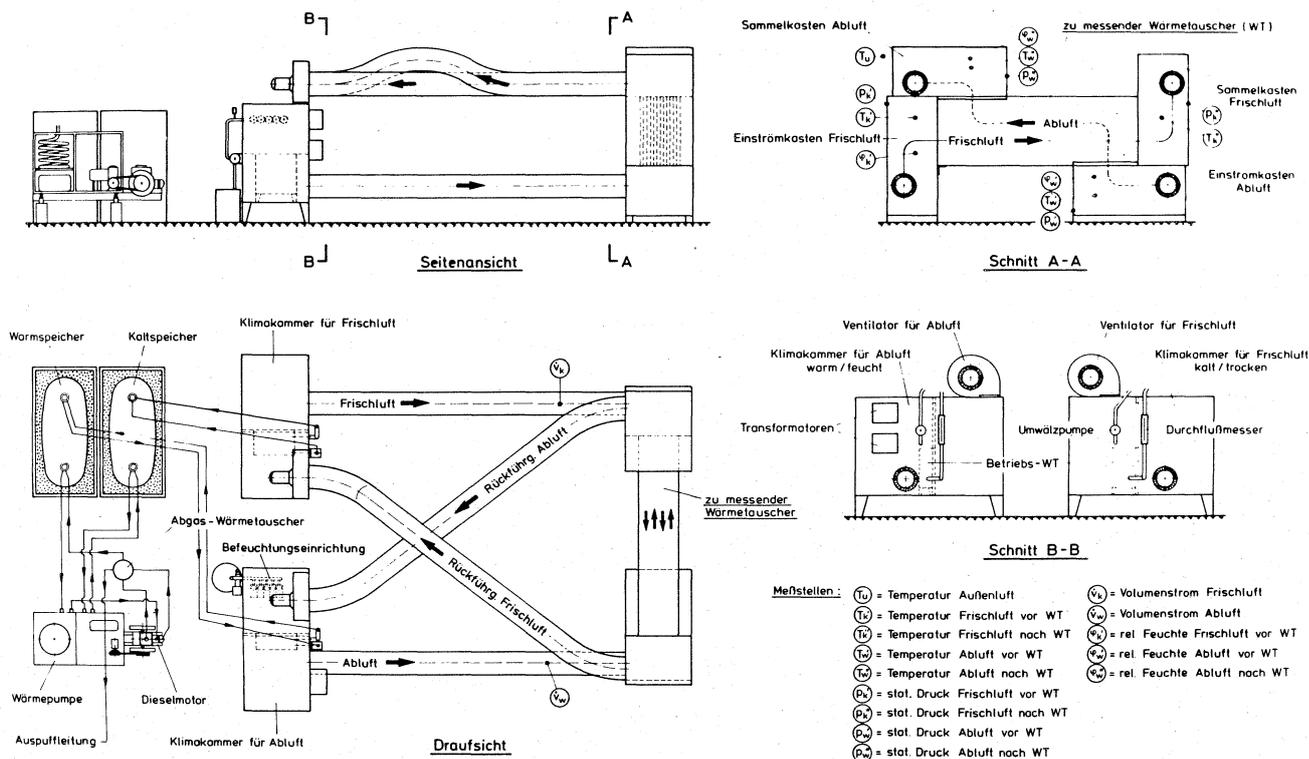


Abb. 2: Prüfstand für Stalluft - Wärmetauscher

Abkühlen bzw. Aufheizen der Speicher erfolgt mit einer Wärmepumpe von 4 kW Antriebsleistung.

Zur kontinuierlichen Abluftbefeuchtung kann durch einen Dampfblutbefeuchter mit 2 x 2 kW Heizleistung Dampf eingeblasen werden. Die relative Feuchte der Abluft vor und nach dem Wärmetauscher und die der Frischluft vor diesem wird durch Lithiumchlorid-Feuchtegeber erfaßt. Die sich vor und nach dem Wärmetauscher in beiden Luftströmen einstellenden Temperaturen messen paarweise ausgesuchte Pt-100 Temperaturfühler, wobei wesentlich ist, daß durch eine geeignete Anordnung der Fühler eine gute Verwirbelung der sich nach dem Durchströmen des Wärmetauschers einstellenden Temperaturschlieren gegeben ist.

Zur Differenzmessung des statischen Druckes vor und nach dem Wärmetauscher in beiden Luftströmen sind in den Ein- und Ausströmkammern Druckbohrungen angebracht, die Messung erfolgt durch ein Debro-Feindruckmanometer.

Auf dem Prüfstand werden sowohl selbstentwickelte als auch industriell hergestellte Wärmetauscher gemessen. Es werden ausschließlich stationäre Betriebspunkte gefahren, wobei in den meisten Fällen ein Massenstromverhältnis $\dot{m}_W/\dot{m}_K = 1$ eingestellt wird, einige wenige Punkte werden auch mit $\dot{m}_W/\dot{m}_K = 0,5$ und $2,0$ gefahren. Die Frischlufttemperaturen liegen zwischen -8°C und $+5^\circ\text{C}$, die der Abluft zwischen $+15^\circ\text{C}$ und $+28^\circ\text{C}$. Die relative Feuchte der Abluft liegt im allgemeinen so, daß keine Kondensatbildung auftritt; an jedem Tauscher werden aber auch einzelne Betriebspunkte mit Abluftfeuchten $\varphi_W' \leq 88\%$ gefahren, so daß bis zu $4,8$ l/h Kondensat ausfallen.

Die Registrierung aller Meßdaten erfolgt auf einem 12-Kanal Punktdrucker. Ist ein stationärer Betriebspunkt erreicht, so werden die Werte direkt am Prüfstand in einen programmierten Kleinrechner eingegeben, um die Energiebilanz auszuwerten.

Die durch Meßfehler verursachten Unstimmigkeiten in der Energiebilanz liegen für "trockene" Betriebspunkte kleiner als 6% ; bei Kondensatausfall und Abluftfeuchten um 100% liegt der Meßfehler oft darüber (bis zu 15%).

3.2. Messungen auf landwirtschaftlichen Betrieben

Die Prüfstandsergebnisse werden ergänzt und abgesichert durch Messungen auf landwirtschaftlichen Betrieben. Der Wärmetauscher arbeitet dann in korrosiver Umgebung, unter Staubbelastung und instationärem Betrieb. Prinzipiell wird die gleiche Meßtechnik wie am Prüfstand eingesetzt. Problematisch ist in der Praxis oft die Bestimmung der Luftmengen, da Beruhigungsstrecken für die Luftströmungen nicht vorhanden sind.

4. Ergebnisse und ihre Bedeutung

Am Prüfstand wurden bisher folgende Wärmetauscher durchgemessen:

- ein selbstentwickelter GFK-Plattenwärmetauscher
($A = 84 \text{ m}^2$)
- ein selbstentwickelter PE-Rippenrohr-Wärmetauscher
($A = 43,6 \text{ m}^2$)
- ein industriell gefertigter Glasröhren-Wärmetauscher
($A = 38,5 \text{ m}^2$) der Fa. Prix

Am Beispiel des Rippenrohr-Wärmetauschers werden die den Tauscher charakterisierenden Leistungsdaten aufgezeigt. Die Darstellungen beziehen sich auf stationäre Betriebspunkte ohne Kondensatausfall. Abbildung 3 zeigt den Temperatur-Austauschgrad als Funktion der Wärmetauscherkennzahl. Die zur Auswertung des Diagramms erforderliche Abhängigkeit des K-Wertes von \dot{m}_k und $\frac{\dot{m}_w}{\dot{m}_k}$ ist in Abbildung 4 dargestellt.

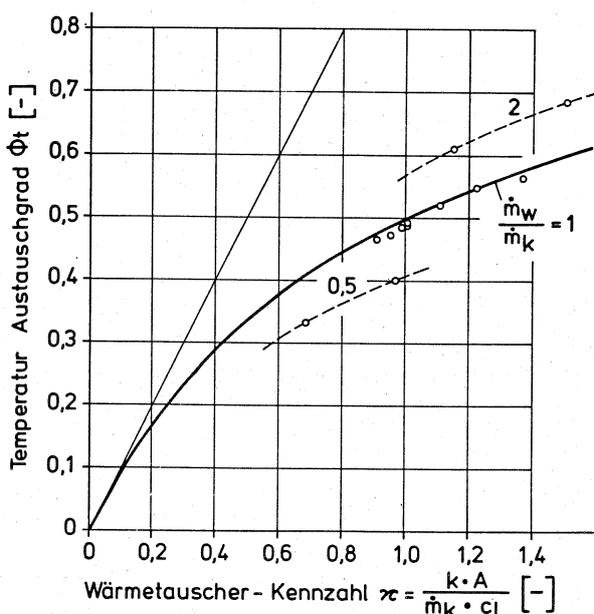


Abb. 3: Abhängigkeit des Temperatur-Austauschgrades von der Wärmetauscher-Kennzahl (Air-flex Rippenrohr - Wärmetauscher, $A=43,6 \text{ m}^2$)

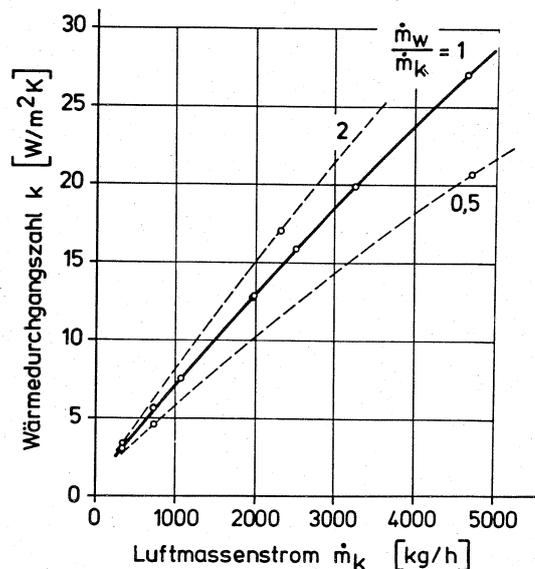


Abb. 4: Wärmedurchgangszahl in Abhängigkeit des Luftmassenstromes (Air-flex Rippenrohr - Wärmetauscher, $A=43,6 \text{ m}^2$)

Vergrößert man bei einem Wärmetauscher den Luftdurchsatz, so steigt der K-Wert gemäß der gemessenen Charakteristik, Andererseits sinkt die Wärmetauscher-Kennzahl κ , so daß sich niedrigere Temperatur-Austauschgrade ergeben. Abb. 5 zeigt diesen Zusammenhang.

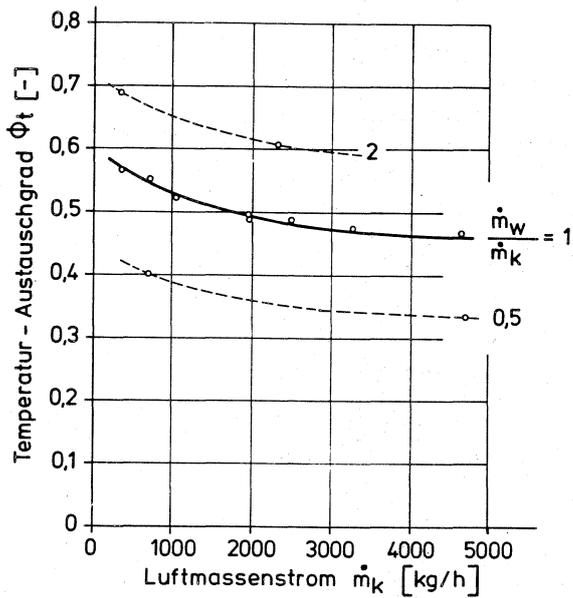


Abb. 5: Abhängigkeit des Temperatur-Austauschgrades vom Luftmassenstrom (Air-flex Rippenrohr-Wärmetauscher, $A=43,6 \text{ m}^2$)

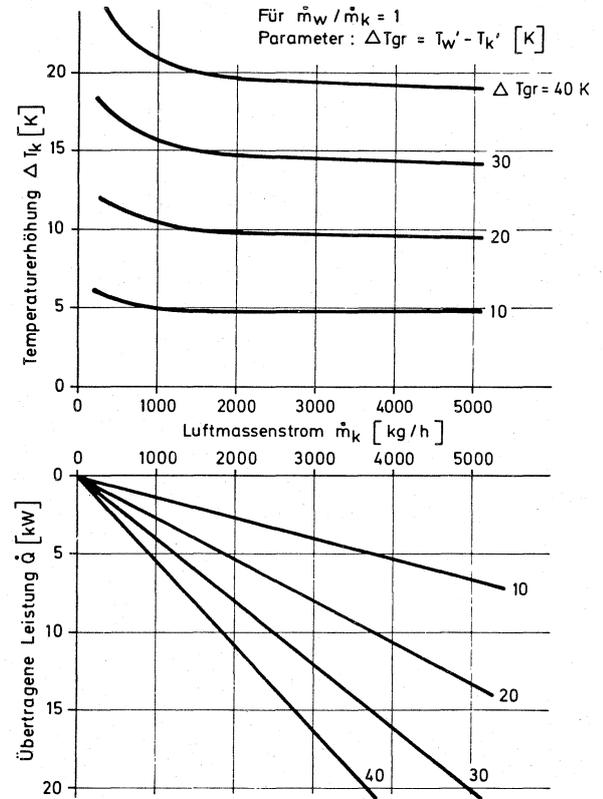


Abb. 6: Temperaturerhöhung und übertragene Leistung in Abhängigkeit des Luftmassenstromes (Air-flex Rippenrohr-Wärmetauscher, $A=43,6 \text{ m}^2$)

Die Temperaturerhöhung der Frischluft sowie der übertragenen Leistung in Abhängigkeit des Luftmassenstromes und der Temperaturdifferenz $T_w' - T_k'$ ist in Abb. 6 dargestellt.

Abbildung 7 zeigt den Druckverlust des Wärmetauschers, der ein Maß für den elektrischen Leistungsbedarf ist. Abluft- und Frischluftseite weisen im allgemeinen unterschiedliche Werte auf.

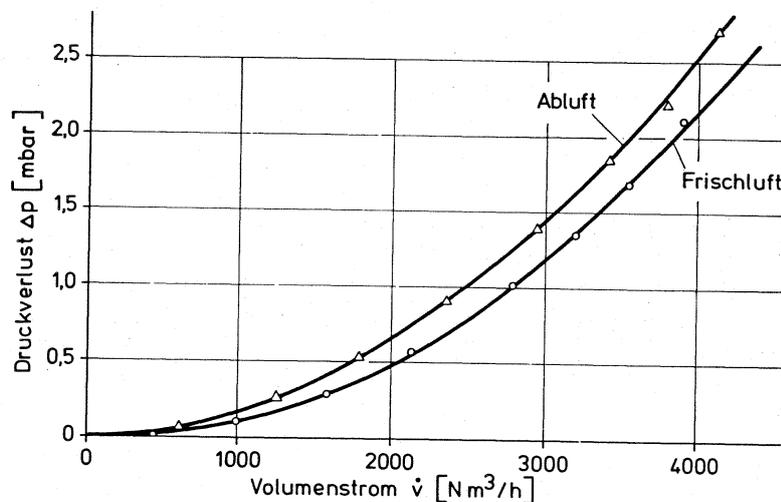


Abb. 7: Abhängigkeit des Druckverlustes vom Volumenstrom (Air-flex Rippenrohr-Wärmetauscher, $A=43,6 \text{ m}^2$)

In Abbildung 8 sind die Temperatur-Austauschgrade der drei bisher durchgemessenen Tauscher gegenüber gestellt. Der Verlauf von Φ_t beim Glasrohr-Wärmetauscher weist bei $\dot{m}_k = 2500 \text{ kg/h}$ einen Anstieg auf, der auf eine Verbesserung der Wärmeübertragung durch einen Umschlag der Strömung von laminar in turbulent erklärt werden kann. Die beiden Selbstbau-Wärmetauscher unterscheiden sich in ihrer thermischen Übertragungsleistung bei Luftdurchsätzen kleiner 2000 kg/h nur unwesentlich.

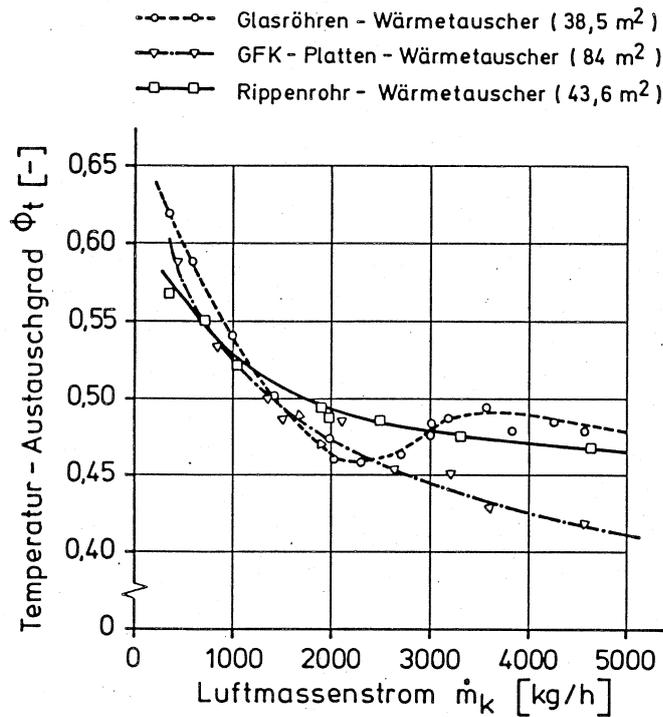


Abb. 8: Temperatur-Austauschgrad in Abhängigkeit des Luftmassenstromes (für $\dot{m}_w / \dot{m}_k = 1$)

In Abbildung 9 sind Meßergebnisse des Temperatur-Austauschgrades Φ_t bei Kondensation in der Abluftseite dargestellt.

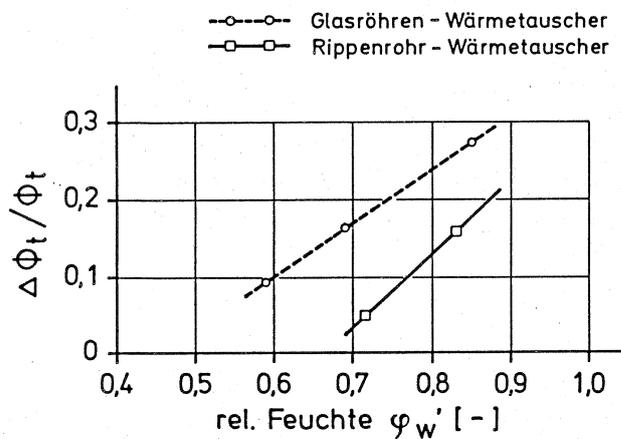


Abb. 9: Steigerung des Temperatur-Austauschgrades in Abhängigkeit der rel. Feuchte der Abluft

Auf der Ordinate ist aufgetragen $\Delta\Phi_t / \Phi_t$, also die Steigerung von Φ_t gegenüber dem entsprechenden "trockenen" Betriebspunkt, bezogen auf Φ_t dieses "trockenen" Betriebspunktes; auf der Abszisse ist aufgetragen die rel. Feuchte der Abluft vor dem Wärmetauscher. Diese Auswertungsart ist noch nicht befriedigend, da beispielsweise der Einfluß der Luftdurchsätze ungeklärt ist. Sowohl an der Theorie als auch an der Meßtechnik für "feuchte" Betriebspunkte wird derzeit noch gearbeitet.

In Tabelle 1 sind die Druckverluste der drei Wärmetauscher gegenübergestellt:

Tab. 1

	Tauscherfläche A (m ²)	Druckverl. Δp (Pa) bei $\dot{V}=3000\text{Nm}^3/\text{h}$			
		Abluft		Frischlufte	
		Δp_w	$\Delta p_w/A$	Δp_k	$\Delta p_k/A$
GFK-Plattenwärmetauscher	84	74	0,88	46	0,55
Rippenrohr-Wärmetauscher	43,6	146	3,35	120	2,75
Glasröhren-Wärmetauscher	38,5	64	1,66	154	4,00

Der Ausdruck $\Delta p_w/A$ bzw. $\Delta p_k/A$ stellt den Druckverlust pro Quadratmeter Tauscherfläche dar.

Messungen in der Praxis wurden in mehreren landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt. Als Beispiel werden die Leistungsdaten eines in einem Kälbermaststall eingesetzten GFK-Plattenwärmetauschers dargestellt (Abb.10).

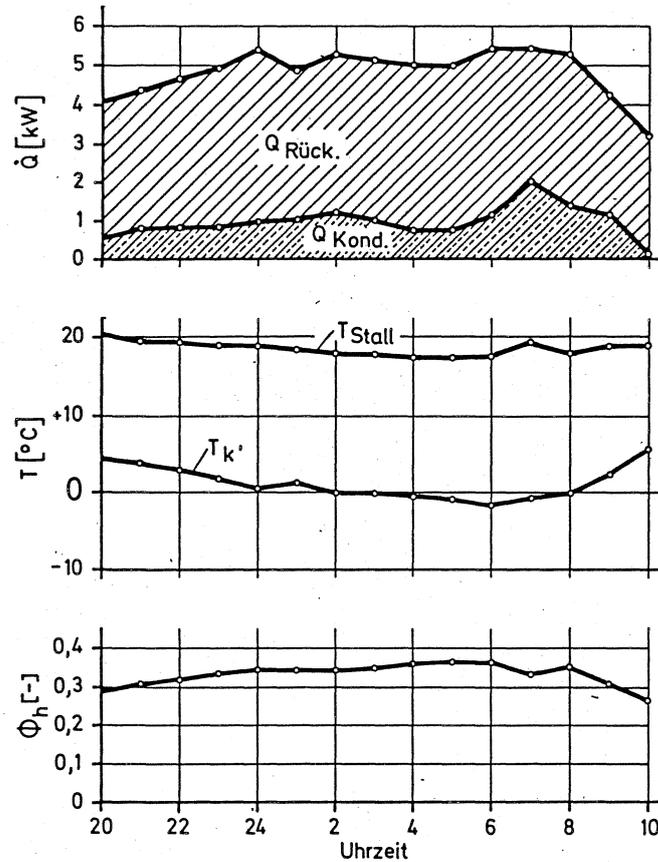


Abb. 10: Übertragene Leistung, Temperaturverlauf und Enthalpie - Austauschgrad

(GFK Platten - Wärmetauscher ; $A=84 \text{ m}^2$; Betrieb Krämer / Siegritz ; Kälbermaststall ; 56 Tiere ϕ 130 kg ; Messungen vom 24/25.3.1982)

Im obersten Diagramm ist die rückgewonnene Energie aufgetragen, wobei der durch Kondensation der Abluft gewonnene Anteil etwa 20 % davon be- trägt. Weiter ist aufgetragen der Verlauf von Stalltemperatur T_{st} und Frischlufttemperatur $T_{k'}$.

Das untere Diagramm zeigt den Enthalpie-Austauschgrad, der definiert ist als das Verhältnis der rückgewonnenen Energiemenge zu der Energie- menge, die dem Stall verloren ginge, wenn keine Wärmerückgewinnung ein- gesetzt würde. Die relative Luftfeuchtigkeit im Stall lag bei 65 %, wobei der Wärmetauscher etwa seit drei Monaten im Betrieb war.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß zur vergleichenden Beurteilung der thermischen Übertragungsleistung sowie des strömungstechnischen Verhaltens verschiedener Bauarten die Prüfstandmessungen voll ausreichen. Um den Einfluß der feucht aggressiven und staubhaltigen Stallluft auf die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Wärmetauscher zu klären, müssen diese jedoch durch Praxismessungen ergänzt werden. Auch wären Messungen über einen längeren Zeitraum, beispielsweise ein Winterhalbjahr sinnvoll, um die Energieersparnis in Abhängigkeit der Stallfaktoren wie Tierbelegung oder k-Wert der Stallhülle zu bestimmen. Nur so kann die Frage nach der für den konkreten Einsatzfall wirtschaftlich sinnvollen Tauschergröße geklärt werden. Diese Fragen sollen im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens Teilprojekt M 3 bearbeitet werden.

Literatur

1. B a l g, J.: Wärmepumpen zur Stallklimatisierung und Hausbeheizung.
Dissertation am Institut für Landtechnik, Bonn 1980
2. B o r c h e r t, K.: Rückgewinnung von Transmissionswärme in dauerbelüfteten Wärmeställen.
Landbauforschung Völkenrode 28 (1978), Heft 2, S. 57 - 62
3. B o r c h e r t, K.: Legehennenhaltung in Doppelfolienställen mit Rückgewinnung von Transmissionswärme.
KTBL-Arbeitspapier Nr. 68 "Kunststoffanwendung bei steigenden Energiekosten" Darmstadt (1981), S. 79 - 103
Institut für Thermo- u. Fluidodynamik der Ruhr-Universität Bochum: Wärmetauscher, Vorlesungsmanuskript Februar 1981
4. I s e n s e e, E., C i e l e j e w e s k i e, H.: Anwendung der Stallluft-Wärmepumpe
DLZ 30 (1980), Heft 9, S. 1390 - 1394
" :Erfahrungen mit Stallluft-Wärmepumpen
Landtechnik (1982), Heft 1, S. 20 - 24
5. K e s s e l, H.W.: Wärmepumpen und Wärmetauscher in der Landwirtschaft.
Kartei für Rationalisierung des RKL, Kiel (1980), Kap. 04, S.49-80
6. S a i l l e r, W.: Die Abluft erwärmt die Zuluft - Erste Erfahrungen mit dem Glasrohrwärmetauscher.
top agrar (1980), Heft 5, S. 36 - 38

7. S e n s, H.D.: Erfahrungen mit Wärmetauschern einer Luft-Luft-Wärmepumpe in einem Schweinestall.
Landtechnik 35 (1980), Heft 7, S. 327 - 329
8. S c h ü r z, St.: Korrosionsfeste Wärmetauscher
Landtechnik (1982), Heft 1, S. 24 - 28

Veröffentlichungen

1. S c h u l z, H.: "Mit Stallabluft heizen"
top agrar (1979), H. 6, S. 82 - 85 und H. 7, S. 74 - 76
2. S c h u l z, H.: Neuere Erfahrungen bei der Kunststoffanwendung in Solartechnik und Wärmerückgewinnung in der Landwirtschaft.
KTBL - Arbeitspapier Nr. 57 "Kunststoffe und neue Energietechniken" Darmstadt (1980), S. 13 - 28
3. S c h u l z, H.: "Sonnenenergie und andere umweltfreundliche Energiequellen"
top agrar extra, (1981) 3. Auflage, Landwirtschaftsverlag
Münster-Hiltrup
4. S c h u l z, H., V o g t, S.: Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung aus Stallabluft
Landtechnik, Heft 1 (1982) S. 16

Vorträge

1. S c h u l z, H.: "Möglichkeiten und Probleme der Wärmerückgewinnung in der Rinderhaltung"
SFB-Fachgespräch über aktuelle Fragen der Bautechnik in der Rinderhaltung in Weihenstephan am 14.3.79
2. S c h u l z, H.: "Alternative Technologien in der Landwirtschaft"
Seminar an der Gesamthochschule Kassel am 31.3.79
3. S c h u l z, H.: "Erschließung neuer Energiequellen in der Landwirtschaft"
Informationsveranstaltung der Niederösterreichischen Landeslandwirtschaftskammer Wien am 19.4.79
4. S c h u l z, H.: "Neuere Erfahrungen bei der Kunststoffanwendung in Solartechnik und Wärmerückgewinnung in der Landwirtschaft"
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kunststoffe in der Landwirtschaft in Weihenstephan am 24.10.79

5. S c h u l z, H.: "Abwärmenutzung und Erschließung von natürlichen Energien in der Landwirtschaft"
Sitzung der Arbeitsgruppe "Abwärmenutzung" der Obersten Baubehörde im Bayer. Staatsministerium des Innern in Weihenstephan am 4.12.79
6. S c h u l z, H.: "Aktuelle Möglichkeiten zur Nutzung alternativer Energiequellen in der Landwirtschaft."
Fachtagung der Bezirksbauernkammer Tulln/Österreich am 17.1.80
7. S c h u l z, H.: "Energieprobleme und Erfahrungen aus landwirtschaftlicher Sicht"
Seminar über Energie-Sparmaßnahmen und -Alternativen der Raiffeisen-Zentralgenossenschaft Karlsruhe am 28.2.80 in Offenburg
8. S c h u l z, H.: "Nutzungsmöglichkeiten für Sonnenenergie, Windkraft und Wärmerückgewinnung in der Landwirtschaft"
Fortbildungslehrgang des Betriebshelfer-Kuratoriums am 2.7.80 in Weihenstephan
9. S c h u l z, H.: "Solartechnik und Wärmerückgewinnung in der Landwirtschaft"
Landtechniker-Seminar der Staatlichen Führungsakademie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten am 14. u. 22.10.80 in Weihenstephan
10. S c h u l z, H.: "Platten- und Röhrenwärmetauscher aus Kunststoffen zur Nutzung der Stallabwärme!"
Jahrestagung der Gesellschaft für Kunststoffe in der Landwirtschaft am 21.10.81 in Völkenrode.

Teilnahme an Tagungen

- | | |
|--------------|---|
| 24.10.79 | Jahrestagung der Gesellschaft für Kunststoffe in der Landwirtschaft |
| 21./22.10.81 | Jahrestagung der Gesellschaft für Kunststoffe in der Landwirtschaft |

Wissenschaftliche Kontakte

- . Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Völkenrode
(Institute für Bauforschung, Technologie u. Betriebstechnik)
- . Institut für Landtechnik, Gießen
- . Institut für landwirtschaftl. Verfahrenstechnik, Kiel
- . Institut für Thermo- und Fluidodynamik der Ruhr-Universität Bochum
- . Institut für Technik im Gartenbau, Hannover
- . Institut für Landtechnik, Bonn
- . Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion Stuttgart-Hohenheim
- . Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- . Gesellschaft für Kunststoffe i.d. Landwirtschaft, Darmstadt
- . Bayer. Landesanstalt für Tierzucht, Grub
- . Forschungs- und Entwicklungsabteilungen verschiedener Firmen

