

Wissenschaftliche Beihefte

zum Mitteilungsorgan der Studiengesellschaft
für landwirtschaftliche Arbeitswirtschaft e.V.:
Die Landarbeit

Dokumentation

wissenschaftliches Seminar Giessen
27. bis 29. September 1972

Heft 1



Wissenschaftliche Beihefte zum
Mitteilungsorgan "Die Landarbeit" der Studiengesellschaft für
landwirtschaftliche Arbeitswirtschaft e.V.

D O K U M E N T A T I O N

wissenschaftliches Seminar der Arbeitsgruppe
Arbeits- und Verfahrenswissenschaften
in der
Studiengesellschaft für landwirtschaftliche
Arbeitswirtschaft e.V.

27. bis 29. September 1972

Giessen

Die Verantwortung für den Inhalt tragen die Autoren.
Sämtliche Beiträge werden in der Originalfassung gebracht.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes sowie jeder Art der fotomechanischen Wiedergabe, auch auszugsweise, vorbehalten.

Copyright by Studiengesellschaft für landwirtschaftliche
Arbeitswirtschaft e.V. D-6550 Bad Kreuznach, Am Kauzenberg

1972

Inhaltsverzeichnis

	Seite
DUPUIS, H.; CHRIST, E. u. J.L. FREUND Physiologische Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der Beanspruchung bei der Arbeit.	7
WOLFERMANN, H.F. u. J. HORNIG Einfluß geruchsintensiver Luft auf die Atemfunktion beim sitzenden Menschen in Ruhe und unter Belastung.	19
HESSELBACH, J.; MEIER, J. u. J.L. FREUND Meßmethoden am Menschen zur Beschreibung der dispositiven Kapazität.	31
ISENSEE, E. u. F. TEEBRÜGGE Kriterien zur Investition und Beurteilung von Arbeitsverfahren aus der Sicht der Landwirte.	50
BRUNDKE, M. Ansprüche an landwirtschaftliche Kalkula- tionsdaten zum Zwecke der Anwendung in einer Datenbank.	59
LORENZ, J. Anwendung der Teilzeitmethode bei der Ferkelaufzucht in Flachkäfigen.	71
WILKING, E. Die Anwendung des MTM-Systems zur Organi- sation von Arbeitsverfahren bei der Con- tainerkultur in Baumschulen.	80

	Seite
HAMMER, W.	91
Planung und Auswertung von Versuchen zum Vergleich des Zeitbedarfes unterschied- licher Arbeitsverfahren.	
PEN, Char-Lie	
Arbeitswirtschaftliche Untersuchung mit Hilfe von Simulationsmodellen bei ver- schiedenen Melkverfahren.	111
HONIG, H.	128
Ermittlung biologischer Kennwerte im Produktionsprozess Futterkonservierung.	
KÖBSELL, H.	143
Das Problem der Einsatzzeitbegrenzung unter dem Aspekt der Rechtzeitigkeit.	
ALBRECHT, P.	161
Die Berechnung der Betriebsfläche für Arbeitsverfahren in Graslandbetrieben anhand von Einzel-Element-Kalkulationen.	
HECKMANN, G.	172
Planung der Futterernte mittels Netz- plantechnik.	
FRIZEN, H.W.	182
Vergleichende Untersuchungen bei Spezial-Maissägeräten.	

Anschriften - Verzeichnis

1. ALBRECHT, P. Dipl.Ing.agr. Landmaschinen-Institut
34 Göttingen
Gutenbergstr. 33
2. BRUNDKE, M. Dr. Kuratorium für Technik und
Bauwesen in der Landwirt-
schaft (KTBL)
6 Frankfurt/Main
Zeil 65-69
3. DUPUIS, H. Priv.Doiz.Dr. Max-Planck-Institut für
Landarbeit und Landtechnik
655 Bad Kreuznach
Am Kauzenberg
4. FRIZEN, H.W. Dipl.Ing.agr. Institut für Landtechnik
5300 Bonn 1
Nussallee 5
5. HAMMER, W. Dr. Max-Planck-Institut für
Landarbeit und Landtechnik
655 Bad Kreuznach
Am Kauzenberg
6. HECKMANN, G. Dipl.agr.oec. Fachgruppe 11, Technik und
Bauwesen in der Tierpro-
duktion
7 Stuttgart 70
Garbenstr.
7. HESSELBACH, J. Prof.Dr. Max-Planck-Institut für
Landarbeit und Landtechnik
655 Bad Kreuznach
Am Kauzenberg

8. HONIG, H. Dr. Institut für Grünlandwirtschaft
3301 Braunschweig
Bundesallee 50
9. ISENSEE, E. Dr. Institut für Landtechnik
63 Giessen
Braugasse 7
10. KOBSELL, H. Priv.Doiz.Dr. Landmaschinen-Institut
34 Göttingen
Gutenbergstr. 3
11. LORENZ, J. Dipl.Ing.agr. Institut für Landtechnik
63 Giessen
Braugasse 7
12. PEN, Char-Lie Dr. Institut für Landtechnik
805 Freising-Weißenstephan
13. WILKING, E. Dr. 2849 Wöstendöllen/Vechta
14. WOLFERMANN, H.F. Dr. Max-Planck-Institut für
Landarbeit und Landtechnik
655 Bad Kreuznach
Am Kauzenberg

Physiologische Untersuchungsmethoden zur
Beurteilung der Beanspruchung bei der Ar-
beit

von Privatdozent Dr. agr. Heinrich Dupuis,
Dipl.-Ing. E. Christ und Dr. rer. nat. J.
L. Freund, Bad Kreuznach

Jede Änderung von Arbeitsverfahren und Neuentwicklung von Landmaschinen führt zu neuartigen Mensch-Maschine-Systemen. Insbesondere durch technische Veränderungen werden die Arbeitsaufgaben des Menschen, die Arbeitsumweltbedingungen und damit die Belastung und Beanspruchung des Menschen verändert. Zur Erreichung des Zieles einer Optimierung von Mensch-Maschine-Systemen stellt sich somit auch die Aufgabe zu untersuchen, ob es während eines Arbeitsablaufes zu einer Überbeanspruchung des Menschen kommt.

Die rechtliche Voraussetzung für solche Aufgabenstellungen ist mit dem Gesetz über technische Arbeitsmittel ("Maschinenschutzgesetz") vom 1.12.68 geschaffen worden, das Maßnahmen für eine Verhinderung von Überbeanspruchungen und Gesundheitsschädigungen am Arbeitsplatz zwingend vorschreibt. Das gilt selbstverständlich auch für die Bereiche von Landarbeit und Landtechnik. Die meßtechnische Erfassung der physiologischen Beanspruchung dient somit nicht nur als ergonomischer Beitrag zur vergleichenden Beurteilung verschiedener Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel, sondern auch mehr und mehr zur Erfüllung dieser gesetzlichen Vorschriften.

Belastung - Beanspruchung

Zur Vermeidung terminologischer Mißverständnisse sollen an dieser Stelle die Begriffe "Belastung" und "Beanspruchung" definiert werden. Unter "Belastung" werden - in Anlehnung an die Terminologie in der Technik - die von außen auf den Menschen stoßenden Umgebungskräfte, aber auch sinnesphysiologische Aufgaben verstanden (Beispiele: Pedalkräfte, Schwingungen, Lärm, Staub, Temperatur). Dagegen stellt die "Beanspruchung" die Auswirkung solcher Belastungen im physiologischen und psychologischen Bereich des Menschen dar (Beispiele: Muskelkraft, Energieumsatz, Verminderung

peripherer Durchblutung, Herabsetzung der Sehschärfe, Erhöhung der Kerntemperatur).

Obgleich die Ermittlung der Belastung durch physikalisch-technische Messungen für die ergonomische Beurteilung von ebenso großer Bedeutung ist, soll hier nur über Methoden zur Erfassung der Beanspruchung berichtet werden. Es wird lediglich im letzten Abschnitt auf die Bedeutung von Belastungsmessungen im Rahmen von ergonomischen Prüflisten hingewiesen werden.

Intensität menschlicher Beanspruchung bei der Arbeit

Durch Messungen physiologischer Parameter ist festzustellen, ob eine Beanspruchung innerhalb des normal-physiologischen Bereiches vorliegt oder nicht. Es läßt sich nämlich jede physische oder psychische Aktivität nach der Intensität der menschlichen Beanspruchung skalieren (Abbildung 1). Wenn wir von einer "Normalbeanspruchung" ohne physiologisch nachteilige Veränderungen ausgehen, die sich allerdings generell nicht festlegen läßt, sondern die jeweils individuell gegeben ist, würde man mit zunehmender Intensität auf der Skala nach rechts zu einer (reversiblen) Überbeanspruchung und schließlich zu extremer (irreversibler) Überbeanspruchung kommen. Auf der Skala links von der Normalbeanspruchung wäre ein Bereich der regenerativen Beanspruchung (Erholung) anzugeben und mit weiter abnehmender Aktivität schließlich eine Unterbeanspruchung. Sowohl die Über- als auch die Unterbeanspruchung können zu gesundheitlichen Schädigungen führen.

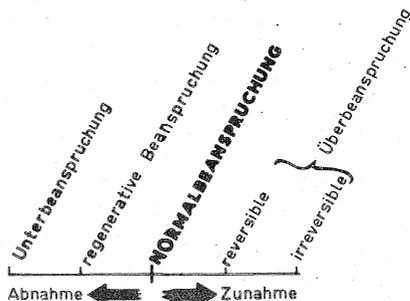


Abbildung 1: Intensitätsskala der menschlichen Beanspruchung

Arten menschlicher Beanspruchung bei der Arbeit

Hinsichtlich der Arten menschlicher Beanspruchung lassen sich folgende Unterscheidungen treffen:

A. Physische (körperliche) Beanspruchung.

Sie wird hervorgerufen durch die Benutzung des Bewegungsapparates und der gesamten Muskulatur und äußert sich in einer Beanspruchung im energetischen Bereich. Hier ist bezüglich der Muskelfunktionen zu trennen zwischen

- A1 dynamischer Arbeit und
- A2 statischer Arbeit.

B. Psychische Beanspruchung.

Sie entsteht durch psychische Aktivität, also eine vorwiegend nicht-muskuläre Tätigkeit, die von den Psychologen auch als geistig-seelisches Aktivsein bezeichnet wird.

Obgleich hier noch eine terminologische Lücke zu bestehen scheint, muß doch wohl unterschieden werden zwischen

- B1 psychischer Beanspruchung durch Vorgänge, wie wahrnehmen, sich vorstellen, denken, überwachen und alle psychomotorischen Aufgaben und
- B2 emotionaler Beanspruchung, wie z. B. Ärger, Freude, Aufregung, Gefahrenerlebnis usw.

C. Passive (inaktive) Beanspruchung.

Sie kann durch verschiedene exogene Belastungsfaktoren hervorgerufen werden, von denen in dieser Betrachtung zunächst nur die folgenden vier berücksichtigt werden sollen:

- C1 Klimaeinflüsse
- C2 Staub und Chemikalien
- C3 Lärm
- C4 mechanische Schwingungen.

Besonderheiten der Methoden für Beanspruchungsmessungen

Gegenüber klinischen Meßmethoden, die oft auch einen erheblichen physisch und psychisch belastenden Eingriff darstellen können, da dem kranken Menschen um jeden Preis geholfen werden muß, unterscheiden sich die in der Ergonomie und Anthropotechnik anwendbaren physiologischen Methoden wesentlich: Es ist wichtigste Voraussetzung, daß sie den zu untersuchenden Menschen so wenig wie möglich belästigen und beeinflussen dürfen. Daher haben tech-

nische Verbesserungen solcher Methoden bei Anwendung in der Arbeitswissenschaft besonders hohen Nutzen, sind jedoch auch die Meßeinrichtungen oft besonders aufwendig und kostspielig.

Hinsichtlich der Wertung von Beanspruchungsmessungen muß von der Tatsache ausgegangen werden, daß an jedem neuen Arbeitsplatz oder im Umgang mit einem neuen Arbeitsmittel der Mensch zunächst unökonomisch arbeitet. Würde man physiologische Messungen ohne genügendes Training oder Einübungszeit des Probanden werten, würde man in der Regel überhöhte Beanspruchungen messen. (Abbildung 2). Erst nach ausreichender Einarbeitungszeit läßt sich bei einem objektiv besseren Arbeitsverfahren auch eine geringere physiologische Beanspruchung nachweisen.

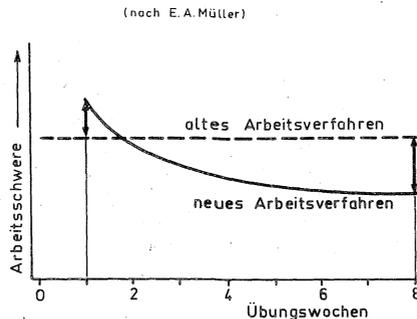


Abbildung 2: Arbeitsschwere in Abhängigkeit vom Übungsgrad

Es lassen sich zwei Gruppen von Untersuchungsmethoden unterscheiden:

A. Verfahren, die kontinuierliche Messungen am Arbeitsplatz gestatten, ohne den Arbeitsablauf zu behindern:

1. Pulsfrequenz (ggf. über EKG) - Kriterium für Beanspruchung durch statische und dynamische Muskelarbeit, Hitze, psychische Beanspruchung und Emotion -
2. Elektromyografie (EMG) - Kriterium für Beanspruchung einzelner Muskelgruppen -
3. Elektroencephalografie (EEG) - Kriterium für geistige Aktivität und Emotivität, bisher jedoch für Feldversuche nicht geeignet -

4. Hautdurchblutung/Hautwiderstand - Kriterium für Beanspruchung des vegetativen Nervensystemes, insbesondere bei Lärm und Vibrationen. Anwendung im Feldversuch ebenso problematisch -
5. Temperaturmessung - bei Rektalmessung ein Kriterium für die Kerntemperatur und daher insbesondere an Hitze Arbeitsplätzen von Bedeutung -
6. Respirationsmessung - zur Bestimmung von O_2 -Aufnahme, CO_2 -Abgabe und Energieverbrauch -

B. Verfahren, die sich nicht kontinuierlich, sondern nur zwischen Versuchsphasen (Ruhe-, Arbeits-, Erholungsperiode) durchführen lassen:

1. Blutdruck
2. Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF)
3. Sehschärfe/Tiefensehschärfe/Gesichtsfeldeinengung
4. Reaktionszeit
5. Veränderungen der Blutzusammensetzung

Pulsfrequenz (PF)

Die Pulsfrequenz ist eine von verschiedenen Kreislaufgrößen, jedoch nach allgemeiner heutiger Auffassung die für die Beurteilung der Beanspruchung wichtigste. Welche Faktoren als Belastungs- oder Störgrößen auf die PF einwirken können, zeigt Tafel 1.

	Belastungs- größen	Stör- größen
dynamische Muskelarbeit	x x	
statische Muskelarbeit	x x	
psychische Belastung	x x	x
physische und psychische Vorbelastung (z.B. aus Privatsphäre)		x x
Nahrungsaufnahme	x	x x
Pharmaka und Reizmittel	x	x x
Krankheiten		x x
Tagesrhythmus	x	x
Lärm	x x	x
Klima	x x	x
starke Vibrationen	x x	x

Tafel 1: Einflußgrößen auf die Pulsfrequenz

Ein weiterer Vorteil der Pulsfrequenz ist ihre relativ einfache und sichere Messung mit einer Meßtechnik, die in den letzten Jahren wesentlich verfeinert werden konnte (Abbildung 3).

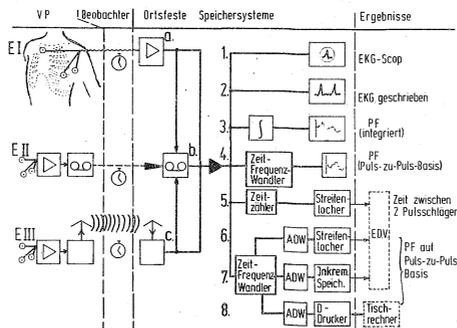


Abbildung 3: Pulsfrequenz - Meßtechnik

Wegen der Bedeutung dieser Meßmethode für das landwirtschaftliche Arbeitsstudium hat im November 1971 in Bad Kreuznach ein Internationales Kolloquium stattgefunden, auf dem die physiologischen Grundlagen, die Technik der Messung, Speicherung und Datenverarbeitung sowie die Anwendung bei Arbeitsuntersuchungen diskutiert wurden. Danach liegen folgende Erkenntnisse vor:

1. Eine qualitative Bewertung von Meßergebnissen der PF ist dann möglich, wenn unter sonst konstant gehaltenen Bedingungen im Arbeitsversuch zwei oder mehrere Arbeitsverfahren miteinander verglichen werden (Abbildungen 4 und 5).
2. Für die quantitative Bewertung von Messungen der PF als einer komplexen (integrierenden) Größe für die 4 wichtigsten Einflußfaktoren dynamische Arbeit, statische Arbeit, Hitze und psychische Beanspruchung muß angenommen werden, daß eine additive Verrechnung dieser Einflüsse im Kreislaufsystem sicher nicht vor sich geht. Zusätzliche Meßgrößen, vor allem die Erfassung der O_2 -Aufnahme, des Katecholaminstoffwechsels oder physikalische Parameter können unter Berücksichtigung von Grundlagenerkenntnissen zu einer Analyse der Beanspruchung beitragen.
3. Die bisher oft gebrauchte quantitative Definition der Dauerleistungsgrenze als einer Arbeitspulsfrequenz von 30 - 40

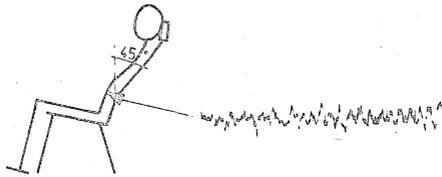
Elektromyographie (EMG)

Das Elektromyogramm ist ein Maß für bioelektrische Potentiale, die an den Muskelfasern entstehen. Die Stärke der Potentialschwankungen ist von der Anzahl der sich entladenden motorischen Einheiten abhängig. Bei Erregung durch eine Ganglienzelle wird die Überträgersubstanz Acetylcholin freigesetzt, die eine Depolarisation der Muskelfasermembran gegenüber dem Inneren bewirkt. War diese vorher positiv geladen, so kommt es nun zu einer Umkehr: z. B. in Ruhe: + 80 mV, bei Kontraktion: - 40 mV, Aktionspotential: 120 mV.

Zur Messung eignen sich im Arbeitsversuch keine Nadelelektroden, die zwar den Muskel genauer lokalisieren lassen, deren Einführung jedoch schmerzhaft ist und zur Verspannung führt. Mit auf der Haut aufklebbaren Oberflächen Elektroden liegt dagegen keine Behinderung vor. Allerdings lassen sich nur Spannungen zwischen 30 und 300 μ V messen. Der Übergangswiderstand muß $< 5 \text{ K}\Omega$ sein.

Die Technik der Elektromyografie ist in den letzten Jahren wesentlich verbessert worden, so daß heute bei sorgfältiger Versuchsanstellung quantitative Aussagen mit dieser Methode möglich sind. So ließ sich das Resonanzverhalten des Oberkörpers bei horizontaler Schwingungserregung mit dieser Methode nachweisen. Bei Hand-Arm-Schwingungen, wie sie z. B. durch Motorsägen erzeugt werden, konnte mit dem EMG des m. biceps die Reaktion bei verschiedenen Schwingungsfrequenzen und verschiedener Greifkraft bestimmt werden.

Wie Abbildung 6 zeigt, läßt sich auch mit dem EMG die Bequemlichkeit verschiedener Sitzhaltungen nachweisen. Es sollte jedoch beachtet werden, daß man sich zur Beurteilung der Körperhaltung bei der Arbeit, bei der zahlreiche Muskelgruppen mitwirken, mit qualitativen Aussagen über das EMG verschiedener Muskeln begnügen muß.



Elektromyogramme am m. erector trunci

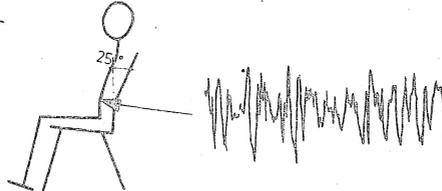


Abbildung 6: Elektromyogramm bei zwei Sitzhaltungen

Flimrnerverschmelzungsfrequenz (FVF)

Eine Methode zur Untersuchung des Beanspruchungsverhaltens des Menschen unter Arbeitsbelastung, die allerdings nur bei simulierten Arbeitsaufgaben in Laboruntersuchungen angewandt werden kann, ist die Bestimmung der FVF. Dabei werden den Versuchspersonen Lichtreize in rascher Folge mit steigender Frequenz dargeboten und die Schwelle, bei der es durch Verschmelzung der Einzelreize zu einem kontinuierlichen Lichteindruck kommt, bestimmt.

Bei dieser Methode wird aber nicht die erreichte Absolutfrequenz der Flimmerschwelle, sondern deren Veränderung bei Arbeitsbelastung in Abhängigkeit von der Zeit ausgewertet. So konnte nach anstrengendem Lesen eines Textes mit nur einem Auge - das andere war in dieser Zeit verdeckt - anschließend eine Absenkung der Flimmerschwelle, auch in dem nichtbeteiligten Auge festgestellt werden, so daß angenommen werden kann, daß diese Veränderung von der Beteiligung des Sehorganes unabhängig ist, sondern auf zentralnervösen Ursachen beruht.

Im Ergebnis solcher Untersuchungen mußte man zwar auf den erhofften Einsatz der FVF als Ermüdungsindikator verzichten, hatte aber zugleich eine Methode zur Beschreibung des kortikalen Erregungszustandes und damit der vegetativen Tonuslage und ihrer Veränderungen beim arbeitenden Menschen gefunden.

An einem Beispiel (Abbildung 7) wird gezeigt, wie sich die FVF beim Fahren eines VW- Busses und eines Schleppers zeitabhängig mit eingeschalteter Pause verhält.

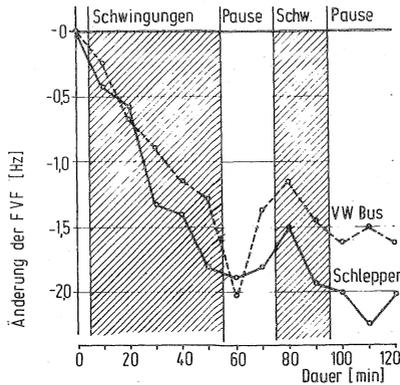


Abbildung 7: Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) unter dem Einfluß stochastischer Schwingungen

Blutzusammensetzung

Jede physische Arbeitsbelastung beeinflusst nicht nur kreislaufphysiologische Parameter, sondern führt auch zu biochemischen und korpuskulären Veränderungen im Blut. So ist bekannt, daß bei Muskelarbeit vermehrt Erythrozyten in den Kreislauf gelangen, so daß es auch zu einem Anstieg der Hämoglobinnmenge im peripheren Blut kommt. Als Folge dynamischer Muskelbeanspruchung ist weiterhin ein Anstieg der Zahl der Leukozyten und der Thrombozyten im Blut bekannt. Es ist anzunehmen, daß die Steigerung der Thrombozytenzahl in engen Zusammenhang mit ihrer Rolle im Rahmen des Fettmetabolismus steht.

Für die Bestimmung der Thrombozytenzahl ist eine Blutentnahme aus der Fingerbeere und die Auszählung der Thrombozyten unter dem Mikroskop erforderlich. Diese Methode ist daher nur jeweils am Ende von einzelnen Untersuchungsperioden anwendbar.

In einer Untersuchung des Einflusses der Größe der Arbeitsschwere wurde als Arbeitsobjekt das Schieben einer Vierradkarre mit verschiedenem Gewicht benutzt.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß jede Belastungsstufe des Wagenschiebens zu einem sehr hoch signifikanten Anstieg der Thrombozytenzahl gegenüber der Ruhe im Liegen führt. Die Zunahme der Thrombozytenzahl unter dem Einfluß steigender Belastung beim Wagenschieben scheint dabei dem Modell einer Sättigungskurve zu folgen. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, daß die Zahl der Thrombozyten in allen vergleichbaren Versuchsperioden nachmittags signifikant höher lag als vormittags.

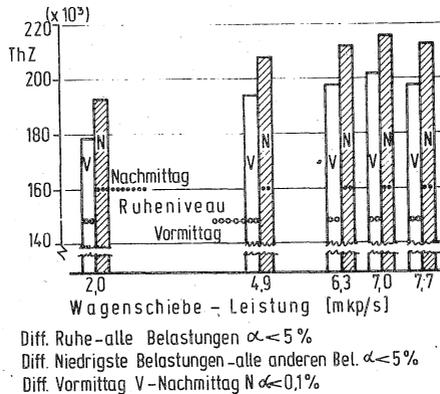


Abbildung 8: Thrombozytenzahl (THZ) bei verschiedenen schwerer dynamischer Arbeit

Aus weiteren Untersuchungen ergeben sich deutliche Hinweise darauf, daß ebenfalls psychische Belastungen, insbesondere emotionelle Erregung, zu einem deutlichen Anstieg der Thrombozytenzahl im Blut führt.

Arbeitsplatzbewertung mit Hilfe ergonomischer Prüflisten

Aus der Darstellung einiger wichtiger Methoden zur Bestimmung der Beanspruchung ist erkennbar geworden, daß deren Anwendung im praktischen Arbeitsstudium zu einem Teil schwierig oder nicht möglich ist. Sie bleiben daher in erster Linie der Anwendung wissenschaftlicher Institute vorbehalten, die über methodische Erfahrungen sowie die erforderlichen Meßeinrichtungen verfügen.

Zur ergonomischen Bewertung von Arbeitsplätzen können jedoch auch Belastungsmessungen herangezogen werden, worauf oben schon hingewiesen wurde. Um wichtige Gesichtspunkte nicht zu übersehen, sind sogenannte ergonomische Prüflisten (ergonomic checklist) entwickelt worden, mit Hilfe derer in Fragen- oder Tabellenform alle wesentlichen Belastungsfaktoren erfaßt werden. Sie eignen sich vor allem auch für die Maschinenprüfung aus ergonomischer Sicht.

Zusammenfassung

Die Notwendigkeit, Beanspruchungsmessungen durchzuführen, ergibt sich nicht nur für die ergonomische Beurteilung von Arbeitsverfahren sondern auch aus rechtlicher Sicht, um Überbeanspruchungen am Arbeitsplatz zu vermeiden. Die Begriffe "Belastung" und "Beanspruchung" werden definiert. Eine größere Anzahl von physiologischen Untersuchungsmethoden ist bekannt, die jedoch in der Arbeitswissenschaft nur dann anwendbar sind, wenn sie den Menschen wenig beeinflussen. Es sind insbesondere solche Meßmethoden geeignet, die kontinuierlich über längere Zeit erfolgen können. Dagegen sind Untersuchungsmethoden, die sich nur zwischen bestimmten Versuchsphasen durchführen lassen, im allgemeinen nur in Arbeitsversuchen unter Laborbedingungen anwendbar. In einer Auswahl werden Kriterien und Anwendungsbeispiele einiger physiologischer Untersuchungsmethoden näher beschrieben.

Einfluß geruchsintensiver Luft auf die Atemfunktion beim sitzenden Menschen in Ruhe und unter Belastung

von Dr. H.-F. Wolfermann u. J. Hornig, Bad Kreuznach

1. Einleitung und Problemstellung

An zahlreichen Arbeitsplätzen treten geruchsintensive Stoffe auf. Im landwirtschaftlichen Bereich sind besonders folgende Stellen zu nennen:

1. Viehställe
2. Tierische Exkremete bei der Behandlung und dem Verteilen
3. Silagebereitung

Diese Gerüche können sowohl den in der Landwirtschaft arbeitenden Menschen, als auch Menschen außerhalb des landwirtschaftlichen Bereiches belästigen.

In Ställen und bei der Lagerung oder Behandlung von tierischen Exkrementen ist mit dem Auftreten von Faulgasen zu rechnen, wie z.B. Mercaptan, Indol, Skatol, Amine, Schwefelwasserstoff.

Für die geruchsintensiven Stoffe gibt es bislang keine Grenzwerte als maximal zulässige Konzentration am Arbeitsplatz (MAK-Werte); auch liegen noch keine Grenzwerte für die maximal zulässige Immissionskonzentration vor. Da diese Stoffe nur in sehr geringer Konzentration vorkommen, wurde Ihnen bislang keine Bedeutung beigemessen.

Arbeiter, die in geruchsintensiver Atmosphäre tätig sind, klagen bislang teilweise über Atembeschwerden.

Obleich die einzelnen geruchsintensiven Gase oder Dämpfe als reiner Stoff betrachtet nur in Konzentrationen weit unterhalb der maximal zulässigen Arbeitsplatzkonzentration vorkommen, besteht die Möglichkeit, daß sie im Gemisch wesentlich stärker wirken. Hinzu kommt an zahlreichen Standorten noch die allgemeine Umweltbelastung, die nicht arbeitsplatzspezifisch ist.

Abb. 1 Umweltbelastungen am Arbeitsplatz und außerhalb durch luftverunreinigende Stoffe.

	Arbeitsplatz- spezifische Belastungen	Umweltbelastung nicht arbeitsplatzspezifisch
Wirkungsort	Arbeitsplatz	Arbeitsplatz u. (oder) priv. Bereich
Wirkungsdauer Std/Woche	ca. 42	ca. 168
max. zulässige Konzentration	reine Stoffe: = MAK-Wert Gemisch:????	reine Stoffe: = MAK-Wert Gemisch:?????
mehrere Stoffe gleicher Wirk.	Addition der Wirkungen	Addition der Wirkungen
mehrere Stoffe ungleicher Wirkung	Multiplikation der Wirkungen???	Multiplikation der Wirkungen?

Die Mitteilung von Arbeitern in der Tierhaltung über Atembeschwerden, auch Kopfschmerzen beim Aufenthalt in geruchsinintensiver Luft veranlaßten uns, in einem Tastversuch den Einfluß von Stallluft auf die Atmung beim Menschen zu untersuchen.

2. Zur Atmung

Die Atmung, auch Ventilation im Hinblick auf kalorische Werte auch Respiration genannt, umfaßt folgende Vorgänge (Scheunert, Trautmann, 1965):

- a) Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlendioxid durch die Atmungsorgane (Lunge),
- b) Transport des Sauerstoffs von den Atmungsorganen zu den Zellen des gesamten Organismus und des Kohlendioxids zu den Atmungsorganen.
- c) Verwertung des Sauerstoffs und die Produktion von Kohlendioxid im intrazellulären Stoffwechsel.

Die Vorgänge in den Atmungsorganen bis einschließlich zur Lunge werden mit äußerer Atmung, diejenigen des intrazellulären Stoffwechsels werden mit innerer Atmung bezeichnet.

Der bei der Atmung sich vollziehende Gasaustausch betrifft in erster Linie die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlendioxid; in der Einatemluft beträgt der Sauerstoffgehalt 21%, in der Ausatemluft 14-15%. Entsprechend beträgt der Kohlendioxidgehalt in der Einatemluft 0,03 Vol.%, in der Ausatemluft 4-6%.

Nach Flury (1969) kann man das Luftvolumen nicht willkürlich regeln, bzw. man übt eine solche Regelung nicht aus. Will jemand z.B. in der Minute mehr oder weniger oft atmen, dann wirkt der unwillkürliche Atemmechanismus derart ausgleichend, daß die langsamere Atmung flach wird. Das Gesamtvolumen der Ein- und

Ausatmungsluft stellt sich normalerweise so ein, daß die sogenannte "innere Atmosphäre" des Körpers so konstant wie möglich gehalten wird. Beim gesunden Menschen werden Änderungen der inneren Atmosphäre des Körpers besonders durch Muskelarbeit hervorgerufen.

Der Hauptfaktor bei dem gesamten Atmungsprozeß ist der Sauerstoff. Plötzlicher Sauerstoffentzug führt sofort zur Steigerung der Atmung.

Bei kleineren Schwankungen, z.B. auch bei der Belastung des Körpers, ist der Sauerstoff nur im beschränkten Umfang an den Reguliervorgängen beteiligt. Besonders empfindlich hingegen ist die Atmung bei - wenn auch geringen Schwankungen in der Konzentration oder dem Partialdruck des Kohlendioxids.

Im folgenden wird nicht auf die Respirationswerte wie z.B. Respirationsquotient eingegangen, sondern auf die Atemfunktion.

3. Zur Feststellung von geruchsintensiven Stoffen

Eine quantitative Bestimmung ist zwar theoretisch über Gas- und Dünnschichtchromatographie in Verbindung mit Anreicherungsverfahren denkbar; wegen der Instabilität der Geruchsstoffe jedoch sehr schwer durchführbar. In der Bundesrepublik laufen hierzu an mehreren Instituten Untersuchungen. Mit Ergebnissen wird in 2-3 Jahren zu rechnen sein.

Bislang werden zur Bestimmung und Bewertung geruchsintensiver Stoffe organoleptische Verfahren angewendet.

Stallluft wird bei Geruchstesten im allgemeinen noch erträglich oder unangenehm eingestuft.

In der vorliegenden Untersuchung sollte festgestellt werden, ob sich die Atmung beim Menschen durch geruchsintensive Stoffe in der Einatemluft verändert, wenn die Zusammensetzung der Luft im Hinblick auf den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt als normal anzusprechen ist.

Abb. 2 Feststellung von Geruchsstoffen.

Organoleptische Methoden

Stichprobenverfahren:

Checkovich-Turner Osmometer

Barail Osmometer

Elsberg-Levy Olfaktometer

Fair-Wells Osmoscope

Kontinuierliche Verfahren (Flußolfaktometer)

Allison-Katz Odorimeter

Zwardemaker Olfactometer

Procter Gamble Osmoscentometer

Nader Odor Evaluation Apparatus

Haake Olfaktometer

Instrumentelle Methoden

Gaschromatograph

Gasanalysatoren (chem.-phys.)

Gasspürgerät

2. Untersuchungsmethode

2.1 Luftzusammensetzung am Festort

Als Arbeitsplatz mit geruchsintensiver Luft wurde ein Viehstall mit Flüssigmistverfahren gewählt, also eine Umgebung mit Faulgasen in sehr schwacher Konzentration und etwas tierspezifischem Geruch. Der Sauerstoffgehalt lag zwischen

20,0 und 21,0% der Kohlendioxidgehalt zwischen 0,05 und 0,1 Vol.%. (vergleichsweise beträgt die maximal zulässige Arbeitsplatzkonzentration für CO₂ : 0,5 Vol.%).

2.2 Auswahl der Testpersonen

Die verwendeten Testpersonen wurden zufällig ausgewählt, mit einer Einschränkung: Sie durften keine Aversion gegen Gerüche haben, wie sie in den Viehställen vorkommen, um psychische Einflüsse weitgehendst auszuschließen.

2.3 Versuchsbedingungen für die Testpersonen:

Bestimmung der Atemwerte:

- a) nach 15 Minuten Ruhe, sitzend bei normaler Außenluft
- b) nach 10 Minuten Belastung mit 60 Watt am Fahrrädergometer, sitzend bei normaler Außenluft
- c) nach 10 Minuten Ruhe und anschließend 10 Minuten Belastung mit 60 Watt am Fahrrädergometer, sitzend in geruchsintensiver Luft
- d) nach 10 Minuten Ruhe, sitzend, bei normaler Außenluft.

Es hatte sich gezeigt, daß 10 Minuten Ruhe, sitzend, ausreichen um die Atemwerte nach leichter dynamischer Arbeit zu normalisieren.

2.4 Bestimmung der Atemfunktion

Um die Testperson so wenig wie möglich durch die Untersuchung selbst zu belasten, wurde die Pneumotachographie gewählt.

Beim Pneumotachograph handelt es sich um ein offenes System, das für die Testperson gut überschaubar ist.

Die Testperson atmet während der Messung nur gegen einen sehr schwachen Widerstand. Meßwertaufnehmer ist ein Staudruckrohr nach Fleisch.

Folgende Atemwerte wurden ermittelt:

- a) Atemzeitquotient
- b) Atemfrequenz
- c) Atemzugvolumen
- d) Atemminutenvolumen
- e) Sekundenkapazität
- f) Vitalkapazität
- g) Sekundenkapazität in % der Vitalkapazität
- h) Atemgrenzwert

Die Ermittlung des Atemgrenzwertes wurde nach einigen Vorversuchen nicht fortgesetzt, weil hierbei die Testperson stark belastet wurde.

3. Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse zeigen sehr unterschiedliche individuelle Reaktionen auf geruchsintensive Luftverunreinigungen.

Bei einigen Testpersonen wurde eine Intensivierung der Atmung über die Normalwerte für die betreffende Person hinaus, festgestellt.

In anderen Fällen zeigten sich Veränderungen, die nicht mehr als im normalen physiologischen Schwankungsbereich anzusprechen sind. An zwei Beispielen soll gezeigt werden, daß sich besonders die Sekundenkapazität in % der Vitalkapazität wesentlich verändern kann.

Abb. 3 Einfluß geruchsintensiver Luft auf die Atmung Versuch
Nr. 3,2 VP mit normaler Ventilation.

nL = normale Luft

gL = geruchsintensive Luft

	nach Belastung mit 60 Watt Fahrr. Erg.		Nach Ruhe	Normalwerte
	10 Min.	10 Min.	10 Min.	
	nL	gL	nL	
Atenzeitquotient	1,02	0,99	1,11	1: 1,2 bis 1: 1,5
Ateminuten vol. l/M	22,0	18,6	15,8	6,7
Atemfrequenz/Min.	23,0	23,0	17,0	17 - 21
Atemzugvolumen l/AZ	0,956	0,808	0,929	0,63 bis 1,7
Sekundenkapazi- tät l/s	<u>4,20</u>	<u>3,53</u>	<u>3,88</u>	
Vitalkapazität l	4,57	5,29	4,60	4,26
Sek. K. in % d.V.K.	92 ⁺)	67 ⁺)	85 ⁺)	

+) Normalwert = 75 - 85 %

Die Sekundenkapazität in % der Vitalkapazität ist von 92 auf 67 abgesunken.

Abb. 4 Einfluß verunreinigter Luft auf die Atmung Versuch
Nr. 2,2 VP mit eingeschränkter Ventilation.

nL = normale Luft

gL = geruchsintensive Luft

	nach Belastung mit 60 Watt Fahrr. Erg.		nach Ruhe	Normalwerte
	10 Min. nL	10 Min. gL	10 Min. nL	
Atemzeitquotient	1,39	1,58	1,46	1: 1,2 bis 1: 1,5
Atemminuten vol. l/min.	11,0	12,7	9,4	6,9
Atemfrequenz/ Min.	16,9	19,6	19,0	17 - 21
Atemzugvolumen l/AZ	0,650	0,648	0,493	0,63 bis 1,7
Sekundenkapa- zität l/s	1,33	0,58	0,87	
Vitalkapazität l	2,92	2,52	2,55	3,65
Sek.K. in % d.V.K.	45	<u>23</u>	34	

In der Abb. 3 sind die Atemwerte einer Versuchsperson mit normaler Ventilation nach Belastung in normaler Außenluft, verunreinigter Luft und in Ruhe aufgeführt.

Die Abb. 4 zeigt die Atemwerte einer Versuchsperson mit eingeschränkter Ventilation. Diese Testperson zeigte nach Belastung in normaler Außenluft nur eine Sekundenkapazität in % der Vitalkapazität von 45%. Nach Belastung in verunreinigter Luft reduzierte sich dieser Wert um 50%. Dieser Person muß dringendst empfohlen werden, keine Tätigkeit in verunreinigter Luft auszuüben.

In der Abb. 5 sind die zu erwartenden Ventilationsstörungen bei reduzierter Sekunden- und Vitalkapazität nach Miller, Wu und Johnson (1956) aufgeführt.

Abb. 5 siehe DIA

Bei vermindeter absoluter, jedoch normaler relativer Sekundenkapazität liegt eine restriktive Ventilationsstörung vor wie Sie z.B. auch bei folgenden Fällen in Erscheinung tritt:

Verminderung des funktionstüchtigen Lungenparenchyms
Lungenödem, Atelektasen, Pneumonien, Lungenfibrosen.

Bei obstruktiven Ventilationsstörungen sind dagegen sowohl die absolute als auch die relative Sekundenkapazität (Tiffeneau) herabgesetzt, wie z.B. bei Asthma bronchiale, Emphysem, spastische Bronchitis.

Es liegen der Auswertung die Ergebnisse bei 8 Versuchspersonen mit je 1 Wiederholung zugrunde. Auf eine variationsstatistische Betrachtung der Ergebnisse wurde verzichtet, da es sich um einen Testversuch an begrenztem Material handelt. Eine Eingrenzung der Variationsbreite z.B. durch Klassifizierungen nach Raucher und Nichtraucher oder Personen mit normalen Atemwerten und überdurchschnittlicher Atemfunktion unter normaler Atmosphäre konnte deshalb noch nicht vorgenommen werden.

Die doch verstärkt aufgetretene Reduzierung der relativen Sekundenkapazität, teilweise bis in den pathologischen Bereich, deutet darauf hin, daß die Aterwerte bei bestimmten Personen durch Luftverunreinigungen nachteilig beeinflußt werden können.

Die Untersuchungen sollen fortgesetzt werden, wobei die Blinwirkungzeit von bisher 10 Minuten mehr den tatsächlichen Verhältnissen angepaßt werden soll.

Für Beurteilung eines Produktionsverfahrens dürfte es zukünftig bedeutungsvoll sein, welche Belastungen am Arbeitsplatz und welche allgemeine Umweltbelastungen zu erwarten sind.

Tab. 6 Mittlere prozentuale Veränderung der Atemwerte bei Belastung mit geruchsintensiver Luft (+ 60 Watt, Fahrradergometer) im Vergleich zu Aufenthalt unter Normalatmosphäre (+ 60 Watt Fahrradergometer). Werte bei normaler Außenluft = 100 gesetzt.

	mittlere prozentuale Abweichung		
	§	Variationsbreite	
		von §	bis §
Atemzeitquotient	- 2,9	- 39,1	+ 18,0
Atemminutenvolumen l	- 0,66	- 33,9	+ 23,1
Atemfrequenz	+ 4,58	- 7,8	+ 24,8
Atemzugvolumen l/AZ	+ 0,1	- 15,5	+ 17,2
Sekundenkapazität l/s	- 15,06	- 55,9	0,0
Vitalkapazität l	+ 6,0	- 13,7	+ 15,5
Sekundenkapazität in % der Vitalkapazität	- 16,7	- 27,2	- 6,7

Meßmethoden am Menschen zur Beschreibung der
dispositiven Kapazität

J. Hesselbach, J. Meier und J. L. Freund, Bad Kreuznach

Problemstellung

Die Arbeitsaufgaben werden insbesondere für die Zwecke der Arbeitswissenschaft nicht selten nach den Kriterien körperliche und nicht körperliche (geistige, dispositive) sortiert, wobei es rein körperliche und rein geistige Arbeit kaum gibt. Wenn man nach diesen Kriterien zwei Kategorien bilden will, muß man von überwiegend körperlichen und überwiegend geistigen Arbeitsaufgaben sprechen. Besser ist es aber, sich die Arbeitsaufgaben nach diesem Sortierungsmerkmal als kontinuierliche Reihe zwischen den extremen Polen (körperlich - nicht körperlich) vorzustellen.

Ohne Zweifel verlagert sich das Schwergewicht der Arbeitsaufgaben auch in der Landwirtschaft von den überwiegend körperlichen hin zu den überwiegend dispositiven. Die Landwirtschaft ist aber immer noch sehr reich an unterschiedlichen Arbeitsaufgaben, unterschiedlich nach der Beanspruchung der körperlichen und geistigen Kräfte, so daß die in der Landwirtschaft Tätigen eine breite Skala von unterschiedlichen Arbeitsaufgaben zu erfüllen haben. In der Landwirtschaft der BRD - überhaupt der westlichen Welt - gibt es aber vorwiegend Betriebseinheiten mit nur wenig Arbeitspersonen, so daß der Einzelne über eine breite Skala von Arbeitsaufgaben tätig sein muß. Es ist dabei nicht zu vermeiden, daß er für manche Arbeitsaufgaben nicht ausreichende oder nicht die richtigen geistigen Fähigkeiten hat und bei anderen Arbeitsaufgaben seine geistigen Fähigkeiten nicht voll ausgenutzt und überhaupt nicht angesprochen werden. Darin ist nicht in erster Linie ein arbeitsökonomisches Problem zu sehen, sondern jede Über- und Unterbeanspruchung muß zu Fehlleistungen und Unzufriedenheit bei der Arbeit führen.

Dies wird gestützt durch die Tatsache, daß die Ergebnisse - sei es der Arbeitsaufwand oder der Gewinn - zwischen den Betrieben im Laufe der Zeit eine immer größere Streuung zeigen, weil eben die geistigen Fähigkeiten heute mehr beansprucht werden als die körperlichen und die geistigen in der Population der Landwirte eine größere Streubreite aufweisen. Andererseits wird bei "guten" Landwirten die Streuung der Ergebnisse von Jahr zu Jahr geringer, d. h. mit ihren hohen dispositiven Leistungen überdecken sie heute die natürlichen Ertragsfaktoren besser als früher.

Die Konsequenz dieser durch Produktions- und Verfahrenstechnik veränderten Aufgabenstellungen muß langfristig zur Entwicklung von Betriebsformen der Landwirtschaft führen, die jede für sich ein relativ enges Spektrum gleich anspruchsvoller Arbeitsaufgaben beinhalten, damit der Landwirt (im Ein- oder Zweimannbetrieb) seiner Leistungsfähigkeit entsprechend ausgelastet und zufrieden ist. Damit ist nicht gemeint, daß Betriebe in ihrer Produktionsrichtung einseitig werden müssen, was die Gefahr der Monotonie bei der Arbeit in sich bergen würde. Umgekehrt könnte man sich denken, daß die Produktions- und Verfahrenstechnik so gestaltet werden muß oder nur dann Aussicht hat, breiten Eingang in die Praxis zu finden, wenn die unterschiedlichen Arbeitsaufgaben von der Sache her in ihrem Grundtyp doch ähnlich sind in Bezug auf körperlich-geistige Beanspruchung. Eine dritte Möglichkeit wäre, daß die Landwirtschaft sich wieder zu Betriebseinheiten entwickelt, in denen im Durchschnitt mehr Personen beschäftigt sind als heute, so daß dann die Möglichkeit der Arbeitsteilung innerhalb des Betriebes es gestattet, die unterschiedlichen Arbeitsplätze mit entsprechend qualifizierten Personen zu besetzen.

Alle drei genannten Entwicklungsrichtungen sind schon heute in der Praxis zu beobachten: Wir können eine Differenzierung und Spezialisierung der Betriebe beobachten, wobei im Gegensatz zu den früher wirksamen natürlichen und wirtschaftlichen Kräften heute der Landwirt als Persönlichkeit die prägende Kraft ist.

Wir müssen feststellen, daß sich Arbeitsverfahren, die uns ökonomisch überlegen erscheinen, nicht in die Praxis einführen, vermutlich, weil sie zu hohe Anforderungen auf einem speziellen Gebiet stellen, z. B. viele mögliche Arbeitsverfahren in Verbindung mit dem Frontlader; bei anderen Verfahren, bei denen die Technik zwar akzeptiert wird, z. B. bei Melkständen mit mehr als drei bis vier Melkzeugen pro Person, ist die Handhabung durchweg nicht optimal. Andererseits werden alte Arbeitsverfahren aufgegeben, z. B. das Mistladen und -streuen von Hand, die, obwohl sie in vielen Fällen ökonomisch noch gerechtfertigt wären, nicht mehr in die Gruppe der übrigen Arbeitsverfahren hineinpassen. Die geringste Entwicklung scheint sich in Richtung Betriebsvergrößerung zum Mehrpersonenbetrieb hin zu zeigen. Von speziellen Betriebszweigen wie Geflügelhaltung und vielleicht auch schon Schweineproduktion abgesehen, liegt das daran, daß die Rentabilitätsspanne in der Landwirtschaft heute so knapp ist, daß die Finanzierung solcher Entwicklungen nicht möglich ist. Die in den vergangenen Jahren gelegentlich lautstark propagierte Kooperation von Betrieben durch volle Fusion kann keine große Chance haben, weil hier im Normalfalle mehrere Landwirte gleichen geistigen Niveaus zusammenkommen und damit das Problem der Besetzung stark differenzierter Arbeitsplätze in einem größeren Betrieb nicht zu lösen ist. Die Idee der Kooperation mit dem gesamten Betrieb ist vom Ansatz her falsch, weil aus gleichberechtigten und vielleicht auch gleich fähigen Partnern in statu nascendi und auch vor solcher Kooperation dann Belegschaftsmitglieder unterschiedlicher Funktion und Beanspruchung der geistigen und körperlichen Fähigkeiten werden müßten. Nur dort, wo dies erkannt und von den Einzelnen, deren spätere Stellung in der Betriebs-hierarchie akzeptiert wird, können solche Kooperationsformen existieren.

Die Beschäftigung mit den dispositiven Funktionen scheint jedenfalls ein wichtiger Ansatzpunkt für eine weitere Rationalisierung der Arbeit und Verbesserung der Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft zu sein.

Begriffsdefinitionen und Theorien

Disponieren heißt Entscheidungen treffen oder in einfacheren Situationen einfach reagieren auf Reize (Informationen), die sich aus dem Betriebsablauf ergeben. Voraussetzung für Verbesserungen sind die Kenntnis des Wirkungszusammenhanges und die möglichst weitgehende Meßbarkeit der Eigenschaften und Merkmale, die das Dispositionsvermögen insgesamt, in einzelnen Elementen oder für bestimmte Aufgaben ausmachen.

Theorie und Instrumente dazu sind noch sehr lückenhaft. Es geht vor allem um psychologische Faktoren des Arbeitsverhaltens, um spezielle Arbeitseignungen und um die Methoden der psychologischen Diagnostik einerseits und um die Aufgabenstellung der Arbeitsplätze und Möglichkeiten ihrer Gestaltung andererseits. Es ist nicht möglich, hier einen umfassenden Überblick zu geben. Das Thema dieses Beitrages ist weiterhin in folgendem Rahmen zu sehen (2): Anlagen und Fähigkeiten des Menschen stehen in enger Beziehung zur erfolgreichen Ausführung von bestimmten Arbeitsaufgaben. Die Verknüpfung von Fähigkeiten, die die erfolgreiche Ausführung einer Tätigkeit ermöglicht, wird als Begabung bezeichnet. Neigung ist das lustvolle Erleben eines Tätigkeitsvollzuges. Begabung und Neigung müssen zusammenkommen, um einen Menschen für einen Arbeitsplatz geeignet zu machen. Unter Eignung soll der Grad der Übereinstimmung von Begabung und Neigung einerseits und von Anforderungen eines Arbeitsplatzes andererseits verstanden werden. Für die Feststellung von Begabung und Neigung kann man sich der Methoden der psychologischen Diagnostik bedienen.

Von der Themenstellung her sollen nur die Meßmethoden kurz skizziert werden, die zur Feststellung der Begabung und Neigungen für überwiegend dispositive Arbeitsaufgaben eine Rolle spielen können und auch nur insoweit diese schon an Landwirten zum Einsatz kamen oder kommen werden.

Meßmethoden

Wenn es um das Messen und Beurteilen der Persönlichkeit geht, gibt es zwei Richtungen in der Psychologie. Die eine vertritt den Standpunkt, daß man die Persönlichkeit, die Psyche des Menschen nicht sezieren kann und daher als Ganzheit sehen und beschreiben muß (ausdruckspsychologische Persönlichkeitsdeutung), die zweite Richtung dagegen hat festgestellt, daß doch vielfach eine Struktur nachzuweisen ist und daß Intelligenz z. B. nicht nur eindimensional als hoch oder tief beschrieben werden kann, sondern es eine Reihe einzelner meßbarer Faktoren der Intelligenz gibt, eine Intelligenzstruktur. Es werden hier für beide Richtungen Beispiele gegeben. Insgesamt wird folgende Dreigliederung eingehalten:

1. Subjektive Beurteilungen der ganzen Persönlichkeit,
2. Objektive Meßmethoden für einzelne psychische Funktionen und Begabungen,
3. Komplexe Aufgabenstellung mit Simulatoren oder Planspielen zur quantifizierbaren ganzheitlichen Erfassung des Dispositionsvermögens.

Zu 1.:

Die informale Bewertung in Form eines Zeugnisses oder einer Auskunft soll hier nur noch erwähnt werden, es geht jedoch mehr um quantifizierende Bewertungsschemen. Solche sind bisher nur für die Bewertung des Betriebsleiters vorgeschlagen worden. Hier können ohne Anspruch auf Vollständigkeit genannt werden:

- a) Die "Gegenstandsrichtungen der intelligenten Funktion", oder kurz "Denkrichtungen" nach VON KUNOWSKI (8):

Motorische und geistige Aktivität werden nach VON KUNOWSKI durch die geistigen Fähigkeiten auf fünf unterschiedliche Gegenstandsrichtungen gelenkt. Es sind diese:

- (1) die rechnerische Ausrichtung
- (2) die technische Ausrichtung
- (3) die naturverhaftete Ausrichtung (biologische)
- (4) die organisatorische Ausrichtung
- (5) die auf den Menschen hinzielende Ausrichtung
(psychologische).

Von seltenen Fällen abgesehen, in denen nur eine Denkrichtung oder mehr als zwei bei Betriebsleitern bemerkt werden, ist eine von den fünf Ausrichtungen "vorherrschend" und eine zweite "außerdem wirksam". Wird die Rangstellung ("vorherrschend" oder "außerdem wirksam") vernachlässigt, so ergeben sich aus den fünf Einzelrichtungen zehn Richtungs-paare der Denkrichtung, nämlich die

rechnerisch-technische Denkrichtung,
rechnerisch-biologische Denkrichtung, usw.

Diese Charakterisierungen sollen einen Bezug zu Betriebsleiterfunktionen haben und dementsprechend auf den Erfolg und das ganze Betriebsgeschehen sich spezifisch auswirken. Neben der Bestimmung der Denkrichtung wird dann die geistige und motorische Aktivität noch benotet. Eine erste Anwendung dieses Schemas ist von uns vorgenommen worden (9).

- b) RHEINWALD stellt die Selektivität der Wahrnehmung aufgrund seiner Untersuchungen als den Kernpunkt der Betriebsleiterqualifikation heraus. Es könnten dabei zwei Wahrnehmungsrichtungen unterschieden werden, nämlich die auf Ereignisse innerhalb des Betriebes gerichtete Aufmerksamkeit und die nach außen gerichtete Suche oder Aufmerksamkeit für Information. In einer Untersuchung (9) wurde von uns vorwiegend die nach innen gerichtete Selektivität der Wahrnehmung nach fünf Stufen benotet und in Beziehung zu Betriebskennzahlen praktizierender Landwirte gebracht.

Das Hauptargument gegen subjektive Bewertungen ist in erster Linie die intime Kenntnis, die vom Urteilenden über den Beurteilten notwendig ist und die "Relativität" der Einstufung, wenn solche Bewertungen von verschiedenen Personen vorgenommen werden. Es können subjektive Bewertungsschemen, wenn eine Quantifizierung erreicht werden und in breiterem Maße Eingang in Theorie und Praxis der Betriebswirtschaft finden soll, nur ein Anfang, ein Vorläufer für objektivierete Meßmethoden sein, die das, was bisher nur subjektiv zu erfassen war, nun durch das Objekt selbst zum Ausdruck gebracht wird und in einer weiteren Stufe sogar an sekundären Merkmalen, d.h. ohne die Herleitung aus dem gezeigten Verhalten, sondern durch Indikatoren für das höchstwahrscheinliche Verhalten.

Zu 2.:

Objektiv ist gegenüber subjektiv nicht nur in dem Sinne zu verstehen, daß diese Art der Bewertung richtiger sei, das Gegenteil könnte auch der Fall sein. Objektiv soll vielmehr bedeuten, daß es sich um ein Verfahren handelt, das das Objekt selbst (der zu Beurteilende) durchführt und dazu bereits in der Vergangenheit die Urteilsgrundlage geliefert hat, die formal verarbeitet wird. Hier sind wiederum ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufzuführen:

- a) Soll-Ist-Vergleich: Der Soll-Ist-Vergleich läßt sich auf vielen Ebenen anwenden in einfachen überschaubaren oder bei komplexen Zusammenhängen über einen kurzen oder einen längeren Zeitraum sich erstreckend. In jedem Fall setzt er voraus, daß der zu beurteilende Mensch bereits aktiv im Beruf ist oder doch war. Viel wesentlicher noch ist, daß das Soll als der Maßstab, an dem das Erreichte zu messen ist, nicht immer eindeutig bestimmt werden kann. Es ist umso unproblematischer, je einfacher die Zusammenhänge sind und je weniger dabei unterschiedliche Werthaltungen zwischen dem Beurteilten und demjenigen, der das Soll festsetzt, bestehen. Unterschiedliche Werthaltungen, z.B. daß ein Betriebsleiter kein Gewinnmaximierer ist, sondern über ein zufriedenstellendes Gewinn-

niveau hinaus ganz andere Zielsetzungen sozialer oder irrationaler Art verfolgt, sollte nicht durch ein Bewertungsschema negativ bewertet werden.

Soll-Ist-Vergleiche lassen sich auf Betriebsleiterfunktionen und auch auf überwiegend ausführende Arbeitsfunktionen anwenden. Die Optimumkalkulationen zum Gesamtbetrieb oder auf Teilbereichen der Arbeitsvoranschlag, letzterer für sich oder in Verbindung mit dem Arbeitstagebuch, sind Instrumente, die die dispositiven Fähigkeiten beurteilen lassen. Die Beurteilung der mehr manuellen Arbeit im Sinne eines Soll-Ist-Vergleiches ist ebenfalls mit dem Arbeitstagebuch in Beziehung zu Normwerten für abgegrenzte Arbeitsaufgaben, sowie mit Arbeitszeitstudien im Vergleich zu Normwerten denkbar und wird auch praktiziert (9).

Es sollen Gefahren des Soll-Ist-Vergleiches nicht verschwiegen werden, insbesondere wenn er sehr global, also für einen großen Bereich durchgeführt wird, daraus eine Art Effizienzgrad abgeleitet wird, der dann wiederum auch für Alternativen der praktizierten Betriebsorganisation zugrundegelegt wird. So könnte nämlich ein mäßiger globaler Effizienzgrad durch eine sehr gute Leistung im Ackerbau und eine sehr schlechte Leistung in der Viehhaltung zustande kommen. Wird dieser mäßige Effizienzgrad dann einer einseitigen Ackerbauorganisation zugrundegelegt, so wird sie unterschätzt, wie sie umgekehrt überschätzt würde, wenn dieser Effizienzgrad einer schwerpunktmäßig auf Viehhaltung ausgerichteten Alternative zugrundegelegt würde. Es steht - abgesehen von größerem Kalkulationsaufwand und gewissen Abgrenzungsschwierigkeiten - allerdings nichts im Wege, Soll-Ist-Vergleiche in größerer Spezifiziertheit durchzuführen (4).

- b) Testverfahren: Eignungstests sind heute Mode geworden, angefangen von Tests vor der Einschulung bis zu Tests bei Beginn des Berufslebens oder in noch späteren Phasen bei Umschulungs- oder Beförderungsmaßnahmen. Solange man sich dessen bewußt bleibt, daß Ergebnisse solcher Verfahren keine Absolutwerte darstellen, etwa vergleichbar physikalischen Meßgrößen einer Person (z. B. Körpergröße, Gewicht), sondern vielmehr die Vorzüge und Schwächen psychischer Merkmale eher relativ zueinander setzen und solange man Testergebnisse nicht allein für gewichtige Entscheidungen maßgebend sein läßt, solange sollten die manchmal heftig vorgebrachten Gegenargumente nicht allzu ernst genommen werden. Testergebnisse stehen in gewisser Relation zu anderen Bewertungsverfahren. Dies ist auch für Landwirte bereits nachgewiesen worden (7), wobei zugegeben werden muß, daß geläufige Intelligenzteste (z. B. 1 oder 10) sicherlich nicht optimal und in allen Teilen relevant für das Berufsbild des Landwirtes sind.

Der Intelligenz-Struktur-Test (IST) nach AMTHAUER ist wohl das im deutschsprachigen Raum am meisten eingesetzte Instrument (1). Der Test kann als Gruppentest durchgeführt werden, er dauert etwa 2 Stunden und gliedert sich in neun Aufgabengruppen. Diese sollen folgende Intelligenzkomponenten messen:

SE: Urteilsbildung, selbstständiges kritisches Denken mit Blick für die Wirklichkeit
(Satzergänzung)

Beispiel: Das Gegenteil von Hoffnung ist

- a) Trauer, b) Verzweiflung, c) Elend
- d) Liebe, e) Haß

WA: Einfühlungsgabe, Erfassung von Bedeutunggehalten (Wortauswahl)

Beispiel: Welches der folgenden 5 Wörter paßt nicht zu den übrigen 4

- a) Tisch, b) Stuhl, c) Vogel, d) Schrank,
- e) Bett

AN: Gründlichkeit im Denken, Analogieschlüsse
(Analogien)

Beispiel: Dunkel verhält sich zu hell wie naß zu ...

- a) Regen, b) Tau, c) feucht, d) Wind,
- e) trocken

GE: Fähigkeit zu abstraktem Denken und Begriffsbildung
(Gemeinsamkeiten)

Beispiel: Was haben die folgenden Wörter gemeinsam?
Roggen, Weizen

ME: Konzentrationsfähigkeit, Gedächtnis
(Merkaufgaben)

RA: Praktisch - rechnerisches Denken (Rechenaufgaben)

ZR: Induktives, theoretisches Denken mit Zahlen
(Fortsetzen von Zahlenreihen)

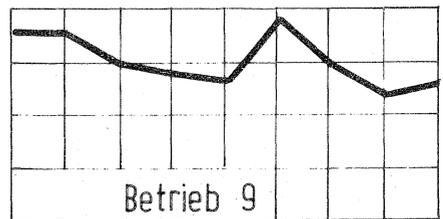
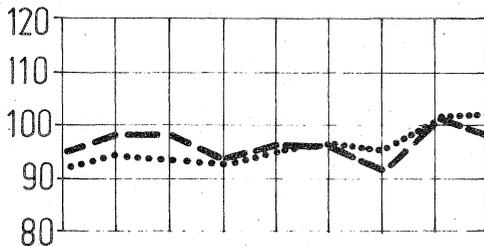
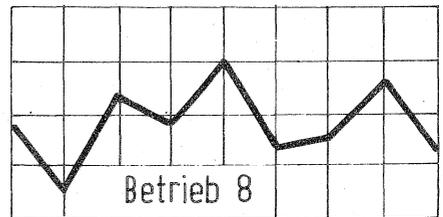
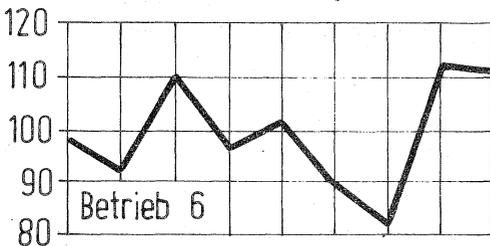
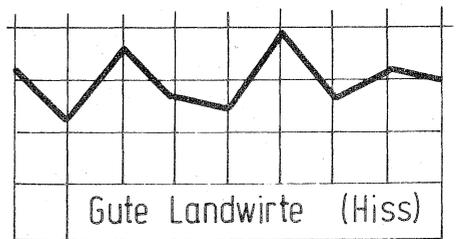
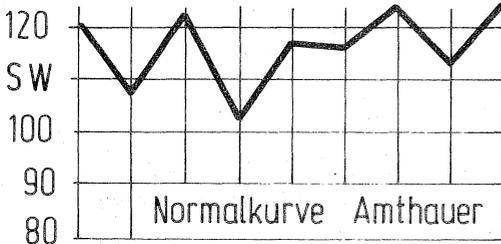
Beispiel: 9 7 10 8 11 9 12 ? ?

FA: Vorstellungsfähigkeit, ganzheitliches Denken
(Figurenauswahl)

WÜ: Räumliches Vorstellungsvermögen, manuelle Geschicklichkeit (Würfelaufgaben)

Das Ergebnis läßt sich sehr anschaulich als Grafik darstellen. In Abbildung 1 werden einige Profilkurven wiedergegeben. Oben links im Bild ist ein Normalprofil nach AMTHAUER dargestellt, oben rechts im Vergleich dazu eine von HISS aufgestellte Profilkurve guter Landwirte, gewissermaßen das Idealprofil für Landwirte. In der Bildmitte und unten rechts sind drei Profile von Landwirten aus unserer eigenen Untersuchung. In der charakteristischen W-Form am Beginn der Kurve gleichen die Betriebsleiter 6 und 8 dem Normalprofil guter Landwirte. Betriebsleiter 9 dagegen zeigt ein davon abweichendes und überhaupt wenig typisches Profil, allerdings insgesamt auf hohem

SE WA AN GE ME RA ZR FA WÜ SE WA AN GE ME RA ZR FA WÜ



— — — \bar{x} 9 Betriebe (11 Personen) \bar{x} 111 Landwirte (Denzinger)

Profilkurven nach dem Intelligenz-Strukturtest
von Amthauer

Niveau; es handelt sich um einen Diplomlandwirt. Die Durchschnittskurven zweier Populationen, einer kleinen und einer relativ großen, sind sehr ähnlich. Man darf daraus vielleicht mit etwas Vorbehalt den Schluß ziehen, daß bereits sehr kleine Populationen schon repräsentativ sein können. Die Durchschnittskurven im Vergleich zu dem Profil guter Landwirte zeigen im ersten Teil eher eine Gegenläufigkeit! Den beiden untersuchten Populationen mangelt es insbesondere an Urteilsbildung oder selbständigem kritischem Denken, eine für gute Landwirte wesentliche psychische Funktion.

Es hat sich nämlich gezeigt, daß aus den neun Intelligenzkomponenten, die der Intelligenz-Struktur-Test nach AMTHAUER (1) bestimmt, für den Landwirt insbesondere die Veranlagung zu praktisch-rechnerischem Denken, die Urteilsbildung oder der Blick für die Wirklichkeit, das gründliche Denken, verbunden mit der Fähigkeit zu Analogieschlüssen und die Vorstellungsfähigkeit oder Gabe zum ganzheitlichen Denken von Wichtigkeit sind (9).

Ein weiterer Test, der Einblick in die geistige Struktur einer Person geben soll, ist der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE). Er besteht aus elf Untertests mit folgenden Aufgabengruppen:

1. Allgemeines Wissen
2. Allgemeines Verständnis
3. Zahlen-Nachsprechen
4. Rechnerisches Denken
5. Gemeinsamkeiten-Finden
6. Zahlen-Symbol-Test
7. Bilder-Ordnen
8. Bilder-Ergänzen
9. Mosaik-Test
10. Figuren-Legen
11. Wortschatz-Test

Die Unterteste 1 - 5 werden auch als "Verbaltest", die Aufgabengruppen 6 - 10 als "Handlungstest" bezeichnet, wobei der Verbaltest mehr als nur sprachliche Begabung, z. B. auch abstraktes Denkvermögen umfassen soll und im Handlungstest mehr das Interesse, die Lust und Ausdauer bei intellektueller Betätigung mit erfaßt werden sollen. Der Handlungsteil des HAWIE ist in 30 bis 45 Minuten auszuführen. In unseren Untersuchungen wurde der Handlungsteil des HAWIE neben dem IST eingesetzt, um in der Kombination eine Ergänzung zum IST zu erreichen.

Eine stärkere Einengung des Untersuchungsfeldes als die genannten beiden Tests, bringen viele weitere psychologische Testverfahren, nämlich die Aufmerksamkeits- und Konzentrations-tests. Auch diese beiden Funktionen sind für dispositive Arbeitsaufgaben wesentlich. Dabei wird unter Aufmerksamkeit die leichte und einen weiteren "Erlebensbezirk" umfassende Alarmierbarkeit verstanden und unter Konzentration die "Unbeirrbarkeit" oder das dauerhafte "Ganz-bei-der-Sache-sein" (2). Die meisten Tests messen die Konzentrationsfähigkeit. Sie beruhen darauf, aus einer Folge von Buchstaben oder Figuren möglichst rasch und fehlerlos alle Figuren einer bestimmten Form aufzufinden und anzustreichen. Dazu haben wir den sogenannten LANDOLT-Ring verwendet (Abb. 2). Der Landoltring weist in unseren Versuchen an einer von zwölf möglichen Stellungen gemäß Ziffernstellung einer Uhr eine Lücke auf. Es gibt bei diesem Test viele unterschiedliche Ausführungsformen. Er ist als Durchstreichetest einzusetzen. Der Proband muß dabei aus einem Testformular (Abb. 3) alle Ringe mit derselben Öffnung, die ihm angegeben wird herausfinden, und zwar zunächst ohne Fehler zu machen, wobei das Arbeitstempo dann als Maßstab dient und dann unter Zeitdruck, wobei die Fehlerquote der Maßstab ist.

Wir haben in unserem Institut einen solchen Test eingesetzt, nicht in erster Linie um Konzentrationsfähigkeit zu messen, sondern um eine Arbeit mit hohem Konzentrationsanspruch zu simulieren und dabei die Arbeitsbeanspruchung an zwei Parametern zu messen, nämlich an der Pulsfrequenz und der Veränderung

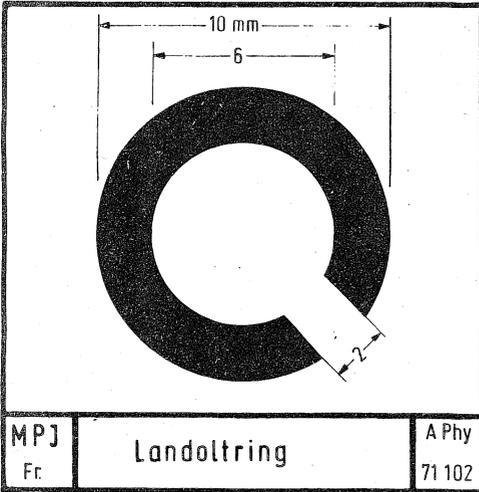


Abbildung 2

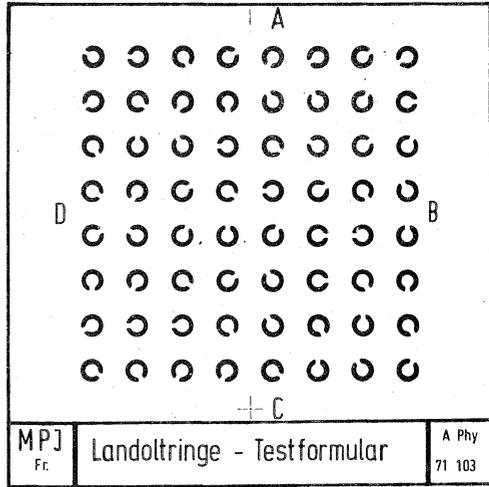


Abbildung 3

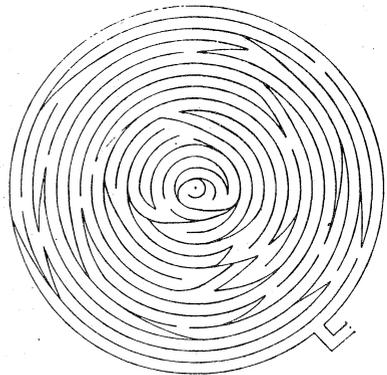
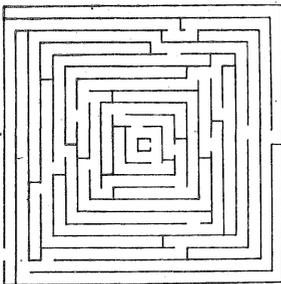


Abb.4: Viereck- und Kreislabrynth (aus CHAPUIS, Der Labrynth-Test, Bern 1959)

der Thrombozytenzahl des Blutes. Die Versuchsanordnung wurde dazu noch etwas abgewandelt. Der Proband mußte für je zwei im Dia gezeigte Landoltringe die Öffnungsrichtungen angeben. Die Bilder werden im Abstand von 2,5 sec gegeben über eine Dauer von 30 min. Dieser Hauptperiode ist jeweils eine Ruheperiode von 30 min vor- und nachgeschaltet. Die Pulsfrequenz wird während der 1 1/2-stündigen Versuchsdauer registriert. Vor Beginn, am Ende der Hauptperiode und am Ende der Nachperiode wird eine Blutprobe entnommen und auf die Thrombozytenzahl hin untersucht.

Damit können die Konzentrationsfähigkeit und der Stress bei einer definierten psychischen Arbeitsaufgabe gemessen werden. In unseren Untersuchungen zeigten sich Veränderungen in der Pulsfrequenz und Thrombozytenzahl. Für eine Diskussion dieser Ergebnisse muß auf eine spezielle Veröffentlichung und die dort angegebene Literatur verwiesen werden (3).

Es muß jedoch noch auf einen Test hingewiesen werden, der in der Literatur ausführlich dargelegt ist (2) und besonders als Test für die Fähigkeit des Disponierens bezeichnet wird. Dabei handelt es sich von der Aufgabenstellung her offensichtlich um kurzfristiges Disponieren, das rasche Sich-entscheiden-können, und nicht um das langfristig planerische Denken. Es handelt sich um den Labyrinth-Test von CHAPUIS (2). Er ist nur als Einzeltest durchführbar und kommt in zwei wesentlichen Formen zum Einsatz (Abb. 4).

- a) Im Vierecklabyrinth geht es darum, vom Zentrum aus den Weg nach außen zu finden
- b) im Rundlabyrinth wird umgekehrt vom Rand her zum Zentrum vorgestoßen.

Die erste Form gilt als die etwas einfachere, sie wird auch zweimal hintereinander eingesetzt. Zunächst gilt es fehlerfrei vom Zentrum aus dem Labyrinth herauszufinden. In einem zweiten Durchgang soll auch auf Schnelligkeit geachtet werden und damit die Übungsfähigkeit und das Verhalten unter Zeitdruck getestet werden.

Es soll das Problem der Entwicklung und Validierung von Tests nicht unterschätzt werden, jedoch dürfte es andererseits auch möglich sein, spezifisch auf den Landwirt oder sogar Spezialberufe innerhalb der Landwirtschaft (z. B. Viehpfleger) zugeschnittene Tests zu entwickeln. Bemühungen dazu sind an mehreren Stellen - außer am Kreuznacher Institut, z. B. auch an der Universität in Reading und in den USA - im Gange. Die Schwierigkeit dabei ist, insbesondere in der Entwicklungsphase, die wirklich ausschlaggebenden Faktoren auch tatsächlich messen zu können und die wichtigen Merkmale von den unwichtigen zu unterscheiden. Die Faktorenanalyse als statistische Methode kann dabei wertvolle Hilfe leisten.

Zu 3.:

Eine besondere Art des Testens oder besser eine Arbeitsprobe muß heute erwähnt werden, nämlich der Einsatz von Simulatoren, der heute weit verbreitet ist, insbesondere dort, wo die Prüfung im echten Einsatz langwierig, teuer oder gar gefährlich ist. Einen Landwirt als Betriebsleiter in der Praxis versuchsweise einzusetzen, ist zweifellos langwierig und kann bei einem Versager sehr teuer werden. Die Entwicklung von Simulationsmodellen, bei denen der Proband in Interaktion mit einem Computer in die Funktion eines Betriebsleiters versetzt wird und dort in stark gerafftem Zeittempo Entscheidungen treffen muß, deren Konsequenzen das Betriebsergebnis und die Entwicklung eines Betriebes beeinflussen und zum Ausdruck bringen, erscheint aussichtsvoll nicht nur zu Ausbildungszwecken, als sogenanntes Planspiel, sondern auch zur Bewertung und Einstufung von Personen.

Das Ziel dabei ist, den Probanden vor komplexe und wirklichkeitsbezogene Aufgaben zu stellen und dabei das Gesamtverhalten an verschiedenen Parametern zu messen und auch mit einem Optimalverhalten zu vergleichen (4, 5, 6). Der Vorteil gegenüber der 1. Gruppe von Meßmethoden, der mehr subjektiven Ganzheitsbewertung liegt darin, daß hier objektive und quantitative Maß-

stäbe angelegt werden können, keine echte "Arbeitsprobe" vorliegen muß, die bei langfristigen Betriebsplanungsaufgaben nur durch zeitraubende und kostspielige Untersuchungen zu erhalten ist, sondern die "Arbeitsprobe" zeitlich gerafft und ohne das Ausfallrisiko durch Fehlverhalten zu gewinnen ist. Daraus ergeben sich natürlich auch wieder Probleme anderer Art. Wir sind damit beschäftigt, derartige Instrumente uns zu schaffen, wobei es eine große Skala der Mechanisierungsmöglichkeiten gibt mit jeweils adäquatem erreichbarem Grad von Komplexität des Simulators.

Einige Ergebnisse

Ein Vergleich subjektiver und objektiver Meßmethoden an den gleichen Probanden ergab plausible Beziehungen zwischen den mit verschiedenen Methoden angesprochenen gleichen Veranlagungen. Eine ausführliche Darstellung ist an anderer Stelle wiedergegeben (6, 9). Danach erscheint es aussichtsreich, die subtilere langjährige persönliche Kenntnis der Probanden durch objektive Testmethoden zu ersetzen.

Zwischen der Betriebsentwicklung und -organisation einerseits und den subjektiven und objektiven Beurteilungen andererseits bestehen ebenfalls plausible Zusammenhänge.

Gute Selektivität und hohe motorische Aktivität stehen in positiver Beziehung zur Einhaltung von Planzeiten und Arbeitsterminen. Noch deutlicher sind die Beziehungen bei hoher geistiger Aktivität. Sie betreffen dort besonders die Arbeitstermine und den Arbeitsaufwand für Pflegearbeiten, also Arbeitsaufgaben mit offensichtlich größerem Entscheidungsspielraum.

Bei Arbeitszeitstudien hat sich gezeigt, daß Betriebsleiter mit hoher Selektivität der Wahrnehmung oder organisatorisch, technisch und rechnerisch veranlagte Typen einen höheren Anteil produktiver Teilzeiten aufweisen. Noch deutlicher werden die Unterschiede für den Anteil der Hauptzeit an der gesamten Arbeitszeit vergleichbarer Arbeitsgänge.

Schlußfolgerung und Zusammenfassung

1. Der Mensch ist mit seinen physischen Kräften, vor allem aber mit seinen dispositiven Funktionen der Kernpunkt jedes komplexen Arbeitsprozesses.
2. Es zeigt sich, daß die Streuung des Arbeitsergebnisses immer größer wird und zudem die sächlichen Produktionsmittel und -bedingungen immer mehr an Einfluß verlieren oder besser beherrscht werden. Der Hauptansatzpunkt für weitere Rationalisierung liegt damit bei den dispositiven Funktionen.
3. Voraussetzung für Verbesserungen sind die Kenntnis des Wirkungszusammenhanges und die möglichst weitgehende Meßbarkeit der Eigenschaften und Merkmale, die das Dispositionsvermögen des Menschen ausmachen.
4. Theorie und Instrumente dazu sind noch sehr lückenhaft, jedoch bestehen bereits einige Meßmethoden, deren Beziehung zur dispositiven Leistung teilweise auch schon an Landwirten untersucht wurden. Es handelt sich dabei ganz allgemein um:

Subjektive Beurteilungen

Objektive Meßmethoden für einzelne psychologische Komponenten und Merkmale

Komplexe Aufgabenstellungen mit Simulatoren und Planspielen zur ganzheitlichen Erfassung des Dispositionsvermögens.

5. Für die drei Arten von Meßmethoden werden Beispiele gegeben, die Anwendbarkeit und ihr Erkenntniswert diskutiert.

Literatur

1. Amthauer, R. Intelligenz-Struktur-Test, 2. Auflage, Göttingen (1953)
2. Baader, E. W. Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin
(Herausg.) V. Band: Arbeitspsychologie, Medizinische Berufskunde und Grenzgebiete
(Herausg. H. Wittgens)
Berlin, München, Wien (1961)
3. Freund, J. L.,
H. A. Broicher,
H. Dupuis und
E. Hartung Thrombozytose nach psychischer Arbeitsbelastung
Arzteblatt Rheinland-Pfalz
4. Hesselbach, J. Quantifizierung des Betriebsleitereinflusses durch Vergleiche mit einem Optimalmodell
Ber. über Landw., 40, 1, 73 - 78 (1962)
5. Hesselbach, J. Bewertungsmaßstäbe für den Betriebsleiter Agrarwirtschaft, 12, 4, 106 - 110 (1963)
6. Hesselbach, J. Bewertungsschemen für Betriebsleiter und Arbeitspersonen
XVI CIOSTA Congress Papers, Part A, 111 - 123, Wageningen (1972)
7. Hiss, H. Landwirtschaftliche Berufsleistung als Intelligenzleistung
Dissertation Hohenheim (1967)
8. Kunowski, K. von Der landwirtschaftliche Betrieb als Spiegelbild der Persönlichkeit seines Leiters
Die Landarbeit, 16, 6, 49 - 53 und 7, 60 - 62 (1965)
9. Meier, J.,
J. Hesselbach u.
H.-D. Rohde Subjektive Einflußgrößen zum Arbeitszeitbedarf
Arbeiten aus dem Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach
Heft A-72/1 (1972)
10. Wechsler, D. Die Messung der Intelligenz Erwachsener
3. Auflage, Bern, Stuttgart, Wien (1964)

Kriterien zur Investition und Beurteilung von Arbeitsverfahren
aus der Sicht der Landwirte

Dr. Edmund Isensee, Gießen
Dr. Friedrich Tebrügge, Gießen

1. Problematik

Die landtechnische Entwicklung führte zu einer Fülle von Mechanisierungslösungen, die in unterschiedlichem Maße für die differenzierten Verhältnisse der Landwirtschaft geeignet sind. Dies gilt sowohl für die technische, funktionelle Konzeption als auch für die Kapazität einer Maschine.

Zur Einordnung derartiger Lösungen werden bisher allgemein die arbeitswirtschaftlichen Kenngrößen Arbeits- und Kapitalbedarf bzw. die letztlich daraus resultierenden Kosten des Maschineneinsatzes herangezogen.

Die Erfahrung lehrt aber, daß diese Werte als Beurteilungskriterien für Landmaschinen und Arbeitsverfahren allein nicht genügen. Das Verhalten der Landwirte bei Investitionen auf dem Maschinen- und Bausektor weicht nicht selten sowohl in der Wahl der Verfahren als auch der Kapazitäten von den empfohlenen, ökonomisch ausgerichteten Werten ab. Fehldiagnose wie etwa über den Ladewagen oder selbstfahrenden Mähdescher, zeigen, daß die bisherigen Werte und Kriterien allein nicht ausreichen.

Die Gründe und Motive, die die Abweichungen von den Empfehlungen erklären, könnten Aufschluß über weitere, offensichtlich entscheidende Kriterien geben, die zur Beurteilung landtechnischer Lösungen zu beachten sind. Gerade sie aber sind ungewiß. Die Literatur gibt bisher darüber keine schlüssige Auskunft.

2. Methode

Diese Problematik aufzuhellen, wurde ein methodischer Weg erarbeitet, um die Attribute und Motive, seien sie landtechnischer, psychologischer oder soziologischer Art, in ihrem Rang und ihrem Wert zu erfassen.

Die Ermittlung der notwendigen Daten sowie der Kriterien und Motive erfolgt zweckmäßigerweise im landwirtschaftlichen Betrieb durch eine Befragung des Betriebsleiters, da er die maßgebenden Entscheidungen auf Grund seiner Kriterien fällt. Die Erhebung geschah im Rahmen einer Repräsentativerhebung in der BRD an Hand von charakteristischen Beispielen der Landtechnik. Die Auswahl der repräsentativen Stichprobe erfolgte durch das Quotenverfahren. Ausschlaggebend für die Anwendung dieses Verfahrens war die relativ schnelle, einfache und kostengünstige Durchführung der Erhebung, da kein Problem mit der Ausschöpfung der Stichprobe bzw. kein Non-Response Problem wie bei der Random-Methode auftritt.

Bei der Aufstellung der Stichprobe wurde wie folgt vorgegangen: Aus der Basis von 1350 Fällen wurden in die Erhebung die drei ausgewählten Betriebsgrößeklassen 5 bis unter 10 ha, 10 bis unter 20 ha und 20 bis unter 100 ha entsprechend ihren prozentualen Anteilen an der Gesamtheit aller Betriebe zwischen 5 bis 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche einbezogen. Diese Gruppierung nach Betriebsgrößen ergab sich aus dem Umfang an Landmaschinen, der jeweils in den Klassen vorhanden ist. Nach dem sekundärstatistischen Material gliederte sich die Stichprobe in 488 Betriebe der Größenklasse 5 bis 10 ha, 543 Betriebe der Größenklasse 10 bis 20 ha und schließlich 319 Betriebe der Größenklasse 20 bis 100 ha; für spezielle Aussagen in dieser Gruppe wurde die Anzahl um 150 erhöht. Zusätzlich zur Betriebsgröße wurde die Stichprobe nach Bodennutzungssystemen und Bundesländern quotiert, wonach sich die Interviewer richteten.

Diese primärstatistische Untersuchung wurde also in Form eines demoskopischen Interviews mit standardisierten Fragen angelegt.

Vor der eigentlichen Feldarbeit mußte ein standardisierter Fragebogen, der den Bewegungsspielraum für den Interviewer und den Befragten bewußt einengt, entwickelt und getestet werden. Verschiedene Vortests dienten dazu, die Bereitwilligkeit zur Mitarbeit seitens der befragten Landwirte, die Verständlichkeit der Fragen, die Vollständigkeit der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten sowie Umfang und Gesamtaufbau des Fragebogens zu testen.

Aufgabe des Fragebogens war es, Häufigkeit und Rang der Attribute für Maschinen und Arbeitsverfahren zu erfassen sowie den Wert abzuschätzen, den der Landwirt ihnen beimißt. Nur derjenige Landwirt wurde befragt, der über die entsprechenden Maschinen bzw. Betriebszweige verfügt. Damit war gewährleistet, daß den Aussagen Erfahrungen und ein echter Entscheidungsprozess zu Grunde lagen.

Ausgehend von der Überlegung, mit den Antworten eine möglichst große Repräsentanz zu erhalten, konzentrierte sich die Untersuchung auf einige allgemein bekannte Landmaschinen und Arbeitsverfahren.

Für den Mähdrescher wurden schwerpunktmäßig die Gründe für steigende Leistung sowie für die Wahl der Bauart erfragt. Beim Schlepper interessierten primär die Ursachen für den Anstieg der Leistung und die Stellung zu arbeitserleichternden Zusatzeinrichtungen.

Beim Ladewagen wurden an Hand der Alternative Frontlader - Ladewagen die wichtigsten Kriterien herausgestellt.

Im Bereich der Futterkonservierung ging es um die Aspekte der Alternative Hochsilo - Flachsilo sowie um das Risiko der Heubergung.

Da bei der Beurteilung von Maschinen und Verfahren ein mehr oder weniger großes Bündel von Kriterien und Motiven berücksichtigt werden muß, mußte der Befragte diese nach ihrem Rang ordnen. Angesichts dessen, daß der Befragte einer Maschine mehrere Faktoren zuordnet, waren Mehrfachnennungen möglich. Um in dem Faktorenkomplex Schwerpunkte herauszustellen, wurde nach wichtigen und weniger wichtigen Attributen unterschieden.

Zusätzlich sollte nicht nur der wichtigste Faktor genannt werden, vielmehr sollte der Befragte auch dessen Wert als DM-Betrag einschätzen. Die Problematik dieses Vorgehens, die Gefahr willkürlicher Zahlenangaben, ist aus der Marktforschung bekannt. Zur Konkretisierung der Vorstellungen des Befragten dienten deshalb Hilfen im Aufbau des Fragebogens: zum einen wurden dem Landwirt Alternativen landtechnischer Lösungen aufgezeigt,

deren relative Vorzüglichkeit das Urteil erleichtert. Zum anderen wurden als Anhaltspunkt Daten für übliche Verfahren vorgegeben.

3. Ergebnisse

Im Rahmen dieses Seminars sollen von den gesamten Ergebnissen nur zwei Beispiele exemplarisch besprochen werden. Es sind dies:

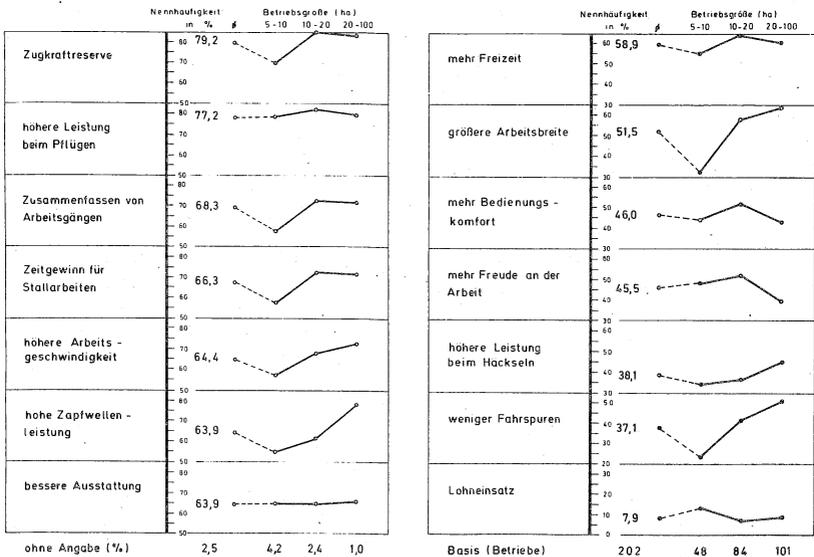
- a) die Beweggründe für wachsende Schlepperleistung
- b) die Vorzüge des Hochsilos gegenüber dem Flachsilos

Weitere Fragen seien der Diskussion vorbehalten.

a) Schlepper

Aus den in Vortests abgeklärten, vorgegebenen Kriterien benannten die Landwirte diejenigen, die für sie "wichtig" und "weniger wichtig" halten (vgl. Abb. 1)

Motive für den stärkeren Schlepper



Wichtigstes Motiv zum größeren Schlepper ist also die erhöhte Zugleistung, die die Einsatzsicherheit gewährleistet. An zweiter Stelle stehen arbeitswirtschaftliche Aspekte.

Interessant ist die große Bedeutung, die dem Substitutionseffekt Innen- zu Außenmechanisierung zukommt - verständlich aus der Problematik bautechnischer Investitionen.

In größeren Betrieben wird der Schlepper viel als Antriebsmaschine benutzt, da dort Maschinen mit hohem Leistungsanspruch (Kreiselmäher, Feldhäcksler) im stärkeren Maße vertreten sind.

Arbeitswissenschaftliche Gesichtspunkte nehmen einen mittleren Rang ein. Dazu zählt das Bedürfnis nach Freizeit ebenso wie nach günstiger Arbeitsplatzgestaltung.

Auf überbetriebliche Aufgaben wird nur geringer Wert gelegt.

Allgemein fällt auf, daß größere Betriebe mehr Kriterien nennen als kleine. Der Eindruck wird von der Spalte "weniger wichtig" verstärkt.

Insgesamt wird deutlich, daß das arbeitswirtschaftliche Moment nur zu einem Teil über die Motorisierung bestimmt. Neben dem dominierenden Ziel nach Risikominderung treten weitere von Gewicht in Erscheinung.

Das psycho-soziologisch geprägte Motiv nach Prestigegewinn ist mit anderen Mitteln untersucht. Es ließe sich an zweiter Stelle in die Rangfolge einordnen. Bei einem weiteren Beispiel, das daraufhin untersucht ist, dem Mähdrescher, tritt der Geltungsnutzen als weit weniger bedeutsam hinter den sachlichen Attributen zurück.

b) Silierverfahren

Die Diskussion um die Vorzüglichkeit von Hoch- und Flachsilo legt die Untersuchung der jeweiligen Bestimmungsgründe nahe. Hier wird auf die Vorteile des Hochsilos eingegangen (Abb. 2).

Der mit Abstand größte Wert kommt der guten Futterqualität zu; beim Flachsilo ist offenbar das Risiko von falscher Technik und damit verbundenen Fehlgärungen größer. Arbeitswirtschaftliche Vorteile stehen sekundär, sind auch aus dem Substitutionsmotiv nicht vertretbar. Etwa gleichwertig steht die Arbeits erleichterung.

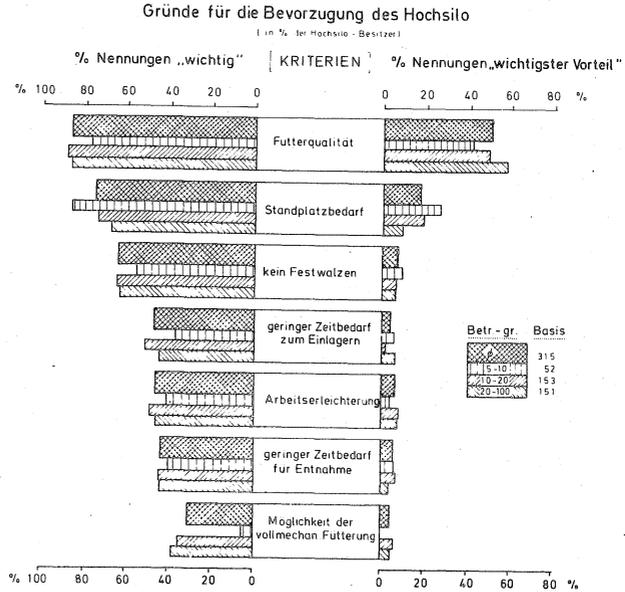


Abb. 2

Die überragende Bedeutung kommt in den Nennungen zum wichtigsten Vorzug noch deutlicher heraus. Allerdings verschiebt sich das Bild, wenn die Befragten davon informiert sind, daß das Flachsilos mit 40 DM/m^3 die Hälfte kostet und die gleiche Futterqualität erbringt. Dann würden sich $38,4\%$ der Befragten nicht wieder zum Hochsilo entscheiden, die Nennungen zur Silagebeurteilung würden entsprechend auf $47,0\%$ sinken.

4. Folgerungen

Bei ihrer Entscheidung über Investitionen lassen sich die Landwirte von verschiedenen Kriterien leiten, unter ihnen nimmt der arbeitswirtschaftliche Gesichtspunkt nur einen begrenzten Raum ein; gleichwohl dienen arbeitswirtschaftliche Überlegungen der landtechnischen Verfahrensbeurteilung sowie als Grundlage von Kalkulationen zur Technisierung als Substitution von Arbeit und Kapital.

Im folgenden sollen aus den empirischen Werten, die an Einzelbeispielen gewonnen wurden, allgemeine Aussagen hergeleitet werden. Dazu werden die Kriterien benutzt, die über die spezielle Verfahrenslösung hinaus Aussagekraft besitzen. Es sind dies: neben der Zeiteinsparung, Arbeitserleichterung, Risikominimierung und strukturbedingte Aspekte.

Um ihre Bedeutung zu kennzeichnen, wird für geeignete Fälle der Gesamtuntersuchung die jeweilige Nennhäufigkeit auf die des arbeitswirtschaftlichen Kriteriums bezogen. Die kurzgefaßten Ergebnisse (Abb. 3) zeigen, daß risikominimierende Maßnahmen zumindest gleichwertig sind, der universelle Schlepper wird hier höher eingeschätzt, ebenfalls Erntemaschinen. Arbeitserleichternde sind dann gleichrangig, wenn als Alternative Handarbeit steht; mechanisierte Verfahren reduzieren deren Bedeutung, die Dauerbeanspruchung zur Bewältigung großer Futtermengen steigert die psychologische Komponente. Die Gegebenheiten der betrieblichen Infrastruktur können alle übrigen Kriterien überdecken.

Die Beurteilung landtechnischer Verfahren sollte also die verschiedenen Variablen der unternehmerischen Zielfunktionen (Heinen) mit erfassen, Ein Beispiel zur Bewertung von Silierverfahren mag das grafisch vor Augen führen (Abb. 4):

Der Übergang von der einfachen Erdmiete zum Hochsilo läßt Kapitalbedarf und Kosten ansteigen, den Arbeitsbedarf sinken, führt jedoch wirtschaftlich zu Nachteilen. Das Risiko, ausgedrückt in möglichen Verlusten, nimmt ab. Die körperliche Beanspruchung des Menschen, als augenblicklich empfundene Beanspruchung in kcal/min aufgeführt, nimmt ebenfalls ab. Wenn allen drei Kriterien gleiche Beachtung geschenkt wird, stellt das Flachsilo mit Entnahmetechnik einen Kompromiß dar. Am ehesten aber werden diese Ziele vom Verfahren Folienschlauchsilo erfüllt, das die Einlagerung mechanisiert, die Entnahme erleichtert und über die mechanische Verdichtung für einen sicheren Gärprozeß sorgt.

Relative Bedeutung wichtiger Beurteilungskriterien

	ARBEITSZEIT % Nennungen	RISIKO	ARBEITS- ERLEICHTERUNG relativ zur Arbeitszeit (=100)	STRUKTUR
<u>Schlepper</u> : Anstieg der Leistung	58,0	137	80	-
<u>Mähdrescher</u> : Anstieg der Leistung	51,6	117	-	-
Vorteile des SF	46,5	-	-	128
Nachteile des gez. MD	34,2	-	-	76
<u>Grünfutter</u> : Ansprüche an Ladegeräte	85,8	95	97	-
Vergleich Ladewagen-Frontlader	22,0	93	80	-
<u>Hochsilo</u> : Vorzüge zum	45,4	188	-	164
Flachsilo		(7-nein 104)		
Vorzüge beim Einlagern	47,0	-	136	-
Auslagern	43,8	-	106	-

Abb. 3

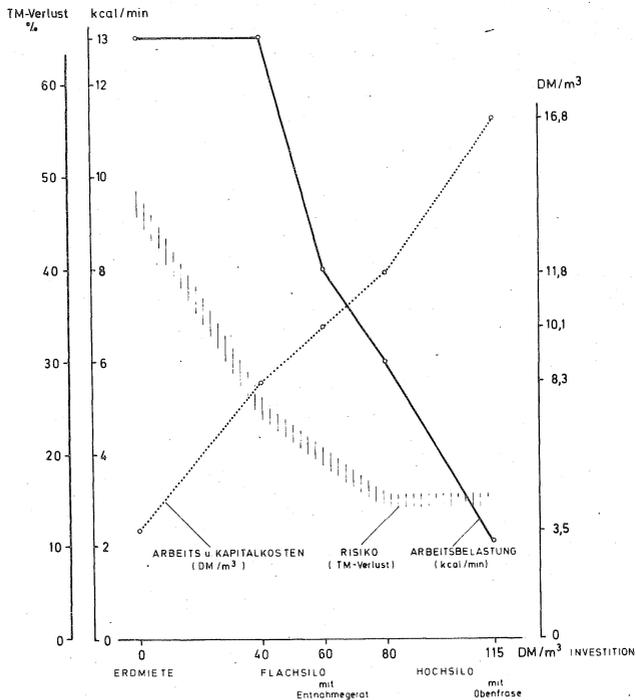
Arbeitsbelastung, Risiko und Kosten
verschiedener Silierverfahren

Abb. 4

5. Zusammenfassung

Es wird ein methodischer Weg aufgezeigt, der die Kriterien aufdeckt, die neben arbeitswirtschaftlichen bei der Verfahrensbeurteilung eine Rolle spielen. Einige Ergebnisse der Untersuchungen sind erläutert (weitere siehe Literatur). Allgemeingültige Folgerungen tragen zur besseren Bewertung von Investitionsentscheidungen und landtechnischen Lösungen bei.

Literatur:

- Isensee, E.: Investitionsgründe und Verfahrensbeurteilung bei der Mechanisierung der Futterwirtschaft in Vorbereitung
- Isensee, E.: Arbeitswissenschaftliche Kriterien und Mechanisierungsverhalten der Landwirte, Landarbeit 23. Jg. Folge 5, S. 35 (1972)
- Isensee, E., Tebrügge, F.: Zur Kapazität von Mähdreschern, Landtechnik 27. Jg., H. 19, S. 433 (1972)
- Tebrügge, F.: Ermittlung und Wertung von Beurteilungskriterien für Landmaschinen - dargestellt für Mähdrescher und Schlepper.- Diss. Gießen 1972

Ansprüche an landwirtschaftliche Kalkulationsdaten zum Zwecke der Anwendung in einer Datenbank

Dr. M. Brundke, Frankfurt/M.

1. Einleitung

Das derzeitige Angebot landwirtschaftlicher Kalkulationsdaten in der BRD ist umfangreich und größtenteils in Katalogen und Datensammlungen zusammengefaßt. Nach der Art der Daten stehen Zeit- und Kostendaten im Vordergrund. Die heutige Situation ist jedoch die, daß durch die rasche wirtschaftliche und technische Entwicklung die Fortschreibung von Daten und das Auffüllen von Lücken in einzelnen Datenbereichen mit Hilfe bisheriger Methoden der Datenermittlung nicht mehr Schritt halten kann. Hinzu kommt, daß die inzwischen verbesserten Planungsmethoden und -techniken weit höhere Anforderungen an Aufbau und Inhalt der Daten selbst stellen.

Daraus folgt, daß zur Lösung dieser Probleme nach neuen, rationellen Wegen zu suchen ist, wobei der gesamte Problemkomplex, angefangen von der Datenermittlung bis zur Ausgabe der jeweils gewünschten Informationen, Berücksichtigung finden muß. Die Lösung - darin ist man sich im allgemeinen einig - lautet: Datenbank oder genauer gesagt, datenbankbezogenes Informationssystem (dIS).

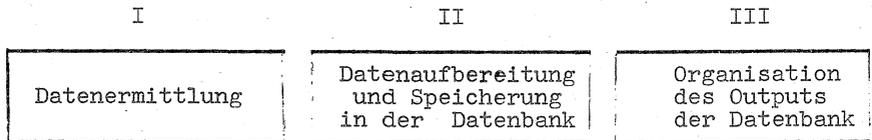
Aufgabe dieses Beitrages ist es, durch eine eingeschränkte Auswahl von Teilfragen aus dem gesamten Problemkomplex vor allem Antworten zu geben auf die Frage: Wie müssen Kalkulationsdaten für eine Datenbank beschaffen sein, um mit ihrer Hilfe ein Maximum an Informationsgewinn zu erreichen? Gleichzeitig wird damit das Ziel verfolgt, die Einsicht dafür zu verbreiten, daß als Konsequenz gestiegener Ansprüche an Kalkulationsdaten ein grundlegender Wandel vormals verwendeter Methoden der Datenermittlung einsetzen muß. Auf einen gemeinsamen Nenner gebracht, lautet die Forderung von heute an Kalkulationsdaten für eine

Datenbank: Nicht die fertig errechneten Ergebnisse von Planungseinheiten sind zu speichern, sondern es ist der Weg zu beschreiben - und in Funktionsgleichungen zu speichern - wie die Ergebnisse aus einzelnen Bausteinen zu berechnen sind.

Zum besseren Verständnis der zum Thema aufgestellten Forderungen und Aussagen wird im nächsten Abschnitt ein kurzer Überblick vorangestellt, der in groben Zügen die einzelnen Phasen beim Aufbau eines datenbankbezogenen Informationssystems beschreiben soll.

2. Ziel, Aufgaben und Organisation der KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Kalkulationsunterlagen"

Zur Bereitstellung bundeseinheitlicher Kalkulationsdaten, die den Ansprüchen heutiger, moderner Planungsmethoden gerecht werden können, ist 1970 die KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Kalkulationsunterlagen" gegründet worden. Über ihre Konzeption und Arbeitsweise wurde an anderer Stelle bereits berichtet¹⁾. Die Aufgaben, die beim Aufbau eines dIS zu erfüllen sind, laufen formal in drei Phasen mit jeweils spezieller, auf das Gesamtziel ausgerichteter Problemstellung ab:



Zur Durchführung der in den einzelnen Phasen anfallenden Teilaufgaben sind innerhalb der Arbeitsgemeinschaft (AG) Gruppen zur Ausübung unterschiedlicher Funktionen gebildet worden, wobei derzeit nach vorgenanntem Ablauf das Schwergewicht bei der Datenermittlung liegt:

1) KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Kalkulationsunterlagen", in Ausbildung und Beratung in Land- und Hauswirtschaft, Heft 11/1971.

Die Programmgestaltungsgruppe mit den Funktionen, Richtlinien für die AG aufzustellen sowie Geschäftsführung, Koordination und zentrale Datenverarbeitung einschließlich Dokumentation auszuüben.

3 Spezialarbeitsgruppen mit den Aufgaben, federführend in den Bereichen pflanzliche und tierische Produktion sowie Wirtschaftsgebäude, Grundfunktionen für die Datenermittlung zu erarbeiten.

9 Fachgebietsgruppen in den Bereichen Landwirtschaft, Wein-, Obst- und Gartenbau sowie landwirtschaftlicher Haushalt haben die Aufgabe, produktionstechnische und biologische sowie verfahrenstechnische und arbeitswirtschaftliche Grunddaten (Funktionen) für die Speicherung in der Datenbank zu ermitteln.

In der Phase II, Datenaufbereitung und Speicherung, handelt es sich primär um spezifische EDV-Probleme. Es geht dabei vor allem darum, die von verschiedenen Seiten angelieferten Daten vor der Speicherung in die Datenbank so aufzubereiten, daß die in verschiedenen Dateien zusammengefaßten Datenbestände für die Verarbeitung übersichtlich angeordnet sind, jederzeit erweiterungsfähig bleiben und für die Datenpflege leicht austauschbar sind.

In der Phase III schließlich sind die Formen zu suchen und zu organisieren, nach denen die Informationsausgabe der Datenbank erfolgen soll. Grundsätzlich erfolgt die Informationsausgabe in einem DIS in drei Schritten:

- a) Bereitstellung der für ein Problem benötigten Daten aus der Datenbank. Daraus werden in jedem Fall einer Planungsaufgabe mit Hilfe einer Checkliste und EDV-Programm die benötigten Planungselemente neu errechnet.
- b) Verarbeitung der Planungselemente durch Programmanweisung.
- c) Ergebnisausdruck nach Wünschen des Benutzers, wie im Programm festgelegt.

Die Aufgaben, die ein dIS für landwirtschaftliche Kalkulationsdaten zu erfüllen hat, können in drei Bereiche eingeteilt werden:

- a) Dienstleistungen durch Verarbeitung der Daten bei direkter Anfrage mittels Standard- bzw. spezieller Programme.
- b) Zusammenfassung von aggregierten Kalkulationsdaten unter bestimmten definierten Bedingungen zum Zwecke der Publikation von Katalogen und speziellen Datensammlungen.
- c) Speicherung der Ergebnisse aus standardisierbaren Anfragen und Planungsproblemen. Diese Ergebnisse, in einer Modellbank zusammengefaßt, sollen die Prozedur der Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe erleichtern und beschleunigen helfen.

In der Phase III wird, um den Informationsgehalt einer Datenbank möglichst voll und vor allem sinnvoll anwenden zu können, die Diskussion mit den verschiedenen Benutzerebenen, vor allem mit der landwirtschaftlichen Beratung, erforderlich.

3. Ansprüche an die Daten einer Datenbank

Nicht jede Sammlung von Daten kann als Datenbank bezeichnet werden. Unter Datenbank ist die Zusammenfassung aller Datenelemente in einem Informationsbereich zu Dateien zu verstehen, deren Speicherungsform aber keine Behinderung für eine flexible logische oder physische Verknüpfung zwischen den Datenelementen bedeuten darf. Diese Möglichkeit der Verknüpfung von Datenelementen ist das entscheidende Kriterium einer Datenbank und damit ein Weg, mit ihrer Hilfe die eingangs erwähnten Mängel im Bereich landwirtschaftlicher Kalkulationsdaten beheben zu können. Wenn hier die Ansprüche an die Daten einer Datenbank beschrieben werden, so geschieht dies aus der Sicht der Datenbank, von der die vorher genannten Leistungen in einem dIS gefordert werden, und angesprochen werden die Ergebnisse, wie sie seitens der Datenermittlung angeliefert werden sollten.

3.1 Formaler Aufbau einer Datenbank

Eine Datenbank enthält mehrere Dateien aus verschiedenen Bereichen (z.B. Bedarf an Futter, Arbeit, Maschinen, Gebäuden usw.). Jede dieser Dateien ist unterteilt in Sätze gleichen Typs und diese wiederum sind gegliedert in einzelne Felder, die letzten Endes die kleinsten, logisch manipulierbaren Einheiten darstellen. Zwischen Satz und Feld gibt es in einer Datenbank die Zusammenfassung von einzelnen Feldern zu Segmenten. Die Segmente einer Datenbank stellen die Datenelemente mit eigenen Ordnungskriterien dar. Die Segmente enthalten die Information, wie das Ergebnis einer gewünschten Planungseinheit (z.B. der AKH-Bedarf je Hektar für Pflügen unter bestimmten Bedingungen) zu berechnen ist. Die Auswahl zutreffender Bedingungen erfolgt über eine Checkliste und die weitere Verarbeitung der Planungseinheiten wird durch das EDV-Programm einer gewählten Kalkulationsmethode gesteuert.

3.2 Inhalt der Daten für eine Datenbank

Bezeichnet man zum Unterschied der Datenelemente (Segmente) in der Datenbank die Ergebnisse bei der Datenermittlung als Grunddaten, so sind hierbei generell stets zwei Fragen zu beantworten:

1. Von welchen Faktoren ist die - auf eine bestimmte Einheit bezogene - Zielgröße abhängig und
2. Welche mathematisch formulierbaren Beziehungen bestehen innerhalb und zwischen den einzelnen Faktoren, nach denen das Ergebnis der Zielgröße zu berechnen ist.

Um hierfür die richtigen Antworten zu finden, müssen bei der Datenermittlung Untersuchungsmethoden verwendet werden, die eine funktionale Betrachtungsweise zulassen. Eine Funktion ist das Ergebnis einer oder mehrerer unabhängiger Variablen aus verschiedenen Bereichen (biologischer oder technischer Daten), bezogen auf eine definierte Zielgröße:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

wobei Y die abhängige Zielgröße und die verschiedenen x die unabhängigen Einflußfaktoren, die auf die Zielgröße einwirken, darstellen. Von diesen Faktoren müssen Art und Stärke der Wirksamkeit auf die Zielgröße und der funktionale Zusammenhang der Faktoren (Form der mathematischen Verknüpfung) bestimmt werden. Ergebnis der Untersuchungen sind Grunddaten für Kalkulationszwecke in Form einer Funktionsgleichung, die in die Datenbank einzuspeichern sind. Die Grunddaten für die Datenbank müssen also enthalten:

1. die für eine bestimmte Zielgröße gültigen Bedingungen
2. die Einflußgrößen, die auf die Zielgröße einwirken und die Art ihrer funktionalen Verknüpfung und
3. die Daten als Quantifizierung der Einflußgrößen (Meßwerte).

Mit diesen Angaben kann nach entsprechender Aufbereitung und Speicherung die jeweils gewünschte Zielgröße, wie erwähnt, berechnet werden und gegebenenfalls durch Umrechnung zu einem aggregierten Planungselement für die weitere Verarbeitung bereitgestellt werden.

Die Methoden, die bei der Datenermittlung zu verwenden sind, hängen vor allem von der Art der zu untersuchenden Probleme ab und sind nicht Gegenstand dieses Beitrages. Zur Verdeutlichung der bisherigen allgemeinen Aussagen soll jedoch in kurzen Zügen der Weg beschrieben werden, der innerhalb der AG bei der Ermittlung von Planzeiten als verbindlich eingeführt wurde. Einzelheiten dazu können der Literatur entnommen werden^{1) 2)}.

1) Hammer, W.: Planzeitwerte in der Landwirtschaft, in Sonderheft der REFA-Nachrichten, Beuth-Vertrieb GmbH Berlin 30, Köln, Frankfurt/Main, 1967

2) REFA-Verband für Arbeitsstudien: Planzeiten in Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2 Datenermittlung. - Carl Hanser Verlag, München, S. 337-380.

Zur Ermittlung von Planzeiten wird die Teilzeitmethode verwendet. Der gesamte Arbeitsvorgang wird dabei in einzelne Planarbeitsabschnitte zerlegt (Analyse) und innerhalb dieser werden die Einflußgröße(n) untersucht. Der Zeitbedarf eines jeden Planarbeitsabschnittes wird als Arbeitszeitfunktion in Abhängigkeit von veränderlichen Einflußgrößen dargestellt, $t = f(x_1)$. Die Zeit je Arbeitsvorgang erhält man dann aus der Summe aller zugehörigen Planarbeitsabschnitte* (Synthese), $T = t_1 + t_2 \dots + t_n$. Durch die Analyse wird gleichzeitig festgelegt, wie die einzelnen Planarbeitsabschnitte definiert und wo die einzelnen Zeitmeßpunkte zwischen ihnen festgelegt werden müssen. Zur Entscheidung, welcher Meßwert aus den Wiederholungen in die Funktionsgleichung eingeht, liegen EDV-Programme zur statistischen Beurteilung von ein- und mehrdimensionalen Meßreihen vor.

Zur Darstellung des Untersuchungsergebnisses, die den Verlauf der Synthese von Planzeiten für einen Arbeitsvorgang wiedergeben, sind von HAMMER eine Reihe zweckmäßiger Formblätter entwickelt worden. Es sind dies im einzelnen:

- 1) Beschreibungsbogen
- 2) Arbeitsablaufskizze
- 3) Vorbereitungsbogen
- 4) Sammelbogen mit Zeichenerklärungsbogen für die Bezeichnung der einzelnen Variablen
- 5) Sortierbogen und
- 6) Ergebnisbogen.

Diese Bögen enthalten sämtliche Informationen, die für die Speicherung von Datenelementen aus Grunddaten in die Datenbank erforderlich sind, einschließlich der Bedingungen, die für die gewählte Zielgröße gültig sind. Ein relativ einfaches Beispiel dazu ist im Anhang dieses Berichtes dargestellt.

* t in cmin

3.3 Zum Genauigkeitsgrad der Daten

Die aufzunehmenden Daten können aus Versuchen, Erhebungen oder Beobachtungen stammen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Übertragung vorhandener Daten, die nicht nach funktionalen Gesichtspunkten ermittelt wurden, sehr problematisch ist, da ihre funktionalen Zusammenhänge nachträglich in der Regel nicht bestimmbar sind. Bei der Teilzeitmethode wird man die Planarbeitsabschnitte nur so klein als notwendig wählen, um damit den Einfluß der wichtigsten Variablen verfolgen zu können, wobei auf jeden Fall zyklische Abläufe erhalten bleiben sollen. Die Genauigkeit bei der Beschreibung der Arbeitsverfahren, der Arbeitsbedingungen und bei der Erfassung der Einflußfaktoren hängt von der Verwendung der Planzeiten ab. Grundsätzlich gilt, daß sie nur so genau wie nötig sein sollen, d.h. je häufiger eine Planzeit wiederverwendet wird, umso genauer muß sie sein. Die Genauigkeit einer Zeitaufnahme wird deshalb vom Untersuchenden vorgegeben, und das REFA-Standardprogramm "Statistische Auswertung von Zeitaufnahmen" überprüft u.a., ob die vorgegebene Genauigkeit erreicht wurde oder nicht.

3.4 Datenpflege

Abschließend sei noch auf ein für ein dIS sehr wichtiges Problem - die Datenpflege - hingewiesen. Sie hat die Aufgabe, die Datenbank auf dem neuesten Stand zu halten, d.h. die Datenbestände müssen in bestimmten Zeitabständen aktualisiert werden. Vor allem handelt es sich darum, daß im Bereich der Preis- und Kostendaten Veränderungen auftreten oder neue Arbeitsverfahren einzuführen sind. Solange die Funktionen dabei keine Veränderung erfahren, kann durch den Austausch der bisherigen gegen neue Werte in den Funktionsgleichungen eine rationelle und rasche Anpassung der Datenbestände an die aktuellen Verhältnisse erzielt werden. Diese Dienstleistung einer Datenbank ist umso leichter und erfolgreicher durchzuführen und zu organisieren, je besser

und ausführlicher die Dokumentation einer Datenbank angelegt ist. Dazu können im wesentlichen die Informationen beitragen, die in den genannten Formblättern bei Arbeitsstudien enthalten sind, auch wenn sie direkt nur zum Teil für die Speicherung benötigt werden.

4. Schluß

Mit diesem Beitrag wurde versucht - eingekleidet in die Funktionsweise einer Datenbank - die Anforderungen, die heute an moderne Kalkulationsdaten in einem dIS zu stellen sind, darzulegen. Berücksichtigt man, daß in Anbetracht des Umfanges der zu ermittelnden Daten und der fachlichen Breite in den verschiedensten Bereichen die Ermittlung der Daten nur dezentral erfolgen kann, so wird deutlich, daß es sich bei dem Zielprojekt "Datenbank für landwirtschaftliche Kalkulationsdaten" um ein langfristig anzusetzendes Vorhaben handeln muß. Umso erfreulicher wäre es, wenn über die Aktivitäten der Arbeitsgemeinschaft "Kalkulationsunterlagen" hinaus vermehrt Untersuchungsergebnisse einzelner Forschungsvorhaben zur Verfügung stehen, die für die Zwecke der Datenbank direkt verwendbar oder auswertbar sind. Unser Beitrag dazu wird darin liegen, komplette Beispiele aus Teilbereichen sobald als möglich zu veröffentlichen, um damit den Anstoß für die Zulieferung von Daten auf eine breitere Basis als bisher stellen zu können.

A n h a n g

Im nachfolgenden Beispiel wird anhand der vorgenannten Formblätter auszugsweise der Inhalt betreffender Informationen und Ergebnisse dargestellt. Es handelt sich dabei um ein relativ einfaches Beispiel aus dem Bereich manueller Tätigkeiten mit der

Aufgabe: Ermittlung der Planzeiten in einer Arbeitsstudie für das Sortieren von Nelken.

1. **Beschreibungsbogen:** Er enthält die Beschreibung des Arbeitsverfahrens und die Bedingungen.

Beispiel: Nelken sortieren in 4 Klassen am Fächersortiertisch im Sitzen, einschließlich Kelche flicken und Triebe entfernen. Ein Arbeitsvorgang = das Sortieren einer Kiste Nelken.

2. **Arbeitsablaufskizze:** Die zeitliche und örtliche Zuordnung der einzelnen Planarbeitsabschnitte wird beschrieben.
3. **Vorbereitungsbogen:** Hier erfolgt die Darstellung des Zeitbedarfes jedes Planarbeitsabschnittes in allgemeiner Formulierung als Funktion veränderlicher Faktoren mit Nennung der Bezugsgröße, $t = f(x_i)$.
4. **Sammelbogen:** Er enthält die Arbeitszeitfunktionen $t = f(x_i)$ in spezieller Formulierung, d.h. die Funktionsgleichungen mit Angabe der ermittelten Meßwerte.

Beispiel: Die Arbeitsstudie hat 7 Planarbeitsabschnitte ergeben.

Nr.	Planarbeitsabschnitt	Planzeit in cmin als Funktion veränderlicher Faktoren
01	Kiste auswechseln	$t_{01} = 10$
02	Folie rausschlagen	$t_{02} = 15$
03	Armvoll Nelken auf Tisch legen	$t_{03} = 147 \left(\frac{d \cdot c}{d} + z \right)$
04	Hinsetzen	$t_{04} = 2 \left(\frac{d \cdot c}{d} + z \right)$
051	Nelken sortieren	$t_{051} = 6 \left(\frac{h_1 \cdot c}{100} \right)$
052	" "	$t_{052} = 3 \left(\frac{h_2 \cdot c}{100} \right)$
053	" "	$t_{053} = 11 \left(\frac{h_1 \cdot c}{100} \right)$
054	" "	$t_{054} = 14 \left(\frac{h_1 \cdot c}{100} \right)$
06	Kelchringe nachfüllen	$t_{06} = 25 \left(\frac{h_3 \cdot h_4 \cdot c}{100 \cdot k} \right)$
07	Aufstehen und Folie in Leerkiste einschlagen	$t_{07} = 17$

Dabei bedeuten (Zeichenerklärung):

- c = Anzahl Nelken je Kiste [Anzahl]
 d = Anzahl Nelken je Entnahmegriff [Anzahl]
 h_1 = Nelken ohne Sonderbehandlung [v.H.]
 h_2 = Nelken mit 1 Trieb zu entfernen [v.H.]
 h_3 = Nelken mit geplatzttem Kelch [v.H.]
 h_4 = Nelken mit geplatzttem Kelch und 1 Trieb zu entfernen [v.H.]
 k = Anzahl Kelchringe je Behälter [Anzahl]
 v = Anzahl Wisten mit zu sortierenden Nelken [Anzahl]
 z = Zuschlag bis zur nächsten vollen Zahl

Die Planzeiten in cmin der Planarbeitsabschnitte t_{01} bis t_{07} werden in die Datenbank gespeichert. Damit kann - in Verbindung mit den über eine Checkliste einzugebenden Variablen - der Zeitbedarf für jede beliebige Kombination für das Sortieren von Nelken errechnet werden. Zur Überprüfung der Richtigkeit von Zeitfunktionen sind diese durch Beispiele zu testen. Hierzu dienen 6. Sortierbogen und 7. Ergebnisbogen. Die Zeitformel für die Zeit/Arbeitsvorgang T wird dem Sortierbogen entnommen. Für das Beispiel lautet sie:

$$T = \left[42 + 149 \left(\frac{c}{d} + z \right) + \frac{c}{100} \left((h_1 \cdot 6) + (h_2 \cdot 9) + (h_3 \cdot 11) + (h_4 \cdot 14) \right) + \left(\frac{h_3 + h_4}{100 \cdot k} \cdot c \right) \cdot 25 \right] \cdot p$$

wobei $p = 1$.

Im Berechnungsbeispiel sollen die Variablen folgende Werte annehmen:

$c = 600$ Stck.	$h_3 = 70$ v.H.
$d = 150$ Stck.	$h_4 = 5$ v.H.
$h_1 = 20$ v.H.	$k = 50$ Stck.
$h_2 = 5$ v.H.	$p = 20$ Stck.
	$z = 0$

Diese Werte, in obige Formel eingesetzt, ergeben:

$T_{12000} = 137.860$ cmin	je 12.000 Nelken
" = 1.380 AKmin	" " "
" = 23 AKh	

Anwendung der Teilzeitmethode bei der Ferkelaufzucht in Flachkäfigen

Dipl.-Ing.agr. Josef Lorenz, Gießen

Mit Hilfe der Teilzeitmethode können Teilzeiten für Arbeitselemente, die sich beim Produktionsvorgang "Ferkelerzeugung" ergeben, statistisch gesichert werden. Mit den Teilzeiten werden nach Eliminierung von Störfaktoren Planzeiten gewonnen, mit welchen der Gesamtarbeitszeitbedarf je Produktionseinheit bei mathematischen Planungsmethoden vorausbestimmt werden kann.

Durch die laufende Aufstockung der Tierbestände in der Ferkelproduktion und durch den ständig sinkenden Betreuungsaufwand je Tiereinheit finden strohlose Haltungssysteme aus ökonomischen Erwägungen immer stärkere Anwendung. Nach zweijährigen biotechnischen Versuchen in verschiedenen Ländern wurde mit der Frühentwöhnung von Ferkeln und gleichzeitiger Aufzucht in Flachkäfigen ein neues Haltungssystem für größere Spezialbetriebe nahezu praxisreif entwickelt, um Ferkel zwischen dem 21. und 28. Lebenstag von der Sau abzusetzen und sie bis zum 70. bzw. 85. Lebenstag in Gruppen von 6 bis 8 Tieren aufziehen zu können.

Seit Januar 1970 betreut die Rijksstation voor Landbouwtechniek in Merelbeke, Belgien, einen landwirtschaftlichen Spezialbetrieb, welcher dieses neue Haltungsverfahren mit großem Erfolg anwendet. Inzwischen wurden in diesem Betrieb Studien über Arbeitszeitmessungen durchgeführt, die mit Hilfe einer Zeitstudie des Instituts für Landtechnik in Gießen mit der Teilzeitmethode Weihenstephan - Bad Kreuznach nachgeprüft werden konnten. Diese Zeitstudie mit einer Probemessung und drei Wiederholungen diente zwei Zielen:

- a) der Erfassung von Grunddaten für das neue Haltungssystem
- b) der Feststellung des seit 1970 durch den technologischen Fortschritt eingetretenen veränderten Arbeitszeitaufwandes des Arbeitsvorganges "regelmäßige Arbeiten" "Ferkel in Flachkäfigen".

Zur Gewinnung der Kenndaten war eine Vorstudie erforderlich, bei welcher

die Arbeitskräfte, das Stallgebäude und das Aufstallungssystem sowie der Arbeitsablauf in Ablaufabschnitten erfaßt wurde.

Gleichzeitig erfolgte

die Abgrenzung in Arbeits- und Teilvorgänge
die Definition der Meßpunkte und
die Ermittlung der Einflußfaktoren.

. Arbeitskräfte

Der Betriebsleiter ist seit 1969 auf die Erzeugung von Ferkeln spezialisiert. Er versorgt täglich einen Schweinebestand von durchschnittlich 44 leer- und hochtragenden Sauen, 22 ferkelführenden Sauen, 28 Jungsaunen sowie ca. 96 Ferkeln in Flachkäfigen.

. Stallgebäude

1969 wurde die in Bild 1 vorgestellte Stallanlage errichtet. Die Raumaufteilung, der Gebäudeteil und das Aufstallungssystem des jeweiligen Stallgebäudes zeigt Tab. 1.

Tabelle 1

Raumaufteilung	Gebäudeteil	Aufstallungssystem
R 1	Büro, Garage, Heizraum	-
R 2	Abferkelstall	22 Abferkelaufzuchtbuchten mit Abferkelkäfig und Teilspaltenboden
R 3	Käfigstall	12 Einzelflachkäfige (3 Käfiggruppen)
R 4	Futterlagerraum	-
R 5	Stall für leer- u. hochtragende Sauen	44 Kombibuchten und mit Teilspaltenboden
R 6	Stall für Jungsaunen	28 Kombibuchten mit Teilspaltenboden
R 7	Stall für Eber	4 Einzelbuchten mit befestigtem Auslauf

Dalemans und Mitarbeiter haben 1970 erstmals in dieser Stallanlage eine Arbeitszeitstudie durchgeführt. Die Ergebnisse dienten als Ausgangsgrundlage für die eingetretenen veränderten Verhältnisse der Projektstufe "Ferkel in Flachkäfigen" "regelmäßige Arbeiten".

• Gliederung des Arbeitsablaufes

Der Arbeitsablauf des Betriebes wurde in die mit Bild 2 wiedergegebenen Ablaufabschnitte unterteilt, damit eine klare Abgrenzung zwischen Arbeitsvorgang, Teilvorgang und Arbeitsstufe erfolgen konnte.

• Projektstufen und Arbeitsvorgang

Von der verfaßten Gesamtarbeitszeitstudie wird hier nur die Projektstufe "Ferkel in Flachkäfigen" und die dazu gehörigen Arbeitsvorgänge "regelmäßige Arbeiten" sowie das Stallgebäude vorgestellt.

Im abgebildeten Käfig (Bild 3) von 1,22 m Länge und 1,22 m Breite sind 6 Ferkel vom 28. bis zum 70. Lebenstag untergebracht.

Die täglich einmal wiederkehrenden Arbeitsvorgänge sind "regelmäßige Arbeiten", die aus Bild 2 zu ersehen sind.

Das Futter wird in einem 6 kg fassenden Trog ad libitum verabreicht. Wasser erhalten die Ferkel aus einer Nippeltränke, die an der Käfigrückwand angebracht ist. Der anfallende Kot und Harn wird durch einen Lochblechboden durchgetreten und gelangt anschließend in den darunterliegenden Güllelagerraum.

• Flachkäfig^{und} Stallgebäude

Den speziellen Stallgrundriß und die Käfiganordnung zeigt Bild 4.

• Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes

Der Arbeitsablauf, die Teilvorgänge, die Meßpunkte und die Einflußfaktoren wurden in die Zeitnahmebögen eingetragen. Die Zeitermittlung erfolgte in cmin (100 cmin = 1 Minute). Der Arbeitsaufwand von 360 cmin pro Tag verteilt sich prozentual in die mit Tab. 2 aufgeführten Teilzeitabschnitte.

Tabelle 2

Arbeitszeitaufwand des Arbeitsvorganges "regelmäßige Arbeiten"
"Ferkel in Flachkäfigen"

Arbeitsteilvorgang	cm in	%
Öffnen des Futterraumes	20	2,33
Befüllen der Futtereimer	408	47,00
Gehen vom Futterlager im Stall zum Flachkäfigfüttertrog	63	7,25
Käfigkontrolle und Füttern der Ferkel	173	19,93
Zurückgehen vom Flachkäfigfüttertrog zum Futterlager im Stall mit Temperaturkontrolle	78	8,95
Gehen vom Futterlager im Stall zum Futterlager im Kraftfutterraum	13	1,49
Sack auf die Schulter heben	37	4,24
Gehen vom Futterlager im Kraftfutterraum zum Futterlager im Stall	26	2,98
Sack öffnen	30	3,50
Schließen des Futterraumes	20	2,33
Gesamtarbeitsaufwand	368	100,00

Die Tab. 2 zeigt, daß der Hauptarbeitsaufwand mit 47 % auf den Teilzeitvorgang "Befüllen der Futtereimer" fällt; weitere 20 % werden durch "Käfigkontrolle und Füttern der Ferkel" benötigt. An dritter Stelle mit 9 % liegt der Vorgang "Zurückgehen vom Flachkäfigfüttertrog zum Futterlager im Stall mit Temperaturkontrolle". Alle übrigen Teilzeitvorgänge liegen um oder unter 7 % des Arbeitsteilvorganges.

• Ausgliederung von Teilzeitvorgängen

Aufgrund der Zeitstudien können durch technische Veränderungen folgende Teilzeitvorgänge ausgegliedert bzw. eingeschränkt werden:

Mit einer veränderten Käfigaufstellung also einer Längsfutterachse könnte auf den Zwischenraum verzichtet werden; somit würden die Teilzeiten, die derzeit für die zusätzlichen Wege des erweiterten Käfigabstandes entstehen, entfallen.

Ein geeigneter Silobehälter, Futterwagen sowie größere Futtereimer könnten die hohen Futterannahme- und -verteilzeiten beträchtlich senken helfen.

• Vergleich der ermittelten Ergebnisse

Der ermittelte Arbeitszeitaufwand für "regelmäßige Arbeiten" "Ferkel in Flachkäfigen" beträgt bei dem vorgestellten Stallsystem derzeit im Durchschnitt pro Tag 866 cmin; "unregelmäßige Arbeiten" fielen bei diesem Arbeitsvorgang nicht an. Dieser Wert wurde im Mittel der Messungen bei einer Stallbesetzung von 96 Ferkeln in 12 Flachkäfigen mit je 8 Tieren und eines Handlungsabschnittes (29. - 70. Lebenstag) von 42 Tagen festgestellt. Bei dem vorliegenden Wurfindex von 2,2/Sau/Jahr ergibt sich pro Sau ein jährlicher Gesamtarbeitsaufwand für die Käfighaltung von 66,53 Minuten. Dalemans stellte bei seinen Messungen pro Sau und Jahr einen Arbeitsaufwand von 92,4 min fest. Die Differenz zwischen beiden Ergebnissen beträgt 25,87 min, ca. 25 % des untersuchten Arbeitsvorganges. Diese Einsparung ist aufgrund des veränderten Haltungssystems eingetreten.

Der prozentuale Anteil des Arbeitsaufwandes für "regelmäßige Arbeiten", "Ferkel in Flachkäfigen" am Gesamtarbeitsaufwand je Sau/Jahr ist gering. Er betrug 1970 mit 1,56 Akh am Gesamtarbeitsaufwand von 25,81 Akh/Sau/Jahr 6 % und liegt heute bei 4 %.

Abschließend erschien es interessant, die hier täglich anfallenden "regelmäßigen" und "unregelmäßigen Arbeiten" zu betrachten. Bei den Messungen von Dalemans wurden die Arbeitszeitelemente in "regelmäßige Arbeiten" und "unregelmäßige" bei der Ferkelproduktion unterteilt.

Wie die Tab. 3 zeigt, entfielen 1970 von 25,81 Akh/Sau/Jahr bei 2,2 Würfen 72 % aller Tätigkeiten auf "unregelmäßige Arbeiten". Dieser Wert stieg 1972 durch das verbesserte Flachkäfigstallsystem auf 73 %.

Tabelle 3

Gliederung des Gesamtzeitaufwandes von 25,81 Akh = 1549,05 min/Sau/Jahr (1970) und 25,38 Akh = 1523,18 min/Sau/Jahr (1972) in "regelmäßige" und unregelmäßige Arbeiten "

	regelmäßige Arbeiten				unregelmäßige Arbeiten			
	min		%		min		%	
	1970	1972	1970	1972	1970	1972	1970	1972
leer- und hochtragende Sauen	222,75	222,75	14,38	14,62	66,00	66,00	4,26	4,33
säugende Sauen	122,90	122,90	7,93	8,06	451,00	451,00	29,11	29,62
Ferkel in Käfigen	92,40	66,53	5,99	4,36	52,00	52,00	3,35	3,42
Jungsauen	--	--	--	--	45,00	45,00	2,90	2,96
Eber (i. Restarbeiten enthalten)	--	--	--	--	--	--	--	--
Restarbeiten	--	--	--	--	497,00	497,00	32,08	32,63
Gesamtarbeitszeitaufwand	438,05	412,18	28,30	27,04	1111,00	1111,00	71,70	72,96

Eine objektive Betrachtung dieser sehr schwierig erfaßbaren Daten, ist bei modernen Haltungssystemen sehr wichtig, denn bekanntlicherweise verlagern sich besonders bei Einführung derselben, die "regelmäßig täglichen Arbeiten" immer mehr auf die Seite der "unregelmäßigen". Diese Tatsache ist auch in der Mastschweinehaltung bei großen Beständen und hohem Mechanisierungsgrad bekannt.

Als künftige Aufgabe gilt es bei Arbeitszeitstudien besonders in der Ferkelproduktion nach einer Formel zu suchen, mit welcher die "regelmäßigen" und "unregelmäßigen ~~täglichen~~ Arbeiten" exakt erfaßt werden könnten.

Zusammenfassung

Die Erfassung der Daten war relativ günstig, da eine gründliche Vorstudie vor den eigentlichen Messungen angefertigt werden konnte. Eine klare Unterteilung der Teilzeiten, der Meßpunkte und Einflußfaktoren sowie eine umfassende Beschreibung der Einzelvorgänge ist vorzunehmen, damit ausreichende Kenndaten gewonnen werden können. Die erfaßten Grunddaten sollen eine Information über das vorgestellte Haltungssystem wiedergeben. Durch die Vielfalt von Aufstallungsmöglichkeiten und Käfigvarianten müssen über dieses neue Haltungssystem noch mehr Grunddaten gewonnen werden, um eine objektive Aussage darüber treffen zu können.

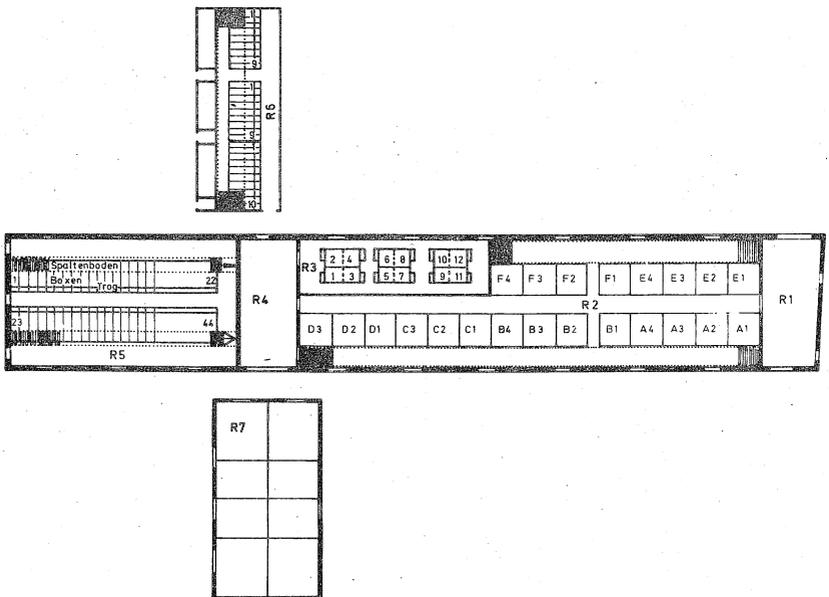


Bild 1: Stallgebäudegrundriß

Gliederung des Arbeitsablaufes in Ablaufabschnitte

Schweine	
Betrieb Thiempont J., De Pinte	
Ferkelproduktion	
Projekt	
Teilprojekt	
Projektstufe	
leer- und hochtragende Sauen	Restarbeiten
regelmäßige Arbeiten	Jungsaunen
Tierkontrolle	regelmäßige Arbeiten
Ein- u. Austreiben	Ein- u. Austreiben m. Tierkontrolle
Füttern	Füttern
Wasserversorgung	Käfigkontrolle u. Füttern
Entmisten	Futtermittelherstellung
Ein- u. Austreiben m. Tierkontrolle	Stall-schließen
Ferkel füttern	Reparaturarbeiten
unregelmäßige Arbeiten	Tierpflege
Decken	
Tierpflege	
	unregelmäßige Arbeiten
	Geburtshilfe
	Ferkel wiegen
	Tätowieren
	Eiseninjektion
	Vitamininjektion
	Zähne abkneifen
	Nabelpflege
	Abferkelbox reinigen
	Umbuchten der Sau
	Umbuchten der Ferkel
Arbeitsteilvorgang	Ferkel füttern
Arbeitsstufe	Käfigkontrolle und Füttern
	Zurückgehen mit Temperaturkontrolle
	Zurückgehen vom Flachkäfigfüttertrug zum Futterlagerplatz im Stall
	Temperatur prüfen
	heben
	Gehen vom Futterlager im Kraftfütterraum zum Futterlager im Stall
	Sack öffnen
	Sack auf die Schulter
	heben
	Gehen vom Futterlager im Kraftfütterraum zum Futterlager im Stall
	Sack öffnen

Bild 2: Gliederung des Arbeitsablaufes

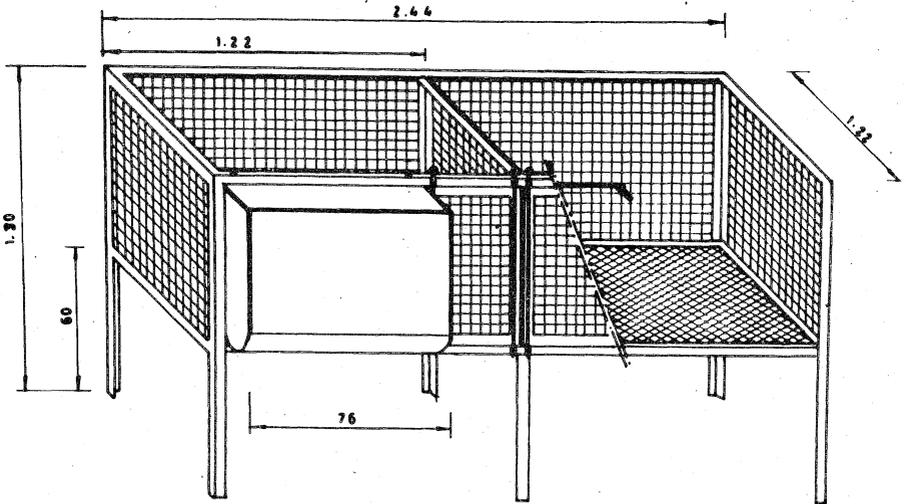


Bild 3: Ferkelkäfig

Flachkäfigstall

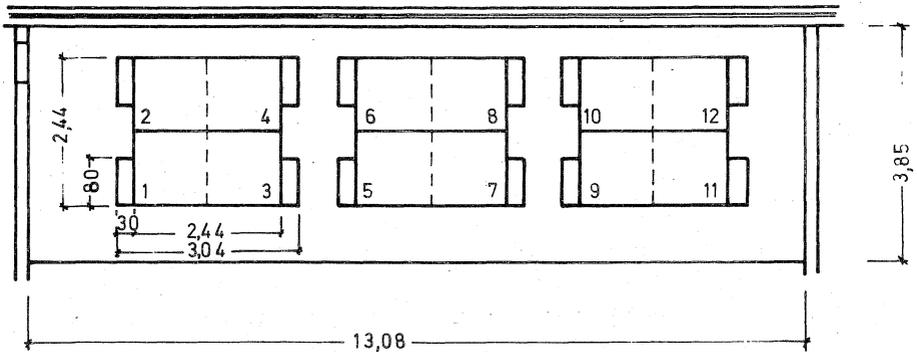


Bild 4: Käfigstallgrundriß

Die Anwendung des MTM-Systems zur Organisation von Arbeitsverfahren bei der Containerkultur in Baumschulen.

Diplomlandwirt Dr. Eduard Wilking, 2849 Wöstendöllen.

Problemstellung.

In den Baumschulbetrieben gibt es zwei besonders ausgeprägte Arbeitsspitzen. Das sind die beiden Versandzeiten im Herbst und im Frühjahr. Letztere kann sich zudem noch mit Pflanz- und Pflegearbeiten überschneiden. Bei der herkömmlichen Anzuchtmethode ist nur in der Vegetationsruhe und dann wiederum nur in frostfreier Zeit ein Warenversand möglich. In diesen beiden kurzen Zeitspannen von häufig nur wenigen Wochen Dauer müssen Rodung, evtl. Pflanzeneinschlag oder Kühlhausbeschickung, Aufbereitung und Versand bewältigt werden.

Deshalb sucht man nach Verfahren, diesen Versand über einen längeren Zeitraum ausdehnen zu können. Das kann einmal durch Kühl Lagerung von Baumschulgehölzen erfolgen, die Vegetationsruhe wird durch niedrige Temperaturen künstlich ausgedehnt, so daß auch noch in den Monaten Juni und Juli Pflanzungen am endgültigen Standort durchgeführt werden können.

Oder aber die Jungpflanzen werden bereits in Kleinbehältern - Container genannt - kultiviert. Beim Auspflanzen wird der gut durchwurzelte Ballen aus diesem Behälter genommen und in das Pflanzloch gesetzt. Damit ist gewährleistet, daß kein Wachstumsschock eintritt und eine Pflanzung während der ganzen Jahreszeit mit Ausnahme von Frostperioden möglich ist. Zwei Verfahren haben sich eingebürgert: Die Kultur in Töpfen aus steifem Plastikmaterial, die aber erhebliche Kosten verursacht und die Anzucht in Folienbeuteln aus schwarzem Plastikmaterial, versehen mit einigen Löchern zur Drainage und mit zwei Seitenfalten. Dieses letztere Verfahren des Bepflanzens derartiger Behälter soll arbeitswirtschaftlich untersucht werden.

Methoden der Arbeitsanalyse.

Diese Arbeiten des Bepflanzens von Containern bestehen aus einer Folge von Griffvorgängen mit Transporten über sehr kurze Distanzen. Herkömmliche Stoppuhrmessungen vermitteln zwar den globalen Zeitbedarf, es müßte aber reizvoll sein, aus Gründen der Arbeitsgestaltung mit Hilfe eines "Systems vorbestimmter Zeiten" bis in kleinste Vorgänge eines Arbeitsablaufes vorzudringen. Dazu eignet das MTM-System (Methods-Time-Measurement). Basis dieser Methode der Arbeitsanalyse bilden Grundzeitwerte, die mit Hilfe von Filmaufnah-

men von tätigen Menschen geschaffen wurden. Es werden also Zeitwerte für Grundbewegungen festgelegt, die in einer vierseitigen Normalzeitwertkarte zusammengefaßt sind. Normalzeitwert soll besagen, daß der Leistungsgrad = 100 bei der Zeitfestlegung erfaßt wurde.

An Grundbewegungen unterscheidet man folgende: Hinlangen -R- Reach (5 Fälle), Bringen -M- Move (3 Fälle), Drücken -AP- Apply Pressure (2 Fälle), Drehen -T- Turn (Unterschieden nach Winkel und Kraftaufwand), Greifen -G- Grasp (11 Fälle), Loslassen -RL- Release (2 Fälle), Fügen -P- Position (3 Fälle, 3 Arten der Symmetrien, 2 Handhabungen), Trennen -D- Disengage (3 Fälle, 2 Handhabungen), Blickverschieben -ET- Eye Travel (2 Fälle), Prüfen -EF- Eye Focus (1 genereller Normalzeitwert). Außer diesen Finger-, Hand- und Augenbewegungen werden noch eine Anzahl Körper- und Fußbewegungen unterschieden und mit Zeitwerten belegt.

Der jeweilige Fall einer Bewegung ist genau definiert. Die Distanz wird gemessen mit einem Stahlbandmaß, dabei dient der Wurzelknochen des Mittelfingers als Meßpunkt. Ein ganz wesentliches Untersuchungsmerkmal ist, ob gleichartige oder auch verschiedene Grundbewegungen mit beiden Händen gleichzeitig ausgeführt werden können. Dabei wird unterschieden, ob diese einfach, mit Übung oder nur schwierig auszuführen sind und ob diese innerhalb oder außerhalb des Blickfeldes ablaufen. Allein diese Übersicht auf der Frontseite der Normalzeitwertkarte ist schon von großer Bedeutung für die Arbeitsgestaltung, denn nach Kenntnis der hier zusammengefaßten Einflüsse können bereits viele Störfaktoren bei Arbeitsvorgängen beseitigt werden.

Mit diesen gekennzeichneten Bewegungen werden Arbeitsvorgänge aufgeschlüsselt und mit TMU-Einheiten (Time-Measurement-Units) bewertet. Es wurde festgelegt: 1 TMU = 0,00001 Stunde = 0,0006 Minute = 0,036 Sekunde.

Zur Erläuterung soll die umfassende Analyse der wenig technisierten Handarbeit beim Füllen eines Plastik-Containerbeutels dienen. MTM-Analysen wurden darüber hinaus auch in den einzelnen Abteilungen unterschiedlich arbeitender Maschinen durchgeführt. Wegen des Umfangs derartiger Feststellungen werden nachfolgend allerdings nur die Endresultate angegeben. Außerdem liegen Zeitmessungen mit der Stoppuhr über folgende Arbeiten im Zusammenhang mit der Container-Kultur vor: Pflanzen bewurzelter Stecklinge in Plastiktöpfe (8 cm Hart-PVC) mit Hilfe einer Maschine, Zu- und Abtransporte sowie Ausstel-

len in die Kulturbeete und Entnahme der in Plastiktöpfen vorkultivierten Pflanzen aus den Beeten.

Analyse der Handarbeit mit dem MTM-System.

Auf einem Arbeitstisch wird links von der Arbeitsperson ein Paken flach liegender Folienbeutel abgelegt, der nach dem Lösen eines Gummibandes verrutschen kann. Der Beutelinhalt mißt 1.5 l und wird aufgefüllt mit Pflanzerde (Schöpfgriffe der rechten Hand). Diese liegt aufgeschüttet vor dem Arbeiter auf dem Arbeitstisch. Rechts vom Arbeiter steht eine Kiste (Kantenhöhe 30 cm) mit Pflanzen, die über einen durchwurzelten Erdballen verfügen. Der abgefertigte Container - aufgefüllt mit Erde und mit eingesetzter Pflanze - wird nach links auf eine Transportpalette abgestellt. Die analysierten Bewegungen sind aus der Beschreibung für linke Hand (LH) und rechte Hand (RH) zu entnehmen. Die eingesetzte Pflanzenart war *Tsuga canadensis* (Tabelle 1).

Arbeitsanalysen beim Einsatz maschineller Einrichtungen.

Für diese Arbeiten des Containerbepflanzens wurden Maschinen konstruiert, die allerdings nur Teilverrichtungen ausführen, wie die Zufuhr der Pflanzerde mit dem Elevator und mit einem Einfülltrichter in den Containerbeutel, das Verfestigen des Substrats durch Klopfen und Rütteln und einige Transporte. Durch festgelegte Arbeitsrhythmik entsteht ein Fließbandeffekt, die Arbeitspersonen können sich dabei auf Teilverrichtungen spezialisieren.

1. System T i m m e r m a n n.

Die Anlage - weitgehend im Eigenbau erstellt - steht in einem Raum von 4 x 8 m Grundfläche, der eine Tür und mehrere Durchlaßluken hat. Außen davor und in den Boden eingelassen befindet sich ein Bunker zur Aufnahme des Pflanzsubstrats. Durch Vorschub wird es von dort in einen Trichter bewegt und mit Förderband in einen Vorratsbehälter oberhalb der Maschinenanlage gebracht. Die Bedienungsmannschaft besteht aus 4 Kräften:

Die 1. Person nimmt den flach liegenden Plastik-Containerbeutel mit der linken Hand vom Stapel, öffnet ihn und legt den Rand um Klemmbacken, die vorher mit einem Fußhebel zusammengeführt wurden. Nach dem Lösen dieser Sperre hängt der Beutel straff gespannt. Diese Person bestimmt das Arbeitstempo und ist als einzige voll ausgelastet.

Der Beutel rückt unter den Einfülltrichter, wird automatisch mit Pflanzerde aus dem Vorratsbehälter gefüllt und von unten zur Ver-

Tabelle 1. MTM-Analyse von der Handarbeit beim Bepflanzen eines

<u>Containers.</u>				
Beschreibung	L.H.	T M U	R.H.	Beschreibung
Hinlangen z. flach auf Stapel liegenden Beutel	R 26 B	11.7		
Kontaktgriff Finger	G 5	0.0		
Griff Beutelrand	G 1 B	3.5		
Bringen vor Körper	(M 26 B G2	12.3	R 15 A	Hinlangen z. Beutel in anderer Hand
		2.0	G 1 A	Griff Beutelrand
		6.0	M 10 A	Beutel öffnen (Anschlag)
		2.0	RL 1	Loslassen Beutel
		8.8	R 16 B	Beutel öffnen mit Faust
		0.0	G 5	
Hand hält Container		11.8	M8B (2x)	Öffnen mit Faust
		0.0	RL 2	
		58.5	R26B	5x Hinlangen zum Erdhaufen auf dem Tisch, Schöpfgriffe, Erde in Beutel
		25.0	M 6B	
		28.0	G 2	
		68.5	M26C	
		10.0	RL 1	
		14.1	R 30 C	Hinlangen z. Stämmchen einer Pflanze
		12.9	G 4 C	Stämmchen erfassen
		15.1	(M 30 C G 2	Wurzelballen in Beutelöffnung
	RL 1	9.1	P1 SSE	Pflanzenballen in Erde
Hinlangen z. Pflanze in anderer Hand	R 10 A	6.1		
Pflanze ergreifen	G 1 A	2.0	RL 1	Pflanze loslassen
		4.5	R 6 B	Hinlangen z. andrücken
		0.0	G 5	d. Wurzelballens
		32.4	AP1 (2x)	andrücken
		0.0	RL 2	
		23.4	R 26 B	2 x Hinlangen z. Erdhaufen, Schöpfgriffe, Erde zum Auffüllen des Beutels
		10.0	M 6 B	
		11.2	G 2	
		27.4	M 26 C	
		4.0	RL 1	
		6.3	R 10 B	Hinlagen z. abstreichen der Erde
		0.0	G 5	
		10.5	M 20 B	Erde abstreichen
Pflanze loslassen	RL 1	2.0	RL 2	
Hinlangen Beutelrand	R 10 B	6.3	R 10 B	Hinlang. Beutelrand
Ergreifen	G 1 A	2.0	G 1 A	Ergreifen
Beutel anheben	(M 10 B	20.4	M 10 B)	3 x
Beutel aufstampfen	M 10 A	18.0	M 10 A)	
Zur Transportpalette	M 40 B	15.6	RL 1	
Loslassen	RL 1	2.0		

===== Summe = 503.4 T M U = 0.302 AKmin =====

festigung mit einer Eisenplatte 7 x geklopft. Zwischen dem 5. und 6. Klopfen wird von der 2. Person die Pflanze eingesetzt und ange-drückt, während noch weiteres Substrat zugeführt wird. Die Pflan-zen stehen auf Vorrat dicht an dicht in einer Kiste links vom Ar-beiter. Dieser wählt mit der rechten Hand eine Pflanze aus, bewegt diese vor seinem Körper her gegen den Container und muß warten, bis die überwiegende Menge Erde eingefüllt ist, dann erst kann er sie einsetzen. Es handelt sich also um ausgeprägte Einhand-Arbeit.

Darauf rückt der bepflanzte Folienbeutel weiter und wird von der Maschine selbsttätig abgestellt. Von hier nimmt ihn die 3. Person und reicht ihn zur endgültigen Abfertigung der 4. Person. Diese 3. Person ist nur in geringem Umfang ausgelastet und könnte leicht durch ein kleines Förderband ersetzt werden. Das ist für eine ratio-nelle Gestaltung des Arbeitsablaufes und zur Deckung der Kosten sogar dringend notwendig.

Schließlich wird von der 4. Person eine Handvoll Erde zur Endgül-tigen Auffüllung zugegeben und überschüssige mit einer Handbewe-gung abgestreift. Beim Abstellen des fertigen Containers auf eine Transportpalette wird dieser nochmals aufgestampft. Der Arbeiter ist mit diesen Verrichtungen annähernd ausgelastet.

Tabelle 2. Zeitbedarf für das Bepflanzen eines Containers von 1.5 l Inhalt mit Tsuga canadensis.

Personen	Produktive Arbeit	Prozeßzeit (PT)	Grundzeit T M U
	T M U	Wartezeit T M U	
1.	118.2	.	118.2
2.	85.3	32.9	118.2
3.	29.5	88.7	118.2
4.	114.8	3.4	118.2
Summe TMU	347.8	125.0	478.8
= AKmin	0.209	0.075	0.284
<u>Bei 3 Personen</u>			
Summe TMU	318.3	36.3	354.6
= AKmin	0.191	0.022	0.213

Im Zusammenhang mit den eigentlichen Arbeiten des Bepflanzens stehen weitere Verrichtungen, die sich drei Gruppen zuordnen lassen:

1. Rüstzeiten beim Einsatz der Maschine. Dazu rechnen das Auswechseln einer leeren Transportpalette gegen eine mit 150 bis 170 Containern gefüllte, das Zuschaukeln von Pflanzsubstrat auf den Arbeitstisch der 4. Person und das Nachholen der mit Pflanzen gefüllten Kisten. Arbeitsverrichtungen also, die auch voll bei der Handarbeit auftreten.
2. Transport zu den Beeten und Ausstellen der Container. Während der Rüstzeiten wird die volle Transportpalette über ein Rollbahnsystem zu einem Einachs-Anhänger geleitet, der darauf über eine Distanz von durchschnittlich 300 m zu den Stellbeeten gezogen wird. Beim Abstellen faßt der Arbeiter je Vorgang mit jeder Hand 3 Container, stellt diese zunächst dicht an dicht und bringt sie dann auf den entsprechenden Abstand, so daß sie in Reihen gegenseitig auf Lücke stehen.
3. Entnahme der Pflanzen aus den Anzuchtbeeten und Transport zum Arbeitsraum. Die Pflanzen wurden in 8 cm Hart-PVC-Töpfen kultiviert, sie werden einzeln von Hand aufgenommen, ihr Ballen gelöst und dann - je nach Pflanzenart - mit 2 - 3 Scherenschnitten gestutzt (etwa Cotoneaster). Transportbehälter sind große, flache Kisten, die etwa 84 Pflanzen fassen. Die leeren Töpfe werden gesammelt, ineinander geschoben und in Kisten abgelegt. Der Transport zum Arbeitsraum hat eine Distanz von 150 m und wird mit dem erwähnten Einachs-Anhänger durchgeführt. Die Kisten werden einzeln hineingetragen und auf einem Brett in Arbeitshöhe abgestellt.

Tabelle 3: Zeitbedarf für Rüst-, Transport- und Zubringertätigkeiten.

Arbeitsgruppen	AKmin je 1 Container bzw. 1 Pflanze
Rüstzeiten	0.045
Transport Hin- u. Rückweg	0.052
Ausstellen Container	0.080
Pflanzenentnahme aus Beete	0.099
Transport zum Arbeitsraum	0.013
Grundzeit	0.289

Diese Arbeitsmessungen gestatten einen Vergleich der beiden Verfahren Handarbeit und Maschinenarbeit. Die jeweiligen Grundzeiten wurden dazu auf die Rechnungseinheit Arbeitskraftminute ausgerichtet. Zur weiteren Kalkulation erfolgte ein Zuschlag von 15 % für Verteilzeit und Erholung, daraus errechnet sich die Ausführungszeit je Einheit. Diese umfaßt nicht die Maschinenpflegearbeiten.

Tabelle 4: Vergleich der Verfahren von Handarbeit u. Maschineneinsatz.

Arbeitsverfahren	Handarbeit	Maschineneinsatz	
		4 Arbeitspersonen	3
<u>Grundzeiten in AKmin</u>			
Bepflanzen d. Container	0.302	0.284	0.213
Rüsten, Transport Pflanzenentnahme aus Pflanzenbeet	0.289	0.289	0.289
Summe	0.591	0.573	0.502
Zuschlag für Verteilzeit 15 % der Summe aller Grundzeiten	0.088	0.085	0.075
Ausführungszeit	0.679	0.658	0.577

2. System PLANTAREX mit 8 Saugtöpfen im Betrieb C l a s e n. Diese Maschinenanlage hat eine runde Anordnung. Der Bedarf an Arbeitsgrundfläche beträgt 6 x 6 m einschließlich einer linear gestellten Röllchenbahn für die Zuführung des benötigten Leergutes. Diese Bahn dient in der Verlängerung zum Ableiten der Kisten mit fertig bepflanzten Containern bis diese auf einem Transportanhänger verladen werden können. Außerdem ist eine hufeisenförmig angeordnete Röllchenbahn vorhanden für die Zubringung der Kisten mit Pflanzen. Seitlich liegt ebenerdig auf einer Grundfläche von 8 x 8 m ein Haufen Pflanzsubstrat. Von hier wird die Erde durch Handarbeit auf ein Förderband geschaufelt, das zu einem Vorratsbehälter oberhalb der Maschine führt. Maschine mit Transporteinrichtungen und Substrat sind in einer Halle untergebracht, die der Arbeitsgestaltung vorläufig keine Begrenzungen auferlegt.

Wahrscheinlich wäre aber auch an diesem Aggregat die Zuführung der Erde mit vertretbaren Kosten zu automatisieren. Die eigentliche Maschinenbesatzung besteht aus 3 Personen: Die 1. Person öffnet den Folienbeutel mit den Fingern, führt die Faust hinein und stellt ihn in die als Saugnapf ausgebildete Halterung. Durch einen Luftsog entsteht ein Unterdruck, so daß der Beutel völlig geöffnet der umfassenden Wandung anliegt. In einer variierbaren Taktung wird der Beutel zur 2. Person hin weitergeführt.

Diese nimmt eine Pflanze aus der Kiste und setzt sie mit dem Wurzelballen ein. Dabei gleitet Erde von oben durch einen Trichter in den Containerbeutel. Beim Einfügen der Pflanze und nach dem Versetzen der Finger wird diese 3x angedrückt.

Die 3. Person nimmt den Container mit beiden Händen aus dem Saugnapf und stampft ihn einmal auf. Dann erfaßt sie ihn abermals mit beiden Händen am Rand und bringt ihn zur Transportkiste. Hier wird der Container nochmals aufgestampft und gegen die bereits abgefertigten geschoben.

Die Maschine kann für verschiedene Containergrößen umgerüstet werden. Das geschieht durch den Anbau verschiedener Saugnapfgrößen. Allerdings erfordert das einen Aufwand von mehr als 23 Zeitminuten. Entweder müssen in dieser Zeit die Arbeiter anderweitig beschäftigt werden oder aber es muß Vorsorge getroffen werden, daß Langzeitarbeiten mit einer Größe gewährleistet sind. Das Bepflanzen von 1.5- bis 2.0 l-Containern mit *Prunus laurocerasus* wurde untersucht:

Tabelle 5: Zeitbedarf für das Bepflanzen eines Containers von 1.5 l Inhalt mit *Prunus laurocerasus*.

Personen	Produktive Arbeit	Prozeßzeit (PT)	Grundzeit T M U
	T M U	Wartezeit TMU	
1.	112.0	34.3	146.3
2.	146.3		146.3
3.	118.8		146.3
Summe TMU	377.1		438.9
= AKmin	0.226		0.263
Pflanzerde einschaufeln			0.023
Gesamt			0.286

3. System PLANTAREX mit 12 Saugtöpfen im Betrieb R o s t o c k. Die Arbeitsweise dieser Maschine ist der vorstehend beschriebenen gleich, nur die Dimensionierung ist größer, anstelle 8 hat diese Anlage 12 Saugtöpfe. Bei ebenfalls runder Anordnung benötigt sie eine Arbeitsgrundfläche von 8 x 10 m einschließlich einer hufeisenförmig gestellten Röllchenbahn für die Pflanzenzufuhr und einer längsgerichteten zum Verladen. Ein großer Haufen Pflanzsubstrat lagert ebenerdig und gegen die Stirnwand der Arbeitshalle gestapelt. Die Beschickung erfolgt von Hand durch Einschaufeln in einen Trichter, aus dem ein Förderband das Substrat zu einem Vorratsbehälter auf der Maschine bringt, eine durchaus automatisierbare Arbeit.

Für den Arbeitsversuch beim Bepflanzen von 3 l-Containern mit Rosen und Piceen wurde die Personenzahl dreifach variiert. Abgesehen von der Beschickung mit Pflanzerde, die eine Person keineswegs auslastet, wurden die Kräfte folgendermaßen eingesetzt: Von 6 Arbeitern stellten 2 die Folienbeutel in der beschriebenen Arbeitsweise in die Saugnäpfe und sind damit fast ausgelastet, 1 Person setzte die Pflanzen ein und war damit voll ausgelastet. 2 Frauen nahmen die Container ab, füllten von Hand noch etwas Erde nach und drückten die Pflanze gut an. Mit dieser Tätigkeit waren sie vollauf beschäftigt. Die 6. Person schließlich stellte die fertigen Einheiten in die Transportkisten und ist damit voll ausgelastet.

Diese Maschinenbesetzung kann auf 4 Personen begrenzt werden, wenn die Tätigkeit der beiden Frauen beim Auffüllen der Erde und andrücken der Pflanze durch ein Bohrgerät zum Verfestigen ausgeführt wird. Die letzte Person würde dann die fertigen Container abnehmen und direkt in die Transportkiste stellen.

In einem weiteren Versuch schließlich wurde noch eine der beiden Personen zum Einstellen der Plastik-Container in die Saugnäpfe eingespart. Es zeigte sich aber, daß zwar die Arbeitszeit je Einheit günstig ist, die mögliche Leistung der Maschine aber keineswegs ausgeschöpft werden konnte (Tabelle 6).

Aus den Zeitmessungen geht hervor, daß zwar je Einheit Container die günstigste Zeit für den Einsatz von 3 Personen vorliegt, weil die Prozeßzeit (Wartezeit) einen besonders geringen Anteil hat. Dieses Ergebnis muß aber als nur theoretisch möglich angesehen werden, da aus technischen Gründen und wegen nicht Ausschöpfens

der Maschinenleistung unter diesen Bedingungen eine Realisierung nicht möglich ist.

Bei 6 Personen ist der Zeitbedarf besonders umfangreich, da 2 mit dem Andrücken der Pflanzen beschäftigt sind. Wird dagegen diese Tätigkeit automatisiert - etwa durch die Verwendung eines Erdbohrgerätes - dann ist die Maschinenbesetzung bestehend aus 4 Personen optimal.

Tabelle 6: Zeitbedarf für das Bepflanzen eines Containers von 3 l Inhalt mit Rosen oder Piceen.

Personenzahl	6	4	3
<u>Arbeitsvorgang AKmin</u>			
Bepflanzen	0.414	0.276	0.207
Rüstzeit	0.070	0.050	0.060

Neben der großen Maschinenanlage arbeitet im Betrieb Rostock noch ein kleineres Aggregat, speziell ausgerüstet zum Pflanzen bewurzelter Stecklinge in den mehrfach erwähnten 8 cm Hart-PVC-Topf. Es arbeitet ebenfalls bei runder Anordnung und erfordert den Einsatz von 2 Personen. Davon setzt eine mit ihrer linken Hand den PVC-Topf in eine Halterung der ruckartig taktenden rotierenden Anlage und nimmt mit der rechten Hand fertig bepflanzte ab und stellt sie in Kisten. Die andere Person setzt den bewurzelten Steckling ein und drückt die Pflanzerde fest. Beide sind gut ausgelastet (Zeitwerte sind in der Tabelle 7 angegeben).

Schluß.

Diese Zeitmessungen stammen von Maschinen bei störungsfreiem Lauf. In Wirklichkeit treten aber häufiger Stockungen auf, was natürlich sogleich zu einem erheblichen Leistungsabfall führt. Es wird sich daher lohnen, besonderes Augenmerk auf eine ausgereifte Entwicklung zu legen, ebenso auf die Zusatzeinrichtungen wie etwa automatische Zufuhr von Pflanzerde und Abtransport der fertig bepflanzten Container. Die Containerkultur ist rationell und wird steigende Bedeutung erlangen.

Tabelle 7: Zeitbedarf unterschiedlich organisierter Arbeitsvorgänge
beim Bepflanzen von Containern.

Organisation	Vorgang	Arbeits- personen	Zeitbedarf in AKmin/Container	
Handarbeit	1.5 l-Container	1	0.307	
Maschinen	Betrieb Timmermann, Eigen- bau, 1.5 l-Container	4 3	0.284 0.213	
	Rüstzeiten		0.045	
	Betrieb Clasen, PLANTAREX 8 Saugtöpfe, 1.5 l-Cont.	3	0.263	
	Rüstzeiten		0.045	
	Pflanzerde einschaufeln	1	0.023	
	Betrieb Rostock, PLANTAREX 12 Saugtöpfe, 3 l-Cont. 1. ohne Erdbohrer	6	0.414	
	Rüstzeiten		0.070	
	2. mit Erdbohrer	4	0.276	
	Rüstzeiten		0.050	
	Pflanzerde einschaufeln	1	0.046	
	Bewurzelte Stecklinge in 8 cm Hart-PVC-Topf	2	0.107	
			
	Nebenarbeiten	Pflanzenentnahme aus An- zuchtbeet, Wurzelballen aus PVC-Topf nehmen	1	0.099
		Pflanzentransport zum Ar- beitsraum u. abladen (150 m)	1	0.013
Containertransport zum Kulturbeet mit Transport- palette (Hin- u. Rückweg zusammen 300 m)		1	0.052	
Ausstellen der Container		1	0.080	
Abladen Leergut		1	0.007	
Aufladen volle Transportkisten		1	0.018	

Planung und Auswertung von Versuchen zum Vergleich
des Zeitbedarfs unterschiedlicher Arbeitsverfahren

von Dr. W. Hammer

1. Problem

In mehreren landbautechnischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen werden seit Jahrzehnten sorgfältige Verfahren zur Versuchsplanung und -auswertung im Verein mit entsprechenden mathematisch-statistischen Methoden erfolgreich angewendet (17). Diese biometrische Aktivität wurde ständig weiterentwickelt und durch Einführung der EDV wesentlich gefördert. Auch im landarbeitswissenschaftlichen Bereich sollten diese Methoden genutzt werden; denn sie sind Voraussetzung für die Vergleichbarkeit und Verallgemeinerungsfähigkeit der Ergebnisse sowie für die Erhöhung der Versuchsempfindlichkeit und -genauigkeit. Nicht zuletzt gestatten sie bei gleichem Genauigkeitsanspruch eine Verminderung und daher größere Wirtschaftlichkeit des Versuchsaufwandes.

2. Aufgabe

An einigen Beispielen soll die Anwendung dieser methodischen Grundlagen beim Vergleich von Arbeitsverfahren dargestellt werden. Dabei sollen mehrfaktorielle Versuchspläne zur mehrfachen Zerlegung von Versuchs- und Störfaktoren und zur Untersuchung von festen und zufälligen Haupteffekten sowie von Wechselwirkungen benutzt werden.

Herr Diplommathematiker W. Nollau hat durch eingehende Beratung und Kritik wesentlich zu diesem Referat beigetragen. Dafür gebührt ihm Anerkennung und Dank!

Für alle untersuchten Arbeitsverfahren sind Tests auf signifikante Unterschiede durchzuführen sowie Regressionsfunktionen für den Arbeitszeitbedarf zu errechnen.

3. Methodische Ausgangssituation

Mehrere Autoren (3, 7, 12, 13, 17) weisen auf die Überlegenheit mehrfaktorieller gegenüber einfaktoriellen Versuchen hin. Letztere behandeln jeweils nur eine Einfluß- und eine Zielgröße, wobei alle übrigen Faktoren und Randbedingungen gleichgehalten werden müssen. Mehrere Versuchsfaktoren können dann nur in einer entsprechenden Serie neben- oder nacheinander ablaufender, getrennter Einzelversuche untersucht werden. Seit Mitte der fünfziger Jahre werden in zunehmendem Maße mehrfaktorielle Versuche durchgeführt, "wobei die gegenseitige Verflechtung und Beeinflussung der Faktoren sowie ihre Wechselwirkung möglichst quantitativ erfaßt werden sollten" (17). Wesentlich waren für diese Entwicklung die multifaktoriellen Varianz- und Regressionsanalysen und deren Kombination in Form der Kovarianzanalyse; denn damit lassen sich ein wesentlicher Teil komplexer Erscheinungsformen beschreiben und kausale Abhängigkeiten finden. Die Varianzanalyse gestattet, die Wirkung nur qualitativ definierbarer Ausprägungen oder Stufenwerte einer Einflußgröße (= Merkmal, Faktor) abzuschätzen. Mit einer Regressionsanalyse lassen sich dagegen quantitativ bewertbare, stetige Einflußgrößen in ihrer Wirkung auf die Zielgröße beurteilen.

In jedem Falle ist es notwendig, für das zu untersuchende Problem ein gedankliches Modell und dafür ein formales mathematisches Modell zu bilden. Die mathematisch-statistischen Methoden dienen u.a. der Prüfung, wie gut das Modell das empirische Datenmaterial widerspiegelt. Die EDV bietet nun mit ihrer Kapazität, sehr schnell und genau mehrere Alternativen durchrechnen zu können, die Möglichkeit, verschiedene Modellansätze zu vergleichen und die günstigsten auszuwählen.

Dieses "Durchspielen" mehrerer Modellansätze erweist sich immer wieder als geeignetes Mittel, zunächst unvermutete Zusammenhänge zu finden oder bei mangelnder Beweiskraft der vorliegenden empirischen Daten neue Hypothesen für nächste Untersuchungsschritte zu bilden.

Solch ein mathematisches Modell für eine Kovarianzanalyse lautet in der allgemeinsten Form eines dreifaktoriellen Versuchs wie folgt:

$$Y_{ijk;v} = M + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \sum_{\lambda=1}^q b_{\lambda} x_{ijk;v}^{(\lambda)} + e_{ijk;v}$$

$i = 1, 2, \dots, I$ Stufen des Faktors A

$j = 1, 2, \dots, J$ " " " B

$k = 1, 2, \dots, K$ " " " C

$v = 1, 2, \dots, n_{ijk}$ Zellbesetzungen

$Y_{ijk;v}$ = v -ter Wert der Zielgröße in der Zelle (i, j, k)

M = Generaleffekt

A, B und C = Hauptwirkungen

(AB), (AC), (BC) und (ABC) = Zweier- und Dreierwechselwirkungen zwischen A, B und C

b_{λ} = Regressionskoeffizient der Mitveränderlichen Nr. λ ($\lambda = 1, 2, \dots, q$)

$x_{ijk;v}^{(\lambda)}$ = v -ter Meßwert der Mitveränderlichen Nr. λ , x_{λ} , in der Zelle (i, j, k)

$e_{ijk;v}$ = Versuchsfehler ($N(\vec{0}, \sigma^2 I)$ -verteilt).

LE ROY (7 - 10) wies klar darauf hin, daß zur Durchführung richtiger F-Tests innerhalb der Varianzanalysen bei der Versuchsplanung geklärt werden muß, nach welchem Analysenmodell ausgewertet werden soll. In Frage kommen dafür

Modell I - nur mit systematischen oder festen Hauptwirkungen

Modell II - nur mit zufälligen Hauptwirkungen

Modell III - systematische und zufällige Hauptwirkungen vermischt.

Systematische Komponenten: Spezielle Behandlungen werden bewußt ausgewählt und in den Versuch einbezogen, weil sie von praktischem Interesse sind. Vergleiche von Mittelwerten stehen somit hier im Vordergrund (2, 15).

Zufällige Komponenten: Die Behandlungen, Versuchspersonen oder Versuchstage sind zufällige Stichproben aus einer Grundgesamtheit, über die eine Aussage erwünscht ist. Es interessieren die Variabilitätsanteile der einzelnen Faktoren an der Gesamtvariabilität (2, 15).

Zur obengenannten korrekten Anwendung der F-Tests (7) gilt allgemein: Nur bei Modell I dürfen die mittleren Abweichungsquadrate (MQ's) gegen das MQ des Versuchsfehlers geprüft werden. Bei Modell II müssen die MQ's der Hauptwirkungen gegen bestimmte Wechselwirkungen getestet werden (siehe dazu als Beispiel die Übersichten 2, 6 und 8).

4. Beispiele für vergleichende Untersuchungen von Arbeitsverfahren.

Um die sinnvolle Möglichkeit der Auswertung arbeitswissenschaftlicher Versuche nach den in Kapitel 3 angerissenen Gesichtspunkten darzustellen, folgen zwei Beispiele von Untersuchungsgegenständen (siehe Übersicht 1).

4.1. Projekt I: Vergleich von zwei verschiedenen Arbeitsverfahren, Futterautomaten von Mastschweinen bei rationierter Selbstfütterung mit Eimern aus Wochenvorrats tonnen zu befüllen

Dieses Projekt stellt einen Versuch mit dreifacher Zerlegung in folgende Faktoren dar:

- A: systematische Komponente (2 A'verfahren)
- B: zufällige Komponente (4 V'personen)
- C: zufällige Komponente (4 V'tage)

Übersicht 1: Merkmale der Untersuchungsgegenstände (= Projekte)

Merkmale	Projekt I	Projekt II
	Automaten- füllen	Entmisten von Kastenständen
Arbeitsinhalt der untersuch- ten und zu ver- gleichenden Arbeitsver- fahren	Füllen von Futter- automaten für Mastschweine	Entmisten von Kasten- ständen für tragende Sauen
	A. von der Futter- gangseite	A = unterschiedl. Spaltenboden A ₁ = Betonbalken A ₂ = Holzbalken
	B. von der Buchten- seite	B = unterschiedl. Rückwände B ₁ = nach vorn geneigte R. B ₂ = senkrechte R.
Zeit der Ver- suchsdurch- führung	Januar 1970	Nov. 1969 - April 1970
Anzahl der Meßwerte	256	52
Zielgrößen	Zeitaufwand [cmin] je Futterautomat	1. Zeitaufwand [cmin] je Kastenstand 2. Kotmenge [kg] je Kastenstand

Einflußgrößen (=E)

1. qualitative E. = Zerlegungsfaktoren für den
Varianzanalyse teil der Kovarianzanalyse

1.1. Systematische Komponenten
A: 2 Arbeitsver-
fahren
= 2 Stufen
B: 2 Rückwände
= 2 Stufen

1.2. Zufällige Komponenten
B: 4 V' Personen
= 4 Stufen
C: 4 V' Tage
= 4 Stufen

2. quantitative E. = Mitveränderliche (=Kovariaten) für den
Regressionsteil der Kovarianzanalyse

1. Mitveränderliche
x₁: Anzahl der
Eimerfüllungen
je Futter-
automat
x₁: Anzahl Kasten-
stände/Gruppe
x₂: Anzahl der Tage
zwischen den
Entmistungen

Hier liegt also ein gemischtes Analysenmodell III (s. Seite 3) vor. Da jede Stufe eines Faktors mit jeder Stufe aller anderen Faktoren kombiniert im Versuchsplan vorkommt und die Meßwerte mit gleicher Wiederholungszahl je Kombination (d.h. in jeder "Zelle" des Modelles) auftreten, handelt es sich um eine sogenannte Kreuzklassifikation mit gleicher Gruppenfrequenz (= orthogonaler Fall).

Übersicht 2 gibt die Ergebnisse der Streuungszerlegung wieder, die mit zwei Programmen des DRZ (1, 14) errechnet wurden. Mit den verschiedenen MQ's werden F-Tests durchgeführt, deren Verlauf durch Pfeile angedeutet wurde. Darauf aufbauend, läßt sich die Signifikanz der Streuungsursachen (= Einflußgrößen) feststellen: In diesem Beispiel unterscheiden sich die beiden untersuchten Arbeitsverfahren signifikant. Aber auch die Versuchspersonen und Versuchstage haben einen hochgesicherten Einfluß auf das Versuchsergebnis. Dagegen ist nur die BC-Wechselwirkung signifikant, d.h. die Arbeitsleistung der einzelnen Versuchspersonen entwickelte sich während der nacheinander folgenden Versuchstage unterschiedlich. Besonders aufschlußreich wäre ferner, die Anteile kennen zu lernen, mit denen die einzelnen Faktoren zur Gesamtvarianz beitragen. Als Merkmal dafür dienen im allgemeinen die Varianzkomponenten, die jedoch zufällige Komponenten und eine Analyse nach Modell II (s.S.3) voraussetzen. Es wird daher in fiktiver Weise angenommen, daß auch der Faktor (A) eine zufällige Komponente sei, und so folgendes festgestellt: Die Mitveränderliche x als Maß für die Arbeitsmenge hat einen überwältigenden Einfluß. Dieses Ergebnis weist auf die unbedingte Notwendigkeit hin, unsere Arbeitsbedarfszahlen im gegebenen Fall als Zeitfunktionen oder Kennlinien in Abhängigkeit von stetigen Einflußgrößen und nicht nur als diskrete Richt- oder Kennwerte für bestimmte Stufen anzugeben.

Übersicht 2: Streuungszерlegung für Projekt I"Automatenfüllen"

Zielgröße: Zeitaufwand/Automat [cmin]

Faktor (A) : 2 A'verfahren = systematische Komponenten

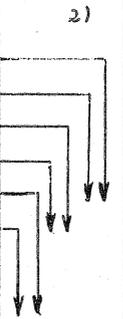
Faktor (B) : 4 V'personen = zufällige Komponenten

Faktor (C) : 4 V'tage = zufällige Komponenten

(AB)...(ABC) : Wechselwirkungen

x = Anzahl Eimerfüllungen/Automat = Mitveränderliche

R = Reststreuung = Restvarianz

SU	FG	MQ	Tests	F _{ber.}	F _{tab.}		Sig- nifi- kanz	Varianz- Komponenten 1)			
					5%	1%		abs.	rel. [%]		
A	1	3800,2	2) 	39,4	18,5	>40	x	29	1,6		
B	3	2758,5		23,1	3,86	6,99	xx	41	2,3		
C	3	1855,0		15,5	3,86	6,99	xx	27	1,5		
AB	3	96,9		3,4	3,86	6,99	-	2	0,1		
AC	3	28,4		1,0	3,86	6,99	-	0	0		
BC	9	119,6		3,3	1,93	2,49	xx	5	0,3		
ABC	9	28,6		0,8	1,93	2,49	-	0	0		
x	223							xx	1664	92,2 3)	
R	223	36,0		Restvarianz $s_R^2 =$				36	2,0		
								Gesamtvarianz $s^2 =$		1805	100

1) Die Berechnung der Varianzkomponenten geschah mit der fiktiven Unterstellung (s.S.5), daß auch Faktor (A) als zufällige Komponente aufgefaßt und somit nach Modell II (s.S.3) analysiert werden kann.

2) Besonderer Testverlauf nach Le Roy (7).

3) Bestimmtheitsmaß = 92,2 %

Erläuterungen:

SU = Streuungsursache

FG = Freiheitsgrade

MQ = Mittl. Abweichungsquadrat

F_{ber.} = berechneter F-WertF_{tab.} = Tabellen-F-Wert
als PrüfgrößeKennzeichnung der Signifikanz

Signifikanzniveau

Zeichen verbal

Irrtumswahrscheinlichkeit

 α [%]

- nicht gesichert

 $\alpha > 5$

x gesichert

 $5 > \alpha > 1$

xx hoch gesichert

 $1 > \alpha > 0,1$

Betrachtet man schließlich die Varianzanteile der Hauptwirkungen A, B und C, so fällt auf, daß die Varianz der Versuchspersonen und Versuchstage gleich groß oder größer ist als die der beiden untersuchten Arbeitsverfahren. Dies bedeutet, die möglichen Differenzen zwischen den Versuchspersonen und Versuchstagen liegen in der gleichen Größenordnung wie die verglichenen Arbeitsverfahren. Man sollte daher bei der Herausgabe von Arbeitsbedarfszahlen für allgemeine Kalkulations- und Planungszwecke folgendes prüfen: Ist es bei Vorliegen dieser vergleichsweise kleinen Differenz gerechtfertigt, für zwei unterschiedliche Arbeitsverfahren die entsprechenden Daten anzugeben? Oder sollte man sich auf die zweckmäßigere Lösung beschränken und auf deren Arbeitsausführung durch entsprechende Beschreibung deutlich hinweisen? Ein Verfahrensvergleich mit solchen Ergebnissen und Folgerungen müßte dann dem Bereich der Arbeitsgestaltung zugeordnet werden.

In Übersicht 3 wird der gleiche Gedanke noch einmal aufgegriffen und dargestellt, wie wesentlich die mehrfaktorielle Zerlegung und die Beachtung solch starker Variationen ist, wenn man kleine Differenzen oder Varianten von Arbeitsverfahren untersuchen will: Mit abnehmender Zahl der Zerlegungswege steigt der Versuchsfehler stark an und schmälert die Möglichkeit, die eigentliche Versuchsfrage objektiv zu klären. Bei weiteren Analysen benutzten wir ein anderes Modell, bei dem außer der ersten Mitveränderlichen x_1 eine zweite x_2 zur Quantifizierung der Wiederholungszahl eingeführt wurde. Dadurch ergab sich ein klarer Zusammenhang zwischen dem Einfluß der Versuchstage und der Versuchswiederholungen (siehe Übersicht 4). Denn der berechnete F-Wert als Maß für die Stärke des Einflusses des Faktors "Versuchstage" vermindert sich deutlich, wenn die obengenannte Mitveränderliche x_2 im Analysenmodell enthalten ist: $F = 1,3$. Dieser steht im Gegensatz zum hohen F-Wert von 15,5 ohne x_2 im Modell. Der Einfluß der Versuchstage deckt sich also weitgehend mit dem der Mitveränderlichen "Versuchswiederholungen".

Übersicht 3: Vergrößerung des Versuchsfehlers durch
Verminderung der Zerlegungs-Wege

Zerlegung in ...	Zerlegungs- faktoren ¹⁾	Versuchsfehler (= Restvarianz s_R^2)
3 Wege	A, B u. C	39,44
2 Wege	A u. B	61,23
1 Weg	A	93,22

Übersicht 4: Zusammenhang zwischen dem Einfluß der Versuchs-
tage und den Versuchswiederholungen

Berücksichtigung der V'wiederholungen als Mitveränderliche	Berechneter F-Wert und Signifikanz für Zerlegungsfaktor C "Versuchstage"
ja	1,3 -
nein	15,5 ^{xx} (s.Übersicht 2)

1) Zerlegungsfaktoren

- A = Arbeitsverfahren
- B = Versuchspersonen
- C = Versuchstage

Ein gefundener negativer Regressionskoeffizient für diese Mitveränderliche zeigt an, daß der gemessene Zeitaufwand mit zunehmender Wiederholungszahl sinkt. Sehr wahrscheinlich ist dies mit einem sich verbessernden Übungsgrad der Versuchspersonen mit fortschreitender Versuchstätigkeit zu erklären. Obwohl man eigentlich Arbeitsversuche nur bei hohem, sich kaum noch änderndem Übungsgrad durchführen sollte, zeigt dieses bewußt ausgewählte Beispiel: Man kann mit einem Hilfsmerkmal eine kaum quantifizierbare Einflußgröße bewerten und z.B. in diesem Fall den erwünschten Abschluß eines Übungsverlaufs objektiv feststellen.

Nun interessieren ja nicht nur die Varianzanteile und die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Stufen der einzelnen Versuchs- und Zerlegungsfaktoren, sondern auch die absolute Höhe der Differenz zwischen den Parametern der einzelnen Stufen dieser Faktoren. Daher wird in Übersicht 5, Kapitel 1 gezeigt, daß das Befüllen eines Automaten mit dem Arbeitsverfahren 2 um 7,7 min gesichert länger dauert als nach dem Arbeitsverfahren 1.

Nach erfolgreicher Prüfung und einer gesicherten Differenz zwischen den beiden untersuchten Arbeitsverfahren können dafür getrennte Regressionsanalysen (4) durchgeführt und die Regressionsfunktionen angegeben werden (Übersicht 5, Kapitel 2). Diese Arbeitszeitfunktionen könnten dann als Kalkulationsdaten für Planzeiten benutzt werden. Somit ist an dem geschilderten Beispiel des Projektes I "Automatenfüllen" der Analysenweg von der Versuchsanstellung und -durchführung bis zur Auswertung und Formulierung der Arbeitsbedarfszahl in Form von Arbeitszeitfunktionen beschrieben worden.

Übersicht 5: Einzelergebnisse der Kovarianzanalysefür Projekt I : "Automatenfüllen"1. Einzeldifferenzen [cmin] zwischen den Arbeitsverfahren

A'verfahren 2 = Befüllen von
der Buchtenseite

A'verfahren 1
= Befüllen von der
Futtergangseite

7,7 x

2. Regressionsfunktionen

A'verfahren 1: t_1 [cmin] = 3,78 + 13,14 c

A'verfahren 2: t_2 [cmin] = 0,17 + 17,05 c

c = Anzahl Eimerfüllungen/Automat

4.2. Projekt II: Zweifaktorieller Versuch über den Einfluß unterschiedlicher Formen von Teilspaltenböden und von unterschiedlichen Formen von Kastenständen auf deren Verschmutzungsgrad und den Zeitaufwand für deren Entmistung.

Die beiden Zerlegungsfaktoren A und B stellen systematische Komponenten dar. Die Analyse geschieht dementsprechend nach dem Modell I (siehe Seite 3), bei dem sowohl die Haupt- als auch die Wechselwirkungen beim F-Test gegen die Restvarianz geprüft werden (Übersicht 6 und 8). Zur Analyse des Zeitaufwandes für das Entmisten (Übersichten 6 und 7) werden zwei Mitveränderliche x_1 und x_2 berücksichtigt. Die Tabelle für die Streuungszерlegung ähnelt in der Struktur der eingehend erläuterten Übersicht 2 und zeigt die Ergebnisse der Signifikanzprüfungen. Demnach führen die Holzbalken hochgesichert zu einem 7,6 cmin höheren Zeitaufwand als die Betonbalken (Übersicht 6 und 7, Kapitel 1). Andererseits ist der Einfluß der beiden unterschiedlichen Stufen der Kastenstandform und der Wechselwirkung unbedeutend. Dagegen ist der Einfluß der Standzahl/Entmistungsgruppe mit 7,3 cmin/Stand sehr stark und die Wirkung unterschiedlichen Zeitabstandes zwischen den Entmistungen mit 3,6 cmin/Tag ungesichert (Übersicht 6 und Übersicht 7, Kapitel 3).

Schließlich lassen sich wiederum die Regressionsfunktionen errechnen und entsprechend der Zweiwegzerlegung übersichtlich in einer Zweiweg-Tabelle darstellen (Übersicht 7, Kapitel 4). Zur Vereinfachung und leichteren Übersichtlichkeit folgen mit Kapitel 5 der Übersicht 7 die standardisierten Ergebnisse, wobei für die Mitveränderlichen konstante Werte in die Regressionsfunktionen des Kapitels 4 eingesetzt wurden. Die Zweiweg-Tabelle des Kapitels 5 ist schließlich die knappste Form der wesentlichen Versuchsergebnisse über den Zeitbedarf des Entmistens von Kastenständen.

Übersicht 6: Streuungszerlegung
für Projekt II "Entmisten von Kastenständen"

Zielgröße: Zeitaufwand/Kastenstand [cmin]

Faktor (A) : 2 Spaltenböden = systematische Komponente

Faktor (B) : 2 Rückwände = systematische Komponente

(AD) : Wechselwirkung

x_1 = Anzahl Sauen/Gruppe = 1. Mitveränderliche

x_2 = Anzahl Tage bzw. Entmistungen = 2. Mitveränderliche

(R) = Reststreuung = Restvarianz

SU	FG	MQ	Tests	F _{ber.}	F _{tab.}		Sig-nifi-kanz	
					5 %	1 %		
A	1	728,7		14,4	4,08	7,31	xx	
B	1	42,0		0,8	4,08		-	
AB	1	28,1		0,5	4,08		-	
x_1	46							xx
x_2	46							-
R	46	50,7						

Bestimmtheitsmaß von x_1 = 17,5 %
 " " x_2 = 5,2 %

Erläuterungen:

SU : Streuungsursache

F_{ber.} = berechneter F - Wert

FG : Freiheitsgrade

MQ : Mittl. Abweichungsquadrat

F_{tab.} = Tabellen - F - Wert
als Prüfgröße

Kennzeichen der Signifikanz

Signifikanzniveau
Zeichen verbal

Irrtumswahrscheinlichkeit
 α [%]

- nicht gesichert
x gesichert
xx hoch gesichert

$\alpha > 5$
 $5 > \alpha > 1$
 $1 > \alpha > 0,1$

Übersicht 7: Einzelergebnisse der Kovarianzanalyse
für Projekt II : "Entmisten von Kastenständen"

Zielgröße: Zeitaufwand/Kastenstand [cmin]

1. Einzeldifferenzen [cmin] zwischen den Spaltenböden	
	Holzbalken
Betonbalken	7,6 ^{xx}

2. Einzeldifferenzen [cmin] zwischen den Rückwänden	
	senkrechte Rückwand
nach vorn geneigte Rückwand	2,0 ⁻

3. Regressionskoeffizienten der Mitveränderlichen

$b_1 = 7,3$ cmin/Kastenstand in einer Gruppe^{xx}

$b_2 = 3,6$ cmin/Tag zwischen den Entmistungen⁻

4. Regressionsfunktionen

A \ B	$B_1 =$ nach vorn geneigte Rückwand	$B_2 =$ senkrechte Rückwand
$A_1 =$ Betonbalken	$- 15,9 + 7,3 k + 3,6 c$	$- 17,9 + 7,3 k + 3,6 c$
$A_2 =$ Holzbalken	$- 8,3 + 7,3 k + 3,6 c$	$- 10,3 + 7,3 k + 3,6 c$

XX

5. Standardisierte Ergebnisse für $k = 5$ und $c = 3,5$

	B_1	B_2
A_1	33,2	31,2
A_2	40,8	38,8

$k =$ Anzahl der Kastenstände/Gruppe

$c =$ Anzahl der Tage zwischen den Entmistungen

4.2.2. Kotmenge als Hilfsmerkmal für den Verschmutzungsgrad

Zur technologischen Beurteilung von Kastenständen mit Beton- oder Holzbalken und mit nach vorn geneigten oder senkrechten Rückwänden kann wohl auch der Verschmutzungsgrad herangezogen werden. Dieser ist jedoch nicht unmittelbar zu quantifizieren. Daher wurde als Hilfsmerkmal die Kotmenge gewogen, die auf den Spaltenböden liegen geblieben und nicht durch die Spalten hindurch gefallen war.

Bei den Kovarianzanalysen handelte es sich um gleiche Modelle wie sie im Kapitel 4.2.1. für die Zerlegung des Zeitaufwandes geschildert wurden. Übersicht 8 zeigt im Gegensatz zu Übersicht 6 einen signifikanten Einfluß der unterschiedlichen Rückwandformen. In der Tat erwies sich, was die Erfinder der nach vorn geneigten Rückwand erreichen wollten: Die Kotmenge ist bei nach vorn geneigter Rückwand um 0,97 kg/Stand geringer als bei senkrechter Rückwand. Offensichtlich werden die Sauen wirklich gezwungen, ihren Kot in einem vorderen Bereich des Standes abzusetzen, wo sie ihn besser durchtreten und durchliegen können. Ein Einfluß unterschiedlicher Spaltenformen und der Wechselwirkung konnte nicht nachgewiesen werden. Die hochsignifikante Vermehrung der Kotmenge um 0,8 kg/Tag und Stand mit Verlängerung des Zeitabstandes zwischen den Entmistungsterminen ist sehr plausibel und belegt erneut die Wichtigkeit, solche Faktoren zu berücksichtigen; dies umso mehr, wenn sie wie in diesem Falle exakt quantifiziert und als stetige Variable aufgefaßt werden können. - Übersicht 9, Kapitel 4 und eine Abbildung mit gleichem Inhalt bieten eine Darstellung der Regressionsfunktionen analog zu dem, was in den vorstehenden Kapiteln zum gleichen Sachverhalt gesagt wurde.

Übersicht 8: Streuungszerlegung
für Projekt II "Entmisten von Kastenständen"

Zielgröße : Kotmenge/Kastenstand [kg]

Faktor (A) : 2 Spaltenböden = systematische Komponente

Faktor (B) : 2 Rückwände = systematische Komponente

(AB) : Wechselwirkung

x = Anzahl Tage zwischen Entmistungen = Mitveränderliche

R = Reststreuung = Restvarianz

SU	FG	MQ	Tests	F _{ber.}	F _{tab.}		Signifi- kanz
					5 %	1 %	
A	1	0,03		0,04	4,08	7,31	-
B	1	12,24		14,25	4,08		xx
AB	1	0,01		0,01	4,08		-
x	47						
R	47	0,86					
Bestimmtheitsmaß von x = 16,2 %							

Erläuterungen:

SU = Streuungsursache

FG = Freiheitsgrade

MQ = Mittl. Abweichungsquadrat

F_{ber.} = berechneter F-Wert

F_{tab.} = Tabellen-F-Wert
als Prüfgröße

Kennzeichnung der Signifikanz

Signifikanzniveau

Irrtumswahrscheinlichkeit

Zeichen verbal

α [%]

- nicht gesichert

$\alpha > 5$

x gesichert

5 > $\alpha > 1$

xx hoch gesichert

1 > $\alpha > 0,1$

Übersicht 9: Einzelergebnisse der Kovarianzanalyse
für Projekt II. "- Entmisten von Kastenständen "

Zielgröße : Kotmenge / Kastenstand [kg]

1. Einzeldifferenzen [kg] zwischen den Spaltenböden

	Holzbalken
Betonbalken	0,05 -

2. Einzeldifferenzen [kg] zwischen den Rückwänden

	senkrechte Rückwand
nach vorn geneigte Rückwand	0,97 ^{xx}

3. Regressionskoeffizient der Mitveränderlichen

$b = 0,8 \text{ kg / Tag}$ zwischen den Entmistungen^{xx}

4. Regressionsfunktionen

B	$B_1 = \text{nach vorn geneigte Rückwand}$	$B_2 = \text{senkrechte Rückwand}$
$A_1 = \text{Betonbalken}$	$0,58 + 0,8 c$ ¹⁾	$1,55 + 0,8 c$
$A_2 = \text{Holzbalken}$	$0,63 + 0,8 c$	$1,60 + 0,8 c$

1) $c = \text{Anzahl der Tage zwischen den Entmistungen}$

5. Zusammenfassung

In mehreren landbautechnischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen werden seit langem Verfahren der Versuchsplanung und -auswertung erfolgreich angewendet. An einigen Beispielen wird dargestellt, daß diese bewährten Methoden auch im landarbeitswissenschaftlichen Bereich benutzt werden sollten. Dazu werden unterschiedliche Arbeitsverfahren verglichen, indem mehrfaktorielle Versuchspläne und Streuungszersetzungen mit Hilfe von Kovarianzanalysen verwendet werden. Für alle Versuchs- und Störfaktoren wird folgendes getestet:

- die Signifikanz von Unterschieden zwischen den Stufen der Haupteffekte, soweit sie als systematische Komponente aufgefaßt werden können,
- die Signifikanz für das Vorhandensein von Wechselwirkungen und
- die Signifikanz des Einflusses von Mitveränderlichen.

Außerdem werden für alle Haupt- und Wechselwirkungen, die als zufällige Zerlegungsfaktoren eingeordnet werden müssen, die Varianzkomponenten zur Angabe der Anteile der Faktoren an der Gesamtvarianz berechnet. Schließlich dienen Regressionsfunktionen für die signifikant unterschiedlichen Arbeitsverfahren der Formulierung des Arbeitszeitbedarfs (=Planzeiten) in Form von Arbeitszeitfunktionen.

Literatur:

- 1.) - - ,
Analysis of Covariance for Factorial Design,
DRZ-Programm BMD03V
- 2.) Ahrens, H.
Varianzanalyse,
Wissenschaftl. Taschenbücher, Bd.49
Vieweg + Sohn, Braunschweig (1968)
- 3.) Fewson, D. u.
Bischoff, Th.
Planung von Versuchen zur Prüfung von
Tierhaltungsverfahren, KTL-Manuskript-
druck, Nr. 8, Frankfurt (1967)
- 4.) Gebhardt, F.
Regressionsanalyse mit Tests,
DRZ-Programm REGT vom 30.6.1967
- 5.) Hammer, W.
Aktuelle Probleme bei Stallhaltungs-
verfahren für tragende Sauen,
Tierzüchter, 19, 11, 366-371
und 19, 13, 441-444 (1967)
- 6.) Le Roy, H.L.
Zwei bekannte statistische Prüfver-
fahren im Lichte neuester Erkenntnisse,
Schweiz. Landw. Monatshefte,
34, 6, 285-297 (1956)
- 7.) Le Roy, H.L.
Wie finde ich den richtigen F-Test?,
Mittl. für mathem. Statistik,
2, 182 - 195 (1957)
- 8.) Le Roy, H.L.
Testverhältnisse bei der doppelten
Streuungszerlegung,
Schweiz. Landw. Forschung
2, 3, 329 - 340 (1963)
- 9.) Le Roy, H.L.
Testverhältnisse beim a.b.c. -
und a.b.c.d - Faktorenversuch,
Schweiz. Landw. Forschung
3, 2, 223 - 234 (1964)
- 10.) Le Roy, H.L.
Vereinfachte Regel zur Bestimmung
des korrekten F-Tests beim
Faktorenversuch,
Schweiz. Landw. Forschung
4, 3, 277 - 283 (1965)
- 11.) Linder, A.
Statistische Methoden,
Birkhäuser Verlag, Basel u. Stuttgart
3.Auflage (1960)
- 12.) Linder, A.
Planen und Auswerten von Versuchen,
3. Auflage
Birkhäuser Verlag, Basel u. Stuttgart
(1969)
- 13.) Mudra, A.
Statistische Methoden für landwirt-
schaftliche Versuche, Verlag Parey,
Berlin und Hamburg (1958)

Literatur:

- 14.) Nollau, W. u.
Faber, E. Über einen Algorithmus zur Varianz-Kovarianzanalyse bei ungleicher Zellenbesetzung, Schriftenreihe des Deutschen Rechenzentrums, Heft S - 19 (1970) mit nichtorthogonaler Varianz- und Kovarianzanalyse, DRZ-Bibliotheksprogramm NOVAC (1971)
- 15.) Sachs, L. Statistische Auswertungsmethoden, 3. Auflage
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1972)
- 16.) Weber, E. Grundriß der biologischen Statistik, 6. Auflage, Stuttgart, (1967)
- 17.) Wermke, M. Möglichkeiten und Grenzen neuzeitlicher Versuchsauswertung,
Landw. Forschung, 21. Sonderheft
1 - 32 (1967)

Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen mit Hilfe von Simulationsmodellen bei verschiedenen Melkverfahren.

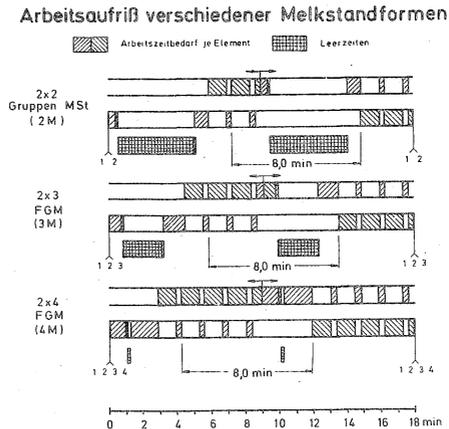
von Dr. Pen, Char-Lie, Weihenstephan

1. Einführung

Allen Mechanisierungserfolgen zum Trotz beanspruchen die Melkarbeiten zwei Drittel der gesamten Stallarbeiten. Weitere Rationalisierungsmaßnahmen in der Milchviehhaltung müssen deshalb in diesem Arbeitsbereich eingesetzt werden. Voraussetzung dafür sind eingehende Arbeitszeitanalysen, die Aufschluß über mögliche arbeitswirtschaftliche und technische Verbesserungen geben.

Hierzu wurde versucht, den Arbeitsaufwand in verschiedenen Betrieben zu erfassen und zwar nach der Teilzeitmethode. Die so gewonnenen einzelnen Arbeitszeitelemente wurden mit Hilfe von Balkendiagrammen zusammengefügt.

Abb. 1:



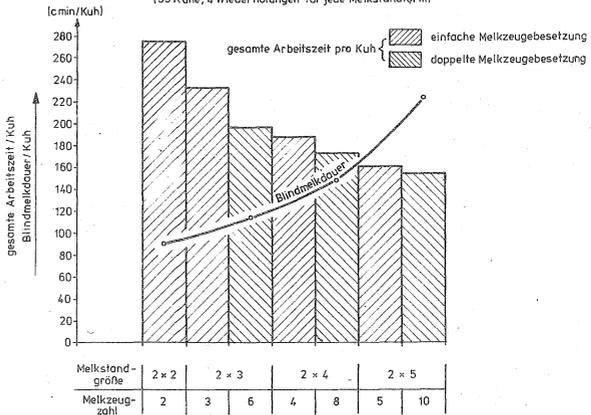
Dabei mußte die Annahme von gleichen Milchflußzeiten aller Tiere unterstellt werden. Mit diesem einfachen Modell kann

eines festgestellt werden, nämlich: Bei der zunehmenden Melkstandgröße können immer mehr Kühe in einem bestimmten Zeitraum gemolken werden. Dabei werden nur die Wartezeiten des Melkers immer mehr verkürzt.

Eine bessere Untersuchungsmethode ist bereits dadurch möglich, daß bei dem Experimentieren in der Praxis wichtige Einflußfaktoren wie verschiedene Arbeitskräfte, unterschiedliche Melkbarkeitsmerkmale gleich gehalten werden und nur ein Faktor, nämlich die Melkstandgröße variiert wird. Dies war in einem Versuchsmelkstand bei gleicher Herde und gleicher Arbeitskraft möglich (Abb. 2).

Abb. 2:

Ergebnisse der Melkversuche im Versuchsmelkstand Marienborn vom 16.1.-29.3.1969
(155 Kühe, 4 Wiederholungen für jede Melkstandform)



Hier konnten nicht nur die eindeutigen Beziehungen zwischen Melkstandgröße, Melkzeuganzahl und Arbeitsleistung nachgewiesen werden, sondern man konnte hier auch noch die ansteigende Blindmelkdauer bei Vergrößerung des Melkstandes feststellen. Die quantitative Aussagen aus solchen Experimenten gelten jedoch nur für die untersuchte Herde und den dabei tätigen Melker.

2. Die Simulationsverfahren

Eine andere Methode die es gestattet alle Einflußfaktoren nach Belieben zu variieren und dabei noch allgemein gültige Aussagen liefert, ist die Simulation. Wir können zum Beispiel bei der Simulation vom Melken ohne nennenswerten Aufwand, die Melkstandgröße, die durchschnittlichen Milchleistungen bzw. Milchflußdauer der Herde, die Tüchtigkeitsmerkmale des Melkers usw. alles verändern. Nach der Simulation erhalten wir für jede Kombination der Einflußfaktoren den genauen Arbeitsablauf mit der Information über den Arbeitszeitaufwand, die Wartezeiten, die Blindmelkzeiten und Laufwege für jede Kuh und für die gesamte Herde. Darüber hinaus ist man mit dieser Methode noch in der Lage, von technischen Neuerungen (wenn auch nur den neuen Ideen) den arbeitswirtschaftlichen Erfolg im voraus zu bestimmen, ohne auf ihren Praxiseinsatz warten zu müssen.

Die Simulation eines Melkablaufes besteht im wesentlichen aus folgenden Schritten:

1. Arbeitszeitmessungen in der Praxis.
2. Erarbeitung der Modelle durch die Ablaufanalysen der Melkarbeiten.
3. Prüfung der Modelle anhand der tatsächlichen Arbeitserledigung in der Praxis.
4. Experimentieren mit den Modellen und Interpretation der Ergebnisse.

2.1 Arbeitszeitmessung in der Melkpraxis

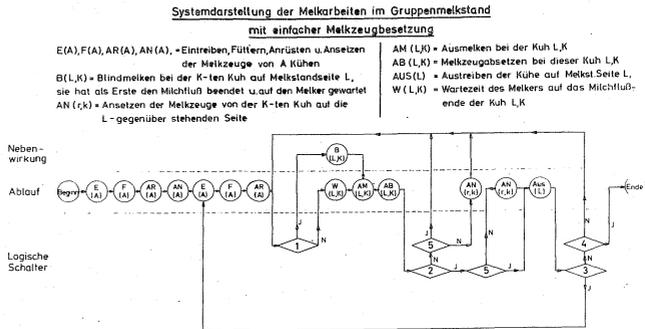
Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Simulation ist die sorgfältige Erfassung von Daten und deren Einflußfaktoren. Dies sind Zeitelemente für die Routinearbeiten, Maschinenhauptgemelke, Ausmelkzeiten, Laufgeschwindigkeit usw. Dabei genügt

es nicht, wenn nur die Mittelwerte aus einer größeren Anzahl von Stichproben berücksichtigt werden, sondern die Häufigkeitsverteilung ist für die Simulation von noch größerer Bedeutung. Erst durch die Häufigkeitsverteilung kann mit Hilfe von Zufallszahlen die Simulation über beliebig große statistische Massen ausgedehnt werden (Monte-Carlo-Technik). Dabei wurden in den zurückliegenden Jahren Arbeitszeitstudien in 10 Fischgrätenmelkständen, 2 Tandemmelkständen, 7 Anbindeställen und 4 Karussellmelkständen mit jeweils 4 Wiederholungen durchgeführt. Die daraus gewonnenen Daten bildeten die Grundlage der Simulationsberechnungen.

2.2 Aufstellung der Modelle

Die zeitberaubendste Aufgabe der Simulation von Melkabläufen dürfte die Aufstellung der Modelle und deren Prüfung sein. Es handelt sich hier nämlich um ein abstraiertes Modell, das den ganzen Melkverlauf korrekt beschreiben soll. Es waren Modelle für das Melken im Anbindestall, im Fischgrätenmelkstand (1 x MZ für 1 Bucht und 1 x MZ für 2 Buchten) und im Karussellmelkstand entwickelt worden. Hier wird als Beispiel das Modell für den Fischgrätenmelkstand mit 1 Melkzeug für 2 Buchten erläutert (Abb. 3).

Abb. 3:



- Verzweigungen:
1. Trifft das früheste Milchfließende schon auf? (Vergleich mit Momentanzell.....) MIN < T
 2. sind alle A Kühe auf der Melklandsseite L fertig gemolken?..... F(L,A) = 1
 3. sind noch Kühe im Vorwartplatz?..... ANZE = N
 4. sind alle Kühe auf der R-Seite (gegenüber von Seite-L) gemolken?..... F(R,A) = 1
 5. ist die Kuh R,K gemolken?..... F(R,K) = 1

Ein Modell für die Melkabläufe besteht im wesentlichen aus den Arbeitselementen und den logischen Verknüpfungen. Die Letzteren stellen einen steuernden Schalter dar, der je nach den Ereignissen in der Simulation die weitere Ablaufrichtung bestimmt. Die gesamten Melkarbeiten beginnen mit dem Eintreiben der ersten Gruppe (A Kühe) und endet mit dem Austreiben der letzten Gruppe. Eintreiben (E), Füttern (F), Anrüsten (AR) laufen stets unmittelbar hintereinander ab, ebenso Ausmelken (AM) und Absetzen (AB). An drei Stellen fordert der Melkvorgang vom Melker* Entscheidungen über den weiteren Verlauf und zwar nach AR, nach AB und nach AUS. Diese Entscheidungen werden vom jeweiligen Stand des Milchentzuges bei den Kühen (ob das früheste Milchflußende schon auftritt; ob die gegenüberstehende Kuh schon gemolken ist; ob alle Kühe eingetrieben bzw. fertig gemolken sind) bestimmt.

Damit ist ein Modell geschaffen, mit dem sich die Zusammenhänge des Melkvorganges beschreiben lassen. Die Elemente des Modells sind quantifizierbar (in Min), so daß sich der Melkvorgang rechnerisch nachvollziehen läßt. Zweckmäßigerweise ist so ein Modell noch in eine Programmiersprache umgeschrieben worden, um das automatische Experimentieren mit EDV zu ermöglichen.

Außerdem ist es ratsam, die simulierten Abläufe mittels Plotters zeichnen zu lassen (Abb. 4), damit die logischen Fehler in dem Modell viel leichter entdeckt werden können. Parallel zu diesem Modell für die Melkarbeiten in den Fischgrätenmelkständen mit jeweils nur einem Melkzeug für zwei gegenüberliegende Buchten sind inzwischen auch Modelle für das Melken in Fischgrätenmelkständen mit doppelter Melkzeugbesetzung, in Anbindeställen mit Absauganlagen und in Karussellmelkständen entwickelt worden (Abb. 5, 6, 7).

*) Im Modell sind diese Entscheidungen jedoch von den Schaltstellungen der Schalter bzw. von den Ablaufereignissen abhängig.

Abb. 4:

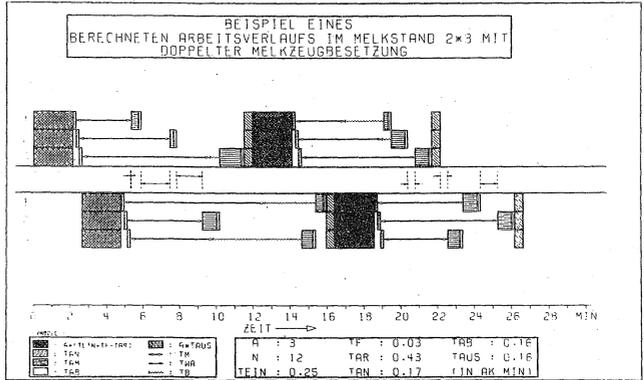
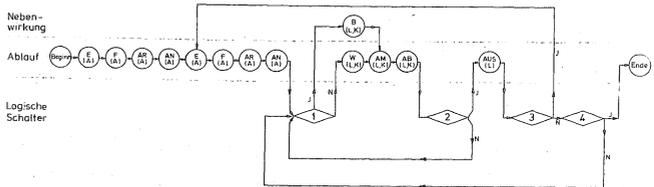


Abb. 5:

Systemdarstellung der Melkarbeiten im Gruppenmelkstand
mit doppelter Melkzeugbesetzung

<p>E(A), F(A), A(R), A(N), A = Eintreiben, Füllen, Anrsten u Ansetzen der Melkzeuge von A Kühen B(L,K) = Blindmelken bei der K-ten Kuh auf Melkstandsseite L sie hat als Erste den Milchfluß beendet u. auf den Melker gewartet</p>	<p>AM(L,K) = Ausmelken bei der Kuh L,K AB(L,K) = Melkzeugabsetzen bei dieser Kuh L,K AUS(L) = Austreiben d. Kühe auf Melkst. Seite L W(L,K) = Wartezeit des Melkers auf das Milchfließen der Kuh L,K</p>
--	---



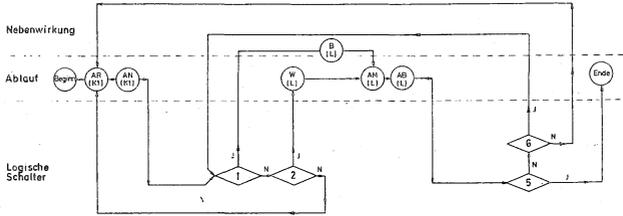
- Verzweigungen:
- 1 Tritt das früheste Milchfließende schon auf? (Vergleich mit Momentanzzeit)..... $MIN < T$
 - 2 sind alle A. Kühe auf der Melkstandsseite L fertiggemolken?..... $F(L,A) = 1$
 - 3 sind noch Kühe im Vorwarteplatz?..... $ANZE < N$
 - 4 sind alle Kühe auf der R-Seite (gegenüber von Seite-L) gemolken?..... $F(R,A) = 1$

Abb. 6:

Systemdarstellung der Melkarbeiten im Anbindestall

AR(K1), AN(K1), = Anrücken u. Ansetzen von Kuh Nr. K1
 B(L), AM(L), AB(L) = Blindmelken, Ausmelken und Absetzen von Kuh Nr. L

K1 = die Nr. der Kuh, die als Nächste zum Melken bereit steht
 L = die Nr. der Kuh, die als Nächste fertiggemolken wird
 A = Melkzeugzahl, W = Wartezeit des Melkers
 M(A) = 1 Es bleibt noch ein Melkzeug frei



- Verzweigungen:
1. Tritt das früheste Milchfließende schon auf? (Vergleich mit Momentanzzeit) ... MIN < T
 2. Ist noch ein Melkzeug frei? M(A) = 1
 5. Sind alle Kühe fertiggemolken? MIN = 100000
 6. Sind alle Kühe schon angesetzt worden? K1 + 1 > N

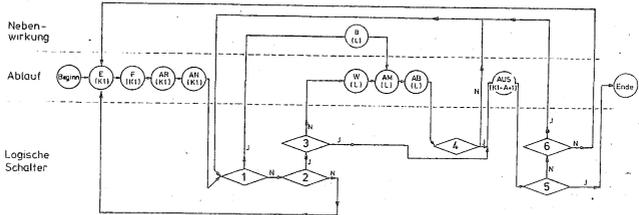
PEN
24.10.72

Abb. 7:

Systemdarstellung der Melkarbeiten im Karussellmelkstand

E(K1), F(K1), AR(K1), AN(K1), = Eintreiben, Füttern, Anrücken u. Ansetzen von Kuh Nr. K1
 B(L), AM(L), AB(L) = Blindmelken, Ausmelken u. Absetzen von Kuh Nr. L

AUS(K1-A+1) = Austreiben der Kuh vor dem Ausgang
 K1 = die Nr. der Kuh, die im Eingang steht
 L = die Nr. der Kuh, d.a. Nächste fertiggemolken wird
 A = Buchstabenzahl, W(L) = Wartezeit des Melkers auf das Milchfließende der Kuh L



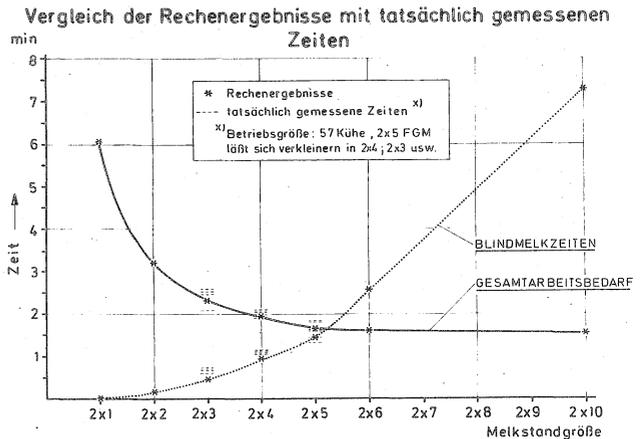
- Verzweigungen:
1. Tritt das früheste Milchfließende schon auf? (Vergleich mit Momentanzzeit) ... MIN < T
 2. Ist das Karussell voll besetzt? K1 = A
 3. Ist die erste Kuh im Stand fertig gemolken? F [K1 - A + 1] = 1
 4. Ist die Kuh beim Ausgang? L = K1 - A + 1
 5. Sind alle Kühe ausgetrieben? ANZ = N
 6. Sind alle Kühe schon eingetrieben? K1 = N

PEN
9.2.72

2.3 Prüfung der Simulationsmodelle

Die Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit der Wirklichkeit wurde im Fischgrätenmelkstand durch Arbeitszeitstudien in einem Versuchsbetrieb überprüft. Parallel dazu durchgeführte Simulationsberechnungen mit gleichen Unterstellungen erbrachten weitgehend übereinstimmende Ergebnisse wie aus Abb. 8 hervorgeht.

Abb. 8:



Auch die Prüfungen anderer Modelle zeigte die Brauchbarkeit dieser Simulationsmethode für arbeitswirtschaftliche Untersuchungen.

2.4 Experimentieren mit den Modellen und Interpretation der vorläufigen* Ergebnisse

Mit Hilfe der insgesamt vier Modelle wurden nun zahlreiche Rechnungen durchgeführt. Hier werden ein Teil dieser

*) Die Modellsimulation für die Melkarbeiten befindet sich noch im Entwicklungsstadium. Die hintereinander erstellte Modelle weisen durch technische Verbesserungen uneinheitliche Schritte vor allem in den EDV-Programmen auf. Außerdem wird eine stochastische Betrachtung des Melkablaufes angestrebt.

Simulationsergebnisse erläutert, was die wichtigsten Eigenschaften der unterschiedlichen Melkverfahren anbelangt. Auch die Voraussage der arbeitswirtschaftlichen Effekte von technischen Verbesserungen wird am Beispiel des Einsatzes teilautomatisierter Melkzeuge ohne Ausmelken demonstriert.

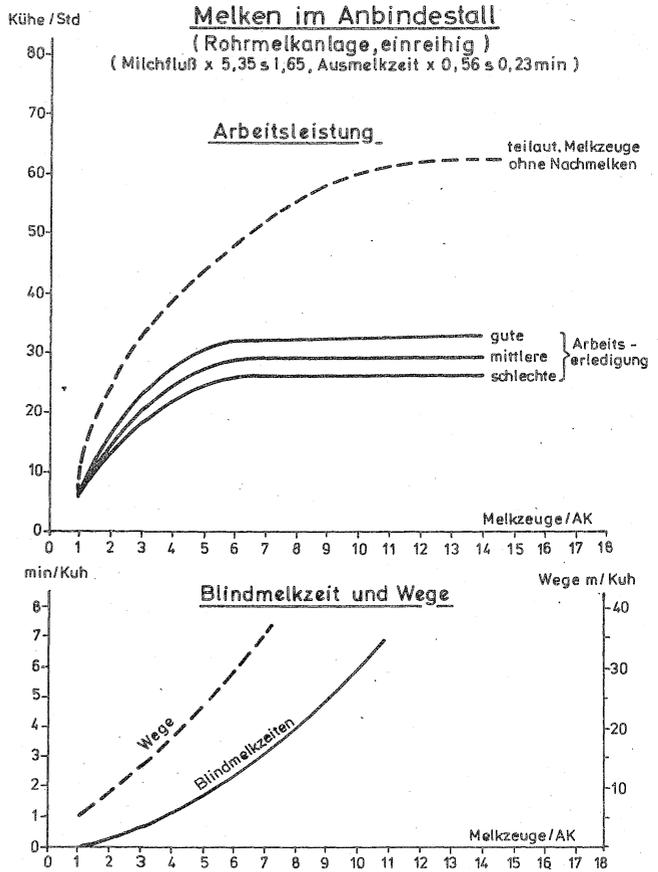
2.4.1 Melken in Anbindeställen

In Abb. 9 ist die Arbeitsleistung in gemolkenen Kühen pro Stunden bei einer Einheitsherde (Milchfluß $\bar{x} = 5,35$, $S = 1,65$ min; Ausmelken $\bar{x} = 0,56$, $S = 0,23$ min) in Abhängigkeit von der Melkzeugzahl pro AK aufgetragen. Dabei wurden folgende Arbeitselemente unterstellt:

	AR	AN	AB	V1
gute Arbeitserledigung	0,13	0,16	0,05	60
mittlere Arbeitserledigung	0,43	0,25	0,08	60
schlechte Arbeitserledigung	0,65	0,33	0,11	60
[Einheit]	[min]	[min]	[min]	[Meter/min]

Wie aus Abb. 9 hervorgeht, kann die Melkleistung bei 5 Melkzeugen in einem einreihigen Anbindestall auf 25 - 30 Kühe/AKh gesteigert werden. Dem stehen aber erheblich steigende Blindmelkzeiten und Wegestrecken gegenüber. So wird ab 3 Melkzeugen/AK bereits 1/2 min blind gemolken. Auch müssen bei dieser Melkzeugzahl bereits 10 m je Kuh von der Arbeitskraft zurückgelegt werden. Bei konventionellen Melkzeugen können deshalb in der Regel von einer Arbeitskraft nicht mehr als 3 Melkzeuge gleichzeitig bedient und zwischen 18 und 22 Kühe in der Stunde gemolken werden.

Abb. 9:



Beim Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge (ohne Nachmelken und ohne Blindmelken wäre der Einsatz von 10 Melkzeugen/AK denkbar und damit eine Arbeitsleistung von 60 Kühe/Std möglich. Allerdings sind dabei nach wie vor erhebliche Wegstrecken vom Melker zurückzulegen. Dadurch dürfte auch bei teilautomatisierten Melkzeugen nicht

mehr als 5 Melkzeuge von einer AK zu bedienen sein. Dies würde einer stündlichen Melkleistung von 40 Kühen entsprechen. Im Anbindestall dürfte so die Arbeitsproduktivität bisheriger Melkstände möglich sein.

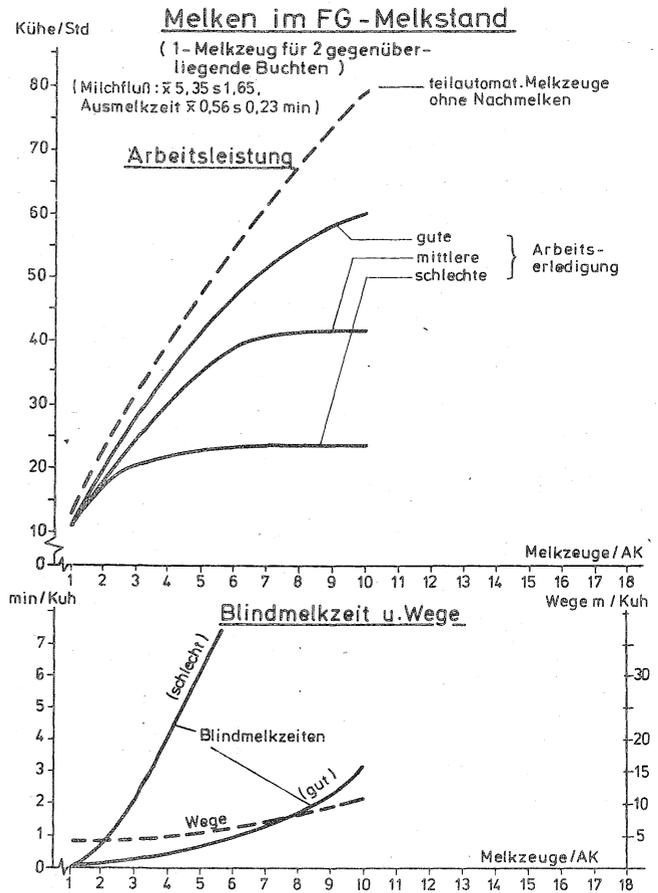
2.4.2 Melken in Fischgrätenmelkständen mit Wechselmelkzeugen

Günstigere Voraussetzungen bietet der Fischgrätenmelkstand. Auffallend sind hier die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Routinearbeiten, aber auch bei den Blindmelkzeiten (Abb. 10). Als Arbeitszeitbedarf ist hier der Gleiche angenommen wie in 2.4.1 nur mit dem Unterschied, daß es hier auch für Eintreiben jeweils 0,12, 0,25 und 0,43 und für Austreiben 0,12, 0,16 und 0,26 min/Kuh für gute, normale und schlechte Arbeitserledigungen angenommen wurden. Bei schlechter Arbeitserledigung sind im Melkstand nur mangelhafte Arbeitsleistungen möglich. Bei mittlerer und vor allem bei guter Arbeitserledigung kann dagegen die Arbeitsleistung gegenüber dem Anbindestall wesentlich gesteigert werden. Es sind beim 2 x 5-er Fischgrätenmelkstand Leistungen um 40 Kühe/AKh möglich ohne daß durchschnittlich eine Minute Blindmelkzeit überschritten wird. Auch die Wegstrecken pro Kuh liegen dabei unter 10 m. Beim Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge steigt die Arbeitsleistung bis zu ca. 70 Kühe/AKh. Dafür ist der 1-Mann-Betrieb im 2 x 8-er Fischgrätenmelkstand erforderlich.

2.4.3 Melken in Fischgrätenmelkständen mit Einzelmelkzeugen

Eine Alternative beim Melken im Fischgrätenmelkstand ist der Einsatz von genau so vielen Melkzeugen wie Buchten im Melkstand vorhanden sind.

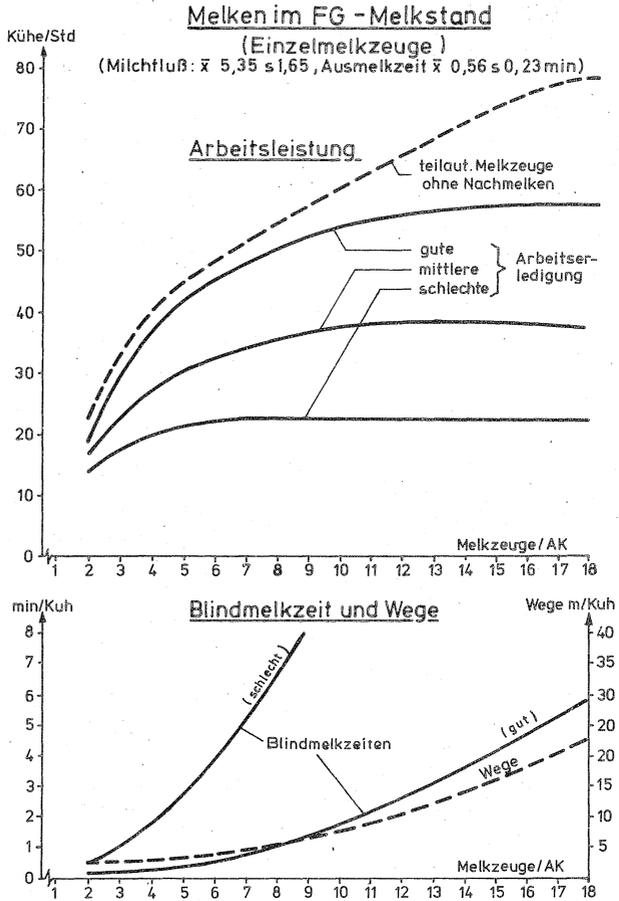
Abb. 10:



Den Simulationsergebnissen in Abb. 11 liegen die gleichen Eingangsdaten wie in 2.4.2 zugrunde. Nach diesen Ergebnissen ist zwar dieses Verfahren durchaus geeignet die arbeitswirtschaftlichen Vorteile eines größeren Fischgrätenmelkstandes zu gewinnen ohne jedoch ihn baulich vergrößern zu müssen. Aber die anderen Simulationsergebnisse zeigen eine gewisse Beschränkung in diesem Verfahren bei zu

kleinem Melkstand, in dem noch gefüttert werden muß. Die Verweildauer der Kühe im Melkstand sinkt nämlich sehr stark bei abnehmender Melkstandgröße.

Abb. 11:

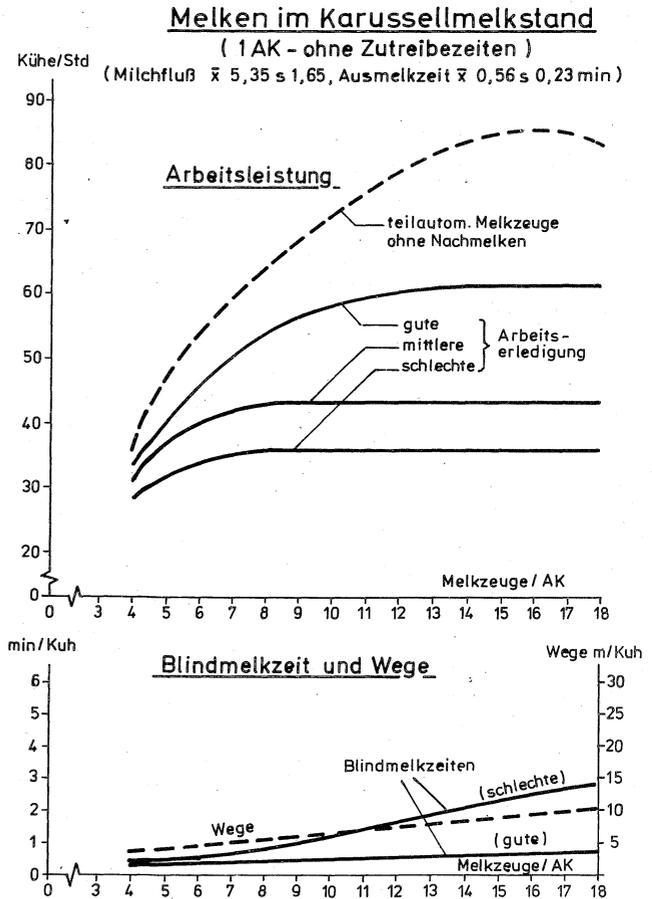


2.4.4 Melken in Karussellmelkständen

Als modernste Melkverfahren sind heute die Karussellmelkstände anzusprechen. Auch hier sind unter sonst gleichen Bedingungen die stündliche Arbeitsleistung in Abhängig-

keit von der Melkzeugzahl und damit von der Melkstandgröße aufgetragen (Abb. 12). Allerdings ist hier keine eigene Arbeitskraft für das Eintreiben der Kühe in den Melkstand berücksichtigt worden, wie dies aber in der Praxis nötig ist.

Abb. 12:



Beim kleinen 6-er Karussell sind demnach je nach Arbeits-tempo des Melkers Melkleistungen zwischen 35 und 45 Kühe/AKh

möglich, also Leistungen, die bei guter Arbeitserledigung nicht über der des Fischgrätenmelkstandes liegen. Spitzenleistungen bei konventionellem Melkzeugen wären erst beim 12-er Karussell mit 60 Kühe/AKh möglich. Typisch für das Melkkarussell ist, daß auch bei größerer Melkzeugzahl kaum Blindmelkzeiten und keine wesentlich höheren Wegestrecken auftreten. Beim Einsatz automatisierter Melkzeuge kann eine Arbeitskraft in einem 14-er Karussellmelkstand ca. 85 Kühe in der Stunde melken ohne Wegstrecken von über 10 m zurücklegen zu müssen.

3. Zusammenfassung:

Es konnte eine Methode zum modellieren der Melkarbeiten erarbeitet werden, die es gestattet, bei Berücksichtigung der Streuungen der Melkbarkeit einzelner Kühe einer Standardherde (Monte-Carlo-Technik), Arbeitsabläufe beim Melken zu simulieren, wobei alle beeinflussenden Faktoren wie Arbeitstempo des Melkers, Herdengröße, Melkzeuganzahl bzw. technische Neuerungen usw. variiert werden können.

Das Ziel dieser Simulation ist, daß größere Mengen von Berechnungen durchgeführt werden können, um allgemein gültige Aussagen für die unterschiedlichen Melkverfahren zu liefern. Hierzu sind auch EDV-Programme erstellt worden. Diese noch in der Entwicklung befindlichen Simulationsmodelle lieferten unter anderem die folgenden vorläufigen Ergebnisse hinsichtlich der Arbeitsleistungen und möglichen Erfolgen des Einsatzes teilautomatisierter Melkzeuge ohne Nachmelken:

1. Mit einer Rohrmelkanlage im einreihigen Anbindestall ist mit dem Einsatz von 3 Melkzeugen eine Melkleistung von 18 - 21 Kühe/AKh zu erzielen. Beim Einsatz von teil-

automatisierten Melkzeugen* wäre mit 6 Melkzeugen eine Leistung von 50 Kühe/AKh möglich.

2. Das Melken im 2 x 5-er Fischgrätenmelkstand ermöglicht eine Leistung von ca. 40 Kühe/AKh. Beim Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge wäre eine Leistung von 70 Kühe/AKh möglich.
3. Durch Verdoppelung der Melkzeuganzahl im Fischgrätenmelkstand (1 Melkzeug pro Bucht) lassen sich die arbeitswirtschaftlichen Vorteile beim Melken von doppelt so großen Melkständen gewinnen. Allerdings muß man eventuell beim zu kleinen Melkstand auf die Leistungsfütterung im Melkstand verzichten.
4. Auffallende Eigenschaften eines Karussellmelkstandes sind die sehr geringen Blindmelkzeiten und kurze Wegstrecken die man für das Melken zurücklegen muß. Die normalen Melkleistungen von 35 - 45 Kühe/AKh sind beim kleinen 6-er Stand zu erzielen, während die Spitzenleistungen von ca. 60 Kühe/AKh nur noch im 12-er Karussellmelkstand mit 1-Mann-Betrieb möglich sind. Beim Einsatz automatisierter Melkzeuge kann eine Arbeitskraft in einem 14-er Karussellmelkstand sogar bis zu 85 Kühe/AKh melken.

*) derzeitige Entwicklungsarbeit im Institut für Landtechnik, Weihenstephn

4. Literatur

1. Schön, H.;
Pen, C.L.:
Untersuchungen über Melkarbeit und
Melktechnik in Laufställen.
Mitteilungen der DLG 83 (1968) H. 37
2. Wenner, H.L.;
Schön, H.;
Pertsch, Ch.:
Optimale Buchten- und Melkzeugzahl
beim Fischgrätenmelkstand.
Der Tierzüchter 23 (1971) H. 2
3. Pen, C.L.:
Untersuchungen zur Steigerung der
Arbeitsleistung beim Melken in Gruppen-
melkständen.
KTBL-Berichte über Landtechnik Nr. 146
Hiltrup 1971
4. Semmler, K.O.:
Steigerung der Arbeitsleistung durch
Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge
in Anbinde- und Laufställen.
Diss. Weihestephan (in Vorbereitung)
5. Schamel, H.:
Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen
bei Melkkarusseilen mittels Simu-
lationsmodelle.
Dipl.-Arbeit Weihestephan 1972
6. Pen, C.L.;
Schön, H.:
Steigerung der Arbeitsleistung beim
Melken durch die Wahl optimaler
Melkstände und die Automatisierung
einiger Arbeitsverrichtungen.
Ass. France. Genie Rural II Section
CIGR Paris 1971
7. Pen, C.L.;
Schön, H.:
Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen
des Melkens mit Hilfe von Simulations-
modellen.
XVI. CIOSTA Congress Papers Part B
Wageningen 1972 S. 367 - 376
8. Schön, H.;
Pen, C.L.;
Semmler, K.O.:
Entwicklung und Einsatz teilauto-
matisierter Melkzeuge.
Grundlagen der Landtechnik 1972 (in
Vorbereitung)
9. Schön, H.;
Pen, C.L.;
Schamel, H.:
Arbeitswirtschaftliche Beurteilung
moderner Melkverfahren
Mitteilungen der DLG 1972 (in Vor-
bereitung)

Ermittlung biologischer Kennwerte im
Produktionsprozeß Futterkonservierung

Dr.H. Honig, Braunschweig-Völkenrode

Technische und technologische Maßnahmen können Ablauf und Erfolg der Futterbergung und -konservierung entscheidend beeinflussen. So ist die Kenntnis dieser Wechselbeziehungen in zweierlei Hinsicht von Bedeutung. Einmal gibt sie die Möglichkeit, steuernd in die Prozesse einzugreifen und sie zum bestmöglichen Ergebnis zu lenken, zum andern sind diese Abhängigkeiten bei Modellrechnungen und Verfahrensvergleichen mit in die Betrachtungen einzubeziehen.

Eine Hauptaufgabe unseres Institutes ist es, derartige Wechselwirkungen zwischen Technologie und Biologie zu erfassen, zu quantifizieren und in Kennwerten niederzulegen. Als Beurteilungskriterien dienen dabei die Futterqualität und die Verluste,

- die Futterqualität, ausgedrückt durch Energiekonzentration und Haltbarkeit, die über die Einsatzmöglichkeit des Grundfutters entscheiden.
- die Verluste als Maßstab für den Produktions- und Konservierungserfolg und damit als 3. Kostenfaktor.

Zur Ermittlung dieser Kennwerte müssen weitgehend Labormethoden angewandt werden, die es gestatten, den biologischen Prozeß möglichst praxisnah, aber unter weitgehender Kontrolle aller Einzelfaktoren ablaufen zu lassen und nur die jeweils zu untersuchenden zu variieren.

An drei Beispielen sollen Vorgehen und Methoden erläutert werden:

1. der Bestimmung der Atmungsverluste beim Vortrocknen auf dem Feld.
2. der Bestimmung des Einflusses unterschiedlich anaerober Bedingungen auf den Siliererfolg,
3. der Bestimmung der Umsetzungsaktivität und der Verluste in Gärfutter nach der Entnahme aus dem Silo.

Die Bestimmung der Atmungsverluste beim Vortrocknen auf dem Feld

Die Atmungsverluste als Teilkomponente der Vortrocknungsverluste auf dem Feld werden im wesentlichen von folgenden Einflußfaktoren bestimmt:

- Dem Feuchtigkeitsgehalt
- Der Temperatur
- Dem Aufschluß des Gutes
- Der Art und dem Alter des Pflanzenmaterials

Letzteres wird zu Unterschieden zwischen einzelnen Versuchen führen, ist im Einzelversuch aber nicht zu berücksichtigen. Von den übrigen sind der Feuchtigkeitsgehalt als Maß für die jeweils noch vorhandene Zell- bzw. Enzymaktivität und die Temperatur die wichtigsten. Der Gutaufschluß ist in unseren Versuchen durch die Varianten "Langgut" und "Schlegelgut" erfaßt.

Zur Ermittlung der Atmungsverluste wird zunächst in regelmäßigen Abständen die Atmungsintensität des trocknenden Gutes bei verschiedenen Temperaturen - wir wählten 5, 15, 25 und zum Teil auch 35°C - im Labor bestimmt. Als Maß für die Atmungsintensität wird die CO₂-Produktion einer 50 g-Probe während 4 Stunden durch Absorption in Kolilauge ermittelt. Die Variation des Feuchtigkeitsgehaltes ergibt sich aus dem Trocknungsverlauf, so daß sich die gefundenen Werte zu einer Kurvenschar für die Atmungsintensität in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt bei verschiedenen Temperaturen zusammenfassen lassen. Anhand des Trocknungsverlaufes und der Feldtemperatur wird

aus dieser Kurvenschar der Verlauf der Atmungsintensität des auf dem Felde lagernden Gutes bestimmt und daraus die Summenkurve der Atmungsverluste gebildet.

Auf Bild 1 ist die Kurvenschar für die Atmungsintensität aufgetragen, die im ersten Versuchsjahr ermittelt wurde. Es ergibt sich in dem erfaßten Bereich eine lineare Abhängigkeit der Atmungsintensität vom Trockensubstanzgehalt. Unterschiede zwischen Langgut und Schlegelgut treten nicht auf.

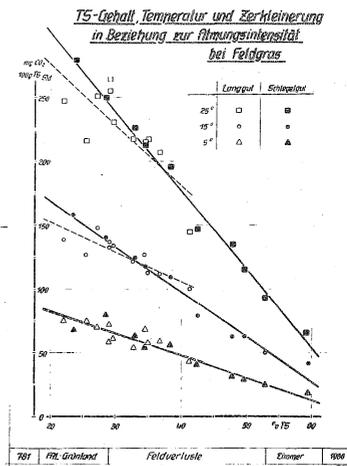


Bild 1

Hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit bestätigt sich das van t'Hoffsche Gesetz, nach dem sich die Umsetzungsintensität bei 10° Temperaturerhöhung verdoppelt.

Bei der Wiederholung der Versuche in den folgenden Jahren bestätigten sich die Zusammenhänge, allerdings lagen die Werte im Niveau einmal höher und einmal niedriger. Hierin kommt der Einfluß unterschiedlichen Gutes zum Ausdruck. Jung geschnittenes Material hat eine höhere Intensität als später geschnittenes. Weiterhin zeigte das Versuchsjahr 1969, in dem das Gut einregnete und acht Tage auf dem Felde blieb, daß sich die Umsetzungsintensität bei gleichem Trockensubstanzgehalt mit zunehmender Lagerzeit auf dem Felde erhöhte.

Die in den drei Versuchsjahren zu ermittelnden Summenkurven sind in Bild 2 aufgetragen.

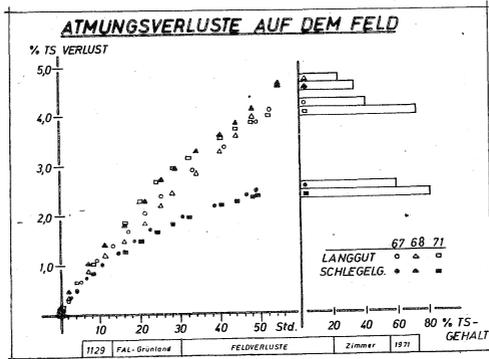


Bild 2

Im Jahr 1968 mit der ungünstigen Witterung liegen die Werte am höchsten. Sie stiegen im Verlauf der Gesamtagerdauer von 200 Stunden auf 16 % an. Unterschiede zwischen Lang- und Schlegelgut zeigten sich nicht. In den anderen beiden Jahren zeigt das geschlegelte Gut eindeutige Vorteile. Die geringeren Verluste sind durch die schnellere Trocknungsgeschwindigkeit bedingt, wobei sich vor allem auswirkt, daß die Umsetzungen in den beiden Nächten, während derer die Atmungsintensität etwa konstant bleibt, auf einem niedrigeren Niveau ablaufen als beim Langgut.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Kalkulation der Atmungsverluste über die Atmungsintensität aus dem Verlauf von Temperatur und Trockensubstanzgehalt zu guten Ergebnissen führt. In weiteren Versuchsreihen müßten der Einfluß der Art des Gutes sowie des Pflanzenalters und der Einfluß der Dauer der Feldperiode bei ungünstigen Trocknungsbedingungen geklärt werden.

Die Bestimmung des Einflusses unterschiedlich anaerober
Bedingungen auf den Siliererfolg

An einem weiteren Beispiel möchte ich die Methodik der Silier-
versuche erläutern. Gerade hier besteht das Problem, daß die Iso-
lierung einzelner Einflußfaktoren im Praxismaßstab nicht mehr mög-
lich ist. Die zu bewältigenden Futtermengen werden zu groß, Füllung
und Entnahme erstrecken sich über einen längeren Zeitraum, die
übrigen Faktoren wie Temperatur, Silodichtigkeit, Lagerdichte sind
nicht oder nur mit großem Aufwand kontrollier- bzw. variierbar.

Wir führen daher diese Untersuchungen im Labormaßstab in kleinen
Behältern von 1,5 bzw. 30 l Inhalt durch, die es vor allem gestatten,
eine große Anzahl von Varianten zu erfassen oder Zeitreihen anzu-
setzen, die Aufschluß über den Silierversuch geben.

Für Untersuchungen, an die auch kleinere Fütterungsexperimente an-
geschlossen werden sollen und in denen es darauf ankommt, Unter-
schiede innerhalb des Futterstockes aufzudecken, verwenden wir die
Gasbilanzanlage mit 8 Behältern á 6 m³ Inhalt.

Auch hier lassen sich noch alle Einflußfaktoren kontrollieren. Die
Einrichtung der Anlage gestattet es, komplette Gas- und Stoffbilan-
zen aufzustellen.

Bild 3 zeigt den Aufbau der Anlage.

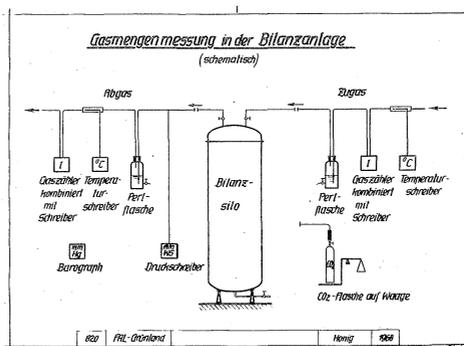
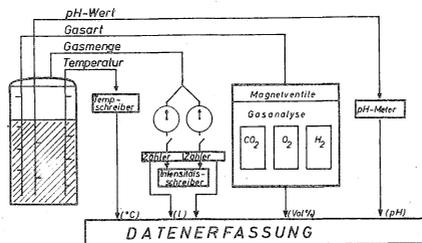


Bild 3

Als Abgänge werden Abgas und Sickersaft gemessen. Ebenfalls wird das zum Druckausgleich gegebenenfalls nötige Zugas kontrolliert.

Alle Messungen, die laufend ausgeführt und deren Ergebnisse automatisch erfaßt werden, sind in Bild 4 dargestellt. Neben der Gasmenge ist vor allem die Zusammensetzung der gebildeten Gärgase für die Aufstellung der Gasbilanz von Bedeutung, sowohl im Abgas als auch in verschiedenen Zonen des Futterstockes. Temperatur und pH-Wert geben Aufschluß über den Gärverlauf.

Messwerterfassung in der Gärfutterbilanzanlage



1124 | FAL-Grundbau | BILANZANLAGE | Schild | 1971

Bild 4

Neben der Gasbilanz werden Gewichtbilanzen für den Gesamtbehälter sowie für einzelne Teile des Futterstockes ermittelt. Dazu werden Bilanzbeutel nach dem Schema Bild 5 eingelegt.

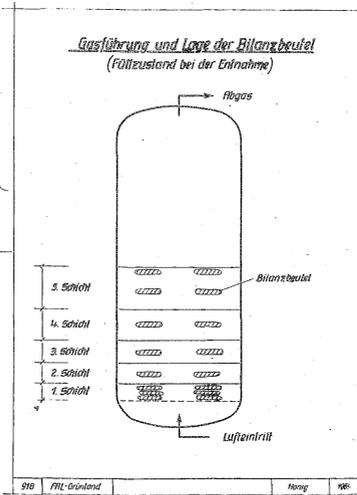


Bild 5

An unseren Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher anaerober Bedingungen auf Verluste und Futterqualität sollen die Ergebnisse erläutert werden, wie sie in der Gasbilanzanlage zu erzielen sind.

Anlaß für diese Untersuchungen war die Tatsache, daß die biologische Forderung nach anaeroben Bedingungen von der Behälterseite kaum oder nur mit sehr hohen Kosten vollständig zu erfüllen ist. Es muß also zu einem Kompromiß hinsichtlich der Lagerungsbedingungen kommen, für den zu ermitteln ist, in welcher Höhe er sich auf Verluste und Qualitätsminderung auswirkt.

Aufbauend auf den Untersuchungen von Meiering und Wenner über die Gasaustauschraten in Gärfuttersilos in Abhängigkeit von Behälterdichtigkeit, -füllungsgrad und Klimabedingungen legten wir neben der Nullvariante 2 Luftraten fest, die mit 0,27 und 0,70 g O₂/ (kg TS x Tg) einem mittleren und einem sehr ungünstigen Austauschwert entsprachen.

Der Luftaustausch wurde durch periodisches Aufheizen und Abkühlen des Gasraumes erzielt. Durch Zuführung der Luft von unten und Abführung des Abgases oben wurde sichergestellt, daß aller Sauerstoff mit dem Futter in Berührung kam.

Ergebnisse

Die Registrierung der Gasbildung ermöglicht es, den Verlauf der Verlustentwicklung zu verfolgen (Bild 6).

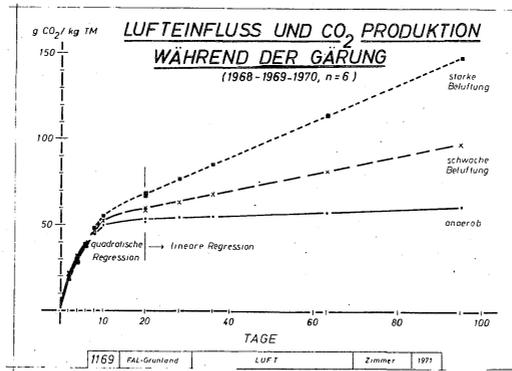


Bild 6

Hier zeigt sich deutlich die lineare Abhängigkeit der Verlusthöhe von der Luftzufuhr. Der zugeführte Sauerstoff wird sofort und vollständig umgesetzt. Die Linearität bleibt auch bei längerer Versuchsdauer erhalten, woraus sich ergibt, daß keine zusätzlichen anaeroben Umsetzungsprozesse stimuliert werden. Als Kennwerte für die Verlusthöhe lassen sich aus diesen Messungen bestimmen:

anaerob	0.5	% TS/Monat
wenig Luft zusätzlich	0.85	% TS/Monat
viel Luft zusätzlich	2.05	% TS/Monat

Die Relation der CO_2 -Bildung zu den TS-Verlusten ändert sich je nach dem, ob die Umsetzungen unter anaeroben oder aeroben Bedingungen stattfinden. Bei Berücksichtigung dieses Zusammenhanges ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung zwischen den Verlustwerten, die wir über die Gewichtsbilanzen, und denen, die wir über die CO_2 -Bildung ermittelt haben (Bild 7). Wo es möglich ist, bestimmen wir daher heute die Verluste über die Gasbilanz anstatt über die Gewichtsbilanz, da sie sich mit größerer Genauigkeit durchführen läßt.

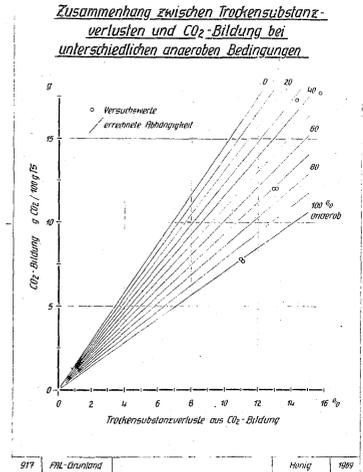


Bild 7

Über den Ort der Umsetzungen im Futterstock, über die Eindringtiefe der Beeinflussungen geben die Beutelbilanzen Aufschluß (Bild 8). Es zeigt sich, daß die Umsetzungen unmittelbar an der Lufteintrittsstelle vor sich gehen. Die Eindringtiefe ist von der Intensität und der Dauer des Lufteinflusses abhängig. Bei dem Langzeitversuch reichte die Eindringtiefe bis 90 cm. Die darüber liegenden Schichten bleiben praktisch unbeeinflusst.

Die Verluste sind in diesem Bild als Nährstoffverluste angegeben, die letztlich für die Fütterung entscheidend sind. Zu ihrer genauen Berechnung ist neben der Nährstoffanalyse die Bestimmung der Verdaulichkeit notwendig. In den vorliegenden Versuchen wurde sie für

mehrere Futterschichten durch Fütterungsversuche ermittelt. Feine Differenzierungen, z. B. in den unteren Schichten, lassen sich allerdings bei dem relativ großen Futterbedarf je Verdauungsversuch nicht vornehmen. Hier gestattet die Verdaulichkeitsbestimmung in vitro eine genauere Aufgliederung. Wir sind daher zur Zeit dabei, diese Methode in unserem Institut einzuführen.

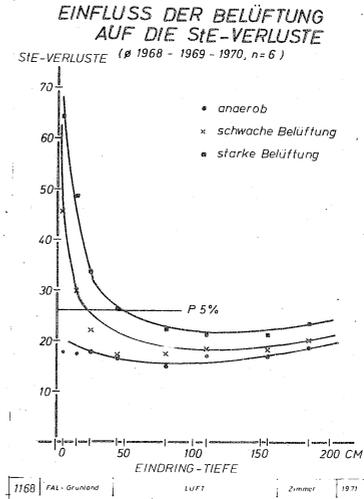


Bild 8

Die Qualität der Silage, ausgedrückt durch die Gär-säurebildung, zeigt ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit vom Sauerstoffeinfluß (Bild 9). Die Gesamtsäure geht zurück, der Anteil flüchtiger Säuren nimmt zu.

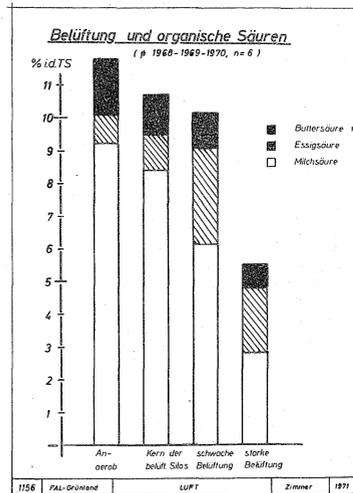


Bild 9

- 11 -

Tabelle 1: Einfluß von Luft auf Silagequalität

Ø 1968 - 1969 - 1970

Merkmal	Streng anaerob	Kern "Undichter" Silos	Schwacher Lufteinfluß	Starker Lufteinfluß
TS-Verluste %/Grümgut	9.4	9.6	19.8	43.5
StE-Verluste %/Grümgut	17.3	20.2	31.7	56.7
Verdaulichkeit ^{*)} relativ zu Grümgut	97	96	94	92
Energiegehalt StE/TS	541	523	511	477
Milchsäure %/Silage	2.9	2.7	1.8	0.7

*) Relativwerte : Verdaulichkeit des Grüngutes = 100

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuches sind abschließend nochmals in Tabelle 1 zusammengefaßt:

Die Werte in der linken Spalte stellen die verfahrensbedingten unvermeidlichen Verluste dar.

Die Werte in den drei rechten Spalten findet der Landwirt alle in seinem Silo wieder. In welcher Relation sie zueinander vorkommen, hängt von der Behälterform, der Oberfläche, der Sorgfalt bei der Silierung ab.

Trockensubstanz- und Nährstoffverluste nehmen unter dem Lufteinfluß beträchtlich zu. Verdaulichkeit und Energiegehalt nehmen ab, wobei die Differenzierung noch krasser ausfallen würde, wenn die Verdaulichkeitsbestimmung detaillierter durchgeführt wäre. Der Energiegehalt dürfte dann im Bereich starken Lufteinflusses um 50 - 100 Stärkeeinheiten niedriger liegen.

Die Gleichmäßigkeit der Futterqualität nimmt stark ab.

Bestimmung der Umsetzungsaktivität und der Verluste in Gärfutter bei der Entnahme aus dem Silo

Als weitere Verluste bei der Gärfutterbereitung kommen die Umsetzungen in der Anschnittfläche während der Entnahme in Betracht. Diese Verluste werden bei Laborversuchen mit sofortiger Entnahme der Gesamtfuttermenge nicht erfaßt und führen vermutlich zu der bekannten Differenz im Verlustniveau zwischen Labor- und Praxisversuchen.

Aus diesem Grunde haben wir an die eben geschilderten Versuche solche zur Bestimmung der Umsetzungsaktivität und Verlusthöhe bei freiem Luftzutritt nach der Öffnung des Silos bzw. der Entnahme des Futters angeschlossen.

Im Prinzip ist hierfür die gleiche Methode wie zur Bestimmung der Atmungsintensität anzuwenden. Die CO_2 -Bildung einer 50 g-Probe wird über die Absorption in Kalilauge ermittelt. Von jeder Variante werden jedoch 6 Gläser angesetzt und in einer Zeitreihe bis 9 Tage entnommen, so daß man Aufschluß über die Höhe der Umsetzungen in Abhängigkeit von der Lagerzeit erhält.

Ein modifiziertes Verfahren gestattet es, größere Probenmengen von 500 bis 1000 g zu untersuchen und gleichzeitig die Wärmebildung in der Probe zu ermitteln. Die Proben werden in einem wärmeisolierten Gefäß in ein 30 l-Silo gebracht, das kontinuierlich mit CO₂-freier Luft gespült wird. Die Abluft wird durch eine Kalilauge-Vorlage geleitet, die täglich gewechselt wird. Zusätzlich wird die Temperatur in der Probe registriert. Meßreihen nach diesem Verfahren erbrachten einen guten Zusammenhang zwischen der Proben-temperatur und der CO₂-Bildung, wenn die Feuchte der Probe und damit ihre Wärmekapazität berücksichtigt wird. Hier bieten sich Möglichkeiten, die Bestimmung der Stabilität der Silage zu vereinfachen und in vielen Fällen ganz auf die Bestimmung der CO₂-Bildung zu verzichten.

Die Ergebnisse der Messungen, die wir im Anschluß an den Luftversuch durchgeführt haben, sind in Bild 10 aufgetragen. Der Einfluß der unterschiedlichen Lagerungsbedingungen ist deutlich zu erkennen.

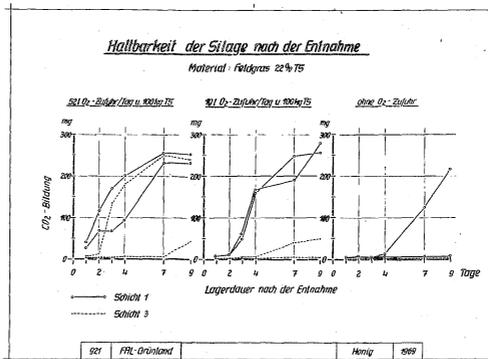


Bild 10

Die Werte aus drei Versuchsjahren sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Bei günstigen Lagerungsbedingungen ergeben sich mit geringen Ausnahmen Silagen, die über 9 Tage stabil sind, während bei ungünstigen Lagerbedingungen die Umsetzung sofort beginnen und ein beträcht-

liches Ausmaß erreichen, so daß nach 4 Tagen 8 %, nach 9 Tagen 13 % Verluste entstehen.

In der Anschnittfläche eines Silos wandert die der Luft ausgesetzte Zone der Entnahme voraus, wobei das Gut ohne weiteres 9 Tage dem O_2 -Zutritt ausgesetzt sein kann, so daß bei unstablen Silagen zusätzliche Verluste in der genannten Höhe entstehen können. Vermeidbar sind solche Verluste durch eine gute Siliertechnik, die eine stabile Silage ergibt, sowie durch technische Maßnahmen, die die CO_2 -Atmosphäre weitgehend erhalten.

Wie an den drei Beispielen gezeigt wurde, gestatten es die angewendeten Labormethoden, die Zusammenhänge zwischen technologischen Maßnahmen und biologischen Prozessen genauer zu klären und zahlenmäßig festzulegen. Das Experiment im Praxismaßstab braucht dann nur an den wichtigsten Punkten zur Überprüfung der gefundenen Abhängigkeiten durchgeführt zu werden.

Tabelle 2: Trockensubstanzverluste und Stabilität nach der Entnahme aus dem Silo

Ø 1968 - 1969 - 1970

		Streng anaerob	Kern belüfteter Silos	Schwacher Lufteinfluß	Starker Lufteinfluß
Nach 2 Tagen	% Verluste TS % Proben instabil	- 0	- 0	1.5 33	3.0 50
Nach 4 Tagen	% Verluste TS % Proben instabil	- 0	- 0	4.2 55	7.7 100
Nach 7 Tagen	% Verluste TS % Proben instabil	1.0 10	0.9 20	7.5 66	11.5 100
Nach 9 Tagen	% Verluste TS % Proben instabil	1.5 10	1.1 20	9.2 88	12.9 100

Das Problem der Einsatzzeitbegrenzung
unter dem Aspekt der Rechtzeitigkeit⁺

Dr. Hansmichel Köbsell, Göttingen

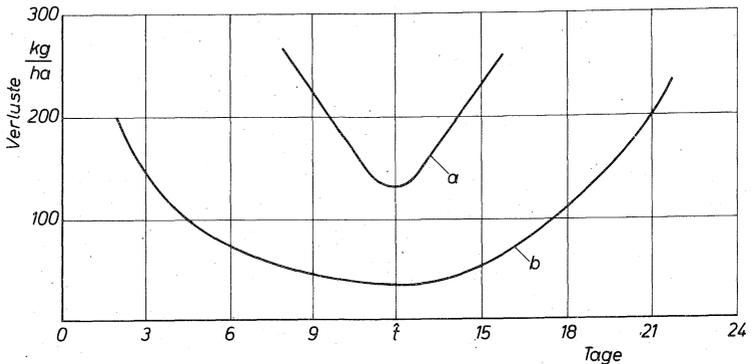
1. Problemstellung

Die simultane Optimierung des betriebstechnischen Aufwandes und der zulässigen Operationsdauer stellt ein zentrales Planungsproblem für den Bereich der Feldwirtschaft dar. Die Problematik ergibt sich aus der gegenläufigen Kostentendenz für die Bereitstellung von Kapazitäten und für die Absicherung des Ertragsrisikos. Einmal verlangt eine Arbeits erledigung zum optimalen Zeitpunkt - und damit eine hohe Erfolgssicherung - eine entsprechende Ballung an Schlagkraft, die ihrerseits zu erheblichen Aufwendungen zwingt; andererseits zieht sich der Einsatz kostensparender und damit leistungsschwächerer Verfahren so in die Länge, daß quantitative wie qualitative Ertragseinbußen nicht zu vermeiden sind. Die zur Bewertung von Verfahrensalternativen nach dem Minimalkostenprinzip üblicherweise angewendeten Methoden berücksichtigen lediglich eine mittlere verfahrensspezifische Verlustquote. Eine Bewertung der "operationsunabhängigen Ertragsverluste", die u.a. durch enzymatische und mikrobielle Aktivitäten, Schadfraß und Windeinwirkungen hervorgerufen werden, erfolgt nicht. Die Höhe dieser operationsunabhängigen Ertragsverluste hängt offensichtlich in besonderem Maße vom Einsatztermin und von der Operationsdauer ab. In der jüngeren ausländischen Fachliteratur stößt man nun immer häufiger auf ein Kalkulationsprinzip, mit dessen Hilfe derartige Verluste unter dem Aspekt der Rechtzeitigkeit "timeliness" in ein Optimierungskalkül einbezogen werden [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17] .

⁺ Diese Arbeit ist ein Auszug aus der Habilitationsschrift des Autors [1] .

2. Das zeitabhängige Auftreten von kostenverursachenden Planvariablen

Seit langem bekannt ist der Einfluß des Bestelltermines auf die Ertragsbildung. Auch KREHER [14] hat bei der Abgrenzung der Blockzeitspanne für die Frühjahrsbestellung die infolge verspätetem Abschluß der Aussaat auftretenden Ertragsdegressionen in pragmatischer Weise berücksichtigt. Inzwischen haben sich aber die Prozeßgestaltung wie die Einsatzcharakteristik der technischen Hilfsmittel zum Teil wesentlich geändert, so daß die Forderung nach der "Rechtzeitigkeit" der Arbeitserledigung ständig an Bedeutung gewinnt. Welche Auswirkungen z.B. ein Terminverzug bei der Aussaat von Körnermais auf die Ertragsbildung nehmen kann, zeigt besonders eindrucksvoll ein von RINTELEN [15] angeführtes Beispiel, in welchem er über einen Ertragsausfall von 55 % berichtet. Im Vordergrund neuerer Untersuchungen steht vor allem die Ermittlung der Ertragshöhe in Abhängigkeit von der Erntedauer [16, 17, 18] (vgl. Bilder 1 und 2).



n Feiffer/Papesch
 Industr. Getreideproduktion
 Markkleeberg 1968

Bild 1: Abhängigkeit der Ertragsverluste von Termin und Dauer der Getreideernte;

- a Wintergerste (Dominator)
- b Winterweizen (Fanal)
- t optimaler Zeitpunkt

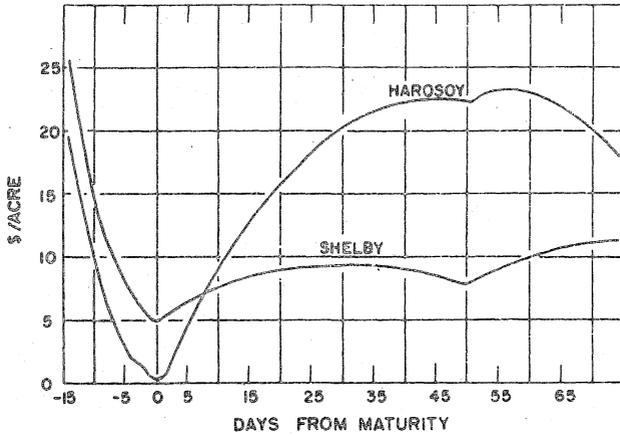
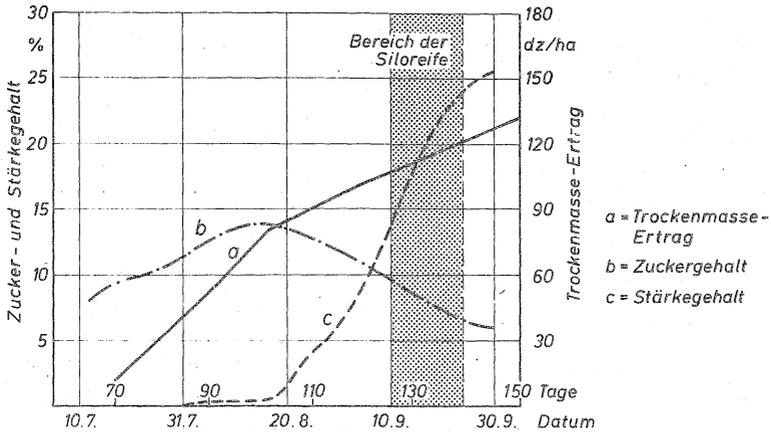


Bild 2: Kosten der zeitabhängigen Verluste bei der Ernte von Sojabohnen (n. [17])

Hierbei handelt es sich vorrangig um quantitative Ertragsanalysen. Selbstverständlich können auch qualitative Produktveränderungen, wie sie z.B. beim Silomais auftreten, eine gewichtige Rolle spielen (vgl. Bild 3).



n. Strblin, Das wirtschaftseigene Futter, 1968, Bd 14, H. 2

Bild 3: Trockenmasseentwicklung, Zucker- und Stärkebildung bei Silomais in einem kühlen Jahr; (zusammengestellt nach [19])

So konnte THURM [20] für Großbetriebe in der DDR nachweisen, daß die Kosten einer Kapazitätsaufstockung durch die bei verkürzter Erntedauer von Silomais erreichbaren höheren Nährstoff-erträge mehr als kompensiert werden (Bild 4).

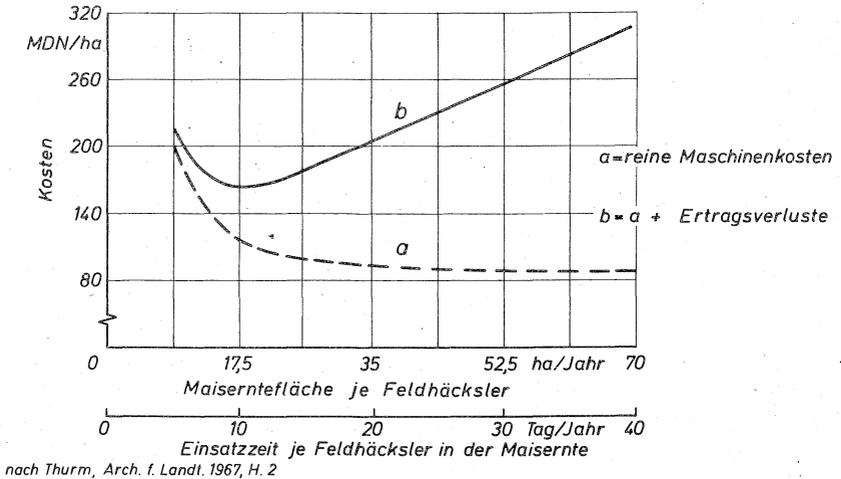


Bild 4: Verlauf der Verfahrenskosten und der durch Einbeziehung von bewerteten Ertragsverlusten gebildeten Gesamtkosten bei der Silomaisernte (n. [20])

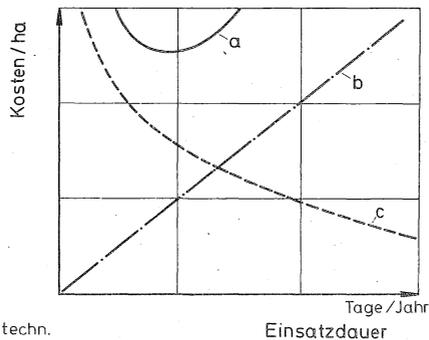
Mit zunehmender Operationsdauer können auch die Verfahrensverluste anwachsen [2] . Da die Bodenbefeuchtung zum Winter hin ständig intensiver wird, sind ansteigende Kosten infolge einer Zunahme von Maschinenstörungen und -verschleiß, sowie höhere Transportbelastungen wegen der größeren Schmutzanteile in Abhängigkeit von der Dauer der Zuckerrübenenernte zu erwarten [21] .

Diese kurze Beispielauswahl macht deutlich, daß verschiedene Kostenfaktoren auftreten, die als Funktion über die Operationszeit zu betrachten und nicht als stochastische Variable zu behandeln sind. Es hängt offensichtlich vom Verlauf dieser Verlust- bzw. Kostenfunktionen ab, ob die konventionellen Durchschnittskostenrechnungen und deren Bewertung nach dem Minimalkostenprinzip eine ausreichend approximierten Optimallösung

liefern. Voraussetzung hierfür wäre ein relativ geringer Verlustanstieg während der betrachteten Zeitspanne, womit aber nicht in jedem Falle gerechnet werden kann.

3. Die mathematische Lösung und ihre Schwächen

Ein verbessertes theoretisches Prinzip zum Auffinden einer Optimallösung, wie es u. a. bei HUNT [6, 7] zu finden ist, basiert auf der Konstruktion einer Gesamtkostenfunktion, die sich nach Bild 5 aus den Verlust- und den Arbeitserledigungskosten zusammensetzt. Da die optimale Einsatzdauer durch den Scheitelpunkt der Gesamtkostenkurve gegeben ist, liefert die erste Ableitung ihrer Funktion sofort die gewünschte Lösung.



Qu.: Spelina
Zemed. techn.
H 4, 1969

Einsatzdauer

Bild 5: Schematische Darstellung der Kostenfunktionen (n. [11])

- a $b + c$
- b operationsunabhängige Ertragseinbußen
- c Arbeitserledigungskosten

Das Verlustniveau sollte durch eine relative Größe ausgedrückt werden, um ohne weiteres mit unterschiedlichen Ertragslagen oder Produktpreisen rechnen zu können. Beim Abtragen des Verlustanstiegs ist selbstverständlich die gesamte Zeitspannendauer in Kalendertagen maßgebend.

Der Abzissenmaßstab für die zulässige Operationsdauer D in "verfügbaren Feldarbeitstagen" ist über eine entsprechende Umrechnung festzulegen. Dann gilt nach Bild 6:

$$(1) \quad \operatorname{tg} \alpha = k_R = \frac{f_V}{D}$$

k_R = Rechtzeitigkeitskoeffizient

$$(2) \quad \bar{f}_V = 0,5 k_R D$$

f_V = Verlustfaktor

D = Einsatzdauer (h/Jahr)

$$(3) \quad V = E P \bar{f}_V$$

E = Ertrag (dz/ha)

P = Erlös (DM/dz)

V = Verlustkosten (DM/ha)

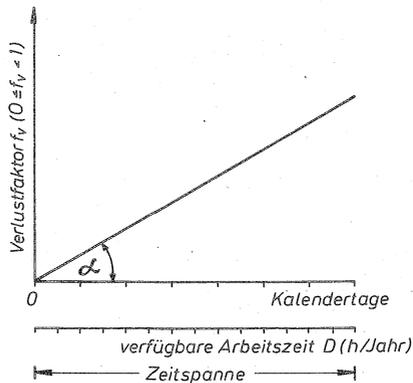


Bild 6: Rechtzeitigkeitskoeffizient und Verlustfaktor als lineares Modell

Arbeitet das betrachtete Verfahren oberhalb der Abschreibungsschwelle, läßt sich eine Gesamtkostenfunktion wie folgt formulieren:

$$(4) \quad C = \frac{A}{D N K} + \frac{B}{K} + v \quad (\text{DM/ha})$$

C = Gesamtkosten (DM/ha)
 N = Nutzungsdauer (Jahre)
 A = Anschaffungskosten (DM)
 B = Betriebskosten (DM/h)
 K = Kapazität (ha/h)

Nach Einsetzen von (2) und (3) in (4) ergibt sich das Optimum nach:

$$(5) \quad C = f(D)$$

$$(6) \quad C = \frac{A}{D N K} + \frac{B}{K} + 0,5 k_R D E P$$

$$(7) \quad C' = - \frac{A}{D^2 N K} + 0,5 k_R E P$$

$$(8) \quad C' = 0$$

$$(9) \quad D = \sqrt{\frac{A}{0,5 k_R E P N K}} \quad (\text{h/Jahr})$$

Daraus erhält man unmittelbar C durch Einsetzen von (9) in (6) und die jährliche Anbaufläche F_j zu

$$(10) \quad F_j = D K \quad (\text{ha/Jahr}).$$

Das so bestimmte F_j wird nicht immer näherungsweise mit der durch den Bodennutzungsplan vorgegebenen Anbaufläche übereinstimmen. Der Rechengang ist dann mit geändertem k und/oder geändertem D solange zu wiederholen, bis das kostengünstigste Verfahren mit der entsprechenden Leistungsfähigkeit gefunden ist. Man könnte auch die optimale Verfahrenskapazität für eine bestimmte Anbaufläche nach dem gleichen Prinzip direkt berechnen, wenn man wie HUNT [6] eine feste Proportionalität zwischen Leistungsvermögen, Arbeitsbreite und Verfahrenskosten unterstellt. Diese Prämissen sind jedoch weitgehend unreal.

Das vorgestellte Rechenmodell weist zwar den Vorzug einer einfachen methodischen Handhabung auf, kann aber insgesamt nicht befriedigen, weil es prozestechnische Ablaufkriterien zu stark vereinfacht bzw. außer acht läßt. So ist zu bezweifeln, ob eine stetige Linearisierung der Verluste über den gesamten Untersuchungszeitraum zulässig ist. Darüber hinaus läßt die operationsanalytische Betrachtung von witterungsempfindlichen Verfahren für bestimmte Kostenarten und Leistungsparameter eine deutliche Abhängigkeit von der zeitlichen Ausdehnung ihres Einsatzes erkennen. Hiervon können u. a. folgende Größen betroffen werden:

A Kostenarten

1. Quantitative und qualitative Verfahrens- (Funktions-) Verluste
2. Kosten für Aufbereitung und Konservierung [18,22]
3. Betriebs- und Reparaturkosten
4. Die Lebensdauer der technischen Hilfsmittel
5. Transportkosten
6. Gewinnverlust infolge Preisverfall

B Leistungsgrößen

1. Die Arbeitsleistung in der Hauptzeit (Vorschub, Durchsatz)
2. Der Störzeitenanteil
3. Die maximale tägliche Arbeitszeit.

4. Eine multivariable Systembetrachtung am Beispiel der Körnermaisernte

Die Einbeziehung aller dieser Variablen in eine ablaufdynamische Gesamtcharakteristik, d.h. die Durchführung einer komplexen Systembetrachtung, bringt allerdings eine erhebliche formaltheoretische Komplizierung mit sich. Um sowohl den planungstechnischen Schwierigkeitsgrad wie auch den rechnerischen Umfang und den erzielbaren Aussagegehalt einer dergestalt erweiterten Planungsrechnung überprüfen zu können, wurde eine Fallstudie aus dem Bereich der Körnermaisernte durchgeführt [1, S. 86 ff]. Die Kennung der in das Systemmodell eingeführten Funktionen ist den Bildern 7 und 8 a,b,c,d zu entnehmen.

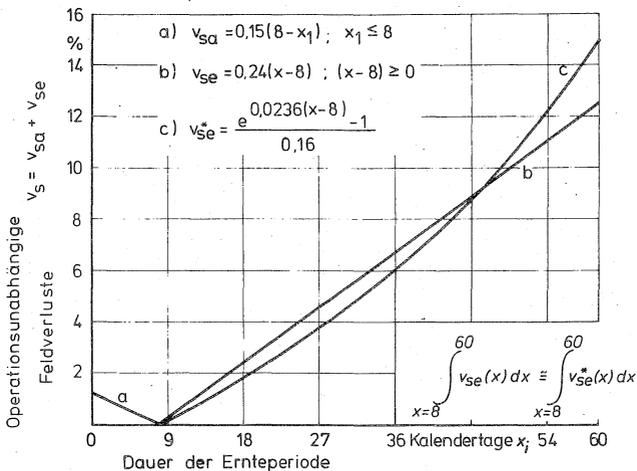
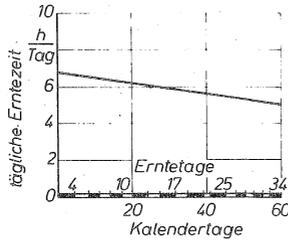
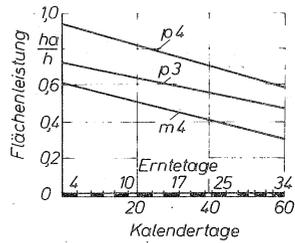


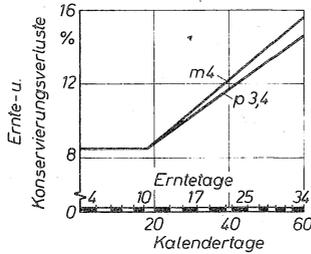
Bild 7: Modellfunktionen für den Verlauf der operationsunabhängigen Feldverluste bei der Körnermaisernte



a Abnahme d. täglichen Erntezeit



b Abnahme d. Leistungsvermögens



c Verlauf d. Verfahrensverluste

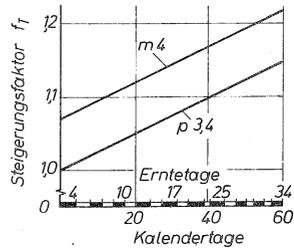
d Zunahme d. Trocknungskosten CT
($CT_{\text{eff}} = CT_0 \cdot f_T$)

Bild 8: Leistung und Kosten beeinflussende Funktionen bei der Körnermaisernte mit dem Mährescher;

(m 4 = vierreihiger Mähvorsatz, p 3,4 = drei- oder vierreihiger Pflückvorsatz)

Eine ablaufbezogene Beurteilung der abgebildeten Funktionen führt zu einer Differenzierung. Die operationsunabhängigen Ertragsverluste und die tägliche Erntezeit (Bilder 7 u. 8a) werden unmittelbar von der Länge der Ernteperiode bestimmt. Die Zuordnung von Kurvenabschnitt zum Zeitpunkt ist mithin eindeutig. Dagegen sind der Verlauf der Kapazität, der Verfahrensverluste und der Trocknungskosten, die sowohl von der Gutsfeuchte wie auch vom Zustand der Trocknerzuluft bestimmt werden, nicht allein von der Jahreszeit sondern auch vom aktuellen Witterungsverlauf abhängig. Letzterer ist jedoch durch

ein Bündel von stochastischen Variablen gekennzeichnet. Die zunächst abstrakte Aussage dieser Funktionen läßt sich aber sofort konkretisieren, wenn man unterstellt, daß bei verkürzter Erntedauer die ungenutzten verfügbaren Erntetage dispositiv verfügbar bleiben. Dies bedeutet im vorliegenden Fall, daß sich die Ernte auch bei reduziertem Zeitanpruch über die gesamte Zeitspanne erstrecken kann. Dadurch wird dem Betriebsleiter zunehmend Gelegenheit geboten, die Erntearbeiten vorwiegend an besonders günstigen Tagen ausführen zu lassen.

An verfahrensspezifischen Variablen im Rahmen der Maschinenkostenberechnung wurde z.B. der in Abhängigkeit von Erntegutstruktur und Massendurchsatz differierende Verschleiß in seiner Auswirkung auf die Lebensdauer von Mähdrrescher und Trocknungsanlage wie folgt berücksichtigt:

$$(11) \quad N = \frac{F_N}{F_G + F_M s_i}$$

N = Nutzungsdauer (Jahre)

F_N = maximale Gesamterntefläche (ha)

F_G = Getreidefläche, vorgegeben (ha/Jahr)

F_M = Körnermaisfläche (ha/Jahr)

s_i = Verschleißkoeffizient

s_1 = 1,35 für dreireihigen Pflückdrusch

s_2 = 1,50 für vierreihigen Pflückdrusch

s_3 = 2,15 für vierreihigen Mähdrusch

Eine entsprechende Differenzierung wurde auch hinsichtlich der maximalen Standzeit der Anbauaggregate vorgenommen.

Die Vielgestaltigkeit der berücksichtigten Funktionen und Variablen führte zu einem Polynom höheren Grades, dessen Überführung in ein explicit lösbares Gleichungssystem nicht mehr möglich war. Zudem mußten realitätsnahe Ablauf- und Anpassungsvorschriften in die Kalkulation aufgenommen werden. So wurden die verfügbaren Erntetage in Perioden mit einer Länge von

2 bis 4 Tagen aufgeteilt und diese alternierend mit Schlechtwetterperioden möglichst gleichmäßig über die Zeitspanne verteilt. Da die Kapazität der betriebseigenen Trocknungsanlage als begrenzt angenommen wurde, mußte ferner für jeden Erntetag überprüft werden, ob und in welchem Umfang die kostenaufwendigere gewerbliche Trocknung heranzuziehen war.

Auf Grund dieser Bedingungen mußte die Berechnung des Kostenverlaufes nach dem Prinzip der progressiven Iteration vorgenommen werden, was bei Handberechnung zu einem untragbar hohen Zeitaufwand geführt hätte. Es wurde deshalb ein Rechenprogramm für die EDV aufgestellt⁺. Dieser Aufwand war auch insofern vertretbar, als nun Vergleichsrechnungen mit mehreren Varianten komplikationslos mit einprogrammiert werden konnten.

Nachfolgend soll das Ergebnis eines Rechnerdurchlaufes der konventionellen Methodik gegenübergestellt werden. Da die Modellbedingungen nicht gleich gehalten werden konnten, interessieren hier nicht die absoluten Werte, sondern die Aussage-tendenz der Lösungsmenge. So fand ESTLER [23] nach gründlichster Datenaufbereitung die in Bild 9 dargestellten Relationen.

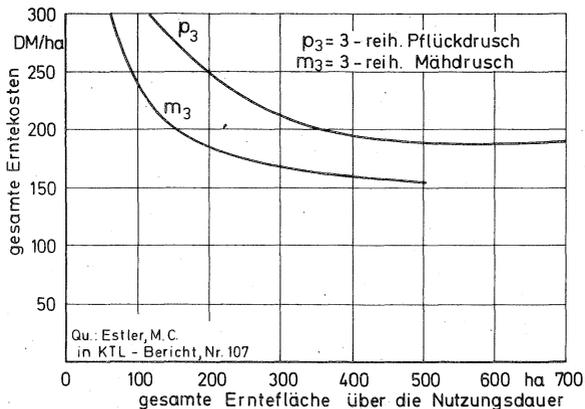


Bild 9:

Kostendifferenz zwischen Mäh- und Pflückdrusch nach der konventionellen Durchschnittskostenkalkulation [23]

⁺ Die Übersetzung des Flußdiagrammes in FORTRAN IV wurde in dankenswerter Weise von Dr. v. Schutzbar übernommen. Die Programmrechnungen erfolgten auf einer IBM 7040 der AVA Göttingen.

Herr Dr. Lehmann gab wertvolle Anregungen zur Funktionsanalyse.

Danach besteht eine über die gesamte Nutzungsdauer anhaltende Überlegenheit des Mähdrusches.

Die dynamische Systembetrachtung führt nach Bild 10 zu einem anderen Ergebnis.

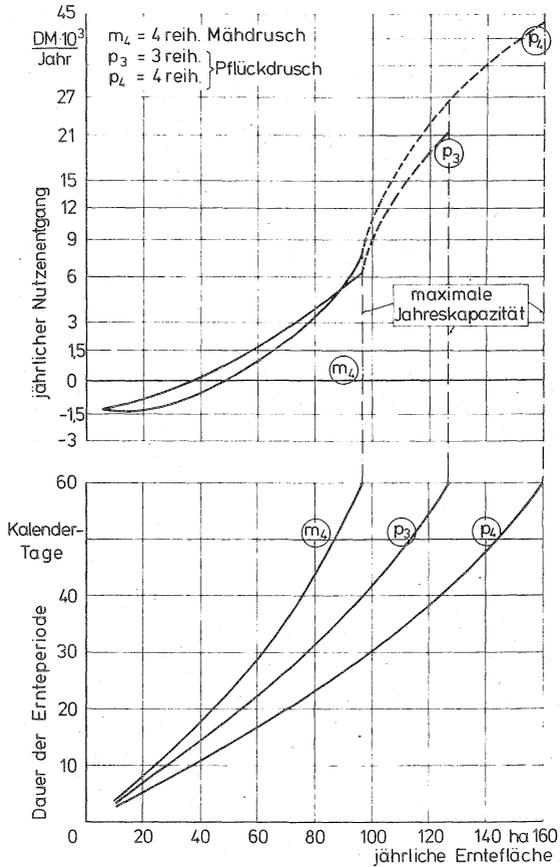


Bild 10:

Jährlicher Nutzenentgang des Mähdrusches gegenüber den Pflückdruschvarianten als Ergebnis einer Systembetrachtung "Körnermaisernte"

Da hier eine Erfolgsbewertung vorgenommen wurde, sind die Deckungsbeiträge der konkurrierenden Verfahren berechnet und die Differenz gegenüber dem Mähdrusch als jährlicher Nutzentgang abgetragen worden. Man erkennt, daß bereits bei der Hälfte der jährlichen Ausnutzung des Mähdrusches mit den Pflückdruschvarianten der gleiche Deckungsbeitrag erzielt wird. Etwa an der Grenze der maximalen Jahreskapazität des Mähdrusches zeigt sich die Ausstattung mit einem vierreihigen Pflückvorsatz sogar der dreireihigen überlegen. Damit ist in diesem Fall bewiesen, daß in Abhängigkeit vom Arbeitsvolumen der Aufwand für leistungsfähigere Einheiten mehr als gerechtfertigt ist, weil dank der möglichen Arbeitsbeschleunigung ein systembedingter Kostenanstieg frühzeitiger abgefangen werden kann. Hier hätte die konventionelle Durchschnittskostenrechnung zu einer Fehlbeurteilung geführt.

5. Schlußbetrachtung

Einer breiteren Anwendung systemkonformer Planungsrechnungen steht indes eine ganze Reihe von Schwierigkeiten entgegen. Zunächst fehlt es noch an ausreichendem Datenmaterial mit befriedigender Zuverlässigkeit. Ferner müßte z.B. das zu starre und pauschalisierende Zeitspannenschema in eine differenziertere Form überführt werden, in der die prozeßspezifische Kennung von Schlüsseloperationen Berücksichtigung findet. Auch das Problem des Formulierungs- und Rechenaufwandes steht im Raum, zumal es kaum gelingen wird, ein allgemeingültiges Modell zu entwickeln, welches das vielschichtige Spektrum der möglichen Planungsfälle abzudecken in der Lage wäre.

Schließlich ist trotz der vorgenommenen Erweiterungen im Planungsansatz die Kongruenz mit der Realität noch unvollkommen; denn mit der bearbeiteten Fallstudie wurde auch nur ein Teilsystem aus dem gesamten Betriebsgeschehen herausgegriffen. Die zweifelsohne bestehenden Wechselbeziehungen zur Ablaufgestaltung begleitender oder anschließender Prozesse blieb unbe-

rücksichtigt. Die Simultanbetrachtung mehrerer Teilsysteme müßte die problematische Abstimmung mehrerer optimaler Einsatzbereiche [24] genauso beinhalten wie die Untersuchung von Reihenfolgeproblemen [25]. Es wäre äußerst aufschlußreich zu vergleichen, ob bei einer zunehmenden Erweiterung der Systembetrachtungen das hier vorgestellte Konzept oder die Simulation mit diskreten Zufallsvariablen vorteilhafter zu beurteilen wären.

Bei allen Einschränkungen konnte doch deutlich gemacht werden, daß die Problematik der optimalen Kapazitätsbemessung ein Überdenken der bislang gebrauchten Standardmethoden fordert.

Auf jeden Fall ist zu empfehlen, daß erst nach einer eingehenden Systemanalyse die Wahl hinsichtlich der anzuwendenden Methodik getroffen werden sollte, wobei besonders auf die mit der Anwendung der Linearoptimierung unvermeidlich verknüpften Vereinfachungen ein besonderes Augenmerk zu richten ist.

LiteraturverzeichnisLfd.Nr. Verfasser und Titel

- [1] Köbsell, H.:
Ein Beitrag zur Kapazitäts- und Ablaufplanung im Bereich der pflanzlichen Produktion unter besonderer Berücksichtigung graphentheoretischer Prinzipien.
Habilitationsschrift, Göttingen 1971
- [2] Carpenter, M.L. u. D.B. Brocker:
Minimum cost machinery systems for harvesting, drying and storing shelled corn.
ASAE-Paper No. 70-322, St. Joseph, Michigan 1970
- [3] Barnes, K.K., T.W. Casselman u. D.A. Link:
Field efficiencies of 4-row and 6-row equipment.
Agr. Engin. 1959, S. 148-150
- [4] Barnes, K.K.:
Machinery problems as seen by the Agricultural Engineer.
ASAE Conf. Proc. Dez. 1962, S. 16-17
- [5] Frisby, J.C. u. C.W. Bockhop:
Weather and economics determine corn-production machinery systems.
Transact. ASAE Vol. 11 (1968), No 1, S. 61-64
- [6] Hunt, D.R.:
A system approach to farm machinery selection.
IAE PRE-PRINT-Paper, autumn meeting Reading Univ. 1968
- [7] Hunt, D.R. u. R.E. Patterson:
Evaluating timeliness in field operations.
ASAE Publ. PROC-468, S. 18-19 u. 21, St. Joseph, Mich., 1968
- [8] Hunt, D.R.:
Selecting an economic power level for the big tractor.
ASAE-Paper No. 71-147, St. Joseph, Mich., 1971
- [9] Rehl, K.:
Ökonomische Probleme der Landtechnik.
Landtechn. Kolloquium 1967, 1. Teil, S. 26-44,
Herausg. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik
- [10] Rehl, K.:
Die Stufen der Wirtschaftlichkeit.
Die Landarbeit 21 (1970), H. 4, S. 28-30

Lfd.Nr. Verfasser und Titel

- [11] Spelina, M. u. J. Souhrada:
Die wichtigsten Grundsätze der ökonomischen Bewertung der
Technik in der Landwirtschaft.
Zemedelska technika 15 (1969), H. 4, S. 205-215
- [12] Stapleton, H.N. u.a.:
Cotton harvest-defoliation scheduling.
ASAE Transact. 10 (1967), No. 2, S. 226-229 und 232
- [13] Nilson, B.:
Sizing agricultural machinery with regard to the weather factor.
XVI. CIOSTA Congress Papers, Teil B, S. 191-204, Wageningen 1972
- [14] Kreher, G.:
Der Arbeitsvoranschlag im Bauernhof.
KTL-Ber. über Landtechnik Nr. 36, München-Wolfratshausen 1953
- [15] Rintelen, P.:
Die Einkommensdisparität in der deutschen Landwirtschaft und
ihre Ursachen.
Agrarwirtschaft 17 (1968), H. 8, S. 229-233
- [16] Feiffer, P.:
Die Ermittlung der Druscheigenschaften der Arten und Sorten.
Dissertation Berlin 1965
- [17] Barnes, K.:
Soybean harvest - how much does it cost ?
Impl. & Tractor 83 (1968) No. 11, S. 34
- [18] Baumgartner, G.:
Untersuchungen zur Abgrenzung der Getreideernte.
Landarbeit und Technik, H. 35, S. 203-219, Hamburg u. Berlin 1968
- [19] Stählin, A.:
Mais als Silofutterpflanze.
Das wirtschaftseigene Futter, Bd. 14 (1968), H.2, S. 164
- [20] Thurm, R.:
Der Einfluß der Ausnutzung von Traktoren und Landmaschinen
auf die Kosten und den Maschinenbedarf.
Deutsche Agrartechnik 17 (1967), H. 1, S. 20-25
- [21] Maggs, E.:
Cleaning Beets.
Farm Mechanization Bd. 7 (1955), S. 407

Lfd.Nr. Verfasser und Titel

- [22] Lönnemark, H.:
Kostnader och kostnadsberäkningen för jordbruksmaskiner.
Jordbrukstekniska institutet, Meddelande nr 340,
Uppsala 1971
- [23] Estler, C.:
Entwicklung und Stand der Körnermaisernte unter besonderer
Berücksichtigung des Einsatzes von Mähreschern.
KTL-Berichte über Landtechnik Nr. 107, München-Wolfrats-
hausen 1967
- [24] Murasev, A.D.:
Praktische Berechnung und Projektierung von Produktionspro-
zessen in der Landwirtschaft.
Trudy VIM 39 (1965), S. 290-360 (deutsche Übersetzung)
- [25] Köbsell, H.:
Ablaufrisiko und Reihenfolgeprobleme in der Feldwirtschaft.
XVI. CIOSTA Congress Papers, Teil B, S. 145-164,
Wageningen 1972

Die Berechnung der Betriebsfläche
für Arbeitsverfahren in Grasland-
betrieben anhand von Einzel-Element-
Kalkulationen

Dipl. agr. Peter Albrecht, Göttingen

Problemstellung

Bislang standen Verfahrenskalkulationen im Vordergrund, bei denen man von existenten Graslandbetrieben mit fixem Flächenanteil, jedoch variabler Maschinenausstattung und variablem Arbeitskräfte-Besatz, ausging. Auf dieser Basis ermittelte man den Arbeitskraftstunden- (Akh-) und den Schlepperstunden-Bedarf (Sh-Bedarf). Die Ausnutzung der Variablen war zwangsläufig nicht optimal, weil ihre beliebige Teilbarkeit nicht gegeben ist.

Entgegen dieser Betrachtungsweise basiert die nachstehende Kalkulation mit Prozeßelementen auf einer fest vorgegebenen Maschinenausstattung und einem bestimmten Ak-Besatz. Die Nutzungsflächen wie die Lagerräume (Konservierungsbehälter) sind variabel zu halten. Eine optimale Auslastung der fixen Faktoren soll über eine optimale Zuordnung an Graslandflächen erreicht werden.

Wie sich herausstellte, standen hierzu weder praktikable Planungstechniken oder methodische Lösungsansätze noch das dafür notwendige Datenmaterial zur Verfügung. Die Leistungsdaten bzw. Zeitbedarfszahlen des KTBL-Kataloges [7] können nur Mittelwerte ausweisen, wobei zwar für die Bergung unterschiedliche Erträge eingehen, doch der Einfluß der Feldentfernung bei verschiedenen Verfahren nicht differenziert genug einbezogen wird. Für entscheidende Prozeßphasen fehlen Daten bisher gänzlich. Dieser bestehende Mangel umfaßt drei Gruppen von Kalkulationselementen:

den Einfluß der meteorologischen und biologischen Komponenten auf Wachstumsverlauf, Abtrocknungsdauer und verfügbare Bergezeit,

die Berücksichtigung unterschiedlicher Organisationsmöglichkeiten einer differenzierten Ablaufstruktur und

eine eindeutige Zuordnung der gesamten Graslandfläche bzw. Halmfuttermasse zur Anzahl, Größe und Art der Konservierungseinrichtungen.

Standortfaktoren und Ertrag

Es sei an dieser Stelle nur der Komplex der klimatischen und biologischen Elemente erörtert. Die Kalkulationsprobleme aus den beiden anderen Elementgruppen lassen sich mit Hilfe der Netzplantechnik bzw. mit Flußdiagrammen lösen [3].

Die Literatur liefert über die Prozeßcharakteristik der Halmfutterwerbung sehr wenig. Der KTBL-Katalog [7] weist zwar Zeitspannen und verfügbare Feldarbeitstage nach KREHER und LERMER für verschiedene Klimlagen des Bundesgebietes aus, doch die Zeitspanne "II = Hackfruchtpflege-Heuernte" ist für moderne Planungsrechnungen zu undifferenziert.

Die für diese Zeitspanne ausgewiesenen "Heuerntetage" geben weder Hinweise auf die Zahl und Länge von Schönwetterperioden noch Aufschluß über die Abtrocknungsdauer des Grases in Abhängigkeit von Einfahrfeuchte, Ertrag und Jahreszeit.

Erst die jüngeren Forschungsarbeiten über das Trocknungsverhalten von Gräsern bei bestimmten Erträgen und Trocknungspotentialen im Freiland von AGENA u. Mitarbeitern [1], OLFE [8] sowie SPATZ u. Mitarbeitern [10] geben eindeutige Trocknungszeiten für bestimmte Einfahrfeuchten und Aufbereitungsqualitäten an (Bild 1).

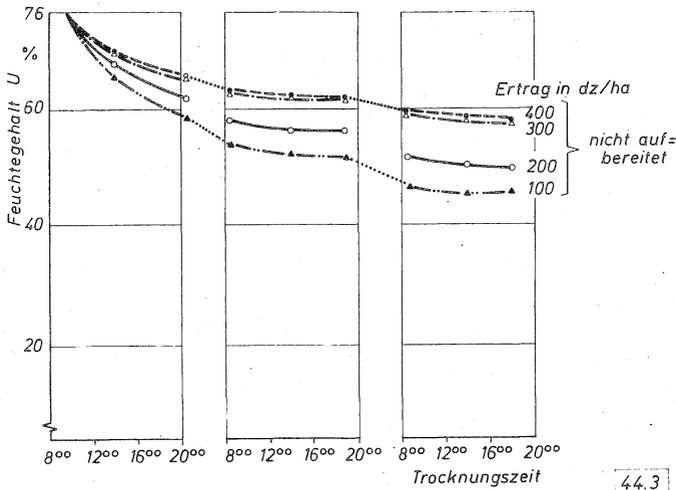


Bild 1: Der Einfluß des Ertrages auf die Trocknungszeit;
 Klimaangabe: mittlere relative Luftfeuchte $\varphi = 61 \%$
 und mittlere Temperatur $\vartheta = 15^{\circ}\text{C}$.
 Halmgut: Lieschgras kurz vor der Blüte
 (nach [8] S. 50)

Auf Bild 1 ist über der Trocknungszeit in Tagen die Abnahme des Feuchtegehaltes U aufgetragen. Die Kurven zeigen den bekannten Trocknungsverlauf bei einem bestimmten Luftzustand. Hier wird deutlich, daß die Kurven für Erträge von 100 und 200 dt Frischgut/ha fast gleich verlaufen. Ebenfalls näherungsweise gleiche Trocknungsverläufe zeigen die Kurven mit Erträgen von 300 und 400 dt Frischgut/ha. Diese Ergebnisse von OLFE [8] bestätigen die Angaben von SCHULZE-LAMMERS [9], daß nämlich beim Überschreiten einer gewissen Ertragshöhe, die bei 200 bis 250 dt Frischgut/ha liegt, die Trocknungsgeschwindigkeit fühlbar abnimmt. Ober- und unterhalb dieser Ertragsgrenze werden kaum noch signifikante Unterschiede hinsichtlich der Trocknungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Ertrag festgestellt. Ich habe für meine Betrachtungen den Grenzübergang dieser beiden Bereiche auf 45 dt TM/ha = 225 dt Frischgut/ha (Umrechnungsfaktor 1:5) festgelegt.

Im Nachfolgenden gilt: $0 < \text{Ertragsbereich I} \leq 45 \text{ dt TM/ha}$
 $45 < \text{Ertragsbereich II} \leq 70 \text{ dt TM/ha}$.

Nun ist die Trocknungsrate wie wir wissen nicht nur von der Ertragshöhe sondern vor allem von den Witterungsbedingungen abhängig. Für die Trocknungswürdigkeit steht der Begriff des Trocknungspotentials. Als brauchbarer Wert für das Trocknungspotential hat sich das Sättigungsdefizit ergeben [1,5,8,10]. Es wird als Tagessumme des Sättigungsdefizits für das Monatsmittel an Schönwettertagen in $\text{g/m}^3\text{d}$ ausgewiesen. An der Spitze steht für den Raum Göttingen der Monat Juni mit $100 \text{ g/m}^3\text{d}$, gefolgt vom Juli mit $80 \text{ g/m}^3\text{d}$ und den Monaten Mai und August mit jeweils $70 \text{ g/m}^3\text{d}$ [8]. Für den September liegt nach eigenen Auswertungen das Trocknungspotential bei 55 g je m^3d .

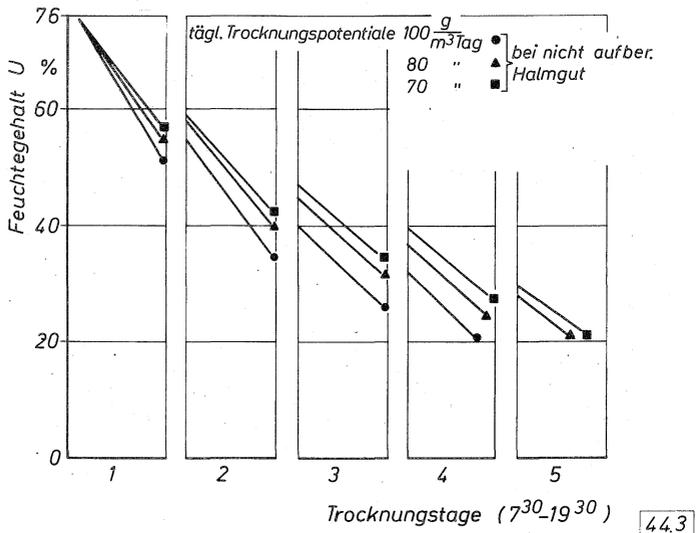


Bild 2: Trocknungsverläufe von nicht aufbereitetem Gras;
 mittlere nächtliche Taumenge: $0,2 \text{ g/dm}^2$
 Grasertrag: 20 dt TM/ha (nach [8] S. 100)

Bild 2 zeigt den Einfluß der monatlichen Trocknungspotentiale auf die Trocknungsdauer in Tagen. Man erkennt, daß die Endfeuchte $U = 40 \%$ beim Trocknungspotential $100 \text{ g/m}^3\text{d}$ Ende des zweiten und beim Trocknungspotential $70 \text{ g/m}^3\text{d}$ Mitte des dritten Trocknungstages erreicht wird. Tritt beispielsweise eine Periode mit einer Länge von drei Schönwettertagen auf, so steht im Juni ($100 \text{ g/m}^3\text{d}$) ein voller Arbeitstag für die Bergung zur Verfügung, während im Mai/August ($70 \text{ g/m}^3\text{d}$) in der gleichen Periode nur ein knapper halber Tag zur Ernteburgung verfügbar bleibt. OLFE [8] ermittelte weiterhin für den Raum Göttingen die Länge und Häufigkeit an auftretenden Schönwetterperioden. Zur Kalkulation werden nicht die Mittelwerte (\bar{x}) sondern die analog zu KREHER [6] mit einer Sicherheit von 80 % ausgewiesenen Periodenlängen verwendet (Tafel 1).

Tafel 1: Schönwetterperioden bei unterschiedlicher Eintrittswahrscheinlichkeit von 1948 bis 1968 für den Raum Göttingen [8 ergänzt]

Monate	Mai/August	Juni	Juli	September
Periodenlängen in Tagen	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6
Durchschnitt \bar{x}	18 7 4 2 1 1	18 8 4 2 2 1	22 7 4 2 1 1	17 7 4 2 1 1
80 %	17 6 4 1 - -	17 7 4 1 - -	20 6 4 1 - -	15 6 3 2 1 -

Die Verteilung der einzelnen Schönwetterperioden in den Monaten wurde nach einer ausgewogenen Gleichstandsverteilung vorgenommen; danach wechseln die Schönwetterperioden mit 4-Tages-Schlechtwetterperioden ($>0,3 \text{ mm Nd.}$) ab (vgl. die Abzisse in Bild 3).

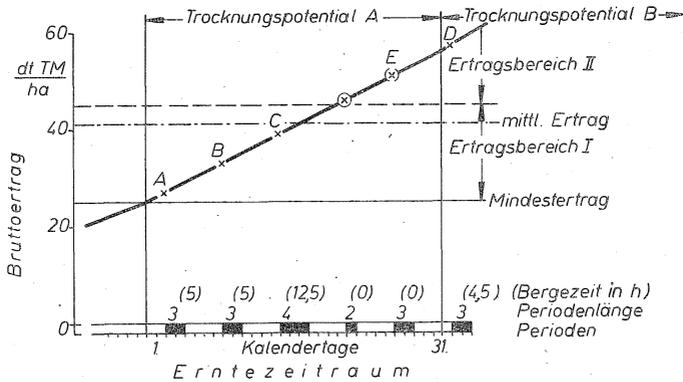
Für jede Schönwetterperiode läßt sich, wie gezeigt, in Abhängigkeit von Ertragsbereich und Jahreszeit eine bestimmte Trocknungsdauer berechnen. Subtrahiert man von der jeweiligen Länge der Schönwetterperiode diese spezifische Trocknungsdauer, dann ergibt die verbleibende Zeit die verfügbare Bergezeit.

Genau diese verfügbaren Bergezeiten sind der Maßstab für die - unter Berücksichtigung der gewählten Verfahren - maximal zu erntenden Graslandflächen bzw. Halmgutmassen. Den frühestmöglichen Beginn der Bergung in Abhängigkeit von der Trocknungsdauer zeigt die Tafel 2.

Tafel 2: Beginn der Bergung nach dem frühestmöglichen Schnittzeitpunkt (7.00 Uhr) für nicht aufbereitetes Gras im Raum Göttingen [8 ergänzt]

		B r u t t o e r t r ä g e							
		25 bis 40 dt TM/ha		45 bis 70 dt TM/ha					
Monat	Trocknungs- potential $\frac{g}{m^3 \cdot d}$	U = 60 %		U = 40 %					
		Tg.	h	Tg.	h				
Mai/ August	70	2.	9.00	3.	12.30	2.	9.00	4.	9.00
Juni	100	1.	14.30	2.	15.30	2.	8.00	3.	13.00
Juli	80	2.	8.00	3.	8.00	2.	8.00	4.	8.00
Sept.	55	2.	10.00	4.	13.00	2.	11.00	5.	13.30

Zur Vervollständigung des Kalkulationsansatzes fehlt noch die Bestimmung der jeweiligen Ertragsbereiche, die mit Hilfe einer Analyse von Ertragsfunktionen vorgenommen wird.



441.

Bild 3: Ertragsverlauf und Schnittfolge für das Produktionsverfahren Belüftungsheu (U = 40 %) bei einem Bruttoaufwuchs von 150 dt TM/ha und Jahr

Der in Bild 3 gezeigte Ertragsverlauf ist ein Ausschnitt aus der sigmoiden Ertragsfunktion bei einem Bruttoaufwuchs von 150 dt TM/ha und Jahr. Der Kurvenverlauf wurde in Anlehnung an ALBERDA [2] und BAEUMER [4] in lineare Segmente zerlegt, die pro Monat eine andere Steigung aufweisen (unterschiedlicher täglicher Ertragszuwachs in den einzelnen Monaten).

Kalkulation

Um die Vorzüglichkeit differenzierter Planungsansätze herauszustellen, soll das Produktionsverfahren Belüftungsheu (U = 40 %) gewählt werden.

- Aktivitäten:
- 2 Ak
 - 1 35 PS-Schlepper
 - 1 60 PS-Schlepper
 - 1 Tellermäher, Arbeitsbreite: 1,60 m
 - 1 Kreiselzettwender, Arbeitsbreite: 5,00 m
 - 1 Radrechwender, Arbeitsbreite: 3,00 m
 - 1 schwerer Exakt-Feldhäcksler
 - 2 Automatik-Sammelwagen (Nl = 13 dt TM)
 - 1 Höhenförderer
 - 1 Schichtenverteiler

Als weitere Annahmen werden unterstellt:

12 % Feldverluste vom Bruttoaufwuchs, eine mittlere Transportgeschwindigkeit von 13,5 km/h sowie die Anzahl und Länge der von OLFE [8] ausgewiesenen Schönwetterperioden.

Diese allgemeinen Daten sind durch spezielle modellinterne Annahmen für den Kalkulationsvergleich zweier Methoden zu ergänzen. Für die "vereinfachte Kalkulationsmethode" gilt:

ein mittlerer Graslandertrag über die Schnittperiode (41 dt TM/ha)

eine durchschnittliche Feldentfernung (0,75 km) und

ein Bergezeitbedarf in der Ausführungszeit (AZ) von 1,95 Akh/ha [7].

Der "verfeinerte Rechenansatz" unterscheidet sich hiervon durch:

eine dynamische Ertragsentwicklung (Bild 3)

die Abhängigkeit der Feldentfernung von der Betriebsgrößenentwicklung und

den Einbau der Teilzeitelemente in den zyklischen Bergungsverlauf.

Gegenüberstellung der Ergebnisse

Auf Bild 3 ist auf der Abzisse den einzelnen Perioden die Bergezeit in Abhängigkeit vom dynamischen Ertragsverlauf (verfeinerte Kalkulation) und Trocknungspotential zugeordnet. Unter Berücksichtigung dieses Ertragsverlaufes reicht die Bergezeit aus, um in zwei 3- und einer 4-Tagesperiode des Monats mit dem Trocknungspotential A die Flächen A, B, C sowie in der ersten 3-Tagesperiode des Monats mit dem Trocknungspotential B die Fläche D als Belüftungshau zu bergen. Die beiden letzten Schönwetterperioden des Monats mit dem Trocknungspotential A bleiben ungenutzt.

Kalkuliert man jedoch nach der "vereinfachten Methode" mit einem mittleren Ertrag über die gesamte Schnittperiode, dann lässt sich die Fläche E noch in der letzten 3-Tagesperiode des Monats mit dem Trocknungspotential A zusätzlich bergen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tafel 3 gegenübergestellt.

Tafel 3: Ergebnis zweier Kalkulationsmethoden bei dem Produktionsverfahren Belüftungsheu (U = 40 %)

	vereinf. Kalkulation	Einz.-Elem.-Kalkulation
verfügb. Bergezeit	32 h	27 h
Graslandfläche	32,8 ha	25 ha
Belüftungsheu	1.190 dt TM	780 dt TM

In Bild 4 sind die abgeernteten Graslandflächen den einzelnen Perioden zugeordnet worden. Man erkennt den Kalkulationsunterschied am deutlichsten an der vorletzten Periode. Hier lässt die "vereinfachte Kalkulationsmethode" eine Bergeoperation zu, während bei Berücksichtigung des dynamischen Ertrages mit der "Einzel-Element-Kalkulation" keine Bergung erfolgen kann.

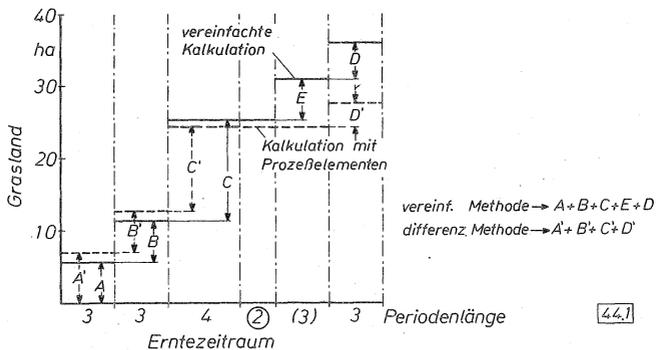


Bild 4: Mit gleicher Verfahrensausstattung abgeerntete Graslandfläche bei unterschiedlichen Kalkulationsmethoden

Die Ausführungen zeigen, welchen Einfluß eine Vernachlässigung des komplexen Systemzusammenhangs haben kann. Man erkennt ferner, daß aus differenzierten Systemkennungen bedeutsame Kalkulationselemente ableitbar sind, die den Planungsrahmen der Realität besser anpassen und damit dem Ergebnis eine höhere Sicherheit verleihen können.

LiteraturverzeichnisLfd.Nr. Verfasser und Titel

- [1] Agena, M.U., D. Bätjer u. G. Wessels:
Wieviel Einfahrtage stehen im norddeutschen Raum für die
Bergung von Winterfutter zur Verfügung?
"Meteorologische Rundschau", Jg. 21 (1968) H. 6, S. 169-175
- [2] Alberda, T.:
Maximum herbage output.
"Stickstoff, Dutch Review of Nitrogenions Fertilizer",
Nr. 13 (1969) S. 48-56
- [3] Albrecht, P. in Veröffentlichung F. Wieneke:
Verfahrenstechnik der Halmfutterproduktion -
Göttingen 1972, Bild 21.11 - 21.13, S. 575-577
- [4] Baeumer, K.:
Unveröffentlichtes Institutsmanuskript
- [5] Hesselbach, J.:
Zur Ermittlung arbeitswirtschaftlicher Daten hochmechani-
sierter Ernteverfahren.
"KTL-Berichte über Landtechnik", Nr. 122, Wolfkratshausen 1968
- [6] Kreher, G.:
Der Arbeitsvoranschlag im Bauernhof.
"Berichte über Landtechnik" Nr. 36, Wolfkratshausen 1953
- [7] KTBL:
Kalkulationsunterlagen des Kuratoriums für Technik
und Bauwesen in der Landwirtschaft, Bd. 1, Teil II/5
und Teil III/7
- [8] Olfe, H.C.:
Untersuchungen über die Korrespondenz der meteorologischen
Daten mit den thermodynamischen Trocknungsmöglichkeiten
von Halmfutter und die arbeitswirtschaftliche Abgrenzung
der Halmfutterperioden.
Dissertation Göttingen 1970
- [9] Schulze-Lammers, H.:
Geräte und Verfahren für die Rauhfutterernte.
"Berichte über Landtechnik" Nr. 31, Wolfkratshausen 1953
- [10] Spatz, G., J.v. Eimern u. R. Lawrynowicz:
Der Trocknungsverlauf von Heu im Freiland.
"Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch", Jg. 47 (1970)
H. 4, S. 446-464

Planung der Futterernte mittels Netzplantechnik

Dipl.agr.oec. G.Heckmann, Universität Hohenheim

Gliederung

1. Problemstellung und Zielsetzung
2. Methode
 - 2.1 Erfassung der Erntetage
 - 2.2 Ablauf- und Terminplanung
 - 2.3 Ablaufkontrolle
 - 2.4 Kapazitätsplanung
3. Beurteilung der Methode

Die Erledigung witterungsabhängiger Arbeiten führt immer wieder zu arbeitsmäßigen Erschwernissen. Das ist besonders bei der Futterernte gravierend, die z.T. erhebliche Ansprüche an die Trocknungsdauer stellt. Die Verbesserung der Arbeitsabläufe durch systematische Koordination unter Einbeziehung der Kapazitäten bietet die Möglichkeit einer Steigerung der Schlagkraft und die volle Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Erntetage.

1. Problemstellung und Zielsetzung

Bei Planungen im Bereich der Futterernte treten eine Menge Schwierigkeiten infolge einer Vielzahl tangierter Teilprobleme auf. Das trifft insbesondere für die Halmfutterernte zu, die im folgenden betrachtet wird. Ihre Durchführung hängt zum größten Teil von der

Witterung und der Art der Konservierung ab. Letztere wird noch erschwert durch unterschiedlich lange Feldtrocknungsdauer bei den einzelnen Konservierungsverfahren, den unbestimmt auftretenden Schönwetterzeiträumen und der Forderung nach wenig Verlusten und hoher Qualität. Eine mehrmalige jährliche Nutzung und die Konkurrenz mit anderen Betriebszweigen machen eine Koordination der Erntearbeiten unerlässlich.

Das Ziel ist es, innerhalb der für die verschiedenen Konservierungsverfahren geeigneten Tage, einen Arbeitsablauf zu finden, der bei rationellem Einsatz vorhandener Produktionsmittel und bei intensiver Nutzung die Bewältigung einer möglichst großen Futtererntefläche ermöglicht. Dabei soll eine gezielte Steuerung des Arbeitsablaufs erreicht werden und die Möglichkeit bestehen, den Einsatz der Kapazitäten und den Stand der Arbeiten zu kontrollieren.

Im folgenden seien die gängigsten Formen der Halmfutterernte, nach zunehmender Abhängigkeit von der Witterung geordnet, aufgeführt:

Füttern von Grüngut, Naßsilagebereitung	80 %	Wassergehalt
Welksilage	65 %	"
Belüftungsheu	40 %	"
Bodenheu	20 %	"

2. Methode

Zur Erfassung des zeitlichen Ablaufes mehrmaliger jährlicher Schnittnutzungen und zur Darstellung von Ernteverfahren bei einzelnen Konservierungsformen wird die NPT (CPM) eingesetzt, da sie die Möglichkeit bietet, eine Aufgabe mit Reihenfolgeproblemen zu lösen. Ebenso wird sie zur Kapazitätsplanung verwendet.

2.1 Erfassung der Erntetage

Das Wetterrisiko bei der Futterernte steigt um so mehr, je länger die Feldtrocknungsperiode dauert und je weniger Wassergehalt das Erntegut besitzen darf. Die Bodenheubereitung erfordert Heuperioden mit mindestens drei zusammenhängenden Heutagen, die bestimmte Kriterien erfüllen müssen. Die Anzahl dieser Heutage bzw. -perioden läßt sich nur über statistische Häufigkeitsbeobachtungen er-

mitteln. Da sie nicht auf bestimmte Tage zugeteilt werden können ist es sinnvoll, sie für den Zeitraum einer Mähnutzungsperiode zugeben. Die übliche Zeitspannengliederung ist dafür zu grob.

Die sich ergebenden Heuperioden sind unterschiedlich lang, dürfen aber nicht überschritten werden, d.h. es muß ein Verfahrensablauf ermittelt werden, mit dem innerhalb der Heuperioden eine jeweils maximale Fläche geerntet werden kann. Die Flächengröße ist dabei von den Leistungen der Maschinen abhängig. Obwohl nur die Anzahl und Größe der Heuperioden ermittelbar sind, wurden sie bei der Netzplanstellung willkürlich in den jeweiligen Zeitraum verteilt. Daß dieses deterministische Vorgehen dem Witterungsverlauf nicht Rechnung trägt, bin ich mir bewußt. Viel wichtiger ist jedoch, daß die Summe und die zusammenhängenden Heutage für einen Zeitraum zutreffen.

2.2 Ablauf- und Terminplanung

Durch das beabsichtigte Vorgehen ist es möglich, den gesamten Planungsprozeß mit Hilfe eines Netzwerkes graphisch darzustellen. Das hat folgende Vorteile:

- Genaues Durchdenken des Arbeitsablaufes und seine Darstellung
- Erkennen der Abhängigkeiten und dadurch mögliche Verfahrensverbesserungen
- Überblick über zu erledigende Arbeiten, nachdem schon Arbeitsgänge abgeschlossen sind.

Vom Umfang des Betrachtungszeitraumes, vom Zweck und der möglichen bzw. gewünschten Aufgliederung des Planungsprozesses hängt die Größe der einzelnen Netzplanabschnitte ab. Ihre Größenordnung na können sie sein:

- a) Arbeitsgänge als kleinste Einheit
- b) ganze Konservierungsverfahren

Unter Arbeitsgängen werden hier Teile eines Konservierungsverfahrens verstanden, z.B. Mähen, Wenden, Schwaden. Auf Grund dieser Zerlegung in Arbeitsgänge ist es möglich, bei der Synthese unter

Berücksichtigung der vorhandenen Kapazitäten alternative Einsatzpläne zusammenzustellen.

Die Ablaufdarstellung bietet die Möglichkeit, alle Anordnungsbeziehungen und Abhängigkeiten aufzunehmen. Die Reihenfolge der Arbeitsgänge bzw. der Konservierungsverfahren kann dann eindeutig dargestellt werden. Dies erfordert sehr viel Sachkenntnis, zumal alle weiteren Schritte davon abhängen.

Zur Erleichterung dieser Arbeit kann das Ort-Zeit-Netz benutzt werden. Die Aufteilung der Ordinate in einzelne Schläge erlaubt im Gegensatz zur bisherigen Darstellungsweise eine klare Übersicht über die Arbeitsfolge auf jedem Schlag. Die Gefahr, einen Arbeitsgang auszulassen, wird nahezu beseitigt. Ein weiterer Vorteil ist die klare Darstellung der Abhängigkeiten zwischen den Schlägen, vor allem beim Maschineneinsatz. Durch Verwendung einer bestimmten Farbe für jede Maschine ist ein Doppeleinsatz ausgeschlossen. Eine Farbe auf zwei Schlägen zur gleichen Zeit zeigt einen Fehler an. Maschinenumsetzungen von einem Schlag zum anderen sind deutlich sichtbar.

Auf der Abszisse ist eine Zeitskala abgetragen. Die Größe der Zeiteinheiten kann beliebig festgesetzt werden. Dadurch, daß keine Verbindung zwischen zwei Schlägen nach rückwärts verlaufen darf, kann keine Arbeit beginnen, bevor die andere beendet ist. Die einzelnen Vorgänge können nach der Berechnung des zeitlichen Ablaufs maßstabsgerecht eingezeichnet werden. Dies ist auch die Voraussetzung für eine Netzplankontrolle. Durch Verwendung des Ort-Zeit-Netzes kann man bei der Netzplanerstellung schon darauf achten, daß selbst bei der Verknüpfung von parallel auf verschiedenen Schlägen ablaufenden Arbeiten möglichst wenig Zeit verloren geht.

Die Dauer eines Arbeitsganges hängt von der Maschinenleistung ab und erstreckt sich bei der Heugewinnung infolge der Unkenntnis der Wettertage nur über wenige Stunden, da die Fläche, die maximal geerntet werden kann, von der Länge der zu erwartenden Schönwetterperiode abhängt. Daraus ergibt sich ein feingliedriger Arbeitsablauf, der sich an die Gesamtdauer des Planungsprozesses

anpassen muß, d.h. durch die Kürze der Arbeitsgänge ist es nicht sinnvoll, für einen längeren Zeitraum als für eine Heuperiode vor ca. 3 Tagen bis einer Woche oder einer Kampagne von 2-3 Wochen einen Plan aufzustellen.

Bei der Frage, ob determinierte oder stochastische (bei Pert) Zeitwerte verwendet werden sollen, glaubt man den Gegebenheiten der Ernte durch drei Zeitvorgaben nach Pert (optimistische, wahrscheinliche, pessimistische) gerecht zu werden. Trotz des größeren Aufwandes für drei Zeitschätzungen, konnten Papesch und Hirs keine besseren Ergebnisse erzielen im Vergleich zur fest vorgegebenen Zeit. Sie führen dies auf die Schwierigkeit bei der Festlegung der beiden Extremwerte zurück. So kann z.B. der pessimistische Wert gerade bei den Arbeiten zur Heuernte extrem hoch sein. Der aus den drei Zeitvorgaben gebildete Wert wird dann außerordentlich stark davon beeinflußt und ist unrealistisch. Solche großen Schwankungen machen eine Planung unglaubwürdig. Dem statistisch gesicherten determinierten Werten ist deshalb der Vorzug zu geben.

Dasselbe trifft für die Dauer ganzer Konservierungsverfahren zu. Ihnen liegt eine Schlaggröße zugrunde, die innerhalb einer Heuperiode bewältigt werden kann. Netzplandarstellungen, die Ernteverfahren als Teilabschnitte enthalten, eignen sich deshalb für länger dauernde Ablaufplanungen. So läßt sich mit ihrer Hilfe eine sehr intensive Grünlandbewirtschaftung über mehrere Nutzungsperioden an einer Vielzahl von Schlägen besser überblicken, zumal neben den Teilabschnitten für die Ernte weitere Vorgänge für Weidenutzung und Wiederaufwuchses hinzukommen. Der Hauptzweck einer solchen Planung besteht darin, die Reihenfolge und den ungefähren Zeitpunkt auf welchem Schlag welche Nutzung (Weide, Ernte) erfolgen kann anzugeben.

2.3 Ablaufkontrolle

Durch die Verwendung der oben erwähnten Darstellungsform (Ort-Zeit-Netz) läßt sich auf einfache Weise eine Kontrolle des Arbeitsschrittes durchführen. Mit Hilfe der Zeitskala kann zu jedem Termin festgestellt werden, ob die Arbeiten schon den Stand erreicht haben den sie nach dem durchgerechneten Netzplan erreicht haben müßten.

Durch Einzeichnen eines Lotes bei dem gewünschten Zeitpunkt kann eine Abweichung (Übererfüllung oder Verzögerung) sichtbar gemacht werden. Diese Einfachheit in der Kontrolle des Netzplanes erweitert die Chancen, ihn als Einsatzplan zu verwenden. Nachdem Abweichungen bekannt sind, können diese durch einen anderen Produktionsmitteleinsatz z.T. ausgeglichen werden. Umplanungen, d.h. Veränderungen der Ablaufbeziehungen würde ich nicht empfehlen, weil dann das Zeitgerüst des Vorhabens neu errechnet werden muß und nicht feststeht, wie sich der Restnetzplan ändert.

2.4 Kapazitätsplanung

Die Kapazitäten (Arbeitskräfte, Maschinen usw.) sind in den meisten Fällen begrenzt. Sie sollen deshalb bei der Ablaufplanung insofern schon berücksichtigt werden, als die Dauer einer Arbeit sich nach innen richtet. Dies ist nur bei einfachen Projekten möglich. Je größer und unüberschaubarer ein Netz ist, desto schwieriger ist die Einplanung von Kapazitäten, da bei der Zeitschätzung noch nicht bekannt ist, zu welchem Zeitpunkt wieviel Einheiten der einzelnen Kapazitätsarten erforderlich und verfügbar sein werden. Mehrere Kapazitäten erfordern zur richtigen Einplanung eine maschinelle Berechnung.

Das verwendete Rechenprogramm¹⁾ unterscheidet zwischen verfügbaren Kapazitäten, die zu einem beliebigen Zeitpunkt einsatzfähig sind und erforderlichen, die für die einzelnen Vorgänge benötigt werden. Durch Bereitstellen von zusätzlichen Kapazitäten und zusätzlicher Zeit lassen sich auch schwierige Situationen, wie z.B. Arbeitsspitzen, planen.

Je nach der Absicht, entweder zusätzliche Kapazitäten zur Verfügung zu stellen oder die Projektgesamtzeit zu verlängern, werden verschiedene Entscheidungstafeln²⁾ angeboten. Ebenso kann bei der Begrenzung eines Faktors, einer Kapazität oder der Zeit, eine

1) Pert-Programm von ICL

2) Sie sind Teil des Standardprogramms und können je nach den bestehenden Voraussetzungen aufgerufen werden. Jede Entscheidungstafel orientiert sich an den durch die Beschränkungen festgelegten Prioritäten.

Entscheidungsstafel vorgegeben werden. Sie bewirken, daß nach dem gewählten Algorithmus eine Lösung gefunden wird. Im Ergebnis kommt dies in der Einhaltung einer vorhandenen Begrenzung bei gleichzeitiger Überschreitung des anderen Faktors zum Ausdruck. Da sich die Forderungen nach einer möglichst kurzen Gesamtausführungsdauer auf der einen Seite und nach einem geringstmöglichen weitestgehend kontinuierlichen Kapazitätseinsatz auf der anderen Seite widersprechen, kann bei den jeweils gegebenen Verhältnissen nur gefordert werden:

1. Bei einem feststehenden Zieltermin soll eine kontinuierliche Kapazitätsauslastung erfolgen.
2. Mit gegebenen Kapazitäten ist eine kürzestmögliche Gesamtausführungszeit zu erreichen.
3. Zwischen Ausführungszeit und Kapazitäten sind optimale Relationen zu erreichen, wobei die Kosten als Kriterium auftreten.

Für Punkt 3 gibt es noch keine Lösungsmethoden, die ein befriedigendes Ergebnis mit vertretbarem Aufwand liefern. Die anderen zwei Probleme lassen sich lösen. Gerade in der Futterernte kommt es darauf an, die wenigen Heuperioden auszunutzen und einzuhalten. Durch die Trocknungsdauer jedem Ernteverfahren Grenzen gesetzt sind, müssen durch Wahl einer maximal möglichen Erntefläche die Kapazitäten ausgelastet werden. Eine gleichmäßige Auslastung ist erstrebenswert. Diese stößt jedoch bei der engen Verknüpfung mit der Terminplanung meist auf Schwierigkeiten.

3. Beurteilung der Methode

Der Vorteil der NPT für Planungen von Reihenfolgeproblemen, z.B. Verfahrensabläufe, Fließverfahren, Maschinenumsetzungen usw., ist offensichtlich. Die Methode besticht durch ihre klare Darstellungsmöglichkeiten.

Das Ort-Zeit-Netz hat sich, was Überblick und Ablaufkontrolle betrifft, als vorteilhaft erwiesen, wenn auch die Zahl der Scheinaktivitäten dadurch ansteigt. Die Schlageinteilung kommt den Eigenheiten der Landwirtschaft entgegen. Durch die Erfassung der Komplexität eines ganzen Betriebes können die Betriebszweige aufeinander abgestimmt werden. Eine Organisationserleichterung wird mit

der Terminplanung erreicht, weil die Kenntnis von Zeitreserven für die einzelnen Arbeiten und von auftretenden Engpässen einen Ausgleich durch effektiven Einsatz der vorhandenen Kapazitäten ermöglicht.

Eine Planung wird erst durch Einbeziehung der jeweils vorhandenen Kapazitäten vollständig. Bei den bei uns üblichen Betriebsgrößen lassen sie sich ohne besondere Schwierigkeiten durch Hintereinanderschalten der Vorgänge berücksichtigen. Sind die Kapazitäten nicht mehr zu überschauen, so ist ein Netzplan eine gute Hilfe für die Einsatzleitung, da er nicht nur im voraus den Einsatztermin, sondern auch den erforderlichen Umfang ausweist.

Maßnahmen zum Abbau der Arbeitsspitzen können dann rechtzeitig eingeleitet werden. Das Rechenprogramm ist in der Lage, mit einer Vielzahl von Kapazitäten zu rechnen und für jede Zeiteinheit die Belastung graphisch anzugeben. Da es, wie jedes Programm, nach bestimmten Rechenschritten abläuft und zudem noch auf industrielle Fertigung zugeschnitten ist, entstehen bei der Anwendung in der Landwirtschaft Schwierigkeiten, die aber nicht der Methode angelastet werden können. Diese Schwierigkeiten liegen in der Variation des Arbeitsablaufes, die hauptsächlich durch Witterungsverhältnisse hineingetragen werden. Es läßt sich einfach nicht in einem Netzplan berücksichtigen, daß z.B. verregnetes Heu, zusätzliche Arbeitsgänge und Kapazitäten erforderlich macht. Dafür wären Neuplanungen erforderlich.

Die schematische Zuteilung der Kapazitäten weist auch dadurch Mängel auf, daß die Kapazitäten bei bestimmten Situationen nicht in der bestmöglichen Weise zugeteilt wurden, weil die Abhängigkeitsbeziehungen es nicht zulassen. Es ist deshalb jede Planung im Hinblick auf mögliche Verbesserungen zu prüfen und ggf. zu verbessern. Eine gleichmäßige Auslastung der Kapazitäten ist für die Industrie angebracht, in der Landwirtschaft jedoch nicht realisierbar. Wenn sich das Kapazitätsproblem auch nicht optimal lösen läßt, so bietet die NPT doch einen Weg, gegebene Möglichkeiten systematisch zu überprüfen.

Einen rationellen Einsatz der NPT im Futterbau sehe ich für den Einzelbetrieb in der Möglichkeit, Verzahnungen im Arbeitsablauf, die sich auf Grund von Verfahrensabläufen mit mehreren Geräten, intensiver Nutzung und durch Konkurrenz mehrerer Betriebszweige ergeben, rechtzeitig zu erkennen und optimal zu gestalten. Größere Bedeutung kommt ihr bei der Erstellung eines Einsatzplanes für Lohnunternehmer und bei der genossenschaftlichen Arbeitserledigung zu. Aber hier muß man sich auf die am wenigsten wetterabhängigen Konservierungsverfahren beschränken: Silagebereitung und Grüngutttrocknung. Beim Lohnunternehmer kommt es darauf an, seinen Maschinenpark möglichst voll und schlagkräftig einzusetzen und gleichzeitig seinen Beschäftigten und seinen Kunden einen genauen Terminplan in die Hand zu geben. Dasselbe erfordert der reibungslose Ablauf bei den genossenschaftlichen Grüntrocknungsanlagen. Bei dieser nahezu wetterunabhängigen Futtergewinnung ist für eine kontinuierliche Beschickung der Anlage nötig, daß einerseits die eingesetzten Arbeitskräfte wissen wo sie das Grüngut holen müssen (Einzugsbereich ca. 30 km) und daß andererseits von den Landwirten immer genügend Gras gemäht ist.

Koordinationschwierigkeiten ließen sich auch in anderen Bereichen der Landwirtschaft durch die NPT vermindern. So ist sie in der DDR-Landwirtschaft für die Einsatzplanung bei der Getreide- und Zuckerrübenenernte schon seit einigen Jahren vorgeschrieben. Zu ihrer Handhabung steht ein Spezialist zur Verfügung, der auch Zugriff zu einer EDV-Anlage hat. Die erforderliche Ausbildung einer Fachkraft und die unerläßliche Verwendung von fertigen Rechenprogrammen sind bei unseren Verhältnissen eine zusätzliche Schwierigkeit der Verbreitung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die NPT für stark witterungsabhängige Futterernteverfahren und für leicht überschaubare Organisationsformen keine praktischen Vorteile bringt, die den Mehraufwand dieser Methode aufwiegen. Das kann sich jedoch ändern, wenn mit ihrer Hilfe die Überschaubarkeit gegeben und die Arbeitsorganisation erleichtert wird. Ihr Einsatz wird sich deshalb auf Kampagnenplanungen größerer Organisationseinheiten beschränken, die nicht stark von äußeren Einflüssen berührt werden wie die Futterernte.

Literaturangaben

- Bischoff,Th.,
u.G.Knecht: Zur Ermittlung von verfügbaren Feldar-
beitstagen
Berichte über Landwirtschaft, Bd.48, H.2,
S.294-300 (1970)
- Heiland,H,
Jändl,A. u.
W.Kastner: Zur Anwendung der Netzplantechnik in der
landwirtschaftlichen Unternehmensforschung
Agrarwirtschaft 15, S.89-101 (1966)
- Heiland,H.: Die Arbeitszeitplanung im landw.Betrieb mit
Hilfe der Netzplantechnik
Netzplantechnik u.Planzeitwert in der Landwirtsch.
Sonderheft der REFA-Nachrichten (1967)
- Hesselbach,J.: Zur Ermittlung arbeitswirtschaftl.Daten hochmecha-
nisierter Ernteverfahren
KTL-Berichte über Landtechnik 122, Wolfratshau-
sen 1968
- ICL: Pert (Disc) 1900 Series
User manual, Technical Publication 4133
Second Edition January 1969
- Keuffel,Th.: Überbetrieblicher Maschineneinsatz nach Netz-
plantechnik
Dissertation, Hohenheim (1970)
- Keim,F.: Die Mechanisierung von Heuernteverfahren in Mäh-
weidebetrieben des süddeutschen Grünlandgürtels
Dissertation, Hohenheim (1968)
- Müller,R.: Kapazitätsauslastung mittels Netzplantechnik
Sonderdruck aus Computer-Praxis, 3.Jg.,H.5,
S.89-92 (1970)
- Papesch,J. u.
J.Hirs: Die Netzplantechnik und ihre Anwendung in der
sozialistischen Landwirtschaft
Markkleeberg 1968
- Pfau,R.: Verfügbare Feldarbeitstage für die verschiede-
nen Verfahren der Futterernte
KTBL-Manuskriptdruck 38 (1971)
- Streitwieser Zur Anwendung der Netzplantechnik in landwirt-
schaftlichen Unternehmungen
Bayer.Landw. Jahrbuch 47, Jg. H.6, S.643-746 (1970)
- Thumb,N.: Grundlagen und Praxis der Netzplantechnik
München 1968

Vergleichende Untersuchungen bei Spezial-Maissägeräten

Dipl.-Ing.agr. H.W. Frizen, Bonn

Mais - gleich welcher Nutzungsart - erfordert zur optimalen Standraumaussaat die Einzelkornaussaat.

Da die Zuckerrübenaussaat seit Jahren fast zu 100 % mit Einzelkornsägeräten durchgeführt wird, lag es nahe, diese Geräte nach entsprechender Umrüstung auch für die Maisaussaat zu verwenden. Da diese Geräte jedoch auf die Dauer den speziellen Anforderungen und Bedürfnissen der Maisaussaat nicht genügen, setzte mit der starken Zunahme des Maisanbaus auch eine verstärkte Geräte-Entwicklung für die Maisaussaat ein.

Neben den Zellenradgeräten mit ihren hohen Anforderungen an eine Kalibrierung des Saatgutes werden nun neue Geräte mit Funktionsprinzipien angeboten, deren exakte Arbeitsweise von Kornform und Korngröße unabhängiger zu sein scheint. Man kann diese Geräte nach der mechanischen und pneumatischen Arbeitsweise unterscheiden. Diese Geräte sind aber durch den konstruktiven Aufwand auch preislich wesentlich teurer als umgerüstete Rübeneinzelkornsägeräte.

In Feldversuchen wurde nun die Ablegegenauigkeit dieser verschiedenen Systeme bei unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten untersucht.

Im Versuch wurden eingesetzt:

1. mechanisch arbeitende Geräte

- A) Spezial-Maissägerät m. waagrecht liegender Zellen-scheibe (amerik. Herkunft, Fallhöhe 28 cm)
- B) Spezial-Maissägerät m. waagrecht liegender Zellen-scheibe (Fallhöhe 9 cm)
- C) Umgerüstetes Rübeneinzelkornsägerät m. schräg liegender Zellen-scheibe (Fallhöhe 8 cm)
- D) Spezial-Maissägerät mit schräg in Fahrtrichtung angeordnetem Löffelrad und Kammerrad (Fallhöhe 14 cm)

2. pneumatisch arbeitende Geräte

- E) Spezial-Maissäugerät mit Druckluft (Fallhöhe 7 cm)
 F) Spezial-Maissäugerät mit Saugluft (Fallhöhe 13,5 cm)

Zur Aussaat wurden vier handelsüblich kalibrierte Saatgutsorten verwendet, deren exaktes Korngrößenspektrum labormäßig ermittelt wurde (Abb. 1):

Dekalb 202 dickflach
 Inra 200 (klein) dickflach
 Inrafrüh großflach
 Inrakorn großflach

Um die optimale Arbeitsqualität der verschiedenen Systeme in Abhängigkeit der Geschwindigkeit erfassen zu können, wurden die untersuchten Systeme mit folgenden Arbeitsgeschwindigkeiten gefahren:

4,0 km/h (1,11m/sec)
 6,0 km/h (1,67 m/sec) und zum Teil
 8,0 km/h (2,22 m/sec).

Bei den pneumatisch arbeitenden Geräten mußte mit Rücksicht auf die ungünstige Gangabstufung des zur Verfügung stehenden Schleppers auf die Arbeitsgeschwindigkeit von 8 km/h verzichtet werden, um zu der erforderlichen Zapfwellenleistung zukommen.

Der theoretische Kornabstand wurde durch Wechsel der entsprechenden Kettenräder bzw. über ein Schaltgetriebe zwischen 10,1 und 13,0 cm eingestellt. Eine einheitliche Einstellung aller Säsysteme auf einen Kornabstand von 13,0 cm war aus technischen Gründen nicht möglich.

Die zu vergleichenden Geräte wurden nacheinander als komplette 4-reihige Maschinensätze im Feldversuch über 100 m mit jeder der vier aufgeführten Sorten in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen gefahren. Jede Variante wurde drei mal wiederholt, sodaß eine auswertbare Versuchsstrecke von je 1200 m zur Verfügung stand.

Von jeder Versuchsvarianten wurde im 2-4-Blattstadium die Längstverteilung des Pflanzenbestandes einschließlich der Wiederholungen mit einem im Institut entwickelten "Pflanzen-

markierungsgerät" ausgemessen und analog durch Lochung auf einem Papierband gespeichert. Einzelpflanzen wurden mit einem Loch, Doppelpflanzen mit einem Doppelloch gekennzeichnet. Dieses Verfahren gestattet bei der Auswertung sowohl die Abstände von Pflanzenstelle zu Pflanzenstelle auszumessen als auch sofort die Summe der Doppelstellen zu zählen.

Darüberhinaus bietet diese Methode im Gegensatz zur früher praktizierten Standardmethode den Vorteil, die Pflanzenfolgen gewissermaßen einzufrieren, also den dynamischen Ablauf statisch sichtbar werden zu lassen und damit jeder beliebigen, auch mehrmaligen Auswertung zugänglich zu machen. Die Auswertung der Papierbänder erfolgte auf einer automatischen Meß- und Klassiereinrichtung. Dieses Gerät tastet mit einem Reflexlichtstrahl das durchlaufende, gelochte Papierband ab. Jedes eingestanzte Loch wird erfaßt und die Abstände zum vorhergehenden in einem Zählwerk gespeichert. Nach Auswertung eines Bandes läßt sich an den Zählwerken die Summe gleicher Abstände ablesen.

Die Summierung aller gemessenen Kornabstände einer Variante ergibt die Gesamtsumme. Die Gesamtsumme wird gleich 100 % gesetzt. Aus dieser Gesamtsumme lassen sich dann die absoluten Zahlenwerte und die relative Häufigkeiten gleicher Abstände in den Abstandsgruppen berechnen.

Um für die Beurteilung der Sägeräte einen einheitlichen Maßstab für die Ablegegenauigkeit zu erhalten, wurde der DLG-Maßstab der Prüfstelle für den Maschinenvergleich herangezogen. Danach sind die Pflanzenabstände unter dem 0,5-fachen Sollabstand als "Doppelstellen" und Abstände über dem 1,5-fachen Sollabstand als "Fehlstellen" definiert. Der Sollbereich erstreckt sich demnach vom 0,5 bis 1,5-fachen Sollabstand. Bei der Bewertung der Einzelkornsägeräte gilt somit diejenige Maschine als die beste, die den größten Anteil der Körner im Sollbereich ablegt. Eine einheitliche Forderung von einem bestimmten Mindestanteil an Körnern in diesem Bereich unter Beachtung einer gewissen Kornfolge in der Zeiteinheit gibt es noch nicht.

Ein weiteres Kriterium für die Beurteilung eines Gerätes ist die Anzahl der verursachten Doppel- und Fehlstellen. Doppelstellen ergeben sich dadurch, daß eine Einheit des Säorgans beim Durchgang durch den Saatgutvorrat mit mehr als einem Korn besetzt ist und beide unmittelbar hintereinander abgelegt werden.

Fehlstellen entstehen, wenn eine Einheit des Säorgans beim Durchgang durch den Saatgutvorrat unbesetzt bleibt bzw. durch äußere Einflüsse ein Korn vom Zuteilorgan abfällt, bevor es die Abgabeöffnung erreicht hat.

Allgemein werden bis zu 10 % Doppelstellen und bis zu 10 % Fehlstellen als tragbar angesehen.

Im folgenden werden als Ergebnisse die Veränderungen in der Längstverteilung bei den einzelnen Versuchsvarianten dargestellt. Zur Feststellung der Ablegegenauigkeit der verglichenen Geräte werden die Ablagen im Sollbereich (0,5 - 1,5-facher Sollabstand) und die Doppelstellen (<0,5-facher Sollabstand) und die Fehlstellen (>1,5-facher Sollabstand) in die Betrachtung einbezogen.

Um ein visuelles Bild der Häufigkeitsverteilung jeder Versuchsvariante zu erhalten, wurden die relativen Häufigkeiten der Pflanzenabstände in den drei Ablagebereichen für jede Variante in einem Säulendiagramm dargestellt.

Dazu wurden aus der gesamten auswertbaren Versuchsstrecke einer Variante ein Pflanzenabstand von je drei mal 100 m, der annähernd die gleichen Anteile an aufgelaufenen Pflanzen aufwies ($\frac{\text{Pflanzenzahl}}{\text{Kornsollzahl}} \cdot 100$), herausgenommen und von diesen Zahlenwerten der Mittelwert gebildet.

Die Ergebnisse des Sägerätes A (Abb. 2) im Sollbereich zeigen deutlich, daß dieses Gerät selbst in den unteren Geschwindigkeitsstufen in der Präzision der Ablage unseren Erfordernissen nicht genügt. Bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 4 km/h liegen die Ablagen im Sollbereich bei 39 % und sinken bei steigender Geschwindigkeit bis auf 10 %. Der tatsächliche Pflanzenabstand bei den Abstandsmessungen entsprach - im Gegensatz zu den übrigen

Geräten - auch nicht annähern dem am Gerät eingestellten theoretischen Kornabstand. Der Hauptgrund liegt im Schlupfverhalten der Antriebsorgane, da die Reihendüngerstreuer über den Säntrieb angetrieben wurden. Daneben nehmen mit steigender Geschwindigkeit die Prallvorgänge im Fallrohr zu und verursachen durch Verrollungsvorgänge in der Saarfurche eine sehr schlechte Kornlängstverteilung. Diese Überlegung wird erhärtet, wenn man die Ablagen des Gerätes B (Abb. 2) betrachtet. Die relativ geringe Fallhöhe des Saatkornes von der Zellscheibe bis zur Saarfurche wirkt sich positiv aus. In den unteren Geschwindigkeitsbereichen liegen die Anteile im Sollbereich bei 56 % (4 km/h) und 51 % (6 km/h). Aber auch hier zeigt sich die Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit. Das Gerät C (Abb. 2) mit einer Fallhöhe von nur 8 cm bringt im unteren Geschwindigkeitsbereich mit 68 % (4 km/h) befriedigende Anteile im Sollbereich. Jedoch die Steigerung der Geschwindigkeit auf 6 km/h bringt für das relativ leichte Gerät große Schwierigkeiten, da es bei grob vorbereitetem Acker sehr leicht springt und keine exakte Tiefenablage des Saatkornes gewährleisten ist. Deshalb mußte im Versuch auf eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit auf 8 km/h verzichtet werden.

Die Versuchsergebnisse des Sägerätes D (Abb. 2) zeigen in den beiden unteren Geschwindigkeitsbereichen mit 78 % bei 4 km/h und 66 % bei 6 km/h eine gute Ablage der Maiskörner. Diese bessere Ablage wird vor allem durch die geringe Fallhöhe und die Kombination eines Löffelrades in Verbindung mit einem synchron laufenden Kammerrad erzielt, das jedes Korn einzeln von der Abwurföffnung zur Saarfurche befördert.

Eine Erhöhung der Geschwindigkeit auf 8 km/h bringt wesentlich schlechtere Ergebnisse, da durch die hohe Löffelradgeschwindigkeit die Zeitspanne zwischen der Kornaufnahme und der Kornabgabe für ein Abgleiten der Mehrfachbelegungen zu kurz ist; daneben werden viele Körner beim Schöpfvorgang nicht richtig erfaßt und fallen vor der Abwurf-

öffnung vom Löffel.

Bei den pneumatisch arbeitenden Geräten zeigt das mit Druckluft arbeitende Gerät E (Abb. 2) in den Geschwindigkeitsstufen 4,6 km/h und 6,0 km/h mit 65 % und 68 % der Anteile im Sollbereich nur geringe Unterschiede. Das mit Saugluft arbeitende Gerät F (Abb. 2) zeigt in seinen Ergebnissen eine hohe Präzision der Ablage : (4,8 km/h : 87 %; 6,5 km/h: 78 %), es ist anzunehmen, daß dies Gerät durch die geschickte Kombination von Saug- und Kammerrad auch bei höheren Geschwindigkeiten noch zufriedenstellende Ablagen erzielt. Wie schon angedeutet, konnte aus technischen Gründen nicht aufgezeigt werden, bei welcher Arbeitsgeschwindigkeit die Grenze dieser Systeme erreicht ist.

Betrachtet man die Anzahl der Doppelstellen (Abb. 3) bei den einzelnen Geräten, so kommt man bei den Geräten mit waagrecht angeordneten Zellenscheiben zu dem Schluß, daß sich der Anteil an Doppelbelegungen mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit verringert, da die zur Verfügung stehende Zeitspanne für das Einpassen von mehr als einem Saatkorn in die Zelle zu kurz ist. Beim Löffelrad (Gerät D) dagegen nimmt die Zahl der Doppelbelegungen im oberen Geschwindigkeitsbereich zu, da - wie schon erwähnt - die Zeitspanne für ein Abgleiten der Mehrfachbelegungen zu kurz ist.

Bei dem mit Druckluft arbeitenden Gerät E nimmt mit steigender Geschwindigkeit auch der Anteil an Doppelbelegungen zu; dies wurde auch durch Laborversuche bestätigt. Es ist anzunehmen, daß mit zunehmender Geschwindigkeit der Anteil der Doppelbelegungen weiter ansteigt, da die Verweildauer des Luftstromes über den einzelnen Öffnungen des rotierenden Lochrades zu kurz ist, um Mehrfachbelegungen abzublasen. Das mit Saugluft arbeitende Gerät F erweist sich auch bei der Betrachtung der Anteile an Doppelbelegungen als das funktionssicherste Gerät.

Der Anteil an Fehlstellen (Abb. 4) nimmt bei den mechanischen Geräten mit steigender Geschwindigkeit zu. Dies ist

durch die hohe Umfangsgeschwindigkeit der Säorgane zu erklären, die es dem Saatkorn nicht erlauben, sich in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeitspanne in das vorgegebene Zellenmaß einzupassen.

Bei den mit Saugluft arbeitenden pneumatischen Sägeräten ist dieselbe Erscheinung zu beobachten. Auch hier dürfte die Zeit zum Ansaugen der Körner mit steigender Geschwindigkeit z. T. zu kurz werden. Bemerkenswert ist die Abnahme der Fehlstellen bei den mit Druckluft arbeitenden Geräten. Diese Erscheinung könnte dadurch bedingt sein, daß bei geringer Geschwindigkeit die Öffnungen des Säorgans so langsam an der Luftdüse vorbei geführt werden, daß sie z. Teil ganz entleert werden. Für den praktischen Betrieb würde dies bedeuten, daß für eine optimale Ablage eine gewisse Mindestgeschwindigkeit eingehalten werden müßte.

Die Versuche lassen erkennen, daß die Einsatzgrenze der mechanisch arbeitenden Geräte je nach Funktionsprinzip in einem Geschwindigkeitsbereich von 4 - 6 km/h liegt. Entscheidender Faktor ist bei allen Zellenradgeräten die richtige Zuordnung von Korngröße und Zellenabmessung, das heißt, alle diese Systeme sind auf eine Kalibrierung des Saatgutes angewiesen.

Die Zellen füllen sich durch das Eigengewicht oder durch das Rollvermögen des Saatgutes. Je langsamer die Arbeitsgeschwindigkeit ist, desto enger muß die Toleranz zwischen Korngröße und Zellenmaß sein, um ein Optimum an Ablagegenauigkeit zu erzielen. Da mit steigender Fahrgeschwindigkeit auch die Umfangsgeschwindigkeit der Säorgane zunimmt, wird die Zeitspanne für das Einpassen des einzelnen Saatkornes in die Zelle kleiner, dementsprechend nimmt der Anteil der nicht befüllten Zellen zu.

Daneben ist bei mechanisch arbeitenden Geräten die meist systembedingte große Fallhöhe ein entscheidender Faktor für die Kornlängstverteilung. Je geringer die Fallhöhe des Saatkornes, umso exakter ist auch die Kornablage im oberen Geschwindigkeitsbereich.

Wie schon angedeutet, sind umgerüstete Rübensägeräte auf die Dauer für die Maisaussaat ungeeignet und sind als Kompromißlösung zu betrachten, da sie aufgrund ihrer Bauweise und ihres geringen Gewichtes keine exakte Tiefenablage gewährleisten.

Pneumatisch arbeitende Geräte stellen systembedingt geringere Anforderungen an eine Kalibrierung des Saatgutes. Die Luft dient bei diesen Systemen als Füll- oder Einzelungshilfe. Das Prinzip der Kornaufnahme in Verbindung mit einer exakten Korneinzelnung und der Kornabgabe bei nur geringen Fallhöhen bietet die Voraussetzungen für höhere Arbeitsgeschwindigkeiten. Hierin liegt auch die große Chance des pneumatischen Systems gegenüber den mechanischen Geräten: Da Spezial-Maissägeräte aufgrund ihrer Konstruktion bedeutend schwerer sind als herkömmliche Einzelkornsägeräte ist die Flächenleistung kaum durch breitere Gerätesätze zu erhöhen, da die Hubkraft der Schlepper oft für mehr als ein 4-reihiges Gerät nicht ausreicht. Außerdem führen Arbeitsbreiten über 3 m zu Schwierigkeiten beim Transport auf öffentlichen Straßen. Auch die Nebenzeiten, die beim Wenden und Nachfüllen von Saatgut und Dünger auftreten, bestimmen über die mögliche Flächenleistung. STANZEL (Weihenstephan) hat diese Zusammenhänge untersucht (Abb. 5) und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß Arbeitsgeschwindigkeiten über 11 km/h durch die notwendigen Wende- und Nachfüllzeiten kaum noch zu einer Steigerung der Flächenleistung führen.

Laborversuche mit den pneumatischen Säsystemen lassen den Schluß zu, daß diese Geräte zwar Korngrößenunabhängiger arbeiten können, daß sich aber das Problem von der Korngröße zur Kornform verlagert. Wir konnten feststellen, daß extrem runde Sorten in den oberen Geschwindigkeitsstufen auch bei Erschütterungen besser an der Lochscheibe haften und sicherer zur Ablagestelle befördert wurden als von Natur aus kantige Sorten. Aus dieser Sicht ist zu vermuten, daß sich auch in Zukunft eine Kalibrierung des Saatgutes kaum umgehen lassen kann.

Die praktischen Erfahrungen mit den pneumatischen Sägeräten lassen den Schluß zu, daß diese Geräte im Vergleich zu mechanisch arbeitenden Geräten auch bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten eine zufriedenstellende Kornablage bringen; dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, daß die optimale Handhabung der pneumatischen Systeme höhere Anforderungen an die Wartung und Bedienung dieser Geräte stellt.

Literaturhinweise:

- Bernhardt, H.: Untersuchungen mechanischer Aussaatmechanismen für Mais unter besonderer Beachtung der Einzelkornaussaat. Diss. Bernburg 1967
- Brinkmann, W.: Beitrag zur Meßwerterfassung und -klassierung von Pflanzenfolgen. Habil.Schrift Bonn 1967
- Brinkmann, W.: Saatverfahren im Maisanbau aus: Vortragsreihe der 25. Hochschultagung der Landwirtsch. Fakultät der Universität Bonn 1971
- Frizen, H.W.: Vergleich verschiedener Maissäsysteme Diplom-Arbeit Bonn 1970

Relative Gewichtsanteile in %

Nr	TKG (g)	Breite mm ϕ			Dicke mm μ				Länge mm				
		6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8
183	Dekalb 202	348,9	2,1	18,8	12,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
185	Inrakorn Kl. Altend.	320,2	2,1	15,8	12,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
186	Inrafrüh *	346,1	2,1	15,8	12,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
187	Inra 200	262,4	2,1	15,8	12,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Abb. 1 Siebspiegel der verwendeten Saatgutsorten

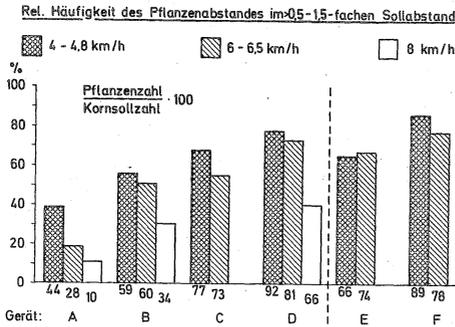


Abb. 2 Relative Häufigkeiten im Sollbereich

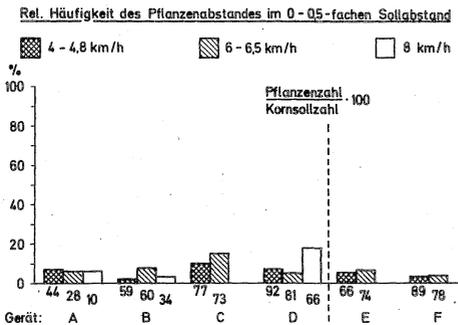


Abb. 3 Relative Häufigkeiten im Doppelstellenbereich

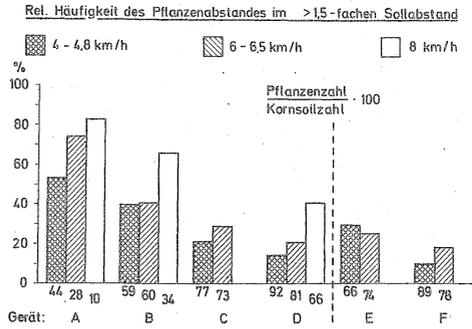


Abb. 4 Relative Häufigkeiten im Fehlstellenbereich

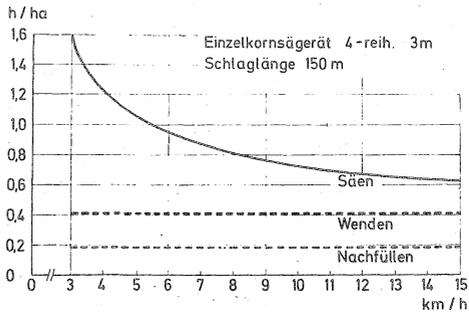


Abb. 5 Arbeitsgeschwindigkeiten und Flächenleistungen bei der Maissaat (n. STANZEL)

