

LANDARBEIT UND TECHNIK

Eine Schriftenreihe des Max-Planck-Institutes für
Landarbeit und Landtechnik

Heft 35

Herausgegeben von Prof. Dr. G. PREUSCHEN, Bad Kreuznach

Aufgaben und Ergebnisse aus der Landarbeitswissenschaft

16 Beiträge aus dem Max-Planck-Institut
für Landarbeit und Landtechnik Bad Kreuznach



VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN

Sinn und Aufgabe der Schriftenreihe

Die Arbeitsforschung in der Landwirtschaft kann sich heute mit der Beobachtung und Feststellung von Arbeitsverfahren, die in der Praxis entstanden sind, nicht mehr begnügen. Schon seit längerer Zeit muß Grundlagenforschung betrieben werden, um alle Zusammenhänge zwischen den vom Betrieb gestellten Arbeitsaufgaben, der menschlichen Arbeitsleistung und ihre Unterstützung durch Maschinen, technische Einrichtungen und Gebäude zu klären. Grundlagenforschung birgt aber die Gefahr in sich, daß die Ergebnisse sich nur auf den erforschten Teil beziehen und von der Praxis nicht direkt übernommen werden können. Damit würde der an sich schon recht langfristige Weg von den wissenschaftlichen Erkenntnissen bis zur Anwendung in der breiten Praxis noch verlängert.

Das Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik hat es sich von Anfang an angelegen sein lassen, die Ergebnisse der Forschungsarbeiten *in einer praktisch verwertbaren Form* zusammenzustellen und herauszubringen, selbst wenn die Grundlagenforschung nur auf Teilen abgeschlossen, auf anderen Teilen eines Gebietes erst vorläufige Ergebnisse vorhanden waren. Die Notwendigkeit, die Praxis möglichst bald über die wissenschaftlichen Arbeiten zu informieren, schien uns wichtiger als die Gefahr, zu gegebener Zeit die eine oder andere Zahl verbessern oder ein neues Verfahren darstellen zu müssen. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Arbeit wird auch in den nächsten Jahren noch rasch vorwärtsgehen. Die andererseits von der Landwirtschaft zur Unterstützung der menschlichen Arbeit aufgewandten Summen für Maschinenkäufe, Gebäudeeinrichtungen haben eine ungewöhnliche Höhe erreicht. Deshalb schien es uns besonders wichtig, zum jetzigen Zeitpunkt die vom Institut herausgegebene Schriftenreihe als Mittlerin zwischen der Wissenschaft und der Praxis auf eine breitere Grundlage zu stellen.

In dieser Schriftenreihe werden sowohl einzelne abgeschlossene Institutsarbeiten als auch größere Gebiete der angewandten Arbeitswissenschaft abgehandelt werden. In für jeden Praktiker leicht verständlicher Form, unterstützt durch entsprechende Bebilderung, sollen die Ergebnisse so dargestellt werden, daß sie jeder Praktiker und Berater für den speziellen Fall werten, ihre Einführung gegebenenfalls beschließen und sie im Betrieb wirklich durchsetzen kann. Der Wissenschaftler findet im Zahlenmaterial das Ergebnis der Arbeit und Grundlage für neue Aufgabenstellungen. Herausgeber und Verlag werden sich bemühen, nicht nur eine ansprechende Form zu sichern, sondern auch inhaltlich für die Abrundung der verschiedenen Anwendungsgebiete der Arbeitswissenschaft zu sorgen.

Aus dem
Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik
Bad Kreuznach
Direktor: Prof. Dr. G. PREUSCHEN

AUFGABEN UND ERGEBNISSE AUS DER LANDARBEITSWISSENSCHAFT



Wissenschaftliche Beiträge
zum 60. Geburtstag von Professor Dr. GERHARDT PREUSCHEN
von seinen Mitarbeitern

1968

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
VERLAG FÜR LANDWIRTSCHAFT · GARTENBAU · FORST- UND JAGDWESSEN
HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

LANDARBEIT UND TECHNIK

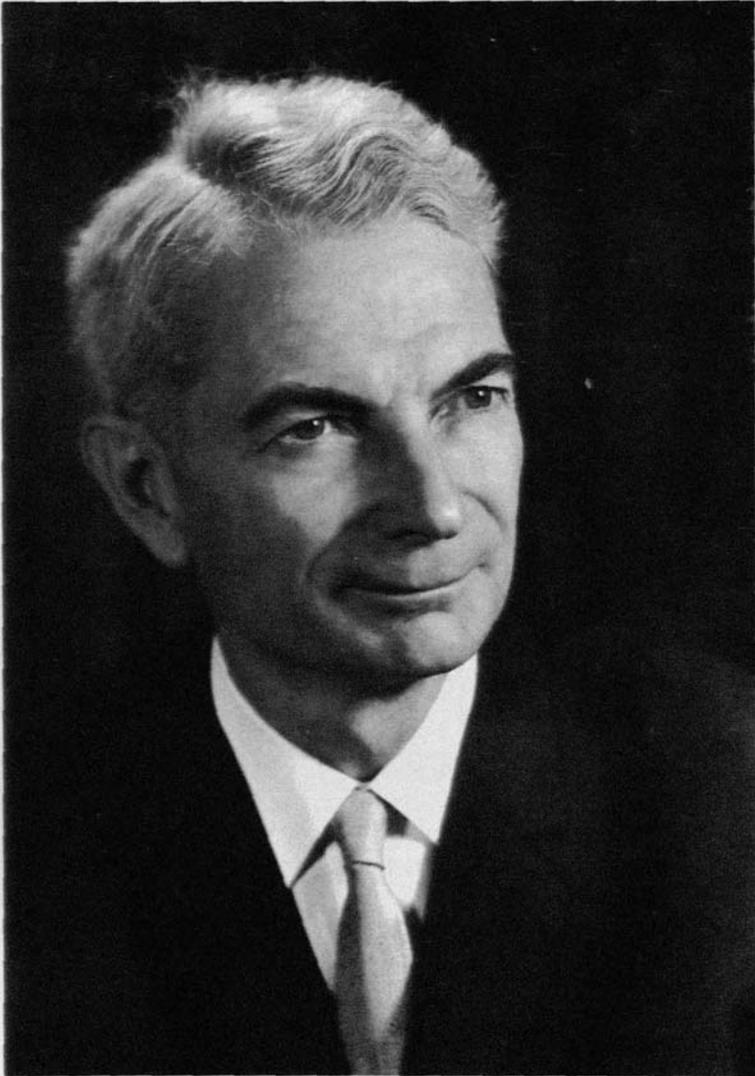
Eine Schriftenreihe des Max-Planck-Institutes für Landarbeit und Technik
Herausgegeben von Prof. Dr. G. PREUSCHEN, Bad Kreuznach

Heft 35

Die Schriftleitung für dieses Heft besorgte
Dr. WALTER GLASOW



Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme
von Abbildungen sowie jeder Art der photomechanischen Wiedergabe, auch aus-
zugsweise vorbehalten. © 1968 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. Printed
in Germany by Bamberger Fotodruck, Rudolf Rodenbusch, Bamberg.



Am 22. Januar 1968 vollendet Professor Dr. Gerhardt Preuschen in Bad Kreuznach sein 60. Lebensjahr. So bewegt die Zeitepoche war, in die hinein er im Jahr 1908 in Darmstadt geboren wurde, so bewegt war auch sein bisheriger Lebensweg und Werdegang. Seine Kindheit verlebte er in einer Neckargemeinde, dann in der Nähe von Gießen, wohin sein Vater als Pastor versetzt wurde, und wo sich dieser an der Universität Gießen einen über die Grenzen hinaus bekannten Namen als Theologieprofessor erwarb. Die letzten Schuljahre - nach dem Tode des Vaters im Jahre 1920 - verbrachte er in einem Vorort von Darmstadt. Bereits in früher Jugend entstand in ihm durch die Mitarbeit bei Bauern der Wunsch, Landwirt zu werden.

Dem Schulabschluß mit dem Abitur folgte die praktische Lehrzeit auf Betrieben in Mecklenburg und der Schweiz. Vor dem Studiumbeginn in Hohenheim arbeitete er noch einige Zeit auf einem schwedischen Betrieb. Sein Hohenheimer Studium ergänzte er durch den Besuch verschiedener Vorlesungen an der Technischen Hochschule in Stuttgart, um anschließend mehrere Semester als Außenseiter an der Technischen Hochschule in Darmstadt zu studieren, die er mit einigen Sonderprüfungen abschloß. Sein landwirtschaftliches Studium beendete er im Frühjahr 1932 mit dem Diplomexamen in Berlin, wo er noch Aereboe und Fischer hörte. Hier traf Preuschen auch mit Ries zusammen und damit auf die landwirtschaftliche Arbeitswissenschaft, der er bis heute verhaftet ist. Der Besuch anderer Vorlesungen an der Universität und Hochschule für Politik in Berlin lag ganz in der Richtung, die durch sein Elternhaus und seine Mitarbeit in der Jugendbewegung bestimmt war. Die wirtschaftliche Lage seiner Mutter zwang den jungen Menschen schon frühzeitig zu äußerster Sparsamkeit. So nutzte er bereits als Schüler und später als Student die Ferien zur Mitarbeit in der Praxis. Auf diese Weise lernte er die ersten Anfänge der landwirtschaftlichen Motorisierung und Technisierung kennen.

Nach dem Studium folgte er einem Angebot von Ries, der zusammen mit Dencker eine technische Beratung von Landsberg an der Warthe aus gründen wollte. In kurzer Zeit gelang es ihm, die Beratung so auszubauen, daß sie nicht nur ihn selber, sondern auch einige zusätzliche Assistenten tragen konnte. Daraus entstand die in Mittel- und Ostdeutschland gut bekannte Technische Gutsberatung, deren Leiter Preuschen war. Daneben promovierte er mit der Arbeit: "Maschineneinsatz - heute und morgen" bei Dencker.

Um das reichhaltige Material und die in der Beratung gesammelten Erfahrungen wissenschaftlich auszuwerten wurde im Frühjahr 1940 die Studiengesellschaft für landwirtschaftliche Arbeitswirtschaft, die Trägerorganisation für ein kleines wissenschaftliches Institut werden sollte, gegründet. Im gleichen Jahr wurde ihm der Wunsch verschiedener schlesischer Landwirte unterbreitet, innerhalb der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, aus der nach dem Krieg die Max-Planck-Gesellschaft hervorging, ein Institut zu schaffen. Im Dezember 1940 wurde dieses Institut mit Sitz zunächst in Breslau, später in Kleinau, in der Nähe von Breslau, als Institut für landwirtschaftliche Arbeitswissenschaft in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gegründet. In diese Zeit fällt auch seine Habilitation in Breslau.

Durch den Zusammenbruch des Reiches 1945 ging sowohl das Institut als auch das meiste inzwischen erarbeitete Material - letzteres auf dem Treck nach Mitteldeutschland - verloren. Nur ein Teil der Unterlagen, zum Glück der wichtigste, konnte später aus einer auf dieser Flucht vergrabenen Kiste gerettet werden. Bereits im Herbst 1945 gelang es Preuschen für das Institut eine neue Heimstatt mit der Anpachtung des Betriebes Imbshausen bei Northeim - wenn auch unter sehr großen Schwierigkeiten und ohne Kapital - zu schaffen. Hier begann ein neuer Anfang der wissenschaftlichen Arbeit. Ein Teil der alten Mitarbeiter, dazu einige neue, fanden sich in Imbshausen zusammen und wurden von ihm in selbstloser Weise mit dem Not-

wendigsten, was man damals zum Überleben brauchte, versorgt. Von hier aus nahm er seine rege Vortragstätigkeit auf. Vorführungstagungen und Lehrgänge für heimgekehrte ehemalige Praktiker und Berater ließen den Namen Preuschen und Imbshausen bald zu einem bekannten Begriff werden.

Nach Ablauf der Pacht verlegte er das Institut nach Bad Kreuznach, wo es ihm - wenn auch mit großen Schwierigkeiten, da die Mittel knapp waren und auch über den Verbleib der landwirtschaftlichen Institute bei der Max-Planck-Gesellschaft Unklarheit bestand - gelang, einen Betrieb mit Sonderkulturen zu pachten. Im Sommer 1950 konnte die wissenschaftliche Arbeit, nun in besseren Räumen, weitergeführt werden. Von hier aus besorgte er auch seine Umhabilitation nach Hohenheim, wo er 1956 zum Professor ernannt wurde und Vorlesungen über Arbeitswissenschaft hält.

Im Jahre 1956 wurde dem Institut der Name Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik in der Max-Planck-Gesellschaft verliehen, was zugleich mit der Sicherung des Institutes verbunden war. Nach dem Ankauf der wichtigsten Betriebsflächen durch die Max-Planck-Gesellschaft im Jahre 1963 sind ihm die größten Sorgen um den Bestand und die Arbeit des Institutes genommen worden.

Die meisten seiner mehr als 220 Arbeiten und fast unzählbaren Vorträge sind der Arbeit der auf dem Lande lebenden Menschen, der Bauern und Bäuerinnen und deren Mitarbeiter gewidmet. Im Mittelpunkt all seiner Überlegungen und Gedanken steht dabei immer der Mensch in seiner vielschichtigen Lebensäußerung und Persönlichkeit. Sein Bestreben ist es, die Arbeit dieser Menschen nicht nur allein vom ökonomischen Gesichtspunkt betrachtet zu wissen, sondern auch als wesentlichen Lebensinhalt, der Raum läßt für persönliche Neigungen, die als Triebfeder für besondere Leistungen anzusehen sind. Ihm ist es im wesentlichen zu verdanken, daß der Begriff Arbeit in seinem das menschliche Leben und besonders dasjeniger Landbevöl-

kerung bestimmenden Wesen, die Bedeutung gewonnen hat, die man ihm heute stärker beimißt.

In diesem Sinne wirkt er nicht nur im Rahmen seines Institutes, dessen ganzer Arbeit er diese Einstellung übertragen hat, sondern auch in verschiedenen Organisationen und Verbänden. Dazu gehört sein Vorsitz in der Abteilung Landtechnik und Landarbeit der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), seine aktive führende Mitarbeit im Internationalen Ring für Landarbeit (IRL-CIOSTA), den er auch bei der FAO vertritt und seine Präsidentschaft bei der 5. Sektion der Commission Internationale de Génie Rural (CIGR), bei der er damit gleichzeitig Vizepräsident ist. Weiterhin seine Mitgliedschaft im Vorstand der International Ergonomics Association, der Internationalen Gesellschaft für ländliche Medizin und seine zeitweilige Mitgliedschaft in den Vorständen des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (KTL) und der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Sein Wirken geht damit über die Grenzen Deutschlands hinaus. In viele Länder wurde Preuschen zu Vorträgen, Besichtigungen und Gutachten eingeladen, was auch seine Arbeit und diejenige seines Institutes befruchtet hat. Nicht zuletzt seien seine Untersuchungen über den Weinbau erwähnt, wodurch er ebenfalls überall als Förderer des Weinbaus, aber ebenso als Weinkenner bekannt ist.

Wir, seine Mitarbeiter, beglückwünschen Professor Preuschen zu seinem Jubiläum und wünschen ihm noch viele Jahre frohen Schaffens bei guter Gesundheit.

W. Glasow

Inhaltsverzeichnis

	Seite
HAMMER, W.	Ganzheitliche und kausale Betrachtung als Grundlage für Arbeitszeitstudien in der Landwirtschaft 11
HERB, M.	Zeitstudien an festem Arbeitsplatz bei kurz dauernden, sich ständig wiederholenden Arbeitsvorgängen. Dargestellt am Pikieren von Sämlingen in Handkisten 47
GLASOW, W.	Verfahrensentwicklung auf der Basis von Arbeitszeitstudienenergebnissen 63
NORD, O.	Zeitmessung mit dem Tonbandgerät 83
BLECHSTEIN, K.	Schrittweise Betriebsplanung und ihre Informationsdaten, eine Entscheidungshilfe für den Betriebsleiter 93
HESELBACH, J.	Das Experiment mit dem Gesamtbetrieb in der Wirtschafts- und Sozialforschung des Landbaus 135
MEIER, J.	Methoden überbetrieblicher Arbeitsbedarfskalkulationen 163
BRUNDKE, M.	Arbeitszeitkontrolle im landwirtschaftlichen Betrieb 181
BAUMGARTNER, G.	Untersuchungen zur Abgrenzung der Getreideerntetermine 203
DUPUIS, H.	Anthropotechnische Untersuchungsmethoden bei der Arbeit 221
DUPUIS, H. u. BROICHER, H. A.	Methoden zur Untersuchung der Schwingbeanspruchung des Menschen 241

	Seite
ENGEL, R. Entwicklungen und Grenzen in der Mechanisierung der Landwirtschaft	279
PREUSCHEN, R. Grenzen der Automatisierung techni- scher Vorgänge in der Landwirtschaft	303
RÜPRICH, W. Methodische Fragen zur arbeitswirtschaft- lichen Beurteilung von Produktionsver- fahren in Laufställen für Rindvieh	315
WASMUND, S. Faktoren, die vermutlich die Hennen- leistung bei Käfighaltung beeinflussen	327
WISSKIRCHEN, P. Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen beim Obstbaumschnitt	339

Ganzheitliche und kausale Betrachtung als Grundlagen für Arbeitszeitstudien in der Landwirtschaft

W. Hammer

Es herrscht allgemein Übereinstimmung darüber, daß auf landwirtschaftlichen Betrieben keine Arbeitsstudien am speziellen Einzelarbeitsplatz durchgeführt werden können; denn es gibt

- zu viele kleine und dezentralisierte Betriebe,
- zu viele Arbeitskräfte und im Verhältnis dazu bei weitem zu wenig Arbeitsstudienleute,
- zu viele und zu häufig wechselnde Arbeitsplätze/AK und Jahr,
- zu stark variierende Arbeitsbedingungen.

Daher ergibt sich die Notwendigkeit, nach einem stellvertretenden Untersuchungsgegenstand zu suchen, der repräsentativ für die Wirklichkeit und dadurch verallgemeinerungsfähig ist. Ein ausgewähltes Beispiel kommt dafür nicht infrage, weil es i.d.R. doch einen Sonderfall darstellen würde und daher zu wenig allgemeingültig wäre. Zweckmäßig erscheint daher die Verwendung eines Modells als abstrakte Darstellung eines Stückes Wirklichkeit. Es muß genau definiert werden und die vielfältige Variation aller oder der wesentlichen Einflußgrößen berücksichtigen. Innerhalb dieses Modells muß somit der Arbeitszeitbedarf als Funktion variabler Einflußgrößen (= Faktoren) angegeben werden.

Grundsätzlich ist anzuerkennen, daß eine ganzheitliche Betrachtung der Arbeit als physischer, psychischer, technischer und organisatorischer Komplex notwendig ist (18). Trotzdem müssen die Grenzen der phänomenologischen Beschreibung des Komplexen überschritten und eine Analyse als pragmatische Grundlage der naturwissenschaftlichen Behandlung der Arbeit betrieben werden. So können quantitative, objektive und repro-

duzierbare Ergebnisse geschaffen werden (16). Deshalb wird der gesamte Arbeitsablauf in Abschnitte unterteilt, um Bausteine oder Kalkulationselemente für eine Synthese im Rahmen des Modells zu schaffen. Dies geschieht "mit dem Ziel, diese Elemente in Abhängigkeit von ihren Veränderlichen mindestens empirisch-subjektiv skalieren, möglichst aber quantitativ messen zu können; jede Arbeitsanalyse schließt eine Interpretation, oder besser gesagt, eine Bewertung der gemessenen Befunde im Rahmen des System-Ganzen ein" (16).

Diese Kalkulationselemente sind vorbestimmte Zeiten zur Verwendung für die nachfolgende Synthese. Entschließt man sich also zur Methode der Synthese im Rahmen eines Modells, so ergibt sich zwangsläufig die Notwendigkeit, vorbestimmte Zeiten zu verwenden.

Im Gegensatz zu den "Systemen vorbestimmter Zeiten", z.B. WF, MTM, DMT oder BMT, haben wir uns jedoch im hiesigen Max-Planck-Institut wegen der o.g. Notwendigkeit der ganzheitlichen Betrachtung einerseits und der Analyse andererseits für folgenden methodischen Kompromiß entschieden: Der gesamte Arbeitsablauf wird nicht in kleinstmögliche Bewegungselemente zergliedert, sondern die Analyse wird im Einzelfall nur so weit getrieben, wie es die Untersuchungsaufgabe erfordert, d.h. um den Einfluß der wichtigsten Faktoren verfolgen zu können. Auf jeden Fall sollen dabei zyklische Bewegungs- und Arbeitsvorgänge geschlossen erhalten bleiben. Ferner bemühen wir uns weitgehend, die einzelnen Analysenteile nicht aus ihrem Zusammenhang herauszulösen, sondern sie nur im ursprünglichen Verband zu benutzen.

Diesem Ziel dürfte wohl entsprochen werden, wenn die Arbeitszeitstudie zu Arbeitszeitfunktionen führt, die die kausale und mathematisch formulierte Beziehung zwischen Arbeitsverfahren und einwirkenden Faktoren einerseits und der Arbeitszeit andererseits darstellen. Das bedeutet also in Übereinstimmung mit Fleischer (4): Angabe der Arbeitszeit ($= t$) als Funktion veränderlicher Faktoren:

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

Aufgabe der Arbeitszeitstudie.

Diese Arbeitszeitfunktionen werden für folgende Zwecke als Kalkulationsunterlagen verwendet und gleichen damit weitgehend den Planzeitwerten nach REFA (11):

1. Kurzfristige Arbeitsplanung und -disposition, u.a. die Zusammenordnung von Arbeitskräften und Arbeitshilfsmitteln und deren Anpassung an den Arbeitsumfang bei feststehendem Arbeitsverfahren.
2. Überprüfen eines im Einzelfall festgestellten Arbeitszeitaufwandes durch Vergleich mit dem Arbeitszeitbedarf.
3. Schaffen von Unterlagen für eine Entlohnung, die den jeweiligen Arbeitsverfahren angemessen ist.
4. Vergleich verschiedener Arbeitsverfahren.
5. Bewertung verschiedener Mechanisierungsstufen.
6. Langfristige Planung der Arbeit, besonders bei saisonalen Veränderungen (= Arbeitsvoranschlag), und des ganzen Betriebes.
7. Produktionskostenkalkulation.
8. Arbeitswirtschaftliche Beurteilung von neuen Arbeitsverfahren vor oder während ihrer Entwicklung durch Vorausberechnen ihres Arbeitszeitbedarfes.

Die Arbeitszeitbedarfszahlen lassen sich als Vorgabezeiten z.B. für Akkordarbeit, Mengenleistungsprämien oder Pensumlöhne nur verwenden, wenn alle im vorliegenden Einzelfall geltenden Arbeitsbedingungen berücksichtigt werden.

Bedingungen für die Verwendung von Arbeitszeitbedarfszahlen als Kalkulationsunterlagen.

Den o.g. Aufgaben entsprechend, müssen die Arbeitszeitbedarfszahlen als Ergebnisse von Arbeitsstudien folgende Bedingungen erfüllen:

1. Gleiche Verwendbarkeit für alle oder die meisten der o.g. Aufgaben.
2. Repräsentative und reproduzierbare Wiedergabe der Bedingungen, die bei der Zeitnahme herrschten, um die Übertragbarkeit der Daten feststellen zu können. Dabei müssen Merkmale angewendet werden, mit denen die betreffenden Bedingungen eindeutig zu kennzeichnen sind.
3. Anpassungsfähigkeit an die Variation der Einflußgrößen, wie sie in der Praxis vorkommt, und damit Verallgemeinerungsfähigkeit.
4. Weitgehend oder nach Möglichkeit ausschließlich exakt quantitative Formulierung der kausalen Beziehung zwischen Arbeitsverfahren und einwirkenden Faktoren einerseits und der Arbeitszeit andererseits.

Durchführung der Arbeitsstudie.

Ausgangssituation.

Bei der landwirtschaftlichen Erzeugung handelt es sich in der Regel um technologische Prozesse zur Einleitung, Steuerung, Unterstützung und Beendigung biologischer Vorgänge. Damit wirkt die große Variationsbreite der belebten Natur ein. - Bei der pflanzlichen Erzeugung sind z.B. die Einflüsse von Boden, Klima, Witterung, Art, Form, Dichte und Unkrautbesatz des Pflanzenbestandes oder der Feuchtigkeitszustand wichtig und sehr schwer zu quantifizieren. Vielfach ist daher nur eine ins einzelne gehende qualitative Beschreibung möglich. Im Gegensatz zur Feldwirtschaft laufen die meisten Arbeiten bei der tierischen Erzeugung nicht unter allzu häufig wechselnden natürlichen Bedingungen ab; denn es gibt keinen Einfluß des Bodens. Das Klima wirkt sich wegen des überwiegenden Ablaufs innerhalb der Gebäude wenig aus. Die Futtermittel und tierischen Erzeugnisse bleiben weitgehend gleich. Jedoch ist das Tier eine mannigfaltige, quantitativ kaum feststellbare Einflußgröße, soweit es unmittelbarer Arbeitsgegenstand ist.

Dies ist z.B. bei allen Gewinnungsarbeiten (Melken, Scheren usw.) und Pflegearbeiten (Reinigung, Tierkontrolle, Krankenbehandlung usw.) der Fall. Hinzu kommt die starke gefühlsmäßige Verbundenheit des Landmenschen mit dem Tier.

Die tägliche und damit im Gegensatz zur Feldarbeit sehr häufige Wiederkehr der Stallarbeiten führt zu hoher Wirksamkeit des Arbeiters durch häufige Übung, Gewöhnung und Erfahrung sowie zu besserer Betriebssicherheit der Arbeitshilfsmittel. Dem wirkt jedoch oft entgegen, daß die Stallarbeit zumal im bäuerlichen Betrieb jeweils nur kurze Zeit dauert und daher oft als unbedeutend angesehen wird. Dieser Umstand wird noch dadurch verstärkt, daß sich vielfach im Familienbetrieb mehrere Personen in die gesamte Stallarbeit teilen und so die Arbeitszeit des einzelnen nochmals verkürzen. Besonders während der arbeitsarmen Winterzeit führt die Nutztviehhaltung nicht nur zu Stallarbeits-, sondern auch zu sachlich nicht begründeter Stallaufenthaltszeit.

Daher klaffen Arbeitszeitaufwand und -bedarf oft stark auseinander. Wichtig ist daher bei der Angabe des Arbeitszeitbedarfs das Ausscheiden aller vermeidbaren Zeitverluste und überflüssiger, nicht zweckbestimmter oder unbegründeter Vorgänge. Wechselnder Einfluß des arbeitenden Menschen muß möglichst ausgeschaltet und der des Tieres zumindest durch Schätzung eingestuft werden.

Inhalt und Umfang der Arbeitszeitstudie.

Mit einer Arbeitszeitstudie wird der Arbeitszeitbedarf von Arbeitsverfahren festgestellt. Der Umfang der Studie erstreckt sich dabei i.d.R. auf den Arbeitsgang (= REFA: Arbeitsvorgang).

Stufen der Arbeitsstudie¹⁾

1. Arbeitsgestaltung
als vorbereitende Maßnahme und Voraussetzung für die nachfolgende Zeitstudie.

1) Soweit in den einzelnen Kapiteln nicht ausführlich berichtet wird, entspricht ihr Inhalt den einschlägigen Ausführungen der zitierten Fachliteratur.

- 1.1 Sammeln
von bestehenden oder durchführbaren Arbeitsverfahren.
- 1.2 Auswählen und Definieren
von Arbeitsverfahren, deren Bedeutung die Arbeitsstudie rechtfertigt.
- 1.3 Feststellen des Ist-Zustandes bei den einzelnen Arbeitsverfahren durch Arbeitsablaufstudie.

Dabei handelt es sich um Erkennen der Stellung des Arbeitsverfahrens im gesamten Erzeugungsprozess, Erfassen aller Teile des Geschehens und ihrer zeitlichen und räumlichen Folge, Bestimmen aller Begleitumstände, Arbeitsbedingungen und Einflußfaktoren. Diese methodische Teilaufgabe führt durch eingehendes Beobachten in erster Linie zu qualitativen Ergebnissen und liefert Unterlagen für die anschließende Kritik und die spätere Zeitmessung. - Vielfach sollte und kann man jedoch damit eine erste überschlägige Zeitstudie verbinden. Dadurch wird einerseits das Gewicht der einzelnen Teile an der Gesamtarbeit erkannt und andererseits die lückenlose Aufzeichnung gefördert. Wichtig ist auf dieser Stufe bereits, die kausale Beziehung zwischen den sich auswirkenden Einflußgrößen (= Faktoren) und der Arbeitszeit aufzufinden und qualitativ anzugeben. Unter diesem Gesichtspunkt sollte die Analyse des Arbeitsganges (Abschn.2.1) vorbereitet werden, die zur späteren Zeitbedarfsbestimmung notwendig ist.

1.4 Kritik des Ist-Zustandes

Dabei ist nach dem Prinzip vorzugehen: Alles Bisherige ist in Frage zu stellen. Das Fragen und die Kritik bedürfen jedoch eines methodischen Vorgehens, etwa nach folgendem Plan:

Frage 1: W a r u m werden die einzelnen Arbeiten oder Vorgänge ü b e r h a u p t ausgeführt?
1a) zu welchem Z w e c k ? (Finalität)
1b) aus welchem G r u n d ? (Kausalität)

Frage 2: W i e könnte man die einzelnen Arbeiten oder Vorgänge a n d e r s ausführen? (Technologie). Welche verschiedenen Möglichkeiten gibt es dafür?

Frage 3: W i e sollte man die einzelnen Arbeiten oder Vorgänge unter Berücksichtigung dieser verschiedenen Möglichkeiten a m z w e c k - m ä ß i g s t e n ausführen?

Vor diesen Fragestellungen muß der gesamte Arbeitsablauf analysiert werden, weil dadurch der Überblick und die Anschauung über den gesamten Arbeitsablauf mit seinem Komplex von Zwecksetzung, Ausgangsbedingungen und technologischen Lösungsmöglichkeiten wesentlich erleichtert und systematisiert wird. Dafür empfehlen REFA und das Max-Planck-Institut die Anwendung der "Ist-Teilzeiten" (9, 13-15). Diese systematische Analyse geschieht unter Berücksichtigung des Verhältnisses der einzelnen Arbeitsabschnitte zum Arbeitszweck, also nach dem Kriterium der Finalität. In den USA und in England werden dafür die Systematik und Symbolik gemäß der Unterteilung in Zeiten für Tätigkeit, Kontrolle, Beförderung, Lagerung und Verlust vorgeschlagen (3). Bei dieser Form der Analyse handelt es sich wohl um eine Mischung der Gesichtspunkte Arbeitszweck und Arbeitstechnik.

Diese finalen und technologischen Kriterien sind für die Kritik der Ist-Zeiten als Teil der Arbeitsgestaltung gut geeignet und notwendig. Sie führen jedoch bei der Analyse des Arbeitsablaufs für die Ermittlung und Angabe des Arbeitszeitbedarfs nicht zum Ziel. Hierfür erscheint allein das Kriterium der Kausalität verwendbar (S. 2.2).

1.5 Entwickeln des Soll-Zustandes

in Form von verbesserten Arbeitsverfahren oder Arbeitsabläufen als Ergebnis der Kritik des Ist-Zustandes.

1.6 Praktisches Anwenden der verbesserten Arbeitsverfahren.

1.7 Überprüfen der verbesserten Arbeitsverfahren.

2. Arbeitszeitstudie

2.1 Durchführen von Arbeitszeitstudien zur Feststellung des Arbeitszeitbedarfs der verbesserten und überprüften Arbeitsverfahren.

2.2 Verwertung der Zeitstudie
Angabe des Arbeitszeitbedarfs in einer Form, die allgemeingültig ist und eine Übertragung auf die verschiedenen vorkommenden Verhältnisse zuläßt.

Zu 2.1 :

Durchführen von Arbeitszeitstudien zur Feststellung des Arbeitszeitbedarfs der verbesserten und überprüften Arbeitsverfahren.

Vorbereitung der Arbeitszeitstudie

Dieser methodische Schritt ist für den folgerichtigen Verlauf der Zeitstudie sehr wichtig. Zunächst gilt es, den gesamten Arbeitsablauf zur Festlegung der Arbeitsabschnitte zu analysieren, um für eine spätere Synthese Bausteine zu schaffen. Dabei ist allein der Gesichtspunkt der Kausalität wichtig. In diesem Sinn ist ein

Planarbeitsabschnitt Teil einer Arbeit oder Zusammenfassung sich gleichartig wiederholender Teile einer Arbeit, in die der gesamte Arbeitsablauf zum Zwecke einer Untersuchung zerlegt wird. Je nach Untersuchungszweck ist der Umfang des Planarbeitsabschnittes unterschiedlich groß. Er kann daher einem Arbeitselement (z.B. dem einzelnen Gabelvorgang beim Rübenaufladen) oder einer Arbeitsstufe (z.B. Rübenaufladen) oder einem Arbeitsvorgang (Rübenfüttern)

oder der Arbeit eines ganzen Betriebszweiges (z.B. Rindviehhaltung) oder gar der Arbeit des ganzen Betriebes entsprechen. Jedoch muß während des Ablaufs eines Planarbeitsabschnittes die kausale Beziehung zwischen Arbeitsverfahren und einwirkendem Faktor oder Faktorenkomplex einerseits und Arbeitsergebnis und Arbeitszeit andererseits gleich bleiben. Alle Planarbeitsabschnitte gelten für jeweils bestimmte und reproduzierbare Arbeitsverfahren und Arbeitsbedingungen. Sie sind an sich weder aus dem ursprünglichen Arbeitsablauf herauszulösen noch als selbständige Teile austauschbar; denn zwischen allen oder zumindest benachbarten Teilen einer Arbeit herrschen vielfältige Verknüpfungen vor allem physiologischer und technischer Art. - Pragmatische Gesichtspunkte zwingen jedoch zum Vernachlässigen dieser Regel, wenn auf andere Weise nicht oder nur mit unwirtschaftlichem Aufwand bessere Daten gewonnen werden können. - Der Arbeitszeitbedarf eines Planarbeitsabschnittes wird durch den **Planzeiwert** angegeben.

Die Analyse nach dem Gesichtspunkt der Kausalität löst zugleich auch die Frage des Zusammenhanges der Untersuchungszeiten, die sich auf den arbeitenden Menschen, auf das Betriebsmittel und auf den Arbeitsgegenstand beziehen.

Alle drei sollten miteinander verknüpft betrachtet werden; denn dieses Vorgehen berücksichtigt am besten die funktionale Verbindung der drei jeweils für sich unselbständigen Untersuchungsteile. Von diesen bestimmt jeweils derjenige den Arbeitszeitbedarf aller Teile, dessen Arbeitsabschnitt in der jeweiligen Phase des Arbeitsablaufes am längsten dauert. Das Beispiel des Melkens im Melkstand möge dies verdeutlichen:

<u>Planarbeitsabschnitt</u>	<u>Arbeitszeitbedarf wird vorwiegend bestimmt durch</u>
Reinigen und Anrücken des Euters	Mensch
Melkzeug ansetzen	Mensch
Maschinenmelken	Maschine und Kuh
Ausmelken und Melkzeug abnehmen	Mensch und Kuh
Aus- und Eintreiben der Kuh	Mensch und Kuh

Die Analyse sollte im einzelnen aus folgenden Schritten bestehen, denen die Arbeitsablaufskizze (Anlage 1) und der Vorbereitungsbogen (Anlage 2) dient:

1. Feststellen der Faktoren oder Faktorenkomplexe, die bei den einzelnen Arbeiten wirken und deren Berücksichtigung für die betreffende Untersuchung nach Art und Größe wichtig und sinnvoll ist.
2. Analyse der gesamten Arbeit in Planarbeitsabschnitte.
3. Festlegen der Zeitmeßpunkte zur eindeutigen Trennung aufeinander folgender Planarbeitsabschnitte.
4. Quantifizieren der Funktion von Arbeitszeit und ursächlich wirkenden Faktoren für jeden Planarbeitsabschnitt. Dabei können in diesem Stadium keine bestimmten, sondern nur allgemeine Größen angegeben werden. So ergaben sich die Werte, deren Zeitbedarf durch Zeitstudien ermittelt werden muß. Sie werden "Planzeitwerte" genannt.¹⁾

Diese Schritte werden für den Arbeitsstudienmann besonders anschaulich und leicht zu überprüfen, wenn für die Analyse eine A r b e i t s a b l a u f s k i z z e (Anlage 1) angefertigt wird. Diese soll die zeitliche und örtliche Zu-

1) Im Muster des Vorbereitungs bogens (Anlage 2) in Klammern gesetzt.

einanderordnung aller Teile eines Arbeitsablaufes, insbesondere von Mensch, Betriebsmittel und Arbeitsgegenstand bildlich darstellen. Sie trägt wesentlich zum Verständnis und Auffinden der funktionalen Zusammenhänge und ihrer mathematischen Formulierung bei. - Am zweckmäßigsten ist es, wenn diese Arbeitsablaufskizze bereits bei der Arbeitsgestaltung angefertigt wird. Denn sie kann als "Planspiel" mit graphischen Mitteln dienen und die verschiedenen Stadien der Entwicklung zum verbesserten Arbeitsverfahren darstellen und dokumentieren.

Eigentliche Zeitstudie²⁾ mit Auswertung.

Um den eingangs geforderten hohen Bedingungen für Arbeitszeitbedarfszahlen entsprechen zu können, ist es außerordentlich wichtig, mit größter Sorgfalt den Arbeitsvorgang für die Zeitmessungen auszuwählen und zu entscheiden, welche Bedingungen dabei übernommen oder geschaffen werden. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die Auswahl der beobachteten Arbeitsperson, weil wir zu der Erkenntnis gekommen sind, daß bei der landwirtschaftlichen Zeitstudie das Leistungsgradschätzen im allgemeinen nicht anzuwenden ist (15). Die Arbeits- oder Versuchsperson sollte für die betreffende Arbeit ausreichend geeignet, geübt, gewöhnt und erfahren sowie uneingeschränkte Leistungsbereitschaft zeigen. Ihre Leistung sollte als normal bezeichnet oder nach REFA mit dem Leistungsfaktor 1 beurteilt werden können. Wenn der Teilnehmer bei dieser kritischen Prüfung erkennt, daß sich diese Bedingungen nicht für die Bestimmung des Arbeitszeitbedarfs eignen, muß er eine andere Gelegenheit zur Studie suchen. Diese kritische Auswahl ist umso wichtiger, mit je weniger Messungen oder Wiederholungen wir zu arbeiten gezwungen sind; denn zu einer echten, den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden statistischen Sicherung fehlt oft die Möglichkeit, weil keine ausreichende statistische Masse zu schaffen ist.

2) Zur Durchführung der Zeitstudie siehe die einschlägigen Veröffentlichungen (9, 13-15, 17).

Arbeitsbeobachtung - Arbeitsversuch

Beide sind Arten der Arbeitsstudie mit dem Ziel der Arbeitszeitermittlung. Bei einer **A r b e i t s b e o b a c h t u n g** läuft die untersuchte Arbeit zwar unter genau registrierbaren und auch verallgemeinerungsfähigen Verhältnissen ab. Sie sind jedoch nicht vom Zeitstudienmann zu kontrollieren und zu beeinflussen. Daher sind in der Regel keine echten Wiederholungen möglich. Der **A r b e i t s v e r s u c h** wird dagegen als ein Stück Wirklichkeit (5, 17) reproduzierbar und dem Untersuchungszweck entsprechend gestaltet oder ausgewählt. Dabei sollen einzelne Faktoren planmäßig isoliert, variiert, kombiniert und Wiederholungen durchgeführt werden können. Unter dieser planvollen und versuchsmäßigen Gestaltung darf jedoch der repräsentative Charakter des untersuchten Arbeitsvorganges nicht beeinträchtigt werden.

Daher müssen wir deutlich zwischen **K u r z -** und **D a u e r - a r b e i t s v e r s u c h** unterscheiden. Beim ersteren werden nur ein oder wenige Arbeitsgänge aus einem größeren Gesamtarbeitsablauf herausgelöst und in kurzer Dauer mit einer Größenordnung bis zu etwa 10 Min. durchgeführt. Zwischen den einzelnen Wiederholungen ergeben sich zwangsläufig im Vergleich zur Versuchsdauer relativ lange Pausen. Sie dienen meist der Vorbereitung und bieten der Versuchsperson Gelegenheit zur Erholung und Sammlung, die unter normalen Arbeitsverhältnissen nicht gegeben ist. Daher arbeiten Versuchspersonen in der Regel bei Kurzarbeitsversuchen mit größerer Intensität und dementsprechend höherem Leistungsgrad. Diese Methode eignet sich also nur für die Ermittlung relativer Werte.

Für die meisten der eingangs genannten Aufgaben der Arbeitsstudie werden jedoch absolute, in der tatsächlichen Größenordnung liegende Werte gebraucht. Diesem Ziel entsprechen Dauerarbeitsversuche, die ohne versuchsbedingte Pausen solange währen wie üblicherweise die betreffende Arbeit in der Praxis. Daß die Versuchspersonen genügend geübt

und an die spezielle Arbeit gewöhnt sein müssen, ist eine sehr wichtige Voraussetzung, die zu schaffen, jedoch oft zu hohem Zeit- und Kostenaufwand führt.

In diesem Zusammenhang muß die wechselseitige Gewöhnung von Mensch und Tier erwähnt werden. Bei allen Arbeiten, bei denen das Tier unmittelbarer Arbeitsgegenstand ist (z.B. beim Melken, Scheren, Tierpflege und -behandlung, Treiben der Tiere), dürfen im allgemeinen nur solche Leute als Versuchspersonen gewählt werden, die mit den Tieren vertraut sind. Daher hat die bekannte Methode, mit denselben Versuchspersonen von Betrieb zu Betrieb zu fahren und sie dort einzusetzen, für diese Arbeitsvorgänge nur sehr begrenzte Bedeutung. Zumeist führt der Arbeiterwechsel zu Produktionseinbußen und ist den Betriebsleitern nicht zuzumuten. Bei allen anderen Arbeiten kann diese Methode jedoch die wesentlichste Schwierigkeit, den Einfluß des Menschen zu isolieren, weitgehend lösen.

Durchführung der Zeitstudie.

Dieser Aufgabe dienen die folgenden Formblätter¹⁾:

Erhebungsbogen²⁾ (Anlage 3)
Zeitnahmebogen²⁾ (Anlagen 4 und 5)

Karteiblatt zur Sammlung von Zeiten
für einen Planarbeitsabschnitt (Anlage 6)

Zum Zeitnahmebogen.

Als Anlagen 4 und 5 sind Beispiele für je eine **A r b e i t s b e o b a c h t u n g** und einen **A r b e i t s v e r s u c h** gegeben. Im ersten Fall liegt nur eine Wiederholung vor. Gleichartige und zusammenfassende Teilzeiten werden in die entsprechenden Spalten ausgeworfen und anschließend senkrecht zusammengezogen. Bei dieser Zusammenfassung von Teilzeiten ist nicht nur auf ihre Gleichartigkeit, sondern auch auf gleiche Größenordnung und auf ihre Stellung im Arbeitsablauf zu

1) Als Anlage sind Muster beigelegt. Die eingetragenen Beispiele sollen weitgehend für sich selbst sprechen. Nur das notwendigste wird im folgenden Text erläutert.

2) s. dazu Krause (9, 10).

achten. Denn vielfach hat die Arbeitsmenge einen positiven oder negativen Einfluß auf die Zeit pro Einheit. Andererseits ist die Stellung im Arbeitsablauf wichtig, da sich die Arbeitsbedingungen oft durch Verminderung oder Vermehrung des Arbeitsgegenstandes (z.B. beim Be- und Entladen oder bei Gewinnungsarbeiten) oder durch Veränderung der Arbeitshöhe (z.B. beim Stapeln) oder durch Veränderung der Weglänge wandeln können. Diese Einflüsse dürften bei der Auswertung einer Zeitnahme nicht verwischt werden, sondern müssen durch Einzelübertragung in die Planarbeitsabschnittskartei registriert und evtl. durch Regressionsanalysen bestimmt werden. Dazu bedarf es nicht nur des Übertragens und der Sammlung der Werte "Zeit je Einheit" sondern auch der Daten "Zeit je Anzahl der Einheiten" (s. Anlage 6).

Bei **A r b e i t s v e r s u c h e n** werden die einzelnen Wiederholungen in nebeneinander liegenden Spalten eingetragen und zeilenweise zusammengefaßt.

Bei jeder Zeitnahme gilt die wichtige, jedoch nicht immer beachtete Mindestforderung: Jede Einzelmessung muß zu drei Angaben führen: Benennung, Zeit und Umfang des jeweiligen Arbeitsergebnisses als Bezugsgröße für die Zeit.

Arbeitszeitaufwand - Arbeitszeitbedarf.

Da nur Ist- oder Aufwandszeiten, nicht aber Soll- oder Bedarfszeiten gemessen werden können, muß der Arbeitszeitbedarf durch kritische Prüfung und Auswertung aus dem Arbeitszeitaufwand der einzelnen Planarbeitsabschnitte abgeleitet werden. Dazu eignet sich nach unseren Erfahrungen das Karteiblatt für Planarbeitsabschnitte am besten. Nach günstigster Gestaltung oder Auswahl des Arbeitsverfahrens als Standardverfahren (Abschn.2.1) und sorgfältigster Anlage und Durchführung der Zeitstudien dürfen die Ergebnisse der Zeitnahme für jeden Planarbeitsabschnitt nur nach kritischer Überprüfung auf ihren repräsentativen Charakter in das Karteiblatt eingetragen werden. Dort ist die Möglichkeit gegeben, aus arith-

metischem Mittel, aus Zentral- und/oder Häufigkeitswerte sowie durch statistische Sicherung (Anlage 6) einen "gültigen Wert" in Spalte O zu formulieren. Dem Bearbeiter ist damit zwar die Möglichkeit der subjektiven Beeinflussung gegeben. Gleichzeitig kann jedoch sachkundiges und kritisches Ermessen die Grenzen der formalen Quantifizierung überschreiten und zu einer wirklichkeitsgetreuen Bewertung führen. In der Regel wird jedoch der arithmetische Mittelwert als "gültiger Wert" eingesetzt.

Um schließlich die verschiedenen Einzelwerte zu einem Gesamtwert zusammenzufassen, sollte ein **g e w o g e n e r M i t t e l w e r t** aus allen "gültigen Werten" gebildet werden. Dazu wird in jeder Zeile das Produkt $n \times$ gültiger Wert (Spalte **E x O**) in Spalte **P** eingetragen.

Der Quotient $\frac{\text{Summe P}}{\text{Summe E}}$ ist dann gleich dem gewogenen Mittelwert.

Dieser steht damit als **A r b e i t s z e i t b e d a r f** oder **S o l l - Z e i t** für die Synthese zur Verfügung. Auch nach Bildung dieses Wertes können bei späteren Zeitstudien erneute Einzelwerte anfallen. Sie sollten immer wieder zur Überprüfung und evtl. Korrektur der Arbeitszeitbedarfswerte führen, soweit man sich nicht zum Abschluß der Untersuchung eines Planarbeitsabschnittes und damit zur Formulierung einer **S t a n d a r d z e i t** entschließt.

Um beim Eintragen von Anmerkungen nicht durch eine zu geringe Spaltenbreite beengt zu sein, hat es sich bewährt, durch Fußnoten an den betreffenden Stellen auf die Anmerkungen am unteren Rand des Karteiblattes hinzuweisen.

Zu 2.2:

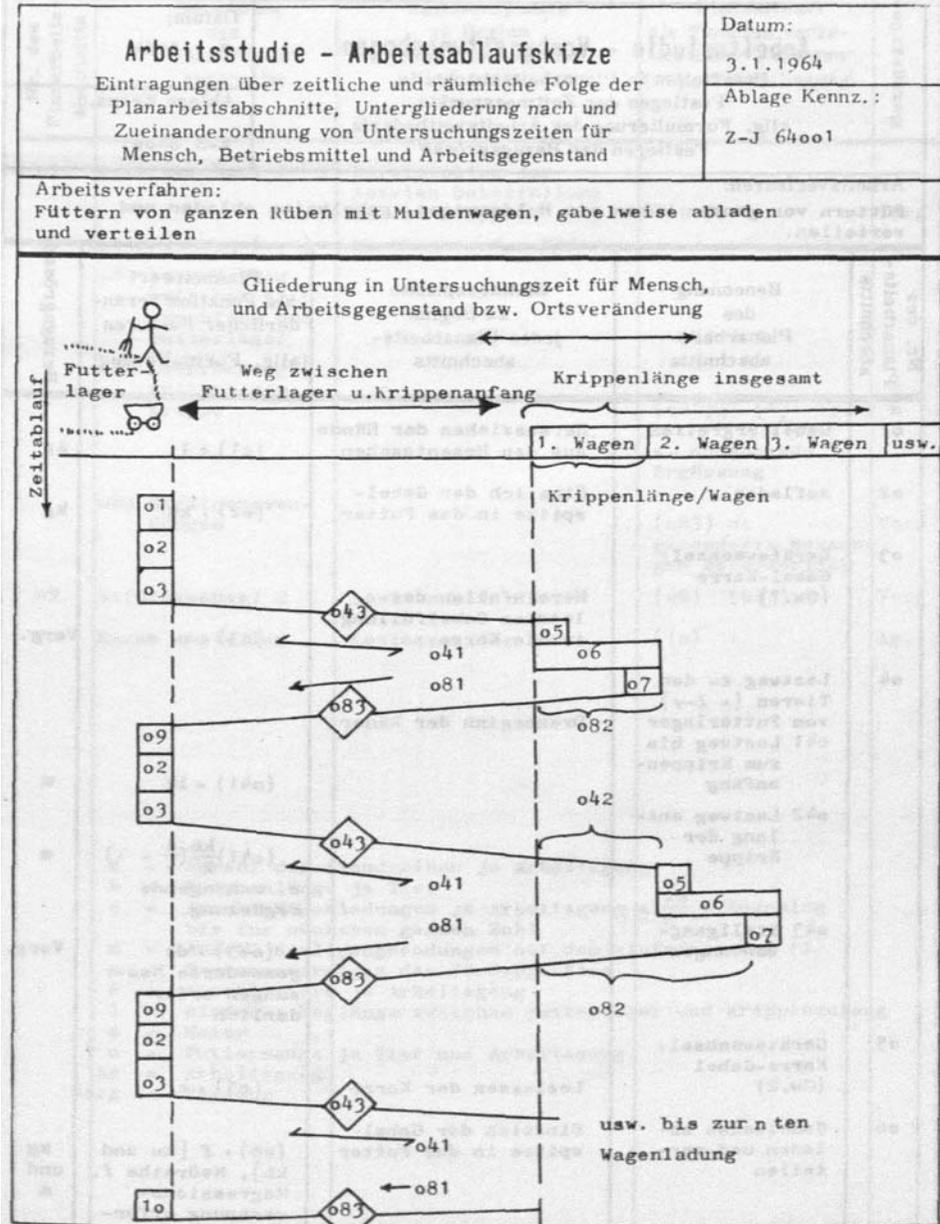
Verwertung der Zeitstudie:

Synthese aus vorhandenen Planzeitwerten zu Arbeitsvorgangsmodellen.

Nachdem auf dem Karteiblatt gültige Werte für die einzelnen Planarbeitsabschnitte gewonnen wurden, ist der Weg frei, die auf dem Vorbereitungsbogen (Anlage 2) verzeichneten allgemein

formulierten "Planzeitwerte" durch bestimmte Zahlen zu ersetzen. Andererseits kann der aus dem Ist-Zustand durch ständige Kritik abgeleitete Arbeitsablauf in seiner allgemeingültigen mathematischen Formulierung für den Zweck der Kalkulation zum Arbeitsvorgangsmodell benutzt werden. In diesem Sinn sollten die **Sammelbögen** (Anlage 8) benutzt werden. Ihre Zusammenfassung geschieht durch Summenbildung auf den **Ergebnisbögen** (Anlage 10). Der beigefügte **Sortierbogen** (Anlage 9) erleichtert nach unserer Erfahrung diese Summenbildung. Unerlässlich ist in jedem Fall eine sehr genaue Beschreibung des Modelles auf dem Beschreibungsbogen (Anlage 7) und durch die Angaben über die einzelnen Planarbeitsabschnitte auf dem Sammelbogen (Anlage 8).

Die Endformel ist ein umfassender und allgemeingültiger Ausdruck für den Arbeitszeitbedarf, aus dem je nach Anwendungszweck jeder mögliche Wert errechnet werden kann. Auf der **Rechen tafel** (Anlage 11) ist schließlich ein Beispiel gegeben, wie man aus der Formel eine leicht und schnell zu handhabende Rechenhilfe aufbereiten und damit der Anwendung in der praktischen Kalkulationsarbeit zuführen kann (7). Dem gleichen Zwecke können nomographische Darstellungen dienen (4).



Anlage 2.1

Arbeitsstudie - Vorbereitungsbogen			Datum: 3.1.1964	
Unterteilen in Planarbeitsabschnitte, Festlegen der Zeitmesspunkte, allg. Formulierung des Arbeitszeitbedarfs, Festlegen der Bezugsgrösse			Ablage Kennz.: Z-J 64001	
Arbeitsverfahren: Füttern von ganzen Rüben mit Muldenwagen, gabelweise abladen und verteilen.				
Nr. des Planarbeitsabschnitts	Benennung des Planarbeitsabschnitts	Zeitmesspunkte zu Beginn jedes Planarbeitsabschnitts	Planzeitwert als Funktion veränderlicher Faktoren (allg. Formulierung)	Bezugsgrösse
o1	Gabel ergreifen	Herausziehen der Hände aus den Hosentaschen	(o1) • 1	Ag
o2	Aufladen	Einstich der Gabelspitze in das Futter	(o2) • ku	kg
o3	Gerätewechsel: Gabel-Karre (Gw.1)	Hereinfallen der letzten Gabelfüllung in die Karre	(o3) • c	Vorg.
o4	Lastweg zu den Tieren (= L) vom Futterlager	Drehbeginn der Räder	(o4) • 1c	m
	o41 Lastweg bis zum Krippenanfang		(o41) $\frac{kb}{2} (\frac{c}{a} - 1)$	m
	o42 Lastweg entlang der Krippe		s. anhängende Ergänzung	
	o43 Stallgangwendungen		(o43) • dc gesonderte Messungen erforderlich	Vorg.
o5	Gerätewechsel: Karre-Gabel (Gw.2)	Loslassen der Karre	(o5) • c	
o6	Gabelweise abladen und verteilen	Einstich der Gabelspitze in das Futter	(o6) • f [ku und kb], Meßreihe f. Regressionsrechnung erforderlich	kg und m

Anlage 2.2

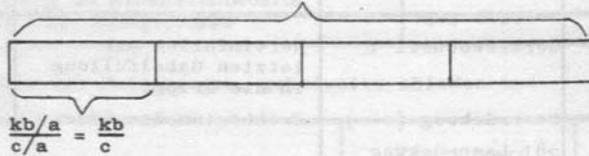
Nr. des Planarbeitsabschnitts	Benennung des Planarbeitsabschnitts	Zeitmesspunkte zu Beginn jedes Planarbeitsabschnitts	Planzeitwert als Funktion veränderlicher Faktoren (allg. Formulierung)	Bezugsgrösse
o7	Gerätewechsel 1	Hereinfallen der letzten Gabelfüllung in die Krippe	(o7) c	Vorg
o8	Leerrückweg ()	Drehbeginn der Räder	(o8) 1c	
	o81 Leerrückweg zwischen Krippenanfang und Futterlager		(o81) $\frac{kb}{2} (\frac{c}{a} + 1)$	m
	o82 Leerrückweg entlang der Krippe		s. anhängende Ergänzung	
	o83 Stallgangwendungen		(o83) dc gesonderte Messungen erforderlich	Vorg
o9	Gerätewechsel 2	Loslassen der Karre	(o9) (c-1)	Vorg
10	Karre abstellen	Loslassen der Karre	(10) 1	Ag.

a = Anzahl der Standreihen je Arbeitsgang
 b = Krippenlänge je Tier
 c = Anzahl Wagerladungen je Arbeitsgang = $\frac{ku}{g} + \text{Zuschlag}$ bis zur nächsten ganzen Zahl
 d = Anzahl Stallgangwendungen auf dem einfachen Weg (i)
 g = Fassungsvermögen des Fördergerätes
 k = Anzahl Tiere je Arbeitsgang
 l = einfache Weglänge zwischen Futterlager und Krippenanfang
 m = Meter
 u = Futtermenge je Tier und Arbeitsgang
 Ag = Arbeitsgang
 Vorg = Vorgang

1. Ergänzung zum Vorbereitungsbogen Z - I 64001

Betr. 042

1. Standreihe = kb/a



1) Der Lastweg entlang der Krippe einer Standbreite entspricht einer arithmetischen Reihe erster Ordnung (konst. Differenz) nach folgendem Muster:

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n$$

Die Summe aller n Glieder

$$S_n \text{ ist gleich } \frac{x_1 + x_n}{2} n$$

In unserem Falle ist $x_1 = 0$

$$x_2 = 1 \frac{kb}{c}$$

$$x_3 = 2 \frac{kb}{c}$$

$$x_n = (n - 1) \frac{kb}{c}$$

da $n = \frac{c}{a}$, folgt $x_n = (\frac{c}{a} - 1) \frac{kb}{c}$

Daher ist

$$S_n = \frac{0 + (\frac{c}{a} - 1) \frac{kb}{c}}{2} \frac{c}{a}$$

$$= \frac{kb}{2a} (\frac{c}{a} - 1)$$

2) Der Lastweg entlang der Krippe an a Standreihen

ist demnach $S_n \cdot a = \frac{kb}{2a} \cdot a \cdot (\frac{c}{a} - 1) = \frac{kb}{2} (\frac{c}{a} - 1)$

2. Ergänzung zum Vorbereitungsbogen Z - I 64001

Betr. 082

Auch bei diesem Planarbeitsabschnitt handelt es sich um eine arithmetische Reihe erster Ordnung (s. dazu vorige Seite).

Dabei ist jedoch erforderlich

$$x_1 = 1 \frac{kb}{c}$$

$$x_2 = 2 \frac{kb}{c}$$

$$x_3 = 3 \frac{kb}{c}$$

$$x_n = n \frac{kb}{c}$$

da $n = \frac{c}{a}$, folgt $x_n = \frac{c}{a} \cdot \frac{kb}{c}$

Daher ist

$$S_n = \frac{\frac{kb}{c} + \frac{c}{a} \cdot \frac{kb}{c}}{2} \cdot \frac{c}{a}$$

$$= \frac{kb}{2a} (\frac{c}{a} + 1)$$

Der Leerweg entlang der Krippe an a Standreihen ist demnach

$$S_n \cdot a = \frac{kb}{2a} (\frac{c}{a} + 1) \cdot a = \frac{kb}{2} (\frac{c}{a} + 1)$$

Arbeitsstudie - Erhebung

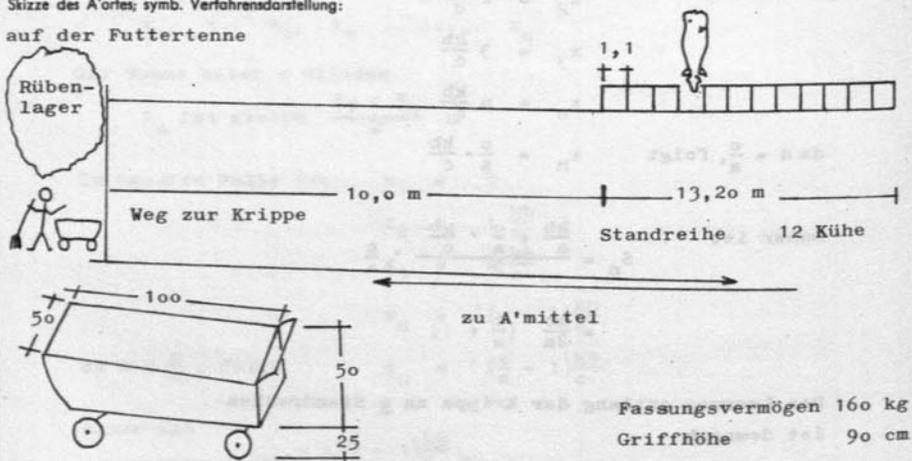
Datum: 4.1.1964

Nr. Z-I 64001

Zeitstudie (Arbeitsbeobachtung) zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs des Arbeitsganges Rübenfüttern beim Arbeitsverfahren: Füttern von ganzen Rüben mit Muldenwagen, gabelweise abladen und verteilen

A'zweck: Kühe füttern mit Futterrüben	Beob.-Zeit: 6.30 - 6.45 Uhr
A'gegenstand: Futterrüben "Rote Eckendorfer Riesen" unzerkleinert	Betrieb: Lindenmühle
A'ergebnis: 12 Kühe gefüttert 40 kg/Tier und Fütterung in 15,6 min. AZ a.O.	in: Bad Kreuznach, Höhe über NN m
	Wetter:
	Temperatur außen: 10 °C, innen 21 °C
	rel. Luftfeuchtigkeit: 80 %
	Letzter Niederschlag am: mm
	Wind aus: , Stärke:
	Barometerstand: mm

Skizze des A'ortes; symb. Verfahrensdarstellung auf der Futterterrasse



A'ort: Kuhstall, Futtertisch Halsrahmenanbindung	A'personen: 1 Melker, 35 Jahre 180 cm, 85 kg, Tariflohn
	Zugkräfte/Motore:
A'platzverhältnisse: ebene Betonfahrbahn keine Stallgangwendungen, Beleuchtung durch Leuchtstoffröhren, gut gelüfteter Raum	A'mittel: Rübengabel, 6 Zinken mit Kuppen, Gesamtlänge 120 cm, D-Griff, 2,2 kg, Zinkenlänge 40 cm, pro Hub 7,6 kg, Vierradwagen

A'=Arbeit

Beschreibung (a) und Beurteilung (b) des A'verfahrens; Anweisungen, Bemerkungen (c):

- a) Aufladen der Rüben (21 Gabelhübe/Wagenladung = 160 kg) am Rübenlager, dann Beförderung der Rüben im aufgesetzten Kasten des Vierradwagens zu den jeweils zu fütternden Tieren. Dort gabelweise abladen und verteilen (= 160 kg/4,4 m).
- b) Flotte, zügige Arbeit bei zweckmäßiger Arbeitsdurchführung

Aufgenommen: _____ Ausgewertet: _____ Reinschrift: _____

Zeitnahme

Seite 1

Anlage 4

zum Erhebungsbogen Nr. Z-I 64001 Datum 4.1.1964

Beginn 6.30 Uhr

Ende 6.45 Uhr

Angaben zum Umfang d. Ereign. Fortschrittsz. Differenzzeit Aufladen Gw. 1 Gw. 2 A + V Restliche Zeiten Z / Einheit übertragen nach A-J:

Ereignis	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
1 Gabel ergreifen	1 Vorg	o	3									3	3 59001
2 Aufladen (=A)	21 Gab	3	175		175								
3 Gerätewechsel:													
4 Gabel/Karre(Gw1)	1 Vorg	178	6			6							
5 Lastweg zu d.Tie-													
6 ren (= ←)	10 m	184	15							15	150	62003	
7 Gerätewechsel:													
8 Karre/Gabel(Gw2)	1 Vorg	199	4				4						
9 Gabelweise abladen	1 Wag.												
10 u. verteilen (=A+V)	4 Kühe	203	205				205						
11 Gw. 1	1 Vorg	408	5			5							
12 Leerrückweg (= →)	14,4 m	413	18							18	125	62001	
13 Gw. 2	1 Vorg	431	6				6						
14 A	21 Gab	437	173		173								
15 Gw. 1	1 Vorg	610	4			4							
16 ←	14,4 m	614	21							21	146	62003	
17 Gw. 2	1 Vorg	635	4				4						
18 A + V	1 Wag	639	212				212						
19 Gw. 1	1 Vorg	851	5			5							
20 →	18,8 m	856	24							24	128	62001	
21 Gw. 2	1 Vorg	880	4				4						
22 A	21 Gab	884	170		170								
23 Gabeln auf Karre	1 Vorg	1054	4							4			
24 Nase putzen	-	1058	215							215			
25 Karre ergreifen	1 Vorg	1273	4							4			
26 ←	18,8 m	1277	27							27	144	62003	
27 Gw. 2	1 Vorg	1304	5				5						
28 A + V	1 Wag	1309	208				208						
29 Gw. 1	1 Vorg	1517	6			6							
30 →	23,2 m	1523	30							30	126	62001	
31 Karre abstellen	1 Vorg	1553	3							3	3	59003	
32 Sa-Zeiten		1556	1556		518	26	23	625				364	
33 Sa-Einheiten					63 Gab	5 Vorg	5 Vorg	11 Gab					
34 n					3	5	5	3					
35 Zeit/Einheit					822	5,2	4,6	208,35					
Übertragen nach					A-I	A-I	A-I	A-I					

Zeitnahme

Seite 1

Anlage 5

zum Erhebungsbogen Nr. Z-I 64010 Datum 3.4.-5.4.64

3.4.64
Beginn 7.20 Uhr

Ende 5.4.64
8.30 Uhr

Angaben zum Umfang d. Ereignisses oder d. A. Ergebnisse 3.4.64 vorm. 3.4.64 nachm. 4.4.64 vorm. 4.4.64 nachm. 5.4.64 vorm. 5.4.64 nachm. Sa-Zeiten Sa-Einheit n Zeit/Einheit übertragen nach A-J:

Ereignis	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
1 Gabel ergreifen	S.Z. 2	3	4	2	3	3	3					18	
2 [Vorg.]	↳	1	1	1	1	1	1					6	6 300 5900
3													
4 Aufladen	S.Z. 56	173	170	175	172	174	171			1035			
5 [Gabeln]	↳	21	21	21	21	21	21					126	6 822 59017
6 [kg]	↳	160	160	160	160	160	160					960	6 108 "
7													
8 Gerätewechsel:													
9 Gabel/Karre(Gw1)	S.Z. 10	6	4	4	5	6	5			30			
10 [Vorgang]	↳	1	1	1	1	1	1					6	6 500 59002
11													
12 Lastweg zu d.Tie-	S.Z. 13	14		20			21			55			
13 ren (= ←) [m]	↳	10		14			15					39	3 141 62003
14 [min]	↳			31		30	35					96	
15	↳			22		21	24					67	3 143 62003
16													
17 Gerätewechsel:													
18 Karre/Gabel(Gw2)	S.Z. 19	5	4	4	6	4	5			28			
19 [Vorgang]	↳	1	1	1	1	1	1					6	6 467 59002
20													
21 Gabelweise abla-													
22 den u. verteilen													
23 (=A + V)	S.Z. 23	208	205	212	210	206	208			1249			
24 [1 Wagen/4 Kühe]	↳	1	1	1	1	1	1					6	6 208,2 59017
25													
26 Leerrückweg(=)	S.Z. 26	21		25			27			73			
27 [m]	↳	14		18			19					51	3 143 62001
28 [min]	↳			37		35	40					112	
29 [m]	↳			26		25	28					79	3 142 62001
30													
31													
32													
33 usw.													
34													
35													

Anlage 6		Lastweg zu den Tieren		Schieben des Wagens		Dimension: 1/100		min.							
A-I 64008		ebene, griffige Betonbahn, gerader Weg,		luftbereifter Vierradwagen 100-200 kg Zuladung											
Quelle	Serie	Zeile	Spalte	n	Zeit je Anzahl Einheiten		Einheit (Bezugsgröße)	Zeit je Einheit (Bezugsgröße)				E x O			
					Zeit	Einheiten		Grenzwerte	arith. Mittel F;G	Zentralwert L	Häufigkeitswert M		stat. Sicherh. N	gültiger Mittelwert aus K,L,M	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q
1	Z-I	64001	1	6	m	1	15	10,0	m	-	1,500	-	1,500	1,500	1,500
2	"	"	1	16	m	1	21	14,4	m	-	1,458	-	1,458	1,458	1,458
3	"	"	1	26	m	1	27	18,8	m	-	1,431	-	1,431	1,431	1,431
4	Z-I	64003	1	13	m	3	45	30,0	m	1,6-1,4	1,500 ²⁾	1,6-1,4	1,500	1,500	1,500
5	Z-I	64011	2	23	m	6	87	60,0	m	1,5-1,3	1,450	1,5-1,3	1,450	1,450	1,450
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13							Summe:	12							17,589
14							(gewogenes Mittel)								1,466

(Summe der Spalte P dividiert durch Summe der Spalte E).

Anmerkungen: 1) n = Anzahl der Messungen
2) leichte Krümmung in der Fahrbahn

<h3>Arbeitsstudie - Beschreibungsbogen</h3> <p>über Arbeitszweck, Arbeitsablauf, Arbeitsverfahren, Arbeitsgegenstand, Arbeitsort und -platz (Skizze), Arbeitsperson, Arbeitsmittel, unterstellte Bedingungen, Zeichenerklärung u. a.</p>	Datum: 2.3.1964
	Ablage Kennz.: RH

Arbeitsverfahren: Rübenfüttern mit Muldenwagen: unzerkleinerte Rüben, gabelweise abladen und verteilen

Rübenfüttern an Rindvieh, Aufladen der Massenrüben mit 6-zinkiger Rübengabel vom ebenerdigen Futterhaufen. Beförderung mit Vierradmuldenwagen (luftbereift, Griffhöhe 90 cm, Muldenoberkante 80 cm, Fassungsvermögen bis zu 3 dz) über ebene, trittsichere Betonbahn, gabelweise abladen und verteilen in die Krippe, Tiefkrippe, Futtertisch 1,20 m breit, Kurzstand mit entsprechender Anbindung. Männliche, zur Normalleistung fähige Arbeitsperson.

```

graph TD
    FL[Futterlager] --> SW{Stallgangwendung}
    SW --> S1[1. Standreihe]
    SW --> S2[2. Standreihe]
    SW --> S3[3. Standreihe]
    SW --> S4[4. Standreihe]
  
```

a = Anzahl der Standreihen je Arbeitsgang
b = Krippenlänge je Tier
c = Anzahl Wagenladungen je Arbeitsgang = $\frac{ku}{g}$ + Zuschlag bis zur nächsten ganzen Zahl
d = Anzahl der Stallgangwendungen auf dem einfachen Weg (1)
g = Fassungsvermögen des Fördergerätes
k = Anzahl Tiere je Arbeitsgang
l = einfache Weglänge zwischen Futterlager und Krippenanfang
m = Meter
Ag = Arbeitsgang
u = Futtermenge je Tier und Arbeitsgang
Vorg. = Vorgang

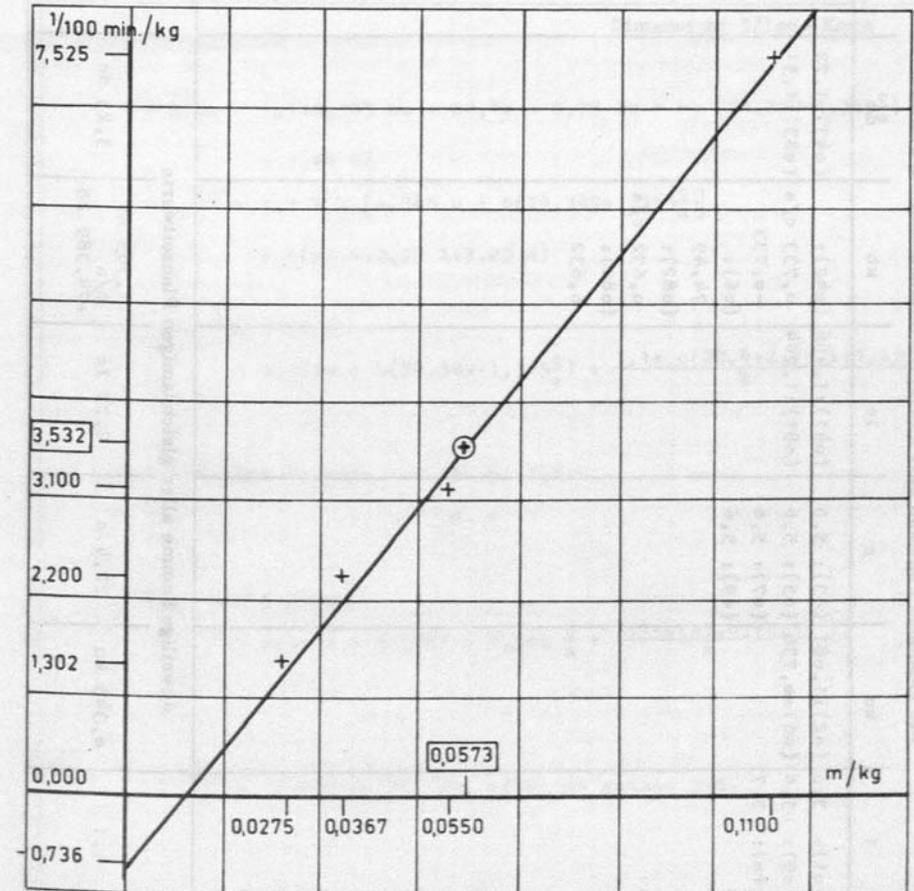
Anlage 8.1

Arbeitsstudie - Sammelbogen		Datum: 2.3.1964	
Zusammenstellung der Planarbeitsabschnitte und ihrer Planzeitwerte		Ablage Kennz.: RH	
Arbeitsverfahren: Rübenfüttern mit Muldenwagen, unzerkleinerte Rüben gabelweise abladen und verteilen			
Nr. des Planarbeits- abschnitts	Benennung des Planarbeitsabschnitts	Planzeitwert [1/100 min]	
		Quelle und Zeit je Einheit	Planzeitwert als Funktion veränder- licher Faktoren
o1	Gabel ergreifen	A-I 62005:3,000/Ag	3,0 · 1
o2	Aufladen	A-I 64006:1,081/kg	1,081 km
o3	Gerätewechsel: Gabel-Karre	A-I 63007:5,600/Vorg	5,6 c
o4	Lastweg zu den Tieren	o41 A-I 64008:1,466/m	1,466 1c
		o42 A-I 64008:1,466/m	$1,466 \frac{kb}{2} (\frac{c}{a} - 1)$
		o43 A-I 63005:1,72/Vorg	1,72 dc
o5	Gerätewechsel: Karre-Gabel	A-I 63008:5,600/Vorg	5,6 c
o6	Gabelweise abladen und verteilen	Regressionsrechnung aus A-I 64009: A-I 64031: A-I 64035: A-I 64039:	$74,49 kb -$ $0,736 ku$
o7	Gerätewechsel: Gabel-Karre	A-I 63007:5,600/Vorg	5,6 c
o8	Leerrückweg	o81 A-I 64010:1,264/m	1,264 1c
		o82 A-I 64010:1,264/m	$1,264 \frac{kb}{2} (\frac{c}{a} + 1)$
		o83 A-I 63006:1,51/Vorg	1,51 dc
o9	Gerätewechsel: Karre-Gabel	A-I 63008:5,600/Vorg	5,6 (c-1)
o10	Karre abstellen	A-I 62014:3,700/Ag	3,7 · 1

Anlage 8.2

Ergänzung zum Sammelbogen: Planzeitwert RH 06
gabelweise abladen und verteilen

A-I 64009	40 kg/Kuh	0,0275 m/kg	1,302	1/100 min/kg
A-I 64031	30 "	0,0365 "	2,200	"
A-I 64035	20 "	0,0550 "	3,100	"
A-I 64039	10 "	0,1100 "	7,525	"



Aufgrund der Messungen wird für den abgetasteten Bereich
eine lineare Funktion angenommen.

Arbeitsstudie - Sortierbogen Ordnen der Planzeitwerte nach gleicher Abhängigkeit von einem Faktor oder einer Faktorenkombination im Anschluss an Sammelbogen	Datum: 3.3.1964
Ablage Kennz.: RH	

Arbeitsverfahren: Rübenfüttern mit Muldenwagen, unzerkleinerte Rüben gabelweise abladen und verteilen.

Die einzelnen Faktoren oder Faktorenkombinationen	1/100 min	dc	kb	lc	c	ku	I	
		(043): 1,72 (083): 1,51	(042): 0,733 c/a -0,733 (06): 74,49 (082): 0,632 c/a (082): 0,632	(041): 1,466 (081): 1,264	(03): 5,6 (05): 5,6 (07): 5,6 (09): 5,6	(02): 1,081 (06): 0,736	(01): 3,0 (09): -5,6 (10): 3,7	
Jeweilige Summe aller gleichnamigen Planzeitwerte								
		3,23 dc	1,265 kb c/a +74,389 kb	2,73 lc	22,4 c	0,345 ku	1,1	

Arbeitsstudie - Ergebnisbogen Zusammenfassung des Arbeitszeitbedarfs aller Planzeitwerte zum Arbeitszeitbedarf des Arbeitsganges im Anschluss an Sortierbogen	Datum: 3.3.1964
Ablage Kennz.: RH	

Arbeitsverfahren: Rübenfüttern mit Muldenwagen, unzerkleinerte Rüben gabelweise abladen und verteilen

Dimension: 1/100 AKmin

$$\begin{aligned}
 Z/A'gang &= 1,1 + 0,345 ku + 22,4c + 2,73 lc + kb (74,389 + 1,365 \frac{c}{a}) \\
 &\quad + 3,23 dc \\
 &= 1,1 + k [0,345 u + b(74,389 + 1,365 \frac{c}{a})] \\
 &\quad + c(22,4 + 2,73 l + 3,23 d)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z/Tier \text{ und } A'gang \\
 &= 0,345u + b(74,389 + 1,365 \frac{c}{a}) + \frac{1,1 + c(22,4 + 2,73 l + 3,23 d)}{k}
 \end{aligned}$$

Vereinfachte Formel: $b = 1,1 m$
 $d = 1$

$$\begin{aligned}
 Z/Tier \text{ und } A'gang \\
 &= 0,345u + 81,828 + 1,502 \frac{c}{a} + \frac{1,1 + c(25,63 + 2,73 l)}{k}
 \end{aligned}$$

$$c = \frac{ku}{g} + \text{Zuschlag bis zur nächsten ganzen Zahl}$$

Rechentafel

Arbeitsverfahren RH: Rübenfüttern mit Muldenwagen: unzerkleinerte Rüben gabelweise abladen und verteilen.

Geltungsbereich: Rindvieh-Anbindeställe mit einreihiger oder zweireihiger Aufstellung am gemeinsamen Futtertisch oder Mistgang. Futtertisch 1,20 m breit, Tiefkrippe. Kurzstand mit entsprechender Anbindung.

Verfahrensbeschreibung: Rübenfüttern an Rindvieh; Aufladen der Massenrüben mit 6-zinkiger Rübengabel vom ebenerdigen Futterhaufen; Beförderung mit Vierrad-Muldenwagen (luftbereift, Griffhöhe 90 cm, Muldenoberkante 80 cm, Fassungsvermögen bis zu 300 kg) über ebene, trittsichere Betonbahn, gabelweise abladen und verteilen in die Krippe; männliche, zur Normalleistung fähige Arbeitspersonen.

Arbeitszeitbedarf/Tier x Fütterung 1/100 AKmin
= Summe der Werte I + II + III:

kg/Wagen	Futtermenge kg/Kuh x Fütterung	Wert: 1 2 3 4 Stand- reihen	I			II	III
			Tierzahl insgesamt			je 10 m Weg- länge	je Stall- gang- wen- dung
			5	10	20		
			10	20	40		
			15	30	60		
			20	40	80		
						1)	2)
100	10		88,32	89,07	90,57	2,73	0,32
	20		94,76	96,26	99,26	5,46	0,65
	30		101,20	103,45	107,95	8,19	0,97
150	10		87,32	87,83	88,83	1,82	0,22
	20		92,76	93,78	95,78	3,64	0,43
	30		98,20	99,73	102,73	5,46	0,65
200	10		86,83	87,20	87,95	1,37	0,16
	20		91,78	92,52	94,02	2,73	0,32
	30		96,73	97,84	100,09	4,10	0,48

- 1) Einfacher Weg zwischen Futterlager und Krippenanfang
- 2) Anzahl der Wendungen auf dem einfachen Weg

Anwendungsbeispiel:

Faktoren: 2 Standreihen; 40 Tiere; 150 kg/Wagen; 30 kg/Kuh x Fütterung; 15 m Weg; 1 Stallgangwendung

Rechengang:

Wert I : 2 Standreihen, 40 Tiere- 102,73
 Wert II : Spalte II - 150 kg/Wagen 5,46/10 m x 15 m= 8,19
 Wert III: Spalte III - 30 kg/Kuh 0,65/Wdg. x 1 Wdg= 0,65
Arbeitszeitbedarf/Tier x Fütterung [1/100 AKmin] = Summe = 111,57
 =====

Anleitung und Beispiel

zur Benutzung der Rechentafel

Faktoren: 2 Standreihen ; 40 Tiere; 150 kg/Wagen
 30 kg/Kuh x Fütterung; 15 m Weg; 1 Stallgangwendung

Rechengang:

Für Wert I: a) Suche im Tabellenkopf "2 Standreihen",
 gehe nach rechts bis zu "40 Tieren"
 und bestimme die Eingangs-Spalte → .
 b) Suche in der Spalte "kg/Wagen" die Zeilen-
 gruppe "150" und in der Spalte "Futtermenge"
 die zugehörige Zeile "30" als Eingangs-Zeile → .
 Im Schnittpunkt von Eingangs-Spalte und Ein-
 gangszelle lies als Ergebnis für Wert I
 ab: 102,73.

für Wert II: c) Im Schnittpunkt der Spalte "je 10 m Weglänge"
 und derselben Eingangs-Zeile wie unter b)
 als Ergebnis für Wert II ablesen: 5,46/10 m
 x 15 m = 8,19

für Wert III: d) Im Schnittpunkt der Spalte "je Stallgangwen-
 dung" und derselben Eingangs-Zeile wie un-
 ter b) als Ergebnis für Wert III ablesen:
 0,65/Stallgangwendung x 1 Stallgangwendung
 = 0,65

Arbeitszeitbedarf:

e) Zeit/Kuh x Fütterung = 102,73 + 8,19 + 0,65 =
 111,57 1/100 AKmin
 =====
 = 1,12 AKmin
 =====

Literaturverzeichnis

1. ALS Work Study Course. Lecture Notes. Agricultural Land Service
2. BIESALSKI, E. Terminologie der Landarbeitswissenschaft, Heft 32, Landarbeit und Technik. Hamburg und Berlin (1964)
3. FRASER, A.K. u. G.W. LUGG Work Study in Agriculture, Land Books Ltd. London (1962)
4. FLEISCHER, E. Arbeitszeitfunktionen und ihre nomographische Darstellung als Mittel zur Bestimmung des Arbeitszeitbedarfs, vorgeführt am Beispiel der Gülleausbringung in Tankwagen. Die Landarbeit 15, 8, 57-61 und 15, 9, 65-69 (1964)
5. GLASOW, W. Methoden des Arbeitsversuches. In: Methoden und Verfahren in der Landarbeitswissenschaft, Heft 21. Landarbeit und Technik S. 77-93, Bad Kreuznach (1956)
6. HAMMER, W. Anwendung von Arbeitsgang- und Stallmodellen bei der Bewertung der Stallarbeit. In: Methoden und Verfahren in der Landarbeitswissenschaft, Heft 21. Landarbeit und Technik S. 94-107, Bad Kreuznach (1956)
7. HAMMER, W. Vorausberechnung des arbeitswirtschaftlichen Erfolges von Verfahrens- und Gebäudeplanungen, Arbeitswissenschaft, 2, 5, 163-165 (1963)
8. HAMMERSCHMIDT, G.: REFA in der Landwirtschaft. Sonderheft der REFA-Nachrichten. (1964)
9. KRAUSE, V. Anleitung für Zeitstudien in der Landwirtschaft, Heft 34. Landarbeit und Technik, S. 45-84, Hamburg und Berlin (1964)
10. KRAUSE, V. u. S. WASMUND Die Zeitstudie bei landwirtschaftlichen Arbeiten. Bad Kreuznach (1962)
11. MAUL, H. Methoden für die Ermittlung von Planzeitwerten. REFA-Nachrichten 18, 1, 1-16 (1965)
12. PREUSCHEN, G. u. V. KRAUSE Die wissenschaftliche Arbeitsstudie. Zentralblatt für Arbeitswissenschaft 15, Fachbericht Nr. 4, F 45-F 52 (1961)

13. REFA Das REFA-Buch, Band 1: Arbeitsgestaltung. München (1960)
14. REFA Das REFA-Buch, Band 2: Zeitvorgabe. München (1958)
15. REFA - MPI Vereinbarungen vom 7. September 1963. Deutsche Landw. Presse 87, 19, 187 (1964)
16. ROHMERT, W. u. K. SCHLAICH Arbeitsanalyse im Zeichen der technischen Entwicklung. Arbeitswissenschaft 6, 3, 75-81 (1967)
17. RÜHNER, J. Zur Methodik der Zeitstudie in der Landwirtschaft. In: Methoden und Verfahren in der Landarbeitswissenschaft, S. 26-76, Heft 21. Landarbeit und Technik, Bad Kreuznach (1956)
18. SCHMIDTKE, H. u. F. STIER Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe aus Elementarbewegungen. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 822 (1960)

Zeitstudien an festem Arbeitsplatz bei kurz dauernden sich ständig wiederholenden Arbeitsvorgängen

Dargestellt am Pikieren von Sämlingen in Handkisten

M. Herb

Während Arbeitsstudien in Industrie und Gewerbe vorwiegend die Arbeitsbewertung und letzten Endes die Entlohnung zum Ziele hatten, stand in Landwirtschaft und Gartenbau die Gewinnung von Kalkulations- und Planungsdaten im Vordergrund. In allen Fällen spielte die Arbeitsgestaltung eine erhebliche Rolle, mit dem Ziel, den Arbeitszeitaufwand zu verkürzen, die Arbeit dem Menschen anzupassen, den Arbeitsablauf und den Arbeitsplatz zu verbessern. Dieser Untersuchungsbereich gewinnt steigende Bedeutung, zumal sich aus den erarbeiteten Ergebnissen die in zunehmendem Maße geforderten Planungsdaten in einer Form gewinnen lassen, die es erlaubt, sie für unterschiedlichste Planungsaufgaben einzusetzen.

Im Gartenbau gibt es eine ganze Reihe von Arbeiten, die, wie in der Industrie, an einem festen Arbeitsplatz verrichtet werden müssen, eine Folge von sich ständig wiederholenden Verrichtungen darstellen und sich vorwiegend im Griffbereich der Arbeitskraft abspielen. An Hand von Ergebnissen aus Arbeitsversuchen über das Pikieren von Sämlingen in Handkisten sollen Hinweise auf einige wesentliche Gesichtspunkte bei Anlage, Messung und Auswertung von Zeitstudien bei relativ kurz dauernden Einzelvorgängen gegeben werden, wobei besonders die Gewinnung von Planungsdaten und die Untersuchung von Einflußfaktoren von Bedeutung sind.

Beispiel Pikieren von Sämlingen in Handkisten.

Das Pikieren in Handkisten spielt im Gartenbau eine erhebliche Rolle. Diese Arbeit, die sich vorwiegend in sitzender Haltung am Arbeitstisch vollzieht, setzt sich aus mehreren Teilvorgängen zusammen, unter denen der eigentliche Pikiervorgang, das Einpflanzen des aus dem Saatgefäß entnommenen Sämlings, in alles überragender Häufigkeit auftritt. In Arbeitsversuchen wurden

daher einzelne Faktoren, die den Zeitbedarf beim Pikieren im wesentlichen beeinflussen näher untersucht (3, 4). Vorwiegend kommen dafür in Frage: Die Stellung der Pikierriste zur Arbeitsperson (AP), die Form des benutzten Handgerätes, der Einfluß des Wurzelumfanges und der Vorgang des Pikiierens selbst.

Aus den Untersuchungen ergab sich, daß die Stellung der Kiste zur AP bei kleineren Kisten (z.B. 50 x 30 cm) ohne Einfluß ist, während bei größerer Kiste (z.B. 60 x 40 cm) es günstiger ist, die Kiste mit der Schmalseite zur AP zu stellen und die Kiste im Verlauf der Arbeit einmal zu drehen. Beim Pikieren in Handkisten kann durch Benutzung eines flachen, spatelähnlichen, an Stelle eines runden Handgerätes rascher gearbeitet werden, da mit flachem Gerät das herzustellende Pflanzloch besser dem Umfang des Wurzelballens und der Länge der Wurzel angepaßt werden kann. Was den Umfang des Wurzelballens betrifft, so steigt der Zeitbedarf für das Pikieren mit steigendem Umfang desselben an, d.h. je früher pikiert wird, um so geringer der Zeitbedarf. Der Pikiervorgang selbst verläuft fast rhythmisch. Zeitbestimmend ist das Entnehmen der Sämlinge aus dem Saatgefäß bzw. einem Pflanzenbündel. Besonders aus dem letztgenannten Einflußfaktor ergibt sich, daß das Pikieren in Handkisten einen Endpunkt in der Anzucht von Jungpflanzen darstellen muß. Soll z.B. das Ziel der Vorkultur ein Topfballen sein, so ist auf das Pikieren in Handkisten zu verzichten. Es muß entweder das Saatverfahren verbessert werden, um direkt zu topfen, oder es ist gleich in die Töpfe o.ä. zu pikieren.

Zur Anlage und Planung der Zeitstudien.

Ein mit der Untersuchung einer derartigen Arbeit beauftragter Zeitnehmer wird bereits bei Planung und Anlage der Arbeitsstudie, sei es, daß sie im Betriebsablauf oder auch als Arbeitsversuch durchgeführt wird, vor Fragen mannigfacher Art gestellt. Er wird selbstverständlich bestrebt sein, die Arbeitsbedingungen so vollständig als möglich zu erfassen, um bereits hier in Frage kommende Faktoren, die den Zeitaufwand, den Arbeitsablauf usw. beeinflussen können festzuhalten und er wird mit Hilfe

einer Arbeitsbeobachtung und der Beschreibung des Arbeitsablaufes versuchen, diesen zu charakterisieren.

Im Allgemeinen wird man einen Arbeitsvorgang so weit als möglich in seine Teilvorgänge oder Arbeitsabschnitte unterteilen. Beim Pikieren von Sämlingen in Handkisten werden beispielsweise die Teilvorgänge "pikierfertige Kiste auf den Tisch setzen", "Hinsetzen der AP auf den Arbeitsstuhl", "Pflanzen dem Saatgefäß entnehmen", "Aufstehen der AP vom Stuhl", "Wegbringen der fertigen Kiste" usw. getrennt erfaßt. Damit gewinnt man zunächst Einblick in die Bedeutung der einzelnen Vorgänge und kann sie im Rahmen der gesamten Arbeit beurteilen. Man wird feststellen, daß die genannten Teilvorgänge, mit Ausnahme des Kistentransportes zum Aufstellort, der spezieller Untersuchungen bedarf, zeitlich gesehen eine relativ geringe Rolle spielen. Sie treten in zu geringer Häufigkeit auf, als daß sie, aus einer Einzelstudie entnommen, einen repräsentativen Wert darstellen, geschweige denn zu Planungsdaten verarbeitet werden können.

Bei Planung einer Zeitstudie ist die Lage der Zeitmeßpunkte, d.h. der Momente, in denen das Meßgerät betätigt wird, von außerordentlicher Bedeutung und in jedem Falle genau festzuhalten. Sie sind die Trennpunkte zweier Arbeitsabschnitte und bestimmen somit den Inhalt derselben. Sie sind oft nur schwierig festzulegen, besonders dann, wenn, wie im genannten Falle die einzelnen Vorgänge sehr rasch aufeinander folgen und/oder der Moment nicht klar erkannt werden kann. Von Ausnahmen abgesehen, die vorwiegend in der Bedeutung des Untersuchungsgegenstandes oder in der Versuchsanstellung liegen, sind bei Festlegung der Zeitmeßpunkte die kausalen Zusammenhänge innerhalb des Arbeitsablaufes zu berücksichtigen. In den seltensten Fällen ist die Bezeichnung eines Zeitmeßpunktes identisch mit der Bezeichnung eines Arbeitsvorganges. Beim Teilvorgang "pikierfertige Kiste auf den Tisch setzen" ist beispielsweise als Zeitmeßpunkt festzuhalten: Angreifen der Kiste. Für "Hinsetzen auf Stuhl" ist der Zeitmeßpunkt: Loslassen der auf dem Tisch befindlichen Kiste, d.h. der Zeitmeßpunkt für den Beginn des zweiten Vor-

ganges gleichzeitig das Ende des erstgenannten. Dies bedeutet, daß jeder Zeitmeßpunkt gleichzeitig Ende des vorhergehenden und Anfang des folgenden Arbeitsvorganges ist, mit Ausnahme des ersten bzw. letzten Punktes einer Zeitstudie.

Einzelzeit- oder Gruppenzeitmessung?

Für den Inhalt der zu messenden Teilvorgänge und für ihren späteren Ablauf ist die Planung einer Zeitstudie ausschlaggebend. Es ergeben sich aber besonders bei relativ kurz dauernden Vorgängen Probleme meßtechnischer Art. Man glaubte bisher diese Probleme auf verhältnismäßig einfache Weise lösen zu können, indem man die zu messenden Einheiten, hier Sämlinge, zu Gruppen zusammenfaßte und durch Bildung von Mittelwerten die Studien in der üblichen Weise auswertet (6).

Der Vorgang des Pikierens verläuft in sehr kurzer Zeit. Je nach Arbeitssituation oder Versuchsanstellung dauert er zwischen 3 und 10 Zentiminuten (cmin). Nimmt man als Durchschnittswert 6 cmin an, so hat ein Zeitnehmer innerhalb einer Minute rd. 17, bzw. in einer Stunde über 1000 Werte aufzunehmen. Bei Benutzung der üblichen Meßgeräte, Stoppuhr oder Zeitzähler, ist er bei solch rascher Zeitenfolge überfordert, denn er muß während der Zeitaufnahme nicht nur das Meßgerät betätigen. Er hat außerdem den im Moment ablaufenden Vorgang zu beobachten und zu vermerken, die dafür aufgewandte Zeit zu notieren, das Meßgerät zu neuer Messung in Nullstellung zu bringen und auch eventuell auftretende Besonderheiten oder Unregelmäßigkeiten gesondert zu erfassen. Eine gewisse Erleichterung und Vereinfachung tritt bei Arbeitsversuchen ein, da hierbei der Arbeitsablauf genau festgelegt ist und somit die Schreibtätigkeit des Zeitnehmers auf die Notierung der Einzelzeiten, auftretende Besonderheiten oder notwendig werdende Kennzeichnung beim Auftreten neuer Arbeitsvorgänge beschränkt werden kann. Für letzteres lassen sich Kurzzeichen verwenden, die von Fall zu Fall je nach Arbeitsvorgang gewählt werden können.

Dies alles kann jedoch nur Notbehelf sein. Bei fortlaufend auftretenden Zeitwerten zwischen 3 und 20 cmin, mit einer Konzen-

tration zwischen 4 und 8 cmin, ist entweder ein registrierendes o.ä. Zeitmeßgerät erforderlich, oder man muß auf die Aufnahme von Einzelzeiten verzichten und, wie bereits erwähnt, die zu messenden Einheiten z.B. in Gruppen zu 5 oder 10 Stück zusammenfassen. Dann kann nicht nur exakt gemessen, sondern auch genau und ausführlich registriert werden.

Im Falle des Pikierens von Sämlingen bedeutet dies, daß nicht die Zeit für jede einzelne Pflanze gemessen, sondern das Meßgerät jeweils erst nach der 5. bzw. 10. Pflanze zum festgelegten Zeitmeßpunkt betätigt wird. Welche Konsequenzen dies für die zu ermittelnden Kenndaten und deren Qualität hat, zeigt Übersicht 1, in der die Ergebnisse von Arbeitsversuchen zur Klärung der Frage der Kistenstellung zusammengestellt sind. Entstanden sind diese Daten dadurch, daß die aus Einzelmessungen gewonnenen Werte fortlaufend zu den entsprechenden Gruppen zusammengefaßt wurden. Die Einzelmessungen erfolgten mittels Tonbandgerät, ihre Auswertung über Zeitdrucker.

Übersicht 1: Veränderung von Mittelwert und Streubreite bei Einzelzeit- und Gruppenzeitmessung
Beispiel: Pikieren von Sämlingen in Handkisten, Einflußfaktor: Kistenstellung.

Messung in:	Ges.-zeit	Anzahl Einheiten	Mittelwerte						Streubreite			
			arithm.Mittel		Zentralwert		Dichtemittel		min. cmin	max. cmin		
			je Gr. 1) cmin	je Einh. 2) cmin	je Gr. 1) cmin	je Einh. 2) cmin	je Gr. 1) cmin	je Einh. 2) cmin				
<u>Kistenstellung</u>												
<u>länge</u>												
Einzelwerten	5677	1070	--	5,31	--	5,0	--	5,0	3,0	14,0		
Gruppen zu 5 Einheiten	5677	1070	26,53	5,31	26,0	5,2	25,0	5,0	19,0	37,0		
Gruppen zu 10 Einheiten	5677	1070	53,06	5,31	53,0	5,3	52,0	5,2	40,0	65,0		
<u>Kistenstellung</u>												
<u>quer</u>												
Einzelwerten	6186	1070	--	5,78	--	5,0	--	5,0	3,0	16,0		
Gruppen zu 5 Einheiten	6186	1070	28,9	5,78	29,0	5,8	28,0	5,6	20,0	41,0		
Gruppen zu 10 Einheiten	6186	1070	57,8	5,78	56,0	5,6	54,0 58,0	5,4 5,8	46,0	73,0		

1) je Gruppe, 2) je Einheit, cmin = 1/100 Min.

Übersicht 21. Veränderung der Kenndaten einer Zeitstudie bei Einzelzeit- und Gruppenzeitmessung¹⁾.
Beispiel: Pikieren von Sämlingen in Handkisten. Kistenstellung längs

Messung in:	Auswertung nach ¹⁾	Anzahl Meßwerte	rel. Abw. d. Mittelwertes v.H.	Dichtemittel		Anzahl Werte i. d. Meßwertskala	Zentralwert cmin	Stand. abw. cmin	Var. koeff. v.H.
				cmin	v.H.				
Einzelwerte Gruppen zu 5 Einheiten	1 Me/Am	1070	1,664	5,0	42,4	12	5,0	1,474	27,2
	2 Mi/Am	214	0,356	5,0	15,4	19	5,2	0,315	5,8
	3 Mi/Am	214	1,789	5,0	15,4	19	5,2	0,705	12,0
	4 Me/Am	214	1,779	25,0	15,4	19	26,0	1,575	29,1
	5 Me/Am	214	8,952	25,0	15,4	19	26,0	3,525	59,9
Gruppen zu 10 Einheiten	6 Mi/Am	107	0,176	5,2	10,3	26	5,3	0,156	2,9
	7 Mi/Am	107	1,768	5,2	10,3	26	5,3	0,494	9,1
	8 Me/Am	107	1,760	52,0	10,3	26	53,0	1,558	29,3
	9 Me/Am	107	17,810	52,0	10,3	26	53,0	4,963	91,0

1) Me = Meßwerte, Mi = Mittelwerte der Meßgruppen, An = Anzahl der Einheiten, Am = Anzahl der Meßwerte Gleichbleibend Anzahl der Einheiten n = 1.070 und arithm. Mittel 5,306

Die jeweilige Gesamtzeit und die Anzahl der Einheiten bleiben in allen drei Varianten der beiden Studien gleich. Die Anzahl der Meßwerte sinkt naturgemäß sehr rasch. Dies bedeutet aber, daß mit steigender Anzahl Einheiten je Gruppe um so mehr Einheiten aufgenommen werden müssen, damit bei der späteren Auswertung die erforderliche Anzahl Meßwerte erreicht wird. Die Zeitstudie dauert wesentlich länger umfaßt aber auch einen wesentlich größeren Teil des Arbeitstages und somit erheblich mehr Einflußfaktoren, besonders physiologischer Art, die u.U. bei der Erstellung von Kalkulationswerten von Bedeutung werden. Bei der Aufnahme von Einzelzeiten erhält man dagegen sehr rasch eine erhebliche Anzahl Meßwerte, die die notwendige statistische Masse liefern. Die Zeitstudie wird, wenn man die Arbeit im Tagesablauf betrachtet, fast punktförmig. Sie konzentriert sich nur auf einen kleinen Abschnitt des Arbeitstages und schließt somit wenig kontrollierbare Einflüsse nahezu aus. Dies hat für Untersuchungen mit spezieller Fragestellung, wie sie hier im Falle des Pikierens vorliegen unschätzbare Vorteile, da in relativ kurzer Zeit nicht nur ein Fragenkomplex bearbeitet, sondern auch innerhalb einer Versuchsreihe die Reihenfolge der Versuchsglieder mit vertretbarem Aufwand an Zeit usw. geändert werden kann. Bei diesen verhältnismäßig wenig Zeit in Anspruch nehmenden Studien sinken z.B. die Einflüsse der Tagesrhythmik oder die Beeinflussbarkeit der Zeiten durch die AP auf ein Minimum ab. Letzteres tritt besonders dann ein, wenn z.B. der Arbeitsablauf in einer gewissen Bewegungsrhythmik verläuft.

Zum besseren Verständnis sind in Übersicht 1 unter Vorwegnahme eines Teiles der Auswertung des weiteren die wichtigsten Mittelwerte verzeichnet. Diese verhalten sich auf die Einheit bezogen nicht gleichartig. Sie sollen zur Klärung der Frage Einzelzeit- oder Gruppenzeitmessung gewisse Anhaltspunkte liefern. Wesentlich ist jedoch die Streubreite. Sie zeigt den Meßbereich in den einzelnen Versuchsvarianten. Bezieht man vor allem das Dichtemittel, den am häufigsten gemessenen Zeitwert in die Betrachtung ein, dann liegt dieser bei der Messung von Einzelzeiten nur 2 cmin über dem Minimalwert von 3 cmin. Bei der

Messung in Gruppen zu 5 Einheiten beträgt der Unterschied 6 bzw. 8 cmin und bei der Messung in Gruppen zu 10 Einheiten 12 bzw. 8 oder 12 cmin. Bez. der letzten Variante mit dem Auftreten von zwei Dichtemitteln sei auf den Abschnitt über die Auswertung verwiesen.

Noch deutlicher werden die Schwierigkeiten und die Anforderungen an den Zeitnehmer, wenn man die Häufigkeit des als Meßwert auftretenden Dichtemittels ins Auge faßt (s.a. Übersicht 2). Im ersten Beispiel sind dies 42,2 v.H. der gesamten Meßwerte, oder 454 Einzelwerte mit einer Zeit von 2270 cmin. Diese mußten in rd. 40 v.H. der Gesamtzeit des Arbeitsvorganges aufgenommen werden. Berücksichtigt man dazu noch die Zeitwerte 4 und 6 cmin (24,0 und 17,3 v.H. der Anzahl Meßwerte), dann mußten in 77,6 v.H. der Gesamtzeit des Arbeitsvorganges 83,7 v.H. der Meßwerte aufgenommen werden. Man wird also bei Benutzung der gebräuchlichen Zeitmeßgeräte, Stoppuhr oder Zeitzähler wie bereits erwähnt, zur Gruppenzeitmessung greifen müssen und zur Messung von Einzelzeiten Spezialgeräte benutzen. Die Messung von Einzelzeiten wird man demnach nur dort anwenden wo es darum geht, spezielle Fragen zu klären, wie z.B. bei der Untersuchung von Einflußfaktoren und deren Bedeutung. Bei der Auswertung von Gruppenzeitmessungen sind einige Punkte beachtenswert, die zwar zunächst völlig klar erscheinen, im Verlauf der Auswertungsrechnungen aber immer wieder Zweifel an der Zuverlässigkeit der Ergebnisse aufkommen lassen.

Zur Auswertung der Zeitstudien.

Nach Abschluß einer Zeitstudie steht eine Vielzahl von Zeitwerten unterschiedlicher Zugehörigkeit zu einzelnen Arbeitsvorgängen oder Teilvorgängen zur Auswertung an. Sie werden zunächst geordnet, zusammengefaßt und dann die entsprechenden Teilzeiten errechnet, um einen Überblick über die Bedeutung der einzelnen Vorgänge zu bekommen (6). Die Zeitwerte des Arbeitsvorganges, der eigentlicher Gegenstand der Untersuchung war, werden einer dem Untersuchungsziel entsprechenden Auswertung unterzogen, wie z.B. hier der Vergleich unterschiedlicher Kistenstellung beim

Pikieren von Sämlingen in Handkisten.

Stammen die aufgenommenen Meßwerte aus einer Gruppenzeitmessung, so stellt sich zunächst die Frage, ob vor der weiteren Bearbeitung der Urwerte aus jedem einzelnen derselben das Gruppenmittel gebildet werden soll, um auf die Zeit je Einheit zu kommen, oder ob die statistische Verrechnung auch über die gemessenen Werte erfolgen kann. Als Maß für die statistische Sicherheit der Studie dient die relative Abweichung bzw. die relative Sicherheit des Mittelwertes (2) und zum Vergleich werden die Ergebnisse aus den Einzelzeitmessungen herangezogen. Zur Berechnung der relativen Abweichung des Mittelwertes ist weiterhin die Frage zu klären, ob von der Anzahl der gemessenen Einheiten, oder von der Anzahl der Meßwerte auszugehen ist. Für all diese Möglichkeiten wurden die Berechnungen durchgeführt und die Ergebnisse in Übersicht 2 zusammengestellt. Diese enthält auch die für die weitere Beurteilung der ermittelten Kenndaten notwendigen Werte.

Werden als Berechnungsbasis für die statistische Sicherheit der Zeitstudie die Gruppenmittelwerte verwandt, dann ergeben sich bei den Gruppen zu je 5 Einheiten als relative Abweichung des Mittelwertes 0,356 v.H. und 1,789 v.H. (Zeilen 2 und 3 in Übersicht 2), bei Gruppen zu 10 Einheiten Werte von 0,176 v.H. und 1,768 v.H. (Zeilen 6 und 7). Die beiden jeweils an zweiter Stelle genannten Werte kommen dem Vergleichswert von 1,664 v.H. sehr nahe. Die Berechnungsart über Gruppenmittel (M_i) und Anzahl der Meßwerte (A_m) führt jedoch, wie später darzulegen sein wird, zu falschen Ergebnissen bei der Ermittlung der Kenndaten. Die Studie selbst ist jedoch statistisch abgesichert. Die an erster Stelle genannten Werte 0,356 v.H. und 0,176 v.H. haben dann das gleiche Ergebnis wie die beiden Werte der Zeilen 3 und 7, wenn sie mit 5 bzw. 10 multipliziert werden. Dies bedeutet, daß bei Berechnung über das Gruppenmittel und die Anzahl der Einheiten (A_n) die Bildung von Gruppen, statistisch gesehen, als Klassenbildung aufgefaßt werden kann und auch in dieser Weise zu behandeln ist. Daraus ergibt sich aber eine erheblich vermehrte Rechenarbeit,

d.h. man kann sich die vorausgehende Bildung der Gruppenmittelwerte aus den gemessenen Urwerten ersparen und für die Berechnung der relativen Abweichung des Mittelwertes direkt der Meßwerte bedienen. Die Ergebnisse dieser Berechnungsweise zeigen in Übersicht 2 die Zeilen 4 und 5 bzw. 8 und 9. Während bei Berechnung über die Meßwerte (M_e) und die Anzahl der Einheiten wiederum dem Vergleichswert genäherte Ergebnisse erscheinen (Zeilen 4 bzw. 8), liegen die Ergebnisse der Berechnung über die Meßwerte und deren Anzahl wesentlich höher, bzw. es muß, um zu dem Vergleichswert genäherten Ergebnissen zu kommen mit 5 bzw. 10 dividiert werden. Auch hier gilt das weiter oben gesagte. Die Studie kann zwar statistisch abgesichert werden, doch sind die weiteren Aussagen über die Verwendbarkeit der Kenndaten wertlos.

Die geringe Differenz zwischen den relativen Abweichungen der Mittelwerte aus den Gruppenzeitmessungen und der Einzelzeitmessung deutet auf Unterschiede in den einzelnen Studien hin, die die Häufigkeitsverteilung der Meßwerte betrifft. Der am häufigsten gemessene Wert tritt bei Einzelzeitmessung mit einer Häufigkeit von 42,4 v.H. auf, bei der Messung von Gruppen zu 5 Einheiten noch mit einer Häufigkeit von 15,4 v.H. und bei Gruppen zu 10 Einheiten nur noch mit 10,3 v.H. Dies kann durch die wesentlich geringere Anzahl der Meßwerte bedingt sein, deutlicher wird es jedoch bei Betrachtung der Anzahl Werte, die die Meßwertskala bilden. Diese Meßwertskala läuft bei Einzelzeitmessung von 3 bis 14 cmin (s. Übersicht 1, Kistenstellung längs) und enthält 12 Werte, bei den Gruppen zu 5 Einheiten enthält sie 19 und bei den Gruppen zu 10 Einheiten 26 Werte. Durch die Bildung von Meßgruppen wird die Häufigkeitsverteilung auseinandergezogen und damit abgeflacht. Während bei den 5 Einheiten umfassenden Gruppen noch eine der Gauß'schen Verteilungskurve annähernd entsprechende Häufigkeitsverteilung erkennbar ist, ist dies bei den Gruppen zu 10 Einheiten nicht mehr der Fall und es ist hier durchaus möglich, daß zwei Werte in gleicher Häufigkeit auftreten (s. Übersicht 1, Kistenstellung quer). Dies legt den Verdacht nahe, daß eine Mischverteilung vorliegt, die eine besondere Bearbeitung notwendig machen würde, um die dadurch angezeigten unterschiedlich wirkenden Einflußfaktoren

zu trennen (1, 10). Dies ist jedoch keineswegs notwendig, da eine Mischverteilung nicht vorliegt.

Betrachtet man die Verteilungskurve der Einzelmessungen, angedeutet durch Streubreite und Dichtemittel, so zeigt sich deutlich, daß, wie weiter oben in anderem Zusammenhang dargelegt, 83,7 v.H. der gemessenen Zeiten die Werte 4, 5 und 6 cmin umfassen. Die Verteilungskurve ist nicht mehr symmetrisch, sondern deutlich nach links verschoben, mit einer alles überragenden Spitze des Wertes 5 cmin in einer Häufigkeit von 42,4 v.H. Eine Studie mit solcher Häufigkeitsverteilung ist jedoch nicht nach numerisch-normaler, sondern nach logarithmisch-normaler Verteilung auszuwerten (1, 2, 10). Darauf wurde in diesem Falle jedoch verzichtet, um die Ergebnisse der einzelnen Versuchsvarianten vergleichbar zu halten, deren Verteilungskurven dieser Eigenschaft folgen. Zeitmessungen in Arbeitsstudien verteilen sich in den allermeisten Fällen logarithmisch-normal, besonders dann, wenn sich die Höhe der gemessenen Zeitwerte mehr und mehr dem Anfangspunkt der Skala nähert. Es ist in jedem Falle ratsam, besonders bei Studien mit speziellem Untersuchungsziel, z.B. Verfahrensvergleich, eine Prüfung der Häufigkeitsverteilung vorzunehmen, sofern diese bei Aufstellung der Strichliste nicht offensichtlich wird und die Meßwerte nicht aus Gruppenmessungen stammen. Liegt eine nach Gauß numerisch-normale Verteilung vor, sind arithmetisches Mittel, Zentralwert und Dichtemittel identisch. Ist jedoch der Zentralwert kleiner als das arithmetische Mittel und das Dichtemittel kleiner als der Zentralwert, liegt vermutlich eine logarithmisch-normale Verteilung vor und eine Prüfung ist angebracht. Im Verlauf einer solchen Prüfung lassen sich außerdem die sog. Ausreißerwerte beurteilen und Mischverteilungen erkennen. Auch die als Ergebnis einer solchen Untersuchung erforderlichen Kenndaten lassen sich unschwer ablesen.

Zur Ermittlung der Kenndaten.

Als Ergebnis einer Zeitstudie wird in den weitaus meisten Fällen ein Wert angestrebt, der stellvertretend für die Gesamtstudie

stehen, als Vergleichswert oder der Erstellung von Planungsdaten dienen soll. In Frage kommen dafür die in Übersicht 1 erwähnten Mittelwerte. Die Entscheidung darüber, welcher dieser Mittelwerte das Zahlenkollektiv repräsentieren soll, entfällt bei Vorliegen einer numerisch-normalen Verteilung, da in diesem Fall arithmetisches Mittel, Zentralwert und Dichtemittel identisch sind. Liegt jedoch eine Verteilung logarithmisch-normaler Art vor, dann unterscheiden sich diese Werte in der beschriebenen Weise. Das Dichtemittel ist zur Kennzeichnung einer Zahlenreihe in nur einem Kennwert, wie aus den beiden Übersichten hervorgeht, nur wenig geeignet. Das arithmetische Mittel wird vielfach als Kennwert benutzt, doch ist dies, wie aus den dargelegten Gründen hervorgeht nicht ganz exakt. Der Zentralwert ist dagegen für die Kennzeichnung einer Zahlenreihe in nur einem Wert durchaus geeignet, da jeweils 50 v.H. der gemessenen Zeitwerte über bzw. unter ihm liegen.

Die Angabe eines Mittelwertes als Kennzahl allein genügt jedoch nicht. Es ist vielmehr notwendig, zusätzlich eine Maßzahl anzugeben, die zeigt in welchem Umfang die gemessenen Werte um den Mittelwert streuen. Dieses Streuungsmaß charakterisiert die Zahlenreihe und erlaubt Vergleiche mit anderen gleichartigen Zahlenreihen bzw. Zeitstudien. Die Größe und Richtigkeit dieses Streuungsmaßes wird ebenfalls durch seine Berechnungsweise beeinflusst. Zur Demonstration wurde als Streuungsmaß die Standardabweichung gewählt. Ferner wurde für die einzelnen Messungen der Variationskoeffizient errechnet, um auch dessen durch die Berechnungsweise bedingte Veränderung zu zeigen. Beide Werte werden verhältnismäßig häufig zur Charakterisierung von Zahlenreihen benutzt, doch sei über ihre Eignung für Vergleiche von Zeitstudien auf die einschlägige Literatur verwiesen (z.B. 1, 2). Zum Vergleich dienen auch hier die Werte aus den Einzelzeitmessungen. Betrachtet man in Übersicht 2 zunächst die verschiedenen Werte der Standardabweichung, so fällt auf, daß in den beiden Gruppenkomplexen jeweils nur ein Wert dem Vergleichswert nahekommt (Zeilen 4 bzw. 8). Es liegen hier ähnliche Verhältnisse vor wie bei Berechnung der relativen Abweichungen der Mittelwerte. Die Standardabwei-

chungen der Zeilen 2 und 6, also die Berechnungen über Gruppenmittel und Anzahl der Einheiten, mit 5 bzw. 10 multipliziert, ergeben die Werte der Zeilen 4 bzw. 8. Es kann also auch bei diesem Berechnungsweg die Zusammenfassung der Einheiten zu Meßgruppen als Klasseneinteilung betrachtet werden. Die gleichen Verhältnisse zeigen sich auch bei den errechneten Variationskoeffizienten.

Die weiteren Werte, sowohl der Standardabweichungen als auch der Variationskoeffizienten fallen aus dem Rahmen. Sie zeigen zwar unter sich einen gewissen Zusammenhang, d.h. man erhält durch Division oder Multiplikation mit 5 oder 10 jeweils die entsprechenden gleichen Werte, sie nähern sich jedoch nicht den Werten aus den Einzelzeitmessungen. Die Berechnung der Kenndaten Standardabweichung und Variationskoeffizient über die Anzahl der Meßwerte führt zu falschen Ergebnissen und ist daher nicht angebracht. Die rascheste und einfachste Berechnungsweise führt über die gemessenen Werte der einzelnen Gruppen unter Verwendung der Anzahl der während der Untersuchung gemessenen Einheiten (Zeilen 4 und 8). Damit entsprechen die Kenndaten aus Gruppenzeitmessungen denen aus Einzelzeitmessungen. Es ist also nicht notwendig, wie bereits bei Berechnung der relativen Abweichungen der Mittelwerte ausgeführt, zunächst für jeden einzelnen Meßwert das Gruppenmittel zu bilden, sondern es können die Kenndaten direkt aus den Urwerten der Messungen ermittelt werden.

Zusammenfassung und Schlußfolgerung.

Bei der Zeitmessung relativ kurz dauernder Einzelvorgänge ergibt sich häufig die Notwendigkeit aus meßtechnischen o.a. Gründen die zu messenden Einheiten zu Gruppen zusammenzufassen. Es sollte dargelegt werden, in welcher Weise die aus solchen Untersuchungen ermittelten Kenndaten durch die Meß- bzw. Untersuchungsmethoden verändert werden und in wie weit die Ergebnisse zur Ermittlung von Einflußfaktoren und Erstellung von Plandaten geeignet sind.

Es ergab sich, daß Arbeitsabläufe bei Zeitmessungen unter Beachtung der kausalen Zusammenhänge so weit als möglich zu unterteilen sind, um bei der späteren Auswertung keine falschen Schlüsse zu ziehen. Im angeführten Beispiel über das Pikieren von Sämlingen in Handkisten wäre es angebracht, falls eine Einzelzeitmessung mit ihrem speziellen apparativen Aufwand nicht möglich ist, die zu messenden Einheiten in Gruppen zu höchstens drei Sämlingen zusammenzufassen. Es ergibt sich dann, bei einem Mittel von ca. 15 cmin ein Meßbereich von etwa 10 bis 30 cmin, der mit Stoppuhr und Zeitzähler gut zu bewältigen ist. Globalmessungen, d.h. Lage der Zeitmeßpunkte z.B. nur zu Anfang und zu Ende der gesamten Handkiste, woraus sich Meßgruppen zwischen 80 und 250 Einheiten ergeben würden, erscheinen äußerst gefährlich. Sie können zwar nur wenig abweichende Mittelwerte liefern, doch kann über Häufigkeitsverteilung, Streuung usw. und damit auch über die gesamte Messung eine gesicherte Aussage nicht gemacht werden. Sie sind mit Vorbehalt und bei Kenntnis der gesamten Verhältnisse für Kontrollmessungen geeignet.

Es ergab sich weiterhin, daß es notwendig ist, besonders bei Untersuchungen über die Wirksamkeit von Einflußfaktoren, die Meßreihen einer Häufigkeitsanalyse zu unterziehen, um klaren Einblick in die Verteilungsverhältnisse und damit Klarheit über die Einwirkung dieser und eventuell anderer Einflußfaktoren zu gewinnen.

An Stelle des meist verwandten arithmetischen Mittelwertes erscheint es günstiger, den Zentralwert als Kriterium einer Meßreihe zu verwenden, da zu beiden Seiten dieses Wertes jeweils 50 v.H. der Meßwerte liegen. Das arithmetische Mittel liegt je nach Häufigkeitsverteilung meist zu hoch. Zur Absicherung der Zeitstudien ist die relative Abweichung des Mittelwertes geeignet, während zur Kennzeichnung der Streuung und des relativen Wertes derselben Standardabweichung und Variationskoeffizient je nach Untersuchungszweck benutzt werden können.

Literaturverzeichnis

1. DAEVES, K. u. A. BECKEL Großzahlmethodik und Häufigkeitsanalyse. Weinheim/Bergstraße (1958)
2. EULER, H. Zeitstudien im Blickfeld der Statistik. Arbeit u. Leistung 19, 7, 125-139 (1965)
3. HERB, M. Arbeitsstudien beim Pikieren von Kopfsalat-Sämlingen in Handkisten I. Gemüse 1, S. 145-147 (1965)
4. HERB, M. Arbeitsstudien beim Pikieren von Kopfsalat-Sämlingen in Handkisten II. Gemüse 2, 10, S. 247-248 (1966)
5. HERB, M. Arbeitsplatz im Sitzen für exakt auszuführende Ordnungsarbeiten. Arbeitswissenschaft 6, 3, 87-88 (1967)
6. KRAUSE, V. Anleitung für Zeitstudien in der Landwirtschaft. Heft 34. Landarbeit und Technik, S. 45-84, Hamburg und Berlin (1964)
7. MAUL, H. Die Zeitstudie - eine statistische Stichprobe. Techn. Zentralblatt für praktische Metallbearbeitung 56, 7 (1962)
8. MAUL, H. Statistische Zeitstudienauswertung als Hilfsmittel für die Arbeitsgestaltung und Zeitvorgabe. Sonderheft der REFA-Nachrichten (1964)
9. MUDRA, A. Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Hamburg und Berlin (1958)
10. ROHRBERG, A. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeits- und Häufigkeitsnetze. Herausg. Carl Schleicher u. Schüll, Einbeck/Hann. (o. Jahr)

Verfahrensentwicklung
auf der Basis von Arbeitszeitstudienresultaten

W. Glasow

1. Begriffe und Methodik.

Ein Arbeitsverfahren ist nach der Kommission für arbeitswissenschaftliche Terminologie der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft "die Art der Erledigung einer Arbeitsaufgabe, vornehmlich gekennzeichnet durch die dazu benutzten Arbeitsmittel und Arbeitshilfsmittel" (3, S. 5). Nach BIESALSKI (1, S. 22) ist ein Arbeitsverfahren "eine durch Einsatz zweckbestimmter Arbeitsmittel und Arbeitshilfsmittel bedingte Organisationsform eines Arbeitsganges".

Danach ist ein Arbeitsverfahren die Art und Weise wie eine, einem bestimmten Zweck dienende Arbeit ausgeführt wird, mit der man ein gestecktes Ziel erreichen will. Nach RÖHNER (9) ist ein Arbeitsverfahren das Mittelglied in der Finalkette Zweck - Mittel - Ziel. Die Wahl der Mittel bleibt der freien Entscheidung des Menschen überlassen. Eine solche wird durch die Kenntnis der gegebenen Möglichkeiten erleichtert, insbesondere wenn diese nicht nur rein empirisch bekannt sind, sondern dafür Werte vorliegen, die sich auf Messungen beziehen und mit deren Hilfe eine genaue Kalkulation von Arbeitsabläufen für eine bestimmte Arbeitsaufgabe möglich wird. Solche Kalkulationsgrößen können mit Hilfe von Arbeitszeitstudien gewonnen werden. Als Maßstab dient dabei die Zeit, besser die Zeitdauer für die Erledigung einer bestimmten Arbeit oder der Arbeitsabschnitte aus denen sich diese zusammensetzt. Handelt es sich dabei um Rechengrößen wie sie für Arbeitsplanungen benutzt werden, bezeichnet man diese nach HAMMER (6) als *Planzeitwerte*. Diese geben dem-

nach den Zeitbedarfs (früher: Zeit für Arbeitselement) für einen *Planarbeitsabschnitt* (früher: Arbeitselement) an. Ein solcher wird begrenzt durch klar erkennbare Zäsuren, seinen Beginn und sein Ende und ist demnach eine in sich geschlossene Bewegung, Verrichtung etc., die sich klar vom vorausgehenden und folgenden Arbeitsabschnitt abhebt. Diese Zäsuren ermöglichen eine genaue Zeitnahme und damit Größenbestimmung des Abschnittes. Da es sich um einen in sich geschlossenen Arbeitsabschnitt handelt, unterliegt dieser - vorausgesetzt daß er nicht zu groß, aber auch nicht zu klein gewählt wird - dem Einfluß gleicher Faktoren. Damit ist ein Kausalzusammenhang zwischen der gemessenen Zeit, dem Zeitbedarf, und den auf diesen Einfluß nehmenden Faktoren gegeben. Dabei erübrigt sich jegliche subjektive Entscheidung, wie sie der zu schätzende Leistungsgrad oder das zu schätzende Merkmal bei den bekannten Systemen vorbestimmter Zeiten darstellen. Der Zusammenhang der auf ein bestimmtes Arbeitsziel ausgerichteten Bewegungen bleibt gewahrt. Soweit als möglich ist anzustreben, den für einen bestimmten Arbeitsabschnitt ermittelten Zeitbedarf auf eine maßstäbliche Einheit wie Meter, Kilogramm, Liter u.a.m. zu beziehen, wodurch die Anwendbarkeit solcher Rechengrößen vielfältiger und einfacher wird.

Die genaue Durchführung und Auswertung einer Zeitstudie ist von RÖHNER (9), KRAUSE (8) und in dieser Schrift von HAMMER an anderer Stelle eingehend beschrieben worden, so daß hier darauf nicht näher eingegangen zu werden braucht. Es sei an dieser Stelle nur noch darauf aufmerksam gemacht, daß diese von den genannten Autoren beschriebene Form der Zeitstudie, wie sie in unserem Institut in langjähriger Gemeinschaftsarbeit entwickelt wurde, mit dem Verband für Arbeitsstudien (REFA) abgesprochen wurde und für die Anwendung in der Landwirtschaft empfohlen wird (2).

Ergänzend zu den Ausführungen von HAMMER sei hier noch ganz besonders auf die Einrichtung und laufende Führung von Kar-

teilen zur Sammlung von Zeiten für Planarbeitsabschnitte (früher: Elemente-Kartei) hingewiesen. Auf dem bei HAMMER wiedergegebenen Karteiblattmuster werden alle unter gleichen Bedingungen (Faktoreinflüssen) erfaßten Zeiten einer bestimmten Verrichtung gesammelt, wobei diese Werte verschiedenen Zeitstudien entstammen können. Wichtig ist die genaue Beschreibung der Verrichtung, die Angabe des Beginns und Endes derselben (Zeitpunkte) und der Bedingungen die dabei gegeben waren. Auf diese Weise erhält man relativ schnell eine größere Masse von Werten für eine bestimmte Verrichtung und kann daraus, wie es HAMMER beschreibt, den Arbeitsbedarf für diese, den Soll-Zeitwert oder Planzeitwert, bilden. Bei ausreichend vorliegenden Werten kann das Karteiblatt abgeschlossen und die Sollzeit zum Standard erhoben werden. Damit bildet eine sorgfältig geführte Kartei die Grundlage für verschiedene Kalkulationen.

2. Zweck - Mittel - Ziel von Arbeitsverfahren.

Das übergeordnete Ziel der landwirtschaftlichen Produktion ist die Erzeugung von Ernährungsgütern. Um dieses Ziel zu verwirklichen muß der Landwirt eine Reihe verschiedener aufeinander folgender Arbeiten ausführen wie z.B. Pflügen, Eggen, Drillen, Hacken, Ernten. Diese Arbeiten können mit verschiedenen Verfahren erledigt werden. Mit jeder dieser Arbeiten wird ein bestimmter vorgestellter oder gewollter Zustand oder Vorgang bezweckt oder eingeleitet, um das Ziel, Nahrungsgüter bereitzustellen, zu erreichen. Die Arbeit und damit das Arbeitsverfahren und die dabei zum Einsatz kommenden technischen Hilfsmittel sind die Mittel mit denen der Zweck und letztendendes auch das Ziel erreicht werden soll. Will man ein neues Arbeitsverfahren, das etwas ganz bestimmtes bezweckt, entwickeln, muß man sich zunächst über die Notwendigkeit dieser Absicht Klarheit verschaffen. Es werden -

nicht nur in der Landwirtschaft - oft Arbeiten ausgeführt, deren Notwendigkeit durchaus infrage gestellt werden kann. Wird nach Prüfung der Zweck bejaht, muß zunächst eine Inventur aller bestehenden Verfahren, die heute zum Erreichen des gleichen Zweckes zum Einsatz kommen, folgen. Dies umso mehr, da die Entwicklung eines neuen Verfahrens eine Verbesserung gegenüber den bisher bekannten darstellen soll. Mit Hilfe von Zeitstudien, zunächst einfachen Arbeitsablaufstudien, bei denen aber bereits eine Zeitmessung erfolgen sollte, werden die einzelnen Arbeitsabschnitte aus denen sich das Arbeitsverfahren zusammensetzt ermittelt. Es folgt daran eine einfache Analyse mit anschließender kritischer Betrachtung. Die kritische Betrachtung der ermittelten Werte erlaubt eine Beurteilung des Verfahrens hinsichtlich seiner Zweckmäßigkeit und der logisch richtigen Folge der verschiedenen Arbeitsverrichtungen aus denen sich das ganze Verfahren zusammensetzt. Daraus ergibt sich nach HAMMER "das Entwickeln des Soll-Zustandes in Form von verbesserten Arbeitsverfahren oder Arbeitsabläufen als Ergebnis des Ist-Zustandes". Das Arbeitsverfahren wird um alle nicht ursächlich notwendigen Verrichtungen, Verlustzeiten etc. bereinigt, so daß man auch von einem bereinigten Arbeitsverfahren sprechen kann. Diese Entwicklung führt zu einem gezielten Ansatz des bereinigten Verfahrens, das nun mit einer genauen Arbeitszeitstudie untersucht wird. Das bereinigte Arbeitsverfahren enthält also hinsichtlich der dabei verwandten technischen Mittel keine Veränderungen. Die Analyse der Arbeitszeitstudie am bereinigten Verfahren führt zu Planzeitwerten, wie sie in der vorgenannten Kartei festgehalten werden.

Bei der Entwicklung oder der Verbesserung eines Verfahrens können solche Planzeitwerte als Rechengrößen benutzt werden, wenn im neuen oder zu verbessernden Verfahren gleiche Arbeiten oder Verrichtungen unter gleichen Bedingungen vorkommen. Gleichzeitig kann eine synthetische Zusammensetzung des untersuchten Verfahrens aus solchen Planzeitwerten der Kartei den

Vergleichsmaßstab für das neuentwickelte bzw. verbesserte Verfahren abgeben. Die Analyse und kritische Wertung der Ergebnisse von Arbeitszeitstudien solcher bereinigter Verfahren gibt aber auch Ansatzpunkte für Überlegungen, auf welche Weise durch Abänderung einzelner Arbeitsabschnitte, meist verbunden mit dem Einsatz anderer Arbeitsmittel, die oder das Verfahren geändert bzw. ein neues Verfahren entwickelt werden kann.

Der letzte Abschnitt läßt sich auch in die drei Fragen zusammenfassen, die man sich als Gedankenstütze bei der kritischen Wertung vorlegen sollte:

- a) nach der Notwendigkeit einer Arbeit:
Warum wird die Arbeit überhaupt gemacht?
- b) nach der Zweckmäßigkeit einer Arbeit:
Warum wird sie gerade so ausgeführt?
- c) nach der Verbesserungsmöglichkeit einer Arbeit:
Wie kann der Arbeitszweck besser erreicht werden?

3. Die Entwicklung eines neuen Arbeitsverfahrens, dargestellt an einem Beispiel.

31. Aufgabenstellung.

Der hohe Arbeitsbedarf bei der Handhabung einer beweglichen Feldberegnungsanlage, bestehend aus 6 m langen Schnellkupplungsrohren, verbunden mit einer hohen Arbeitsbelastung, sollte durch geeignete Maßnahmen vermindert werden.

32. Vorgehen bei der Lösung der gestellten Aufgabe.

Der Auf- und Abbau von beweglichen Beregnungsanlagen erfolgt

in der Regel durch zwei Personen. Eine Person fährt den Schlepper, der den Rohrwagen zieht, die zweite Person baut die Regnerleitung auf bzw. ab. Der Vorschub der Regnerleitung um ein bestimmtes Maß nach der Seite, um das ganze Feld zu beregnen, erfolgt in der Regel durch eine Person, die Rohr um Rohr aus der abgeregneten Rohrposition entkuppelt und einzeln in die neue Position vorträgt und hier zu einer neuen Leitung zusammenkuppelt. Teilweise arbeiten bei einem Vorschub auch zwei Personen zusammen, indem jeweils drei gekuppelte Rohre vorgetragen werden.

Sowohl beim Auf- und Abbau, wie auch beim Vorschub sind verschiedene Verfahren möglich, wie Auf- und Abbau durch Abziehen der Rohre vom Plattformwagen nach hinten bzw. von hinten auf den Wagen schieben. Die Arbeit kann auch nach der Seite erfolgen, wenn der Wagen mit Rohrtraggestellen ausgerüstet ist. Die Aufstellung der Regner im Rechteckverband bedingt eine andere Arbeitsweise als die Aufstellung der Regner im Dreiecksverband usw. Zuletzt werden Rohre verschiedenen Durchmessers und damit Gewichtes und verschiedenen Materials wie Bandstahl, Aluminium oder Kunststoff eingesetzt, wobei auch die Kupplungsformen verschieden sein können. Alle diese Varianten bedingen unter Umständen besondere mehr oder weniger voneinander abweichende Arbeitsverfahren.

Die verschiedenen Arbeitsverfahren wurden im Laufe mehrerer Jahre unter unterschiedlichen Bedingungen seitens des Bodens, des Bodenzustandes, des Bodenbewuchses (Flächenkulturen, Reihenkulturen von unterschiedlicher Wuchshöhe usw.) u.a.m. mit Arbeitszeitstudien untersucht, nachdem vorher Arbeitsablaufstudien mit gleichzeitiger Zeitnahme durchgeführt worden waren. Die bei der Analyse des Arbeitsablaufes ermittelten Werte für die einzelnen Verrichtungen wurden in die Planzeitwertkartei aufgenommen, die inzwischen einen Umfang von ca. 750 Karteikarten, also einzelnen Verrichtungen aufweist. Die einzelnen Zeitmeßpunkte, der Beginn und das Ende einer

in sich geschlossenen Verrichtung, wurden vor dem Ansatz der Arbeitszeitstudien genau festgelegt und bei allen Untersuchungen eingehalten. Als Beispiel dafür seien die Zeitmeßpunkte bei der Arbeit mit Schnellkupplungsrohren angeführt (Anlage 1). Den endgültigen Planzeitwerten, mit denen später Kalkulationen durchgeführt werden, liegen in der Regel mehr als 100 Messungen oder Wiederholungen (z.T. bis 1600) zugrunde.

Bei der Durchführung der Arbeitszeitstudien standen mehrere Personen zur Verfügung, die vorher in das Verfahren eingearbeitet waren.

Die kritische Wertung im Anschluß an die Analyse zeigte, daß der hohe Zeitaufwand und damit auch der Zeitbedarf bedingt wird durch die Zahl der Einheiten, aus denen sich eine Beregnungsanlage zusammensetzt. Die Vielzahl der Wege bedingte dabei den größten Anteil am Zeitbedarf, während auf die anderen Verrichtungen wie Kuppeln, Entkuppeln, Ab- und Aufladen am Wagen nur ein relativ geringer Anteil entfiel.

Um die Anteile der verschiedenen Verrichtungen bzw. Verrichtungsgruppen zu quantifizieren und zugleich einen für spätere Vergleiche notwendigen Arbeitszeitbedarf zu erstellen, wurde dieser für verschiedene Verfahren aus den Planzeitwerten der Kartei synthetisch zusammengestellt und dabei eine Feldmodellgröße von 2,4 ha bei einer Seitenlänge von 120 x 200 Metern gewählt.

321. Beregnungsanlage aus Rohren.

Der Auf- und Abbau einer nur aus Rohren bestehenden Beregnungsanlage wurde mit zwei Personen, Schlepper und Plattformwagen unterstellt, wobei das Ab- und Aufladen der Rohre nach bzw. von hinten erfolgte. Der Vorschub wurde mit 18 m nach der Seite angenommen, bei Aufstellung der Regner im Rechteckverband. Der Vorschub erfolgte durch eine bzw. zwei Personen.

Damit ergibt sich für ein 200 m langes Feld eine Regnerleitungslänge von 186 m, bestehend aus 31 Schnellkupplungsrohren zu je 6 m Länge. Bei 120 m Feldbreite muß die Regnerleitung bei 18 m Vorschubmaß 6 mal umgebaut (vorgeschoben) werden.

Der Arbeitszeitbedarf auf dieser Modellfläche bei Verwendung von Bandstahlrohren mit zwei verschiedenen Kupplungsformen geht aus den Tabellen 1 und 2 hervor.

Tab. 1

Arbeitsbedarf bei der Handhabung von Beregnungsanlagen

Rohre mit am Rohrende zu betätigender Kupplung
Schlaggröße 2,4 ha (120 x 200 m)

6 Vorschübe zu 18 m; 1 Pers. - 1 Rohr

	Gesamt cmin	Kuppeln u. Entkupp. cmin	Last-u. Leerwege cmin	Meter	andere Verrich- tungen cmin
Zeitbedarf	22422,3	2625,7	19108,4	10496,4	688,2
v.H.	100	11,7	85,2		3,1
Personenzeit- bedarf	25583,0	3008,8	21197,8		1376,4
v.H.	100	11,7	83,0		5,3

6 Vorschübe zu 18 m; 2 Pers. - 3 Rohre

Zeitbedarf	13296,3	1173,7	11434,4	10076,4	688,2
v.H.	100	8,8	86,0		5,2
Personenzeit- bedarf	26592,8	2347,6	22868,8		1376,4
v.H.	100	8,8	86,0		5,2

Tab. 2

Arbeitsbedarf bei der Handhabung von Beregnungsanlagen
 Rohre mit aus Schwerpunkt zu betätigender Kupplung
 Schlaggröße 2,4 ha (120 x 200 m)
 6 Vorschübe zu 18 m; 1 Pers. - 1 Rohr

	Gesamt cmin	Kuppeln u. Entkupp. cmin	Last-u. Leerwege cmin	Meter	andere Verrich- tungen cmin
Zeitbedarf	18069,3	3618,6	13762,5	8711	688,2
v.H.	100	20,4	75,7		3,9
Personenzeit- bedarf	20628,6	4123,1	15129,1		1376,4
v.H.	100	20,0	73,2		6,8

In den Tabellen ist sowohl der Gesamtzeitbedarf als auch der Personenzeitbedarf angeführt. Dabei wurden einzelne Verrichtungen, bei denen Ansatzpunkte für eine Verbesserung zu erwarten waren, zusammengefaßt.

Bei der am weitesten verbreiteten Kupplungsform, der am Rohrende zu betätigenden Kupplung, entfallen von der Gesamtarbeitszeit nur 11,7 % auf das Kuppeln und Entkuppeln. Der Anteil der auf die Wege entfällt beträgt 83 %. In ihm sind alle Last- und Leerwege enthalten. Die restlichen Verrichtungszeiten wurden unter der Rubrik "Sonstige Verrichtungen" zusammengefaßt; auf diese entfällt der restliche Zeitaufwand. Diese Verrichtungen bestehen hier in der Hauptsache aus dem Auf- und Abladen der Rohre am Wagen.

Der Anteil der einzelnen Zeiten am Gesamtzeitbedarf zeigt deutlich, daß durch die Entwicklung einer neuen am Rohrende zu betätigenden Kupplung keine wesentliche Verbesserung zu erwarten ist. Der eindeutige Schwerpunkt des Zeitbedarfs liegt bei den vielen Wegen die getätigt werden müssen.

Das gleiche gilt auch für die Rohre, die aus dem Schwerpunkt gekuppelt werden. Durch den Fortfall der Wege zwischen Schwerpunkt und Rohrende sinkt hier zwar der Gesamtzeitbedarf gegenüber den vorher besprochenen Rohren auf 73 %. Der Anteil, der auf die Kupplungsvorgänge entfällt, beträgt hier 20 %. Der absolute Zeitbedarf für die Kupplungsvorgänge ist höher als der bei den am Rohrende zu betätigenden, zumal das Entkuppeln nicht ohne Störungen verläuft, da des öfteren nicht nur ein Rohr, sondern gleich mehrere zusammenhängende Rohre entkuppelt und anschließend in besonderen Arbeitsverrichtungen getrennt werden müssen, um sie transportieren zu können.

Kommen beim Vorschub zwei Personen zum Einsatz, vermindert sich die Gesamtarbeitszeit auf der Modellfläche bei Rohren mit am Rohrende zu betätigenden Kupplungen auf 13296,3 cmin oder auf rund 60 %; der Personenminutenaufwand liegt dagegen etwas höher, als wenn der Vorschub durch nur eine Person erfolgt. Die Ersparnis, gemessen am reinen Zeitbedarf, wird vor allem durch die Verminderung der Wege bedingt.

Will man also eine Verminderung des Zeitbedarfes erreichen, muß der Zeitbedarf der auf die Wege entfällt gesenkt werden, d.h. die Wege müssen vermindert werden. Hier könnte man daran denken, die Rohre auf 8 oder 9 Meter zu verlängern und dadurch die Zahl der Einheiten und damit auch der Wege herabzusetzen. Dieser Weg ist früher bereits beschritten worden, führte jedoch nicht zum Erfolg, da sich solche langen Rohre im Gelände schlecht bewegen lassen und auch schwerer sind. Auch der Transport auf Plattformwagen wird infrage gestellt. Leichtere Rohre aus Kunststoff könnte man eher auf diese Längen schneiden, doch wird deren Transport beim Vorschub von Hand dadurch behindert, daß sie noch leichter und stärker in Schwingungen geraten, als es ohnehin schon die 6 m langen Kunststoffrohre tun. Hinzu kommen die Schwierigkeiten des Wagentransportes.

Dagegen erschien es durchaus denkbar, die Zahl der Einheiten und damit der Wege dadurch zu verringern, daß man Rohre in einer Kombination mit seitlich von ihnen abgehenden Kunststoffschläuchen kleineren Kalibers einsetzt.

322. Kombination von Rohren mit Kunststoffschläuchen.

Eine solche Kombination aus Rohren mit seitlich abführenden Kunststoffschläuchen wurde entwickelt.

Dabei wird zunächst eine Regnerleitung aus Schnellkupplungsrohren wie bei einer reinen Rohranlage aufgebaut. Auf dieser werden die Regner in 24 m Abstand aufgekuppelt. In Höhe der Regneranschlüsse werden auf beiden Seiten Anschlüsse mit Schnellkupplungen für die Schläuche angebracht. An diese seitlichen Anschlüsse werden nach der einen Seite je Anschluß 40 m Kunststoffschlauch, bestehend aus zwei zusammengekuppelten 20 m langen Schläuchen von dreiviertel oder ein Zoll Durchmesser, nach der anderen Seite 60 m Schlauch, bestehend aus drei zusammengekuppelten Schläuchen angeschlossen. Am Ende aller Schläuche wird ein ziehbares Stativ mit aufgekuppeltem Regner angekuppelt. Damit wird in dieser ersten Regnerposition beregnet.

Der Vorschub erfolgt durch eine Person - es kann auch ein Junge sein - derart, daß auf der 40 m Schlauchseite die äußeren Schläuche abgekuppelt und mit dem, am anderen Ende ansitzenden Stativ mit Regner zur Rohrleitung verzogen und anstelle des inneren Schlauches angekuppelt werden. Auf der 60 m Schlauchseite wird der Regner, der sich bei der ersten Regnerposition auf dem Rohr befindet abgekuppelt, auf ein bereitgestelltes Stativ aufgekuppelt, um 20 m (eine Schlauchlänge) vorgetragen und hier an den inneren Schlauch angekuppelt. Beim Rückweg zur Rohrleitung zieht die Person die beiden äußeren Schläuche mit hinten ansitzendem Stativ in Richtung

Rohrleitung und schließt sie an der Stelle an, an der vorher der Regner aufgekuppelt war.

Während der Beregnung in dieser zweiten Position kann das Land um die Rohrleitung soweit abtrocknen, daß es nach der Beregnung mit Schlepper und Wagen zum Abbau befahrbar wird. Bei 120 m Feldbreite des Modellfeldes kann das ganze Feld bei einmaligem Aufbau der Anlage beregnet werden.

Bei schmalen langen Feldern kann das Verfahren derart abgeändert werden, daß 40 oder 60 m Schlauch - stets aus 20 m langen Einheiten bestehend - nach nur einer Seite ausgelegt werden, wobei dann die Regnerleitung nicht mit Regnern bestückt wird. Durch etappenweises Auseinanderkuppeln und Verziehen der jeweils äußeren Schläuche mit an deren Ende ansitzenden Stativen mit Regnern von Regnerposition zu Regnerposition zunächst in Richtung Rohrleitung, dann über diese hinweg und hier durch Aneinanderkuppeln der Schläuche auf der anderen Seite der Rohrleitung, erfolgen die Vorschübe.

Diese Rohr-Schlauch-Kombinationen sind sehr flexibel und passen sich gut unregelmäßigen Feldformen an.

Zur besseren Handhabung der Kunststoffschläuche wurden in eigener Werkstatt kleine Haspeln angefertigt, die mittels einer zweirädrigen Lafette aufgebockt werden können. Je Regneranschluß auf der Rohrleitung wird eine Haspel benötigt, die soviel Schläuche fassen muß, wie je Abgang benötigt werden, also 5 bzw. 3 Schläuche zu 20 m Länge, die sich zusammengekuppelt auf der Haspel befinden. Die Haspeln und Stative werden beim Aufbau der Rohrleitung an den entsprechenden Stellen abgeladen, am Ende der Leitung die Lafette. Das Auslegen der Schläuche erfolgt vom Ende der Rohrleitung aus in Richtung Hydrant durch nur eine Person. Beim Abbau werden die Schläuche durch eine Person auf die aufgebockten Haspeln mit einer Handkurbel aufgespult. Der Abbau der Rohrleitung erfolgt durch zwei Personen auf den Wagen.

Der Arbeitsbedarf für diese Rohr-Schlauchanlage auf der genannten Modellfläche ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tab. 3

Arbeitsbedarf bei der Handhabung von Beregnungsanlagen

Rohr - Schlauch - Kombination
(Schläuche nach beiden Seiten d. Rohrltg.)
Schlaggröße 2,4 ha (120 x 200 m)

Vorschub: 20 m = eine Schlauchlänge; 1 Person

	Gesamt cmin	Kuppeln u. Entkupp. cmin	Last-u. Leerwege cmin	andere Verrich- tungen cmin	Meter
Zeitbedarf v.H.	13424,9 100	1748,6 13	6813,9 50,7	3976 36,3	4862,4
Personenzeit- bedarf v.H.	19107,0 100	2275,6 11,9	9605,8 50,3	7225,6 37,8	

Durch die Rohr-Schlauch-Kombination konnte der gesamte Arbeitszeitbedarf für die Modellfläche auf rund 60 % herabgesetzt werden. Der Personenzeitbedarf verminderte sich auf rund 75 %. Die Gesamtlänge der zurückzulegenden Wege verkürzte sich von 10496 m auf 3976 m.

Dieser Erfolg ist vor allem auf die langen Schlaucheinheiten, deren Spulmöglichkeit sowie auf die ziehbaren Stative zurückzuführen.

Für kleinere Betriebe stellt diese Rohr-Schlauch-Kombination in Verbindung mit kleinen Haspeln und einer Lafette eine wirtschaftliche Lösung der Feldberegnung dar. Seitens der Industrie wurde ein zweirädriger Spezialwagen mit Rohrtraggestellen und nur einer größeren Haspel, die aber zum Aufspulen über die Zapfwelle des ziehenden Schleppers angetrieben werden kann, entwickelt. Allerdings erhöhen sich dadurch die Anschaffungskosten.

323. Beregnungsanlage aus Schläuchen.

Als nächster Schritt der Entwicklung wurde die vollkommene Ein-Personen-Bedienung angestrebt. In Zusammenarbeit mit einer Schlauchfirma wurde ein 3 zölliger kunstfaserarmerter und beidseitig gummierter Schlauch für die Beregnung entwickelt, bei dessen Herstellung bekannte Feuerwehrschräuche Vorbild waren. Ein alter Geräteträger wurde mit einem Aufsteckrahmen ausgerüstet, der vorne eine große Feuerwehrschräuchhaspel für den großen Schlauch und auf beiden Seiten je eine Haspel für alle kleineren Kunststoffschläuche trägt, um 24 Regner aufstellen zu können. Alle drei Haspeln erhielten einen Antrieb über die vordere Zapfwelle zum Aufspulen der Schläuche. Die drei Haspeln können gegen andere ausgewechselt werden, so daß mit dem Geräteträger mehrere Beregnungssätze bedient werden können und dessen gemeinschaftlicher Einsatz möglich wird.

Beim Aufbau schließt die Bedienungsperson den großen Schlauch, der sich auf der vorderen Haspel befindet und aus einzelnen zusammengekuppelten Schlaucheinheiten von 25 m Länge besteht, an den Hydranten an. Der Schlauch wird in Vorfahrt des Schleppers ausgelegt. An jeder Kupplungsstelle befinden sich drei Anschlüsse, einer oben für den Regner und zwei seitlich für die seitlich anzuschließenden kleinen Schläuche. Je Kupplungsstelle wird ein Regner auf den großen Schlauch aufgekuppelt und die kleinen Schläuche nach beiden Seiten entsprechend dem ersten beschriebenen Rohr-Schlauchsystem ausgelegt und am Ende mit einem ziehbaren Stativ mit Regner bestückt.

Der Vorschub erfolgt in gleicher Weise wie beim Rohr-Schlauch-System. Der Abbau erfolgt vom Ende des großen Schlauches aus in Richtung Hydrant. Dabei wird der große Schlauch durch die angetriebene Haspel in Vorfahrt aufgespult. An jeder Kupplungsstelle werden die kleinen Schläuche auf die seitlichen, ebenfalls über die Zapfwelle angetriebenen, Haspeln aufgespult.

Die Stative und Regner finden Platz auf einer Pritsche auf dem Alldog. Der Arbeitszeitbedarf geht aus der Tabelle 4 hervor.

Tab. 4

Arbeitsbedarf bei der Handhabung von Beregnungsanlagen

Schlauchsystem

(Schläuche nach beiden Seiten d. Zentralschl.)

Schlaggröße 2,4 ha (120 x 200 m)

Vorschub: 20 m = eine Schlauchlänge; 1 Person

	Gesamt cmin	Kuppeln u. Entkupp. cmin	Last-u. Leerwege cmin	andere Verrich- tungen Meter	andere Verrich- tungen cmin
Zeitbedarf u. Personenzeit- bedarf v.H.	9969,2 100	1706,7 17,1	3952,9 39,5	1639	4309,6 43,4

Der Gesamtzeitbedarf konnte durch diese Anlage auf 44 % des Zeitbedarfes einer Rohranlage mit am Rohrende zu betätigender Kupplung herabgesetzt werden. Der Personenzeitbedarf auf 39 %. Die Gesamtlänge der Wege, die die Person zurücklegen muß, vermindert sich auf 15 %, von 10496 auf 1639 m.

4. Ergebnisse.

Eine genaue Untersuchung der bekannten und verbreiteten Beregnungsverfahren mit Schnellkupplungsrohren durch Arbeitsablauf- und Arbeitszeitstudien, deren Auswertung und kritische Wertung ergab die Ansatzpunkte für die Entwicklung neuer Beregnungsverfahren mit neuen technischen Ausrüstungen.

Die nachstehende Tabelle 5 bringt in einer Gegenüberstellung die bisher besprochenen Ergebnisse bei den verschiedenen untersuchten Verfahren.

Tab. 5

Arbeitsbedarf bei der Bedienung versch. Beregnungsanlagen
Schlaggröße 2,4 ha (120 x 200 m)

Verfahren	Gesamtzeitbedarf		Personenzeitbedarf	
	cmin	Std.	cmin	Std.
1. Rohre, am Rohrende zu bet. Kupplg. v.H.	22422,3 100	3,7	25583,0 100	4,3
2. Rohre, a. Schwerpkt. zu bet. Kupplg. v.H.	18069,3 81	3,0	20628,6 81	3,4
3. Rohr - Schlauch - Kombination v.H.	13424,9 60	2,2	19107,0 75	3,2
4. Schlauchsystem v.H.	9969,2 44	1,7	9969,2 39	1,7

Auch wenn die zuletzt genannte Schlauchanlage, mit über die Zapfwelle des Schleppers angetriebenen Haspeln auf einer Haspelkarre, noch keine käufliche Realität ist, da es in Deutschland z.Zt. noch keinen preiswürdigen drei Zoll starken und sich abflachenden Schlauch für Beregnungszwecke gibt, ist die Entwicklung doch eingeleitet, und es sind die Möglichkeiten aufgezeigt, die ein solches System beinhaltet. Der Entwurf für eine zweirädrige Haspelkarre zum Anhängen an einen Schlepper liegt vor, seine Realisierung würde die Mehrzahl der Normalschlepper-Besitzer in die Lage versetzen, eine solche Anlage bei sich zum Einsatz zu bringen. Neben der sehr hohen Arbeitszeiteinsparung ist vor allem zu betonen, daß eine solche Anlage durch nur eine Person bedient wird.

Zu diesem Ergebnis hat wesentlich die systematische Sammlung von Planzeitwerten in der erwähnten Kartei beigetragen.

Obwohl auch andere, als die in den genannten Beispielen erwähnten Bedingungen und Faktoren in ihrer Einflußnahme auf den Arbeitsbedarf untersucht wurden, kann die Kartei keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, zumal in der Praxis die Vielzahl der Bedingungen und Faktoren sehr groß ist. Jedoch kann der Einfluß weiterer Faktoren auf den Arbeitsbedarf verhältnismäßig einfach in Modellversuchen ermittelt werden, da sich diese Untersuchung nur auf die Verrichtungen bzw. Arbeitsabschnitte beschränken kann, auf die sich die Einflußnahme auswirkt. Ist z.B. die Frage zu klären, ob man den Vorschub zweckmäßig in der Kartoffelfurche durchführt oder quer zu den Dämmen, kann sich die Untersuchung allein auf die Last- und Leerwege beschränken. Alle anderen Verrichtungszeiten können der Kartei entnommen werden. Es ist also nicht erforderlich, immer wieder ein ganzes Arbeitsverfahren vom Aufbau über den Vorschub bis zum Abbau zu untersuchen.

5. Zusammenfassung.

Es wird gezeigt, wie man bei systematischem Vorgehen mit Hilfe von Arbeitsablauf- und Arbeitszeitstudien Schwachstellen bestehender Arbeitsverfahren aufdecken und davon ausgehend, die Entwicklung neuer Verfahren einleiten kann. Die Ausführungen wurden durch ein Beispiel, das die Entwicklung eines neuen Beregnungsverfahrens aufzeigt, verdeutlicht.

Anlage 1

Planzeitwerte

Beginn und Ende jedes Planarbeitsabschnittes = Meßpunkt

Rohranlage aus 6 m langen Handstahrohrren m.a. Rohrende zu betätigender Kupplung mittelschwerer ebener Boden, 15 cm Bewuchshöhe

Aufbau	Planzeitwert cmin
1 Rohr abladen	9,3
2,5 m Lastweg	14,8
3 m zur Kupplung	5,9
Kuppeln	7,7
6 m Leerweg z. Wagen	9,8
<u>Vorschub (1AK-1 Rohr)</u>	
Rohr entkuppeln	4,4
3 m z. Schwerpunkt	5,9
18 m Lastweg	39,6
3 m z. Kupplung	5,9
Kuppeln	7,7
21,6 m Leerweg diagonal	31,4
<u>Abbau</u>	
Rohr entkuppeln	4,4
3 m z. Schwerpunkt	5,9
2,5 m Lastweg z. Wagen	12,5
1 Rohr aufladen.	12,5
6 m Leerweg	9,8

Literaturverzeichnis

1. BIESALSKI, E. Terminologie der Landarbeitswissenschaft, Heft 32, Landarbeit und Technik. Hamburg und Berlin (1964)
2. FULDA, E. u. KRAUSE, V. Die Zeitstudie in der Landwirtschaft. Die Landarbeit 15, 6, 49 (1964)
3. Gesellschaft f. Arbeitswissenschaft Arbeitswissenschaftliche Begriffe, I. Sammlung, Beiheft 2 zur "Arbeitswissenschaft", Mainz (1964)
4. GLASOW, W. Arbeitsbedarf bei der Beregnung. Landtechnik 13, 15, 454-456 (1958)
5. GLASOW, W. Arbeitsstudien bei verschiedenen Beregnungstechniken. Landtechnik 20, 10, 379-382 (1965)
6. HAMMER, W. Ganzheitliche und kausale Betrachtung als Grundlage für Arbeitsstudien in der Landwirtschaft. (in Vorbereitung)
7. KREHER, G. u.a. KTL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band I, Arbeitsvoranschlag 1. und 2. Fortschreibung, Frankfurt (1964)
8. KRAUSE, V. Anleitung für Zeitstudien in der Landwirtschaft, Heft 34. Landarbeit und Technik, S. 45-84, Hamburg und Berlin (1964)
9. RÖHNER, J. Zur Methodik der Zeitstudie in der Landwirtschaft. In: Methoden u. Verfahren in der Landarbeitswissenschaft, Heft 21. Landarbeit und Technik S. 29-76, Bad Kreuznach (1956)

Zeitmessung mit dem Tonbandgerät

O. Nord

1. Einführung.

Es ist eine Eigenart der Zeitmessung, daß der messende Mensch selbst in das Meßgeschehen einbezogen ist. Während sonst bei Messungen wissenschaftlicher Art der Messende außerhalb des Meßvorganges steht und damit objektiv sein kann, ist ihm dies bei der Zeitmessung nicht möglich. Die Fehlerquelle "Mensch" kann nur dadurch elementiert werden, daß man den Menschen als Messenden elementiert, d.h. die Zeitmessung selbsttätig registrierenden Apparaten überläßt. Solche Meßverfahren sind kostspielig, da sie einen hohen Aufwand an Technik erfordern und zudem mehr oder weniger ortsgebunden. Ihre Anwendbarkeit bei Zeitstudien in der Landwirtschaft bleibt auf wenige Spezialfälle vom Typ Arbeitsversuch beschränkt.

Man könnte die Frage aufwerfen, ob eine so hohe Meßgenauigkeit überhaupt erforderlich ist. Leider läßt sie sich nicht bündig mit ja oder nein beantworten. Es hängt davon ab, was verlangt wird. Geht man von der Hypothese aus, daß der Mensch einen individuell zwar verschiedenen, für den Einzelnen jedoch etwa gleichbleibend großen Fehler je Zeit für Ereignis einschleußt, so ist die Grenze der Vertretbarkeit abhängig von der Dauer des Ereignisses. Je kürzer die gemessene Zeit für ein Ereignis ist, je häufiger solche Kurzzeiten aufeinander folgen und je größer der Anteil an Kurzzeiten in einer Zeitstudie ausfällt, desto schwerwiegender ist auch der Fehler. Ein selbst nur annähernd genauer absoluter Wert für die Größe des "Fehlers Mensch" läßt sich zur Zeit noch nicht angeben, doch zeigt die Erfahrung, daß Meßwerte von weniger als 5 bis 10 cmin (je nach Autor) qualitativ fragwürdig sind. Allerdings ist diese Grenze nicht nur vom Menschen her gesetzt, sondern wird auch vom Meßgerät bestimmt (Gangabweichung, Auf- bzw. Abrundung auf volle cmin). In welcher Größenordnung dieser vom Meßgerät

verursachte Fehler liegt, kann - im Gegensatz zur Fehlerquelle Mensch - gemessen und soll anderenorts gezeigt werden. Hier gilt es herauszustellen: der bei einer Zeitmessung auftretende Fehler, von Mensch und Gerät verursacht, kann nicht als Prozentsatz der Gesamtmeßzeit angegeben werden, da er je Meßvorgang (= Zeit für Ereignis) anfällt, unabhängig von dessen Dauer. Wenn also beim Durchführen einer Zeitstudie bereits eine verhältnismäßig grobe Gliederung (im Bereich von 20 und mehr cmin/Ereignis) in die einzelnen Zeitabläufe zu den angestrebten Aussagen führt, sind die auftretenden Meßfehler vernachlässigungsfähig gering.

Im selben Umfange, wie in den Betrieben sich der Trend zum Einsatz leistungsstarker Maschinen und Maschinen-Kombinationen durchsetzt, findet auch auf dem Gebiet der Zeitstudie eine Umorientierung in ihren Aufgaben statt. Die Ermittlung Lohnkosten und menschliche Arbeitszeit sparerer Verfahren verliert immer mehr an Aktualität. An ihre Stelle tritt die Aufgabe, das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine bzw. Maschinen-Kombination optimal zu gestalten, um so die Leistung der meist sehr teuren Maschinen auf ein Höchstmaß zu steigern. Dies erfordert eine andere Zeitnahmetechnik als bisher angewandt. Sie ist im wesentlichen durch längere Folgen kurzer Zeiten für Ereignis gekennzeichnet (5 und weniger cmin/Ereignis) und damit ist es für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse von ausschlaggebender Bedeutung, daß die Zeitmeßfehler so gering wie möglich bleiben.

Eine sowohl technisch als auch kostenmäßig tragbare Lösung wurde durch Zuhilfenahme von Tonbandgeräten gefunden.

2. Methodik der Tonband-Zeitstudie.

Bei der Zeitstudie unter Einsatz des Tonbandgerätes wird das zu analysierende Geschehen zunächst nur konserviert unter Fixierung der Zeitmeßpunkte. Erst in einem zweiten Arbeitsgang erfolgt die eigentliche Zeitmessung. Ihm schließt sich

das Betexten der Zeit für Ereignis an. Dieses Auflösen der Zeitstudie in drei räumlich und zeitlich getrennte, von einander unabhängige Phasen hat den großen Vorzug, daß dies den das Geschehen analysierenden Menschen, den Zeitnehmer, stark entlastet. Er kann sich ganz seiner Aufgabe, dem Beobachten, widmen und steht nicht mehr unter dem psychischen Druck, während des Geschehensablaufes die Zeit für das Ereignis messen zu müssen unter gleichzeitigem prägnanten Formulieren des Ereignisses und den abgelesenen Meßwert sowie die Formulierung für das Ereignis zu Papier zu bringen. Da die eigentliche Zeitmessung nunmehr zu Hause erfolgt, kann man sich für sie einen größeren technischen Aufwand erlauben, der den Menschen entlastet und genauere Meßwerte liefert. Die Fachkraft, der Zeitnehmer, ist für neue Einsätze frei, da die fixierten Zeitmeßpunkte und der gesprochene Text auch für Dritte in eindeutiger Weise verständlich sind.

Im Prinzip läuft die Zeitstudie mit Hilfe des Tonbandgerätes wie folgt ab.

2.1 Die Zeitnahme.

Der Zeitnehmer ist mit einem leichten, batteriebetriebenen, zweispurigen Tonbandgerät ausgerüstet, das er an einem Riemen, über die Schulter gehängt, trägt. In der Tragetasche des Tonbandgerätes ist ein Tongenerator bestimmter Frequenz untergebracht und mit dem Tonbandgerät gekoppelt. Der Zeitnehmer gibt die Zeitmeßpunkte mit Hilfe eines Impulsgebers (Druckschalter) über den Tongenerator auf die eine Spur des Tonbandes, auf die andere Spur spricht er über das Mikrophon den Kommentar (Ereignis, Bezugsgrößen, Erläuterungen). Den zu beobachtenden Arbeitsablauf braucht er so nicht einen Moment lang aus dem Auge zu verlieren.

2.2 Die Auswertung.

Die Auswertungsapparatur besteht aus einem zweiten, netz-

stromgespeisten Tonbandgerät (um das Aufnahmegerät immer einsatzbereit zu haben) und einem Zeitzähler mit Druckwerk. Ein auf die Frequenz des Tongenerators abgestimmter Impulsempfänger schaltet beim Ertönen des Zeitzeichens (= Zeitmeßpunkt) den Drucker des Zeitzählers und bringt so die Zeit für Ereignis selbsttätig zu Papier. Beim zweiten Abspielen des Tonbandes wird der gesprochene Text (= Ereignis) von einer Schreibkraft neben die betreffende Zeit für Ereignis hingeschrieben. Der weitere Gang der Auswertung erfolgt nach der bekannten Methode.

3. Technik der Tonband-Zeitstudie.

Die Technik der Zeitnahme unterscheidet sich im Grundsätzlichen nicht von der mit Hilfe von Stoppuhren oder Zeitzählern. Lediglich aus der Tatsache heraus, daß der Text nunmehr gesprochen und nicht geschrieben wird, ist darauf zu achten, daß die beobachtende Person möglichst unbeeinflusst bleibt. Dies ist wegen des mehr oder weniger starken Lärmes am Arbeitsort nicht sehr schwierig: man drosselt die Aufnahmestärke des Tonbandgerätes und hält das Mikrofon nahe an den Mund. Hierdurch dämpft man zugleich die bei der Wiedergabe störenden Nebengeräusche. Die durch die mundnahe Haltung des Mikrophones kaum vermeidbare Übersteuerung des Tones beeinträchtigt etwas die Qualität der Wiedergabe, nicht jedoch ihre Verständlichkeit.

Zur Zeit werden an unserem Institut Kassetten-Tonbandgeräte verwendet mit einer Spieldauer von 45 Minuten je Kassettenseite, also 90 Minuten je Kassette. Kassetten-Tonbandgeräte weisen für den Außeneinsatz eine Reihe von Vorzügen auf: sie sind klein (195 x 115 x 55 mm), leicht (1,55 kg mit Batterien), verhältnismäßig robust, gestatten einen schnellen Tonbandwechsel (etwa 10 cmin für den Seitenwechsel und etwa 20 cmin für den Wechsel der ganzen Kassette) bei weitgehendem Schutz des Tonbandes vor Verschmutzung und Beschädigung. 45 Minuten Spieldauer je Kassettenseite mag für "normale" Zeitstudien

mit längeren Zeiten für Ereignis zu gering sein, doch ist zu berücksichtigen, daß der Seitenwechsel der Kassette nicht viel länger dauert als der Seitenwechsel eines windgesicherten Zeitnahmeformulars. Das "Fassungsvermögen" einer Kassettenseite entspricht aber demjenigen mehrerer Zeitnahmeformulare! Vor allem aber ist die Tonband-Zeitstudie für Kurzzeitmessungen gedacht, die mit der Stoppuhr oder Zeitzähler aus physiologischen und psychologischen Gründen nicht durchführbar sind.

Bei einspurigen Tonbandgeräten mit genügend großem Frequenzbereich (z.B. 100 bis 7000 Hz) kann man die automatische Zeitauswertung dadurch sicher stellen, daß man für das Geben der Zeitmeßpunkt-Impulse einen verhältnismäßig hochfrequenten Tongenerator verwendet (z.B. 6000 Hz) und vor das Mikrofon ein Filter schaltet, welches keine Töne mit Frequenzen durchläßt, die höher sind als sie die menschliche Sprache normalerweise aufweist (Bereich 300 - 3000 Hz). Bei der Auswertung wird der den Zeitdrucker steuernde Impulsempfänger gegen alle anderen Frequenzen als die des Tongenerators abgeschirmt.

Bei der üblichen Zeitstudie, gleichgültig, ob mit Hilfe von Tonband, Uhr oder Zeitzähler ausgeführt, wird der Zeitintervall zwischen zwei Meßpunkten gemessen (und als Zeit für Ereignis ausgewiesen). Das Tonbandgerät mit Tongenerator eröffnet noch eine andere Möglichkeit der Zeitmessung: man kann die Dauer des Generatortones zum Gegenstand der Messung machen, also die Zeit, in der ein hergestellter Kontakt geschlossen (oder geöffnet) bleibt. So konnte mit Hilfe eines an der Schneide einer Gartenschere angebrachten Kontaktgebers die Zeit gemessen werden, die zum Durchtrennen von Obst- und Reibholz definierter Stärke erforderlich ist. Allgemein ausgedrückt: Tonbandgerät mit Generator gestattet die Durchführung von Kontaktzeitstudien, also einer Meßtechnik, bei der die "Fehlerquelle Mensch" ausgeschaltet ist. Ihre Anwendung bleibt selbstverständlich auf labormäßige Versuchsanstellungen beschränkt.

Die Auswertung solcher, kürzester Zeitintervalle fixierender Zeitaufnahmen, also das Messen der verstrichenen Zeit, erfolgt mit dem Oszillographen. Hierbei wird auf dem Schrieb die Länge des Abstandes zwischen Beginn und Ende des Impulses gemessen und aus der Papiervorschubgeschwindigkeit die Dauer des Impulses errechnet.

4. Genauigkeit der Zeitmessung.

Das verwendete Kassetten-Tonbandgerät weist eine Bandgeschwindigkeit von 4,75 cm/sek. auf, größere Geräte arbeiten mit einem Bandvorschub von 9,5 cm/sek. Die Gleichlauf-Abweichung beträgt beim verwendeten Gerät - wie bei den meisten Geräten - gleich oder weniger als $\pm 0,5\%$. Dies entspricht einem zeitlichen Meßfehler von maximal $\pm 0,008$ cmin/sek. Da das Tonbandgerät bei einer Zeitstudie zweimal zum Zeitmessen verwendet wird - einmal bei der Aufnahme, einmal bei der Auswertung - kann der Meßfehler maximal $\pm 1,0\%$ betragen, vorausgesetzt, die Meßfehler addieren sich gleichsinnig, was nicht sehr wahrscheinlich ist.

Ein weiterer Meßfehler kann über den Zeitzähler und -drucker in die Auswertung der Zeitstudie gelangen. Seine Größe hängt von der Bauart des Zählers und Druckers ab. Er kann verschwindend klein sein. Wir nahmen einen möglichen Fehler von weniger als $\pm 0,01$ cmin/sek. in Kauf, so daß der mögliche gesamte Meßfehler sich auf maximal $\pm 1,9\%$ belaufen kann. Damit ist es möglich, Zeiten bis zu einer Milliminute herunter messend zu erfassen. Eine solche Genauigkeit ist nur bei Kontaktzeitstudien sinnvoll, und auch hier nur dann, wenn die Versuchsanordnung äquivalent exakt getroffen wird.

Die Ganggenauigkeit von Stoppuhren und Zeitzählern ist nicht bekannt. Wohl aber ist bekannt, daß der Zeiger der Stoppuhr sich mit 300 Schritten/Minute fortbewegt. Bei kurzen Zeiten für Ereignis, beispielsweise 5,0 cmin, ist ein Schritt gleichzusetzen mit einer möglichen Abweichung von rund $\pm 6,5\%$. Durch das Auf- oder Abrunden - sei es zwangsläufig (Zeitzähler)

oder durch Schätzung (Stoppuhr) - kann der mögliche Fehler auf fast $\pm 10,0\%$ anwachsen.

Mit dem Tonband "konserviert" man einen zeitlich gegliederten Arbeitsablauf. Damit ist es möglich, die Zuverlässigkeit verschiedener Zeitmeßgeräte am gleichen Ausgangsmaterial (Zeitstudie) zu kontrollieren. Hiervon wurde Gebrauch gemacht. Als Parameter diente der Oszillograph mit einem Skriptvorschub von 20 mm/sek. = 12 mm/cmin. Getestet wurden Stoppuhr ("Robottimer", 4-Uhren-Brett), Zeitdrucker (verbessertes "Paraprint"-Gerät) und Zeitzähler ("Kairos" mit Netzstromantrieb). Alle Geräte waren vorher an den Zeitzeichen im Rundfunk auf ihre Ganggenauigkeit hin überprüft und justiert worden. Es wurde eine Zeitstudie von rund 45 Minuten Dauer ausgewertet, die aus 272 einzelnen Meßwerten bestand. Das Ergebnis ist nachstehend aufgeführt.

	Oszillograph		Zeitzähler		Zeitdrucker		Stoppuhr	
	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%
Gesamte Zeit	4453,0	100,0	4429,0	99,5	4528,0	101,5	4636,0	104,1
Summe der Zeit für Ereignis	4440,5	100,0	4420,0	99,5	4365,0	98,3	4434,0	99,9
Differenz Gesamtzeit zu Summe Zeit für Ereignis	- 13,5	- 0,3	- 9,0	- 0,2	- 163,0	- 3,6	- 202,0	- 4,4

Man kann der Übersicht folgendes entnehmen:

a) Das Zerhacken des "continuums Zeit" - um mit Kant zu sprechen - in eine Folge einzelner Zeiten für Ereignis bringt es mit sich, daß auf- oder abgerundet werden muß. Hierbei geht Zeit "verloren", d.h. die Summe der Aufrundungen ist kleiner als die der Abrundungen.

- b) Je abrupter der Zerhackungsvorgang abläuft, desto größer ist die Differenz zwischen der Gesamtzeit und der Summe der Zeit für Ereignis. Bei der Stoppuhr ist die Differenz am größten, weil sie dem Zeitablauf schrittweise folgt, zwangsläufig auf volle cmin gerundet werden muß, die neue Zeitmessung aber vom Punkt "Null" beginnt. Der Zeitdrucker folgt dem Zeitablauf stetig (Elektromotor). Er rundet beim Drucken zwar auch auf volle cmin auf oder ab, doch läuft das Zählwerk weiter, d.h. er beginnt nicht bei "Null". Beim Zeitzähler liegen die Dinge ähnlich. Die Impulssteuerung geht vom Uhrwerk aus und ist damit unabhängig von den Schaltvorgängen an den Zählwerken (anhalten und löschen). Der Oszillograph besitzt ebenfalls einen kontinuierlichen Papiervorschub und dazu noch eine sehr hohe Ganggenauigkeit. Dank der gewählten Vorschubgeschwindigkeit war es möglich, den Meßfehler kleiner als 1 Milliminute (= 1,2 mm) zu halten und damit auch den geringen Fehler zu erzielen.
- c) Ein exaktes Justieren von intermittierend arbeitenden Zeitmeßgeräten ist praktisch nicht möglich. Worauf hin soll man justieren? Auf die Gesamtzeit? Auf die Summe der Zeiten für Ereignis? Wenn auf die Gesamtzeit hin, geht besonders bei längeren Folgen kurzer Zeiten für Ereignis viel Zeit "verloren", d.h. die einzelne Messung wird ungenau. Justiert man die Geräte darauf hin, daß die Summe der Zeiten für Ereignis der wirklich verstrichenen Zeit möglichst nahe kommt, "läuft" das Gerät bei der Gesamtzeit stark "vor".
- d) Eine genauere Zeitmessung läßt sich nur durch eine feinere Zeitmessung erreichen, d.h. die Zeit muß um mindestens eine Dezimalstelle weiter angezeigt werden, als die gewünschte Genauigkeit es erfordert. Bei 1 Centiminute gewünschter Genauigkeit muß die Anzeige bis zur Milliminute gehen. Da die Anzeige bei den meisten Meßgeräten bis zur Centiminute geht, sind Meßwerte unter 10 cmin hinsichtlich ihrer Genauigkeit mit Vorsicht zu beurteilen.

Zusammenfassung.

Das Zergliedern von Arbeitsabläufen in kurze Zeitabschnitte gewinnt an Aktualität. Das Erfassen längerer Folgen kurzer Zeiten (weniger als 5 cmin) mit Stoppuhren oder Zeitzählern ist wegen Überforderung des Menschen und möglicher meßtechnischer Fehler exakt nicht mehr durchführbar, wohl aber mit Hilfe eines Tonbandgerätes. Der Zeitnehmer gibt an den Zeitmeßpunkten über einen Tongenerator Impulse bestimmter Frequenzen aufs Band und spricht dazu den Kommentar. Bei der Auswertung wird das Tonband abgespielt, wobei ein Impulsempfänger, der nur auf die Frequenz des Tongenerators anspricht, selbsttätig einen Zeitzähler mit Druckwerk schaltet. Beim abermaligen Abspielen wird der Text (Ereignis) neben die gedruckte Zeit für Ereignis geschrieben.

Das Tonbandgerät ermöglicht auch die Durchführung von Kontaktzeitstudien. Hier gibt auf Grund einer entsprechenden Anordnung (Arbeitsversuch) die VP selbst durch Öffnen und Schließen von Kontakten die Impulse für die Zeitmeßpunkte auf das Tonband. Bei sehr kurzen Zeiten für Ereignis (weniger als 1,0 cmin) muß die Zeitmessung mit Hilfe des Oszilloskriptes vorgenommen werden.

Schließlich gestattet das Tonbandgerät durch das Konservieren eines Arbeitsablaufes und beliebig häufiges Reproduzieren derselben Aussagen zu machen über die Genauigkeit verschiedener Zeitmeßgeräte. Angestellte Tests ergaben, daß die Summe der Zeiten für Ereignis bei allen Meßgeräten geringer ist als die Gesamtdauer der Zeitstudie. Beim Auf- und Abrunden geht also Zeit "verloren". Ein exaktes Justieren der Meßgeräte, besonders wenn sie intermittierend arbeiten, ist damit praktisch nicht möglich. Entweder sie geben den wahren Wert für die Zeit für Ereignis an, dann gehen sie für die Gesamtdauer der Zeitstudie zu schnell, oder sie stimmen in Bezug auf letztere, dann ist die Zeit für Ereignis zu gering ausgewiesen.

Schrittweise Betriebsplanung und ihre Informationsdaten,
eine Entscheidungshilfe für den Betriebsleiter.

K. Blechstein

So wie ganz allgemein der Mensch in den Mittelpunkt unserer
Institutsarbeit gestellt ist, so sehen wir auch die Betriebs-
planung betont von der Betriebsleiteraufgabe her und gehen
diesen ganzen Problemkreis von dieser ihrer zweiten Seite an:

Im Mittelpunkt der allgemeinen Diskussion über die Betriebs-
planung stehen die betriebswirtschaftlichen und die sich aus
ihnen ergebenden rechentechnischen Probleme der Modellberech-
nung. Das ist jedoch nur der eine Teil oder Abschnitt der
Betriebsplanung, der allerdings durchaus bedeutsame Fragen
aufwirft. Wichtiger sind in obiger Sicht jedoch die Probleme,
die sich in ihrem anderen Abschnitt ergeben, nämlich in der
eigentlichen Optimumkalkulation; das ist das Abwägen der
Vor- und Nachteile, die die realisierbaren Wirtschaftsweisen
im Hinblick auf den Wirtschaftszweck des Betriebsleiters ha-
ben, und das Entscheiden hierüber. Diese Aufgabe kann nur der
Betriebsleiter selbst lösen, während er sich für die Modell-
berechnung durchaus fremder Hilfe bedienen kann.

Bei dieser Sachlage werden hier hauptsächlich diejenigen
Probleme der Betriebsplanung untersucht, denen der Betriebs-
leiter unmittelbar gegenübersteht. Dazu sind die Anforderun-
gen an die quantitativen Aussagen der Modellberechnung heraus-
zuarbeiten; denn sie sind die Informationsquelle für die
Optimumkalkulation.

Hierzu könnten die zahlreichen bekannten Methoden und Verfah-
ren der Modellberechnung für Betriebsplanung vergleichend
daraufhin untersucht werden, wie weit sie den Betriebsleiter
sein Betriebsoptimum finden lassen. Dieses induktive Vor-
gehen verspricht u.E. jedoch keinen Erfolg. Denn schon allein

das spätere wirkliche Betriebsergebnis kann kein Maßstab
für die Zweckmäßigkeit des realisierbaren Planes sein, weil
die vielen Zufälligkeiten in der Landbewirtschaftung es ver-
hindern, daß sie zum vorausberechneten Ergebnis führt, auch
wenn er sachlich richtig berechnet war. Deshalb wird hier
die deduktive Methode angewendet, bei der aus allgemeingül-
tigen Erkenntnissen logische Schlüsse auf den speziellen
Fall der Betriebsplanung gezogen werden.

Nur als konkretes Beispiel wird abschließend an der Graphi-
schen Linearprogrammierung gezeigt werden, daß die theoretisch
abgeleiteten strengen Anforderungen an das Informationsma-
terial aus der Modellberechnung nicht unerfüllbar sind.

1. Die Bedingtheiten der Betriebsplanung.

Bei der recht abstrakten deduktiven Arbeitsweise dieser Un-
tersuchung dürfte es angebracht sein, in gebotener Kürze jene
allgemeingültigen Erkenntnisse der Geisteswissenschaften zu
skizzieren, die diesen Problemkreis berühren. Denn sie klären
die Voraussetzungen, Bedingungen und Gesetzmäßigkeiten, die
auch für unsere spezielle Frage der Betriebsplanung Gültig-
keit haben.

11. Der Geschehensablauf als Kausalkomplex.

Wirtschaftsweise und Wirtschaftsergebnis. Betriebsmodelle.

Einen landwirtschaftlichen Betrieb kann man auf sehr unter-
schiedliche Art und Weise bewirtschaften; das ist die jewei-
lige **W i r t s c h a f t s w e i s e**. Gekennzeichnet wird
sie einmal durch die Produktionsfaktoren, die für die Bewirt-
schaftung eingesetzt werden, und zum zweiten durch die Pro-
duktionszweige, die betrieben werden. Diese einzelnen Kompo-
nenten einer Wirtschaftsweise stehen nicht unabhängig neben-
einander, sondern zwischen etlichen Einzelgliedern der Wirt-
schaftsweise bestehen naturgesetzliche Verknüpfungen und
wechselseitige Beeinflussungen; das wird als innerbetrieb-
liche Interdependenz bezeichnet.

Das Wirtschaften geht stets unter bestimmten Bedingungen vor sich¹⁾, und viele Zufälligkeiten des täglichen Lebens spielen dabei eine Rolle. Unter Berücksichtigung dessen führt jede Wirtschaftsweise zu einem ganz bestimmten **Wirtschaftsergebnis**. Für einen Bewirtschaftungszeitraum findet es seinen ersten Ausdruck in den natürlichen Erträgen und der Produktionsfaktoren-Beanspruchung bzw. in den monetären Leistungen und Kosten.

Jene Zwangsläufigkeit beruht auf dem **Kausalitätsprinzip**, zufolge dessen jede Ursache eine ganz bestimmte Wirkung hat. In diesem Sinne stellt die Wirtschaftsweise zusammen mit den Wirtschaftsbedingungen und den Zufälligkeiten einen Komplex von Ursachen dar, und das Wirtschaftsergebnis ist der Komplex ihrer Wirkungen. Die beiden Begriffe Ursache und Wirkung sind allerdings nicht streng determiniert. Denn sie bilden zusammen eine unendliche Kette, einen Kausalnexus, in dem die Wirkung einer Ursache zugleich auch wieder Ursache einer weiteren Wirkung ist²⁾. Außerdem kann sowohl eine Einzelursache mehrere, verschiedenartige Wirkungen als auch jede Wirkung mehrere Ursachen haben. Im gesamten Kausalnexus treten also immer wieder Zwischenwirkungen oder Zwischenergebnisse auf, die ihrerseits sekundäre Ursachen darstellen.

Die Kausalzusammenhänge zwischen Wirtschaftsweise und Wirtschaftsergebnis sowie die ebenfalls kausalbestimmten innerbetrieblichen Interdependenzen innerhalb der Wirtschaftsweise

1) Das sind die allgemeinen volkswirtschaftlichen und die speziellen Standorts- und Betriebsbedingungen sowie - in Anlehnung an VON STACKELBERG - das jeweilige technische Wissen und organisatorische Können des Menschen, soweit der allgemeine Wissensstand unabhängig von der einzelnen Person betrachtet wird.

2. So hat die Zahl der Kühe als Ursache die Geburt einer bestimmten Zahl von Kälbern zur Wirkung; diese Kälber wiederum sind Ursache dafür, daß als Wirkung teils Einnahmen (durch Kälberverkauf), teils Futterverbrauch (und damit verbundene Jungviehaufzucht) sowie Arbeitsaufgaben usw. resultieren.

sind hinreichend bekannt. Deshalb können sowohl Wirtschaftsweisen als auch ihre Wirtschaftsergebnisse rein rechnerisch konstruiert werden. Die sich hierbei ergebenden quantitativen Aussagen über Wirtschaftsweisen und ihre Wirtschaftsergebnisse werden als **Betriebsmodelle** bezeichnet, das Konstruieren selbst als Modellberechnung. Die Modellberechnungen werden für die verschiedensten Zwecke vorgenommen, so auch für die Betriebsplanung. In deren Rahmen allerdings stellt sie nur den einen Abschnitt dar, der die quantitativen Aussagen über diesen Kausalnexus für den zweiten Abschnitt der Betriebsplanung, die eigentliche Optimumkalkulation zu liefern hat.

Wird in einem Betriebsmodell eine Komponente der Wirtschaftsweise verändert, dann ergibt sich hieraus zwangsläufig ein neues Betriebsmodell, das alle kausalbestimmten interdependenten Auswirkungen dieser gewollten Veränderung ausweist. Wird jene Komponentenveränderung kontinuierlich fortgesetzt, dann ergibt sich eine **Modellreihe**, in deren einzelnen Modellen sich sämtliche interdependenten Größen ebenfalls kontinuierlich ändern; soweit lineare Interdependenzen unterstellt werden dürfen oder müssen, sind sie jener bewußt vorgenommenen Komponenten-Änderung direkt proportional. In Wissenschaft und Forschung kann dieses Prinzip als bedeutsames Erkenntnismittel zur allgemeingültigen Klärung der Einflüsse bestimmter Komponenten der Wirtschaftsweise auf ihre anderen Komponenten sowie auf das Wirtschaftsergebnis nützlich sein. Das gilt, wie sich weiter unten zeigen wird, erst recht für die Betriebsplanung.

Bei ihr wird eine spezielle Art von Modellreihen eine Rolle spielen, nämlich die isoquanten Modellreihen. Angelegt sind sie auf Übereinstimmung ihrer sämtlichen Betriebsmodelle in Bezug auf ein bestimmtes Teil- oder Zwischenergebnis, z.B. bezüglich des Ertrages, des Blattfruchtanteiles oder des Arbeitsbedarfs in einer Zeitspanne. Wird als bestimmende Größe für eine isoquante Modellreihe ein begrenzend wirken-

der Faktor gewählt, dann ergibt sich eine Begrenzungsmodellreihe (Näheres hierzu bringt Abschnitt 3.1.3).

12. Die Landbewirtschaftung als Finalgeschehen.
Wirtschaftszweck und Betriebsoptimum.

Zweite Grundlage der Betriebsplanung ist das *F i n a l i - t ä t s p r i n z i p*: Aufgrund der dem Menschen gegebenen Willensfreiheit kann er aus freien Stücken etwas wollen, er kann sich für sein Handeln einen bestimmten Zweck setzen. Im Rahmen der ihm ebenfalls gegebenen Handlungsfreiheit kann er diese oder jene Handlungsweise wählen, die seiner Ansicht nach das geeignetste *M i t t e l* ist, um seinen Zweck zu erreichen. Die Zweckmäßigkeit alternativer Handlungsweisen schließlich kann er im voraus beurteilen, weil er aufgrund seiner Vernunftbegabung den Geschehensablauf seines Handelns abschätzen kann.

Zweck allen wirtschaftlichen Handelns ist gemeinhin die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse. Das ist zum großen Teil mit Hilfe von Einkommen möglich. In dieser Sicht wäre der Zweck des Wirtschaftens das höchstmögliche Einkommen. Entsprechung dieses Denkmodell von den menschlichen Bedürfnissen und vom Zweck des Wirtschaftens der Wirklichkeit, dann müßte die Betriebsplanung auf die Wirtschaftsweise mit höchstem Einkommen abzielen. Bei der heutigen Wirtschaftsstruktur können zwar zweifelsohne viele menschliche Bedürfnisse mit Hilfe erworbenen Geldes befriedigt werden, doch keinesfalls alle: Auch eine rein persönliche Befriedigung suchen wir in unserem wirtschaftlichen Handeln als solchem, z.B. soll es unseren Neigungen entgegenkommen und auch unseren Fähigkeiten entsprechen. Weiter streben wir als Glied einer größeren Gemeinschaft nach sozialer Anerkennung, die uns ebenfalls unsere wirtschaftliche Betätigung und besonders ihre Ergebnisse verschaffen sollen. Kurz, der Zweck unseres wirtschaftlichen Handelns ist nicht auf ökonomische Aspekte beschränkt, er reicht vielmehr in seiner Vielgestaltigkeit weit darüber hinaus.

Diese allgemeinen Feststellungen gelten auch für den landwirtschaftlichen Betriebsleiter. Sein *W i r t s c h a f t s - z w e c k* ist danach als eine Gesamtheit mehrerer Teilzwecke zu verstehen. Zu ihnen gehören u.a. das Einkommen, die kurz- und besonders die langfristige Einkommenssicherheit, befriedigende Rentabilität, ausreichende Liquidität und anderes mehr. Hinzu treten die oben genannten Persönlichkeitsbedürfnisse als weitere Teilzwecke.

Die weitestmögliche Erfüllung des einen Teilzweckes bedingt in der Regel, daß ein anderer Teilzweck gar nicht oder zumindest nur begrenzt erreicht werden kann; denn zum großen Teil stehen die einzelnen Teilzwecke in Widerspruch zueinander. Man kann sie auch nicht auf einen gemeinsamen Nenner, z. B. in ein Punktierungsschema bringen, um den gesamten Wirtschaftszweck in einer Zahl auszudrücken; denn die Wichtigkeit eines jeden Teilzweckes ändert sich mit dem Grad seiner eigenen Erfüllung und auch dem der anderen Teilzwecke.

Aus diesen Gründen gibt es keine einzige Wirtschaftsweise, die alle Teilzwecke gleichzeitig voll erfüllt.¹⁾ Dagegen werden von den vielen realisierbaren Wirtschaftsweisen mehrere dem Gesamt-Wirtschaftszweck recht nahe kommen. Diejenige Wirtschaftsweise nun, die dem Wirtschaftszweck als einem Ganzen am besten entspricht, wird als das *B e t r i e b s o p - t i m u m* bezeichnet.

13. Die Optimumkalkulation als Entscheidungsaufgabe des Betriebsleiters.

Der Widersprüchlichkeit der einzelnen Teilzwecke wegen hat jede Wirtschaftsweise ihr Für und ihr Wider. Diese ihre Vor-

1) Es gibt jedoch für jede bestimmte Produktionsfaktoren-Kombination bei gleichzeitig bestimmten Produktionszweigmöglichkeiten *e i n e* Wirtschaftsweise, die *e i n e n* bestimmten Teilzweck maximal erfüllt, z.B. den höchsten Geldbetrag bringt. Derartige Wirtschaftsweisen sind als *E x t r e m a* zu bezeichnen. So wäre bei obigem Beispiel von einem Ertragsmaximum zu sprechen, das übrigens die übliche Linearprogrammierung einwandfrei errechnen läßt.

und Nachteile für den Wirtschaftszweck müssen deshalb gegeneinander abgewogen werden. Dieses Abwägen, das Kalkulieren im engeren Sinne dieses Begriffes, sowie besonders das Entscheiden kann nur der Betriebsleiter selbst vornehmen; denn nur er selbst kann die jeweilige Wichtigkeit seiner Teilzwecke abschätzen.

Dieser zweite Abschnitt der Betriebsplanung ist offensichtlich völlig anders geartet als ihr erster, die Modellberechnung: Dort handelte es sich ausschließlich um die Erfassung von Kausalzusammenhängen, hier aber um Entscheidungen im Finalbereich. Für sie sind die Ergebnisse der Modellberechnung das Informationsmaterial des Betriebsleiters, sie sind der Werkstoff seiner Entscheidung; das Werkzeug, mit dem er diese Entscheidung vorbereitet und fällt, ist der menschliche Denkapparat. Auf der Divergenz zwischen Werkstoff und Werkzeug beruhen zum großen Teil die Probleme, die bei der Betriebsplanung auf den Betriebsleiter zukommen.

2. Die Problematik des Entscheidens.

Die Betriebsplanung zielt auf das Betriebsoptimum ab. Hierzu werden in ihrem ersten Abschnitt, der Modellberechnung, Informationsdaten über relevante Wirtschaftsweisen ermittelt; in ihrem zweiten Abschnitt, der Optimumkalkulation, ist an Hand dieser Informationsdaten mit Hilfe unseres Denkapparates zu entscheiden, welche dieser Wirtschaftsweisen im Einzelfall als Betriebsoptimum zu gelten hat. Diese beiden Abschnitte der Betriebsplanung werden hier zusammenfassend als Kalkül bezeichnet.

Jenes Entscheiden ist nun ein sehr kurzfristig ablaufender Denkprozeß, innerhalb dessen nur sehr wenige Entscheidungsinformationen gegeneinander abgewogen werden können. Andererseits gibt es aber sehr viele Wirtschaftsweisen, die an sich realisierbar sind, und deshalb abgewogen werden

müssen. Es besteht also eine offensichtliche Diskrepanz zwischen der - aus der Sachlage heraus - zu verarbeitenden und der - im Hinblick auf unser Denkvermögen - verarbeitbaren Informationsmenge.

Dieser Widerspruch zwischen sachlichem Erfordernis und menschlichem Denkvermögen läßt sich weitgehend lösen. Einmal nämlich können im Rahmen der individuellen Denkkapazität umso mehr Informationen simultan durchdacht werden, je denker sie sind; diese Frage wird in Kapitel 2.2 besprochen werden. Zum anderen kann auch die Zahl der an sich erforderlichen Informationsdaten herabgesetzt werden und zwar durch Verwendung sachgerechter Einzelinformationen.

21. Die Sachbedingungen. Möglichkeiten für ihre teilweise Entschärfung.

Die sachlichen Erfordernisse an das Informationsmaterial ergeben sich aus drei Komponenten des Informationsbedarfs:

- a) Sämtliche Wirtschaftsweisen, die als Betriebsoptimum in Frage kommen, müssen erfaßbar sein.
- b) Jeder Sachverhalt dieser Wirtschaftsweisen, der für den Wirtschaftszweck von Bedeutung ist, muß berücksichtigt werden.
- c) Alle Merkmale, die zur Kennzeichnung des einzelnen Sachverhaltes erforderlich sind, müssen vorliegen.

Rein mengenmäßig ist das erforderliche Gesamt-Informationsmaterial das Produkt dieser drei Komponenten. Danach ist umgekehrt die Anzahl der bei einer Entscheidung abzuwägenden Informationsdaten umso geringer,

je weniger Wirtschaftsweisen zur Entscheidung zu kommen brauchen,
über je weniger ihrer Sachverhalte zu entscheiden ist,
je weniger Merkmale den einzelnen Sachverhalt ausreichend zu kennzeichnen vermögen.

Auf allen diesen Stufen kann jene Diskrepanz zwischen zu verarbeitender und verarbeitbarer Informationsmenge gemildert werden. Die Möglichkeiten hierzu sollen in den folgenden drei Abschnitten theoretisch abgeleitet werden.

211. Zur Zahl entscheidungsträchtiger Wirtschaftsweisen.
Die schrittweise Betriebsplanung in Einzelkalkülen.

Bei den konventionellen Verfahren der Betriebsplanung wird jeweils ein einziges Betriebsmodell konstruiert und nur seine Wirtschaftsweise zur Entscheidung gestellt; erst dann wird ggfs. eine zweite konstruiert usw. Auch bei der Linearprogrammierung kommen in ihrer üblichen Arbeitsweise immer nur sehr wenige Wirtschaftsweisen zur Entscheidung. Deshalb könnte die hier aufgeworfene Frage nach der Zahl entscheidungsträchtiger Wirtschaftsweisen fast irrelevant erscheinen. Daß bei jenen Betriebsplanungs-Verfahren dieses Problem nicht auftritt, ist jedoch nur eine Folge ihrer Modellberechnungstechnik, nicht jedoch ein Zeichen dafür, daß bei der Optimumkalkulation grundsätzlich nur wenige Wirtschaftsweisen abzuwägen wären. In Wirklichkeit kommen vielmehr als Betriebsoptimum immer sehr viele Wirtschaftsweisen in Frage. Über sie alle in einem Denkkakt zu entscheiden - das war bereits oben gesagt - übersteigt jedoch unser Denkvermögen; deshalb aber die Mehrzahl von ihnen bewußt voll und ganz aus der Entscheidung herauszulassen, wäre wohl leichtfertig.

Logische Folgerung aus dieser Sachlage ist es, die Entscheidung nicht auf einen einzigen Denkkakt zu konzentrieren, sondern sie in mehrere Einzelentscheidungen aufzuspalten. Das ermöglicht entsprechend viele, aufeinander folgende Denkprozesse, und in gleichem Maße erhöht sich die Zahl der insgesamt zur Untersuchung kommenden Wirtschaftsweisen. Die Betriebsplanung selbst, die bei einer Einzelentscheidung über das Betriebsoptimum aus einem einzigen "Kalkül" - zusammen-

fassender Begriff für ihre beiden Abschnitte Modellberechnung und Kalkulation - bestände, wird damit zu einer Folge von "Einzelkalkülen". Im Einzelkalkül wird dann nur ein Teil aller Betriebsmöglichkeiten zur Entscheidung gestellt, die anderen werden hierzu bewußt ausgeklammert.

Wenig sinnvoll wäre es andererseits, diese Aufspaltung allzuweit zu treiben: Im Extrem wäre dann zwar im Einzelkalkül nur noch über eine einzige Wirtschaftsweise zu entscheiden, so daß allerdings - wie vom Denkvermögen her erwünscht - zur Einzelentscheidung tatsächlich nur wenige Informationsdaten erforderlich wären. Das führte aber zu einem sehr langen Entscheidungsprozeß mit arbeitsmäßig¹⁾ zu vielen Einzelkalkülen, die sich außerdem gedanklich nicht mehr überschauen ließen. Deshalb ist ein sinnvoller Kompromiß zwischen der Zahl der im Einzelkalkül zu untersuchenden Wirtschaftsweisen und der Zahl der erforderlichen Einzelkalküle zu suchen. Hierbei kommt es weniger auf den Grad als auf die Art der Aufspaltung der Gesamt-Betriebsplanung an. Hier gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

Einmal kann der Wirtschafts z w e c k in seine einzelnen Teilzwecke aufgespalten werden; dann sind in den Einzelkalkülen nur Teilloptima für die einzelnen Teilzwecke zu suchen. Damit ist die Aufspaltung der Gesamt-Betriebsplanung f i n a l ausgerichtet²⁾. Zum zweiten kann die

- 1) Zum Arbeitsaufwand darf an die konventionellen budgeting-Verfahren erinnert werden: Ihre Einzelkalküle umfassen tatsächlich nur noch eine einzige Wirtschaftsweise; bei der geringen Zahl der arbeitsmäßig durchführbaren Einzelkalküle ist es aber nie sicher, daß dabei auch nur eine der annähernd optimalen Wirtschaftsweisen mit untersucht wird. Nicht zu Unrecht wird deshalb von trial-and-error-Methodik gesprochen.
- 2) Beispiel für eine finalausgerichtete Aufspaltung ist das Prinzip der Gewinn-Maximierung der üblichen Linearprogrammierung: Dort werden andere Teilzwecke entweder gar nicht berücksichtigt, also in dem betreffenden Einzelkalkül ausgeklammert, oder es wird ein bestimmter Grad ihrer Erfüllung als Minimal- oder Maximalbedingung gestellt. In weiteren Einzelkalkülen (z.B. durch Parametrik bzw. Simulation) können entweder andere Teilzwecke maximiert bzw. minimiert werden (z.B. Minimierung des Arbeitsbedarfs oder Maximierung der Freizeit) oder andere Bedingungen für sie gesetzt werden.

Wirtschaftsweise in ihrer Variabilität aufgespalten werden; das ist eine k a u s a l bestimmte Aufspaltung. Bei ihr wird im Einzelkalkül unter Festlegung eines Teiles von Produktion und/oder Produktionsmacht (= Produktionsfaktoren-Kombination) nur über die optimale Kombination der übrigen Teile der Wirtschaftsweise entschieden.

Die final ausgerichtete Aufspaltung ist allein wegen der sehr starken Interdependenz aller Teilzwecke fragwürdig. Denn die Wichtigkeit jedes einzelnen Teilzweckes im Rahmen des gesamten Wirtschaftszweckes ändert sich mit dem Grad, in dem er selbst und auch die anderen Teilzwecke erfüllt werden ¹⁾.

Der kausalbestimmten Aufspaltung ist u.E. der Vorzug zu geben. Zwar sind auch ihr zweifelsohne Grenzen gesetzt, nämlich durch die innerbetrieblichen Interdependenzen ²⁾; bei der eigentlich selbstverständlichen Beachtung innerbetrieblicher Verknüpfungen steht ihr aber sachlich nichts im Wege, sofern nur alle für den Gesamt-Wirtschaftszweck relevanten Wirtschaftswesen oder Lösungsmöglichkeiten in genügend wenigen Einzelkalkülen zur Entscheidung gelangen können.

212. Zur Zahl der Sachverhalte je Wirtschaftsweise. Die Kalkülbasis.

Bei schrittweiser Betriebsplanung b r a u c h t nur ein Teil aller Produktionszweige und/oder Produktionsfaktoren zur Einzelentscheidung gestellt werden, während die übrigen

- 1) Mit zunehmendem Einkommensniveau z.B. verliert seine absolute Höhe an Bedeutung, Fragen der Ertragsnachhaltigkeit, der verschiedenen Risiken u.a. werden dagegen gewichtiger.
- 2) Wird z.B. der Umfang des Futterbaues in einem Einzelkalkül zur Entscheidung gestellt, dann darf der Umfang der Viehhaltung nicht aus dieser Untersuchung herausgelöst werden; und bei einmal festgelegtem Arbeitskräftebesatz darf keine Maschine mit einem Gangbesatz über dem Arbeitskräftebesatz zur Entscheidung gestellt bzw. gar festgelegt werden.

in nachfolgenden Kalkülen auf ihre Eignung für den Wirtschaftszweck untersucht werden. Trotzdem s o l l jedes Einzelkalkül möglichst viele Wirtschaftswesen umfassen, damit die Gesamtplanung in wenigen Schritten durchgeführt werden kann; es k ö n n e n aber in einem Einzelkalkül nur wenige Sachverhalte tatsächlich durchdacht und gegeneinander abgewogen werden. Forderung und Möglichkeit lassen sich nur dann in Einklang bringen, wenn die Wirtschaftswesen eines Einzelkalküls in vielen Sachverhalten übereinstimmen; denn dann sind bei ihrem Vergleich nur wenige unterschiedliche Sachverhalte gegeneinander abzuwägen.

Zu jedem einzelnen Betriebsmodell gehört von Natur aus eine sehr große Zahl von Sachverhalten verschiedenster Art, und zwar sowohl hinsichtlich der Wirtschaftsweise ¹⁾ als auch bezüglich des Wirtschaftsergebnisses ²⁾. Für die Entscheidung über das Betriebsoptimum sind zwar nur diejenigen Sachverhalte von Bedeutung, denen ein gleichartiger Teilzweck gegenübersteht; bei der Vielgliedrigkeit des Wirtschaftszweckes wird aber immer noch eine beträchtliche Anzahl von ihnen entscheidungsträchtig bleiben.

Die Zahl von Sachverhalten, die für jede Einzelentscheidung benötigt wird, wird danach auf der einen Seite von der Zahl der Teilzwecke bestimmt; von dieser Seite her läßt sie sich offensichtlich nicht verringern. Auf der anderen Seite wird sie davon bestimmt, in wie vielen Produktionszweigen und -faktoren sich die zur Entscheidung gestellten Wirtschaftswesen unterscheiden, und das ist ja nur eine Frage der Auf-

- 1) Ihre wichtigsten Unterscheidungsmerkmale sind die Produktionszweige und Produktionsfaktoren sowie deren Umfang, z.B. die Nutzflächen, der Arbeitskräftebesatz und seine Untergliederung, die Maschinen- und Geräteausstattung.
- 2) Z.B. der Geldertrag, die naturalen und geldlichen Bruttoerträge der einzelnen Produktionszweige, ihre Deckungsbeiträge sowie deren Anteil am Gesamt-Deckungsbeitrag, ihr Arbeitsbedarf in den einzelnen Zeitspannen, die Fruchtfolge.

spaltung; durch sie also kann die Zahl der Sachverhalte stark herabgesetzt werden, die für die Informationsmenge innerhalb eines Einzelkalküls bestimmend ist.

In jedem Betrieb sind viele Wirtschaftsweisen denkbar und auch realisierbar, die in einer ganzen Reihe von Produktionszweigen und Produktionsfaktoren übereinstimmen; sie unterscheiden sich also in nur wenigen Sachverhalten. Werden nun nur derart "verwandte" Wirtschaftsweisen in einem Einzelkalkül zur Entscheidung gestellt, dann wird sich das vorerst gesteckte Ziel erreichen lassen, im Rahmen unserer Denkkapazität über diese beträchtliche Zahl von Wirtschaftsweisen simultan eine Einzelentscheidung treffen zu können. Es kommt hierbei nur darauf an, daß möglichst viele Teile der Wirtschaftsweise konstant gehalten werden dürfen. Diese Konstanten, die dann für alle Wirtschaftsweisen des Einzelkalküls gemeinsam gelten, sind damit seine gemeinsame Grundlage, die sog. Kalkülbasis.

Für eine basismäßige Festlegung bietet sich die Produktionsmacht, d.h. die Gesamtheit aller Produktionsfaktoren förmlich an, und zwar aus drei verschiedenen Gründen:

- a) E n t s c h e i d u n g s t h e o r e t i s c h ist das sehr zweckmäßig, weil auf der Basis einer festgelegten Produktionsmacht immer sehr viele Wirtschaftsweisen realisierbar sind, die sich unter dem Gesichtspunkt der Produktionsmacht nicht mehr unterscheiden.
- b) Mehrere s a c h l i c h e Gründe sprechen ebenfalls für eine Festlegung der Produktionsmacht:

Etliche Produktionsfaktoren sind von Haus aus für den einzelnen Betrieb weitestgehend k o n s t a n t (z.B. die Betriebsgröße und seine Baulichkeiten). Sie können also ohne weiteres von vornherein basismäßig festgelegt werden.

Bei anderen Produktionsfaktoren stehen nur A l t e r - n a t i v e n zur Entscheidung (z.B. verschiedene Maschinen für dieselbe Arbeitsaufgabe).

Fast alle restlichen Produktionsfaktoren schließlich können nur in verhältnismäßig großen S p r ü n g e n geändert werden (z.B. 1 oder 2 Maschinen für eine Arbeitsaufgabe, 2 oder 1 oder 3 ständige Arbeitskräfte usw.). Auch hier handelt es sich vom Gesamtbetrieb her gesehen praktisch um Alternativen. Alternativen aber fordern es geradezu heraus, sie erst in späteren Einzelkalkülen zur Entscheidung zu stellen.

- c) R e c h e n t e c h n i s c h schließlich ist es grundsätzlich zweckmäßig, Betriebsmodelle von einer festgelegten Produktionsmacht aus zu konstruieren. Weil durch sie nämlich die Produktionsmöglichkeiten begrenzt werden, erübrigen sich bei diesem Vorgehen Rückrechnungen innerhalb der Modellkonstruktion, wie sie zwangsläufig auftreten, wenn die Modelle - wie früher oft - von einem bestimmten Produktionszweig und seinem Umfang her aufgebaut werden.

Selbst wenn die Produktionsmacht innerhalb eines Einzelkalküls als dessen Basis festgelegt ist, bleiben immer noch sehr viele Möglichkeiten der Produktion und damit zu viele Sachverhalte für jede Einzelentscheidung. Es können ja auch innerhalb der Produktion basismäßige Festlegungen vorgenommen werden.

Dafür kommen auf alle Fälle D a u e r k u l t u r e n in Frage, da ihr Umfang auch in der Wirklichkeit des Betriebes weitgehend festliegt. Ähnlich kann weiter die Entscheidung über umfangsmäßig kleinere S o n d e r k u l t u r e n sowie über Produktionszweige von geringem Einfluß auf die Betriebsgestaltung von der Gesamtfrage abgespalten werden, Bedingung hierfür ist nur, daß sie nicht unmittelbar in Interdependenz zu denjenigen Produktionszweigen stehen, über die im Einzelkalkül entschieden werden soll. Aus der gleichen Überlegung heraus läßt sich schließlich auch die bodenproduktionsunabhängige Viehproduktion, selbst die Schweinehaltung für ein Einzelkalkül umfangsmäßig festlegen, auch wenn dieser Produktionszweig oft durchaus bedeutungsvoll ist. Denn er kon-

kurriert kaum mit anderen Produktionszweigen um den Produktionsfaktor Boden; und bezüglich der wirklich vorhandenen Konkurrenz um den Produktionsfaktor Arbeit läßt er sich in einem späteren Einzelkalkül genau so alternativ zur Entscheidung stellen wie der Arbeitskräftebesatz selbst¹⁾.

Für die angestrebte Verringerung der Zahl entscheidungsträchtiger Sachverhalte in einem Einzelkalkül hat es sich damit nicht nur als zweckmäßig, sondern auch als zulässig ergeben, sowohl die gesamte Produktionsmacht als auch etliche Produktionszweige nach Art und Umfang als Kalkülbasis festzulegen. Die Einzelentscheidung betrifft dann ausschließlich Betriebsformen, die in sich verwandt sind, die sich nämlich nur noch in der Kombination der wichtigsten Bodenproduktionszweige unterscheiden. Erreicht ist damit allein durch diese Art der Aufspaltung eine wesentliche Verringerung der Zahl entscheidungsträchtiger Sachverhalte, so daß der Informationsbedarf für jede Einzelentscheidung der Denkkapazität bereits einigermaßen angenähert ist.

213. Zur Zahl der Merkmale je Sachverhalt.
Die Aggregation durch Substitution und Reduktion.

Die Methodik der Entscheidungsaufspaltung ermöglicht es, die Entscheidung über viele Teile der Wirtschaftsweisen auf nachfolgende Einzelkalküle zu verlagern. Hierdurch läßt sich die Einzelentscheidung auf die wichtigsten Bodenproduktionszweige einschränken, nämlich auf den Getreide-, den (Verkaufs-)Hackfrucht- und den Futterbau. Die zur Einzelentscheidung anstehenden Wirtschaftsweisen unterscheiden sich dann nur noch in jenen drei Sachverhalten.

1) Wird einem Einzelkalkül eine geringere Arbeitsmacht als dem vorausgegangen zugrunde gelegt, dann ergeben sich zwangsläufig ganz bestimmte Auswirkungen auf die Hauptproduktion, und gleichzeitig werden - das sei hier einmal unterstellt - Arbeitskosten eingespart. Die gleichen Auswirkungen treten ein, wenn mit den herausgelassenen Arbeitsstunden die Schweinehaltung ausgedehnt wird; an die Stelle der Lohnersparung tritt dann der zusätzliche Deckungsbeitrag aus der Ausdehnung der Schweinehaltung.

Jeder von ihnen ist jedoch in sich nicht so einheitlich, daß er ohne jedes Bedenken durch nur eine Zahl als Informationsdatum voll zu definieren wäre. So ist es z.B. beim Getreidebau unter anderem für seinen Deckungsbeitrag, für seinen Arbeitsbedarf und für die Fruchtfolge nicht gleichgültig, wie er anteilmäßig aus den einzelnen Getreidearten zusammengesetzt ist. Eindeutige Aussagen hierüber lassen sich vielmehr nur machen, wenn auch Merkmale über den Umfang der einzelnen Getreidearten vorliegen.

Das ergäbe allerdings sowohl viel mehr Informationsdaten über jede Wirtschaftsweise als auch besonders sehr viel mehr unterschiedliche Wirtschaftsweisen. Zu rechentechnischen Schwierigkeiten, diese wesentlich größere Zahl von stärker differenzierten Wirtschaftsweisen zu konstruieren, muß das zwar nicht gerade führen - ein genügend dimensionierter Elektronenrechner erledigt das durchaus -; unter dem hier in den Vordergrund gestellten Problem der Datenkapazität unseres Denkapparates jedoch ergäben diese Feinheiten zu viele Merkmale für zu viele Wirtschaftsweisen, als daß sie in dem simultanen Denkprozeß der Einzelentscheidung tatsächlich berücksichtigt werden könnten.

Deshalb ist es im ganzen gesehen zweifelsohne zweckmäßiger, durch Verzicht auf derartige Einzelheiten eine wirkliche Entscheidung sicherzustellen. Hierzu wird eine **A g g r e g i e r u n g** derartiger spezieller Produktionszweige vorgenommen, z.B. werden alle Getreidearten zum Gesamt-Getreide zusammengefaßt. Sichergestellt sein muß hierbei nur, daß jene Zusammenfassung wohl-definiert ist; denn bei Bedarf muß sie wieder aufgehoben werden können.

Im Falle des Getreidebaues erfolgt das durch **S u b s t i t u t i o n**: Der Umfang des Haferbaues z.B. in den vielen Betriebsmodellen eines Kalküls wird substituiert durch den in allen Wirtschaftsweisen gleich hohen Anteil des Hafers am Gesamt-Getreide und den - jeweils unterschiedlichen - Umfang des Getreidebaues. Damit ist durch die Substitution der

Umfang jeder Getreideart in allen Betriebsmodellen definiert, zugleich aber aus der Entscheidung selbst herausgenommen. Hierdurch steht über den Umfang des Getreidebaues als mehrgliedrigem Sachverhalt tatsächlich nur noch ein Merkmal zur Entscheidung.

Die Aggregierung der einzelnen Teile des Futterbaues und der Rindviehhaltung beruht nicht auf der Gleichartigkeit ihrer Glieder - wie beim Getreidebau -, sondern auf der strammen Interdependenz zwischen ihnen. Hier erfolgt die Zusammenfassung durch *R e d u k t i o n*, bei der basismäßig die Zusammensetzung der Futtermischung aus den einzelnen Grundfutterarten und dem Kraftfutter sowie die Nutzungsrichtung der Rindviehhaltung festgelegt werden. Dann läßt sich sowohl der Umfang der einzelnen Futterbauzweige als auch der Viehbesatz insgesamt und in seinen einzelnen Altersklassen auf eine dieser Größen zurückführen oder reduzieren (z.B. 7 a Futterrübenfläche oder 1,5 Futter-GV bzw. 1,1 Kühe/ha Futterfläche). Wegen der gleichen Relation zwischen diesen einzelnen Hauptbetriebszweig-Teilen, über die im Einzelkalkül *n i c h t* zu entscheiden ist, wird dieser vielgliedrige Sachverhalt dann tatsächlich durch nur ein Merkmal voll definiert.

Beim Hackfruchtbau ist es in der Regel angezeigt, nur die dominierende Verkaufs-Hackfrucht im Einzelkalkül zur Entscheidung zu stellen, während die nachgeordnete(n) in ihrem Umfang basismäßig festgelegt wird(werden). Bei der dann allein zur Entscheidung verbleibenden Hackfrucht wird die Aggregierung entweder durch Substitution (beim Kartoffelbau in Zusammenfassung von Früh- und Spätkartoffeln, Speise- und Futterkartoffeln usw.) oder durch Reduktion (beim Zuckerrübenbau zur Verknüpfung mit der dazugehörigen Rindviehhaltung) vorgenommen.

Als Ergebnis des Abschnittes darf festgelegt werden: Die sachlichen Anforderungen an das Informationsmaterial, die sich aus dem Informationsbedarf des Betriebsleiters für eine

wirkliche Entscheidung herleiten, lassen sich bei unserem heutigen Wissen über die Kausalzusammenhänge des landwirtschaftlichen Betriebes und bei dem jetzigen Stande der Modellberechnungstechnik zweifelsohne erfüllen. Darüber hinaus gibt es Möglichkeiten, die im Hinblick auf unsere Denkkapazität sehr strengen Sachbedingungen zu entschärfen, und zwar durch Aufspaltung der Gesamt-Fragestellung, der Entscheidung und der Modellberechnung in Einzelkalküle, durch basismäßige Festlegung von Art und Umfang der Produktionsfaktoren und der "sonstigen" Produktion sowie durch Aggregierung bei den drei verbleibenden Hauptbetriebszweigen.

22. Die Denkmöglichkeiten. Wege für ihre mittelbare Ausweitung.

Eingangs dieses Teiles 2 war bereits angedeutet, daß nicht nur von Seiten der sachlichen Erfordernisse die Diskrepanz zwischen zu verarbeitender und verarbeitbarer Informationsmenge gemildert werden kann, sondern daß auch vom menschlichen Denkkapazität her Wege zur Behebung dieser Widersprüchlichkeit bestehen, und zwar mittels denkgerechter Information. Hierzu muß auf theoretisch-deduktive Ableitungen zum größten Teil verzichtet werden, wie das im vorigen Abschnitt angebracht war. Allein der gesunde Menschenverstand sagt uns schon, daß wir umso mehr Informationen durch Denken gegeneinander abwägen und über sie entscheiden können, je denkgerechter sie sind.

221. . Zur Art des Informationsmaterials. Der Aufbau schrittweiser Betriebsplanung.

Denkkapazität ist nicht ein rein quantitativer Begriff, sondern zugleich auch ein qualitativer: Es gibt auf der einen Seite Informationsdaten, die sich ohne weiteres im Entscheidungsprozeß gegeneinander abwägen lassen; andere dagegen müssen

zuerst in einem vorgeschalteten Denkkakt dem vorhandenen Denkschema des Einzelnen angepaßt werden. Damit wird während des ganzen Denkprozesses immer wieder ein Teil der Denkkapazität in Anspruch genommen. Deshalb kommt es auf denkgerechte Informationen an, die leicht aufzufassen sind, damit möglichst viel Denkkapazität für den eigentlichen Entscheidungsprozeß verfügbar bleibt. Das gilt sowohl für das einzelne Informationsmerkmal, als auch für ganze Wirtschaftsweisen.

Bei der Modellberechnung werden allerdings mit Vorteil recht oft abstrakte Begriffe verwendet. Ob eine Information - als Ergebnis dieser Modellberechnung - aber auch im Denkprozeß des Entscheidens ohne zusätzliche Denkarbeit verwendet werden kann, hängt im wesentlichen gerade davon ab, wieweit sie den Vorstellungen des Betriebsleiters unmittelbar entspricht¹⁾. Deshalb sollten die Ergebnisse von Modellberechnungen möglichst sofort in eingängige Begriffe umgemünzt werden. Das ist bei allen Methoden und Verfahren der Modellberechnung ohne weiteres möglich. Deshalb braucht auf diese Frage hier nicht näher eingegangen werden.

Noch wichtiger als die Gegenständlichkeit der einzelnen Information ist, daß die Gesamt-Information der Vorstellungswelt des Betriebsleiters adäquat ist. Zu einer Entscheidung für oder wider eine bestimmte Wirtschaftsweise reichen nämlich in der Regel selbst vollständige quantitative Aussagen über sie und ihr ganzes Wirtschaftsergebnis nicht aus. Zu einem richtigen Urteil braucht man vielmehr auch immer noch konkrete Vorstellungen vom innerbetrieblichen Zusammenspiel aller Komponenten der Wirtschaftsweise, vom Wirtschaftsablauf eines ganzen Jahres und anderem mehr. Eine Entscheidung

1) Der für die Modellberechnung sehr zweckmäßige Begriff der Großvieheinheit z.B. ist den meisten Betriebsleitern durchaus bekannt; sind aber mehrere Möglichkeiten der Betriebsgestaltung unter dem Gesichtspunkt des gesamten Wirtschaftszweckes gegeneinander abzuwägen, dann werden sich viele Betriebsleiter Informationen über den GV-Besatz zuvor und immer wieder in die jeweilige Zahl der Kühe "übersetzen" und damit vorweg bereits Denkkapazität in Anspruch nehmen.

zwischen Wirtschaftsweisen, die von der derzeitigen, der Ist-Wirtschaftsweise stark abweichen, ist deshalb mit sehr vielen Vorfragen und selbst mit Unwägbarkeiten belastet, deren Beantwortung meist schon für sich unser Denkvermögen übersteigt. Die Folge hiervon ist dann oft eine ad-hoc-Entscheidung ohne ein wirkliches Abwägen aller Teilaspekte von Wirtschaftszweck und Wirtschaftsweise bzw. -ergebnis, und u.U. führt das sogar zu einer unterbewußten Abneigung gegen jede Änderung des Ist-Zustandes.

Aus dieser Sicht sollte u.E. das erste Einzelkalkül soweit wie möglich an den Ist-Betrieb anknüpfen. Dazu sind seine Basis-Kenndaten in weitgehender Anlehnung an den Ist-Betrieb zu wählen. Die damit zur Entscheidung kommenden Wirtschaftsweisen ordnen sich dann ohne Schwierigkeiten in die vorhandene Vorstellungswelt des Betriebsleiters ein.

Unter einem anderen Gesichtspunkt gewinnt dieses Vorgehen noch zusätzlich an Bedeutung: Das Durchdenken der Möglichkeiten des Ist-Betriebes und auch seiner Grenzen ergibt nebenher eine eingehende Betriebsdiagnose, ohne die eine verantwortungsbewußte Planung kaum angestellt werden kann.

In Anwendung jenes Prinzips sind auch die nachfolgenden Einzelkalküle wieder an das Optimum des jeweils vorausgegangen anzuknüpfen. Denn in dessen Entscheidungsprozeß und bei jener Betriebsdiagnose haben sich bereits feste Vorstellungen von dieser vorläufig optimalen Wirtschaftsweise gebildet, so daß sich die neuen Informationen in das erarbeitete neue Denkschema ohne geistige Sonderbelastung eingliedern lassen.

Diese Anknüpfung muß primär unter dem Gesichtspunkt der Kausalität stehen; nur dann lassen sich nämlich in eine bereits gewonnene Vorstellungswelt alle Auswirkungen logisch einordnen, die eine Basis-Abänderung zeitigt, und zwar sowohl in Bezug auf die einzelnen Teilergebnisse, als auch besonders auf die Möglichkeiten der Betriebsgestaltung. Insgesamt vertieft sich damit die Betriebskenntnis von Schritt zu

Schritt der Betriebsplanung. Am abschließenden praktischen Beispiel wird sich zeigen, daß der Wert gerade der Betriebsdiagnostik für die Betriebsleiterentscheidung gar nicht überschätzt werden kann.

222. Zur Form der Information.
Die Modellreihe und die graphische Gesamt-Information.

Ebenso wie denkgerechte Informationsmerkmale im einzelnen und für ganze Wirtschaftsweisen Denkkapazität freimachen, kann auch durch die Form der Wiedergabe der Entscheidungsinformationen der Denkapparat entlastet werden.

Zum ersten trägt hierzu das Prinzip der Modellreihen bei: Wie in Abschnitt 1.1 gezeigt war, verändern sich in ihren Wirtschaftsweisen bei kontinuierlicher Änderung einer ihrer Komponenten ihre übrigen Merkmale ebenfalls kontinuierlich, und der Grad dieser Veränderungen ist für die ganze Modellreihe konstant. Damit knüpft jede weitere Wirtschaftsweise an eine bereits bekannte oder erkannte Wirtschaftsweise an. Das bietet die gleiche gedankliche Entlastung, wie sie sich im Abschnitt 2.2.1 für die Verknüpfung der Einzelkalküle herausgestellt hatte. Denn auch hier sind die Verknüpfungen rein kausal¹⁾, und deshalb lassen sich alle Wirtschaftsweisen logisch erfassen und dementsprechend leicht durchdenken; für die Betriebserkenntnis ist das äußerst förderlich.

Ausreichende Information über sämtliche Modelle einer kausalbestimmten Modellreihe ergeben bereits die Informationsmerkmale nur eines ihrer Modelle und dazu die Änderungstendenzen der übrigen Merkmale. So wird auch auf diesem Wege die Zahl der Informationsmerkmale für die Einzelentscheidung weiter

1) Auch die Iterations-Optima der üblichen Linearprogrammierung stellen eine Modellreihe dar, aber sie ist nicht kausalbestimmt, sondern final ausgerichtet. Mangels kausaler Beziehungen zwischen ihren Wirtschaftsweisen läßt sich deshalb der kausale Grund ihrer Entstehung und damit ihr Zusammenhang logisch nie ohne weiteres erkennen.

verringert. Weiter ermöglicht diese Form der Information durch ihre Zusammenordnung vieler Betriebsmodelle eine weitere Untergliederung der Einzelentscheidung, nämlich in Vorentscheidungen über die einzelnen Modellreihen. Hierbei wird sehr schnell die überwiegende Zahl aller Modellreihen eines Einzelkalküls ausgeschaltet, weil schon ihre Tendenzen erkennen lassen, daß sie dem Wirtschaftszweck wenig adäquat sind.

Durch Ausschöpfung aller Möglichkeiten des Kapitels 2.1 kann schließlich das allgemeine Prinzip der Modellreihen besonders sinnfällig zu isoquanten und besonders zu Begrenzungsmodellreihen ausgebaut werden. Daß die eben genannten Vorentscheidungen und die gesamte Einzelentscheidung hierdurch ganz beträchtlich erleichtert wird, mögen die Abschnitte 3.1.3 und 3.2.2 erweisen.

Die zweite Möglichkeit auf der Ebene der Informationsform bringt schließlich Sachbedingungen und Denkmöglichkeiten weitestgehend zur Übereinstimmung: Die Wirtschaftsweisen eines Einzelkalküls unterscheiden sich nur noch durch zwei variable Betriebsformkennndaten¹⁾. Deshalb können ganze Modellreihen durch eine einzige Linie graphisch dargestellt werden. Die Linien aller für die Entscheidung bedeutsamen Modellreihen lassen sich weiter im gleichen Koordinatennetz zusammenzeichnen und so das gesamte Informationsmaterial bildlich wiedergeben. Das ist zweifelsohne sinnfälliger als eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Modellberechnung. Daß durch die erreichte Anschaulichkeit des Gesamt-Informationsmaterials viel Denkkapazität für die Entscheidung

1) Sie weisen nicht nur die gleiche Produktionsmacht auf, sondern durch die basismäßigen Festlegungen bezüglich der landwirtschaftlichen Nutzfläche und des Umfanges sonstiger Produktionszweige ist zugleich auch die Gesamtfläche der drei Hauptbetriebszweige festgelegt. Damit ergänzen sie sich zwangsläufig zu der im Einzelkalkül zu untersuchenden, der sog. Untersuchungsfläche (UF), so daß durch den Umfang jeweils zweier Hauptbetriebszweige bereits der dritte festgelegt ist.

selbst frei bleibt, liegt auf der Hand, so daß sich weitere Ausführungen hierzu erübrigen dürften.

Von der Theorie her gibt es danach offensichtlich Möglichkeiten, die Diskrepanz zwischen sachlich zu verarbeitender und denkmäßig verarbeitbarer Informationsmenge nicht nur zu mildern, sondern sogar weitestgehend zu beseitigen. Daß das auch praktisch durchführbar ist, soll in Teil 3 anhand eines Beispiels aufgezeigt werden.

3. Beispiel einer Problemlösung.

Als Beispiel für ein Betriebsplanungs-Verfahren, mit dem die theoretisch gefundenen Möglichkeiten auch praktisch ausgeschöpft werden können, wird hier die Graphische Linearprogrammierung (gLP) verwendet; sie gilt hierbei aber auch nicht als mehr als ein Beispiel, weil durchaus auch andere Lösungsmöglichkeiten denkbar sind, die jene Erkenntnisse weitestgehend zu nutzen vermögen. Deshalb sollen hier auch nur diese Wesenszüge der Graphischen Linearprogrammierung in gebotener Kürze aufgezeigt werden.

31. Der Kausalbereich. Die graphische Modellberechnung.

Die Methodik der Problemaufspaltung hatte es ermöglicht, die Frage nach dem Optimum des Einzelkalküls auf eine Teilentcheidung über drei variable Kenndaten einzuschränken, nämlich auf den Umfang von Getreide-, Hackfrucht- und Futterbau. In Abschnitt 2.2.2 war gezeigt, daß hierdurch jede Betriebsform bereits ausreichend durch den Umfang zweier Hauptbetriebszweige als einzige Betriebsform-Kenndaten eindeutig definiert ist, denn der Umfang des dritten Haupt-Betriebszweiges ist zwangsläufig der Rest der Untersuchungsfläche.

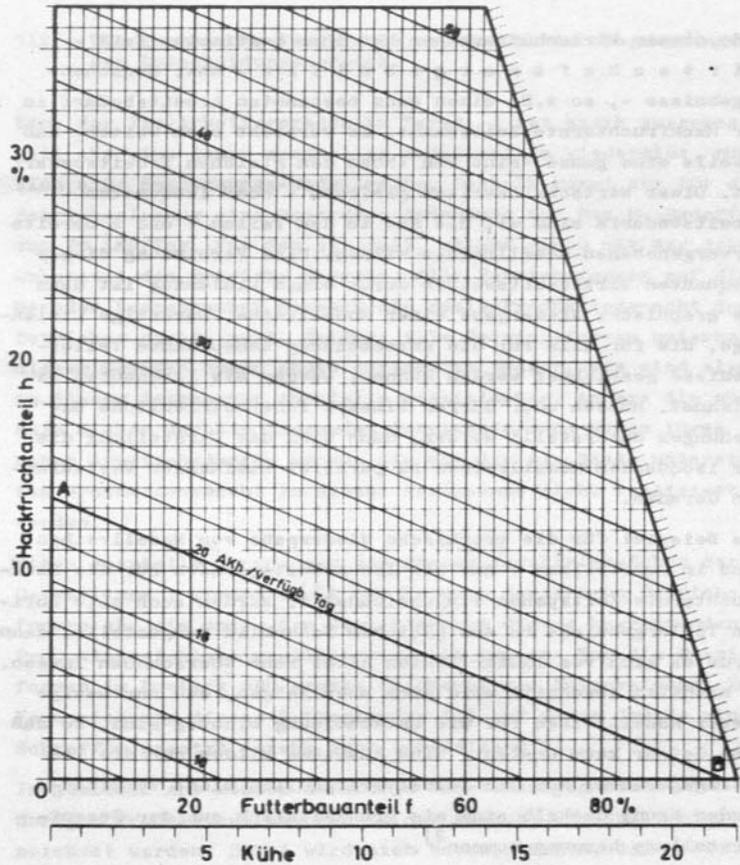
Das legt es nahe, die gesamte Modellberechnung graphisch vorzunehmen und in gleicher Form auch alle Entscheidungsinformationen niederzulegen; denn jedes Zwei-Variablen-Problem läßt sich in einem normalen Koordinatennetz darstellen. Diese Möglichkeit schöpft das Verfahren der Graphischen Linearprogrammierung aus, das im übrigen mit den betriebswirtschaftlichen Grundlagen der allgemeinen Linearprogrammierung übereinstimmt ¹⁾.

311. Wirtschaftsweisen und -ergebnisse im gLP-Koordinatennetz. Das gLP-Schaubild der Modellreihen.

Bei der Graphischen Linearprogrammierung (gLP) wird ein normales Koordinatennetz verwendet, in dem der Umfang von Hackfrucht- und Futterbau als Koordinaten ²⁾ gewählt sind (vgl. Darst. 1).

- 1) Erinnert sei hierzu daran, daß zur Einführung in die übliche Linearprogrammierung stets auf die hier ausgeschöpfte graphische Arbeitsweise ihrer Anschaulichkeit und Erklärungsfähigkeit wegen zurückgegriffen wird.
- 2) Der Ordinatenmaßstab für den Hackfruchtbau ist wegen dessen größerer Wichtigkeit und seines kleineren Umfanges größer gewählt als der Maßstab für den Futterbau. Im übrigen sind hier anstelle der absoluten Flächen die Flächenanteile an der Untersuchungsfläche (UF) angegeben.

Als Beispiel für die Betriebsform-Kennzeichnung durch Daten, die dem Betriebsleiter geläufiger als die Hauptbetriebszweige-Anteile sind, trägt in Darst. 1 die Abszisse zusätzlich eine Skala für den absoluten Kuhbesatz, der ja wegen der innerbetrieblichen Interdependenz dem Futterbauanteil direkt proportional ist.



Darstellung 1: Arbeitsbedarfs - Schaubild
(Hackfruchternte - Zeitspanne)

Jeder Punkt in diesem Koordinatennetz gibt ganz eindeutig eine bestimmte Wirtschaftsweise an: Zwei der Betriebsform-Kenndaten sind an den Koordinaten unmittelbar abzulesen, das dritte ergibt sich rechnerisch, und im übrigen ist sie durch die für alle Betriebsformen gleichermaßen gültigen Basis-Kenndaten definiert.

Jede dieser Wirtschaftsweisen hat ihre bestimmten Teil - Wirtschaftsergebnisse - bzw. Zwischenergebnisse -, so z.B. einen ganz bestimmten Arbeitsbedarf in der Hackfruchternte-Zeitspanne. Es versteht sich weiter, daß jeweils eine ganze Reihe von ihnen den gleichen Arbeitsbedarf hat. Diese Wirtschaftsweisen gleichen - oder isoquanten - Arbeitsbedarfs sind es, die die in den Teilen 1 und 2 bereits hervorgehobenen Modellreihen bilden. Eine Verbindung dieser isoquanten Wirtschaftsweisen durch einen Linienzug ist dann die graphische Wiedergabe einer Modellreihe. Derartige Linienzüge, die für alle für die Entscheidung bedeutsamen Teilergebnisse gezeichnet werden können, werden als Isoquanten bezeichnet. Müssen oder dürfen lineare innerbetriebliche Beziehungen unterstellt werden, dann wird die Darstellung dieser isoquanten Modellreihen zu parallel zueinander verlaufenden Geraden.

Als Beispiel für die graphische Wiedergabe von Modellreihen sind in Darstellung 1 nur die Iso-Arbeitsgeraden für die Hackfruchternte-Zeitspanne eingezeichnet¹⁾. Würden auch alle übrigen Teilergebnisse in dem gleichen Schaubild dargestellt, dann würde es sich vor lauter Linien nicht mehr überschauen lassen. Im nächsten Abschnitt wird sich aber zeigen, daß nur wenige dieser Modellreihen für die Entscheidung wichtig sind, so daß jene Gefahr kaum besteht. Eine Ausnahme bilden nur die Iso-Ertragsgeraden, auf die selbstverständlich nicht verzichtet werden kann; deshalb sind sie grundsätzlich aus der Gesamtdarstellung herausgenommen²⁾.

- 1) Zur Verfahrenstechnik sei am Rande vermerkt, daß für die Zeichnung einer dieser Parallelen nur zwei "Einfach"-Betriebsformen berechnet zu werden brauchen, nämlich die futterbaulose und die hackfruchtbaulose Betriebsform für ihren Ordinaten- und Abszissen-Schnittpunkt; für die Parallelen braucht selbstverständlich nur noch eine, z.B. die futterbaulose Einfach-Betriebsform oder statt dessen nur die konstante (1) Hackfruchtanteil-Differenz von Parallele zu Parallele berechnet zu werden.
- 2) Stellvertretend für alle Iso-Ertragsgeraden wird auf einem weißen "Ertragsblatt" eine einzige von ihnen als "Mustergerade" gezeichnet, alle übrigen Merkmale der Wirtschaftsweisen dagegen auf einem transparenten "Bereichsblatt". Das Bereichsblatt kann dann so auf das Ertragsblatt gelegt werden, daß die Mustergerade durchscheinend unter der jeweiligen Betriebsform als die benötigte Iso-Ertragsgerade sichtbar wird.

312. Die graphische Wiedergabe von Produktionsbegrenzungen. Der Entscheidungsbereich.

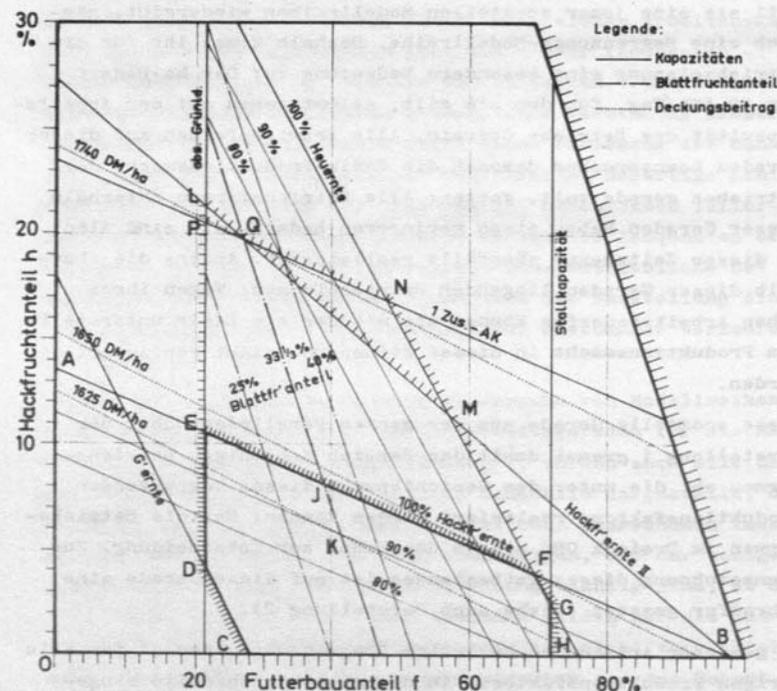
Eine der Iso-Arbeitsgeraden in Darst. 1 ist stark ausgezogen, weil sie eine jener speziellen Modellreihen wiedergibt, nämlich eine Begrenzungs-Modellreihe. Deshalb kommt ihr für die Betriebsplanung eine besondere Bedeutung zu: Der ha-Bedarf von 20 AKh/Tag, für den sie gilt, stimmt genau mit der Arbeitskapazität des Betriebs überein. Alle Betriebsformen auf dieser Geraden beanspruchen demnach die Basis-Produktionsmacht des Betriebes gerade voll. Weiter: Alle Betriebsformen unterhalb dieser Geraden haben einen geringeren Bedarf, sie sind also in dieser Zeitspanne ebenfalls realisierbar. Anders die oberhalb dieser Geraden liegenden Betriebsformen: Wegen ihres hohen Arbeitsbedarfes können sie mit der als Basis unterstellten Produktionsmacht in dieser Zeitspanne nicht realisiert werden.

Diese spezielle Gerade aus der ganzen Parallelen-Schar der Darstellung 1 grenzt damit den Bereich derjenigen Betriebsformen ab, die unter dem Gesichtspunkt dieses begrenzenden Produktionsfaktors realisiert werden können: Nur die Betriebsformen im Dreieck OBC stehen überhaupt zur Entscheidung. Zur Kennzeichnung dieses Tatbestandes ist auf diese Gerade eine Schraffur gesetzt (siehe auch Darstellung 2).

In gleicher Art können derartige "Begrenzungsgeraden" für alle übrigen Produktionsfaktoren in das gleiche Schaubild eingezeichnet werden. Dabei wird sich herausstellen, daß etliche Wirtschaftswesen, die in der Hackfruchternte-Zeitspanne realisierbar sind, in einer anderen Zeitspanne oder auch im Hinblick auf einen anderen Produktionsfaktor nicht realisiert werden können; auch sie fallen deshalb zwangsläufig aus der Entscheidung heraus.

In Darstellung 2 sind eine Reihe derartiger Begrenzungsgeraden als Beispiel eingezeichnet, und zwar für folgende, hier als

begrenzend unterstellte Produktionsfaktoren (in Klammern sind die für den Entscheidungsbereich bestimmenden Betriebsformen angegeben):



Darstellung 2: gLP-Bereichsblatt
Produktionsmacht in der Getreideernte-Zeitspanne (C - D),
"absoluter" Grünlandanteil (D - E),
Produktionsmacht in der Hackfruchternte-Zeitspanne (E - F),
in der Hackfruchtpflege-Heuernte-Zeitspanne (F - G) und
Stallkapazität als bestimmende Größe für den innerbetrieblich verwertbaren Futterbauanteil (G - H).

Zusätzlich eingezeichnet sind Geraden für diejenigen Betriebsformen, die die Arbeitskapazitäten der beiden im Beispiel ent-

scheidenden Zeitspannen nur zu 90 bzw. 80 % beanspruchen. Derartige Geraden sind als Bewertungsgeraden zu bezeichnen, denn sie geben Auskunft, welchen Wert Betriebsformen innerhalb jenes Bereichs für die Erreichung gewisser Teilzwecke haben. Hierzu sei auch auf die strich-punktierten Geraden hingewiesen, die alle Betriebsformen mit 25, 33 1/3 und 40 % Blattfruchtanteil anzeigen.

Die oben aufgeführten dich ausgezogenen Geraden-Abschnitte grenzen die nicht realisierbaren Betriebsformen von denen ab, die auf der jeweiligen Kalkülbasis zur Entscheidung stehen. Das von ihnen gebildete Vieleck CDEFGH wird deshalb als Entscheidungsbereich bezeichnet.

313. Der Informationsinhalt von Modellreihen. Änderbarkeit und Stabilität von Kenndaten und Lösungen.

Bei der Graphischen Linearprogrammierung liefern isoquante Modellreihen zusätzliche Informationen, und zwar hauptsächlich wegen ihrer graphischen Wiedergabe. Deshalb konnten die kausalen Grundlagen hierfür in den allgemeinen Teilen 1 und 2 nicht besprochen werden; sie sind hier nachzuholen.

Die einzelnen Iso-Geraden bzw. ihre Kombination geben folgende rein kausalbestimmte Tatbestände unmittelbar an:

- 1) Für jede Wirtschaftsweise einer Iso-Geraden sind alle Entscheidungsinformationen an den Koordinaten oder an den übrigen Begrenzungs- bzw. Bewertungsgeraden - ggf. durch Interpolation - abzulesen.
- 2) Innerhalb des Gültigkeitsbereiches einer Iso-Geraden ändert sich jedes Informationsmerkmal kontinuierlich.
- 3) Der Gültigkeitsbereich der einzelnen Iso-Geraden ist eindeutig durch die Abgrenzungen des Entscheidungsbereiches gekennzeichnet.

Alle Entscheidungsinformationen gelten selbstverständlich nur im Rahmen ihres Einzelkalküls; denn durch dessen Basis-konstanten ist die Lage aller Iso-Geraden festgelegt. Jede Basisänderung führt deshalb zu einer Verlagerung derjenigen Iso-Geraden, auf die sich die abgeänderte Basiskonstante auswirkt. Die neue Lage ist in einem folgenden Einzelkalkül zu berechnen.

Wegen der reinen Kausalbestimmtheit der Modellreihen¹⁾ läßt sich allerdings bereits im voraus abschätzen, wie sich die Änderung einer Basiskonstanten auf das gesamte Betriebsgeschehen auswirkt, also

wie die betreffende(n) Iso-Gerade(n) hierdurch verlagert wird (werden),

wie hierdurch der Entscheidungsbereich verändert wird,

welche bisher nicht realisierbaren Wirtschaftsweisen durch jene Konstantenänderung realisiert werden können usw.

Hierbei wird sich für viele - ursprünglich frei gewählte - Basisfestlegungen herausstellen, daß sich ihre Abänderung auf das Betriebsganze doch nicht im Sinne des Wirtschaftszweiges auswirken würde. Folgerung für die gesamte Betriebsplanung ist hieraus, daß diese Basiskonstanten nicht noch in späteren Einzelkalkülen auf ihre Zweckmäßigkeit überprüft werden brauchen, daß sogar bei der endgültigen Betriebsdurchführung in diesen Punkten Abweichungen vom Planungs-Optimum erlaubt sind. Das ist gar nicht unwichtig, weil hierdurch die gesamte Betriebsplanung von unnötigen Rechnereien und Entscheidungen wesentlich entlastet wird, als das gemeinhin angenommen wird.

Dieser Möglichkeit, die Auswirkungen von Konstantenänderungen auf das Betriebsgeschehen und damit auf die Informationsmerk-

1) Ihre einzelnen Bestimmungsgründe und auch ihre unterschiedliche Gewichtigkeit treten in dem formblattmäßig vorbereiteten Rechenbogen zur Graphischen Linearprogrammierung eindeutig zutage.

male hinreichend genau abzuschätzen, kommt schließlich auch noch aus ganz anderer Sicht besondere Bedeutung zu: Jeder Modellberechnung müssen eindeutige Daten zugrunde gelegt werden. Die meisten Daten können aber nur Durchschnittswerte, Vorausschätzungen u.ä. sein, sie sind also zum überwiegenden Teil unsicher bzw. ungenau.

Entsprechend unsicher sind deshalb zwangsläufig auch die rein zahlenmäßigen Ergebnisse der Modellberechnung und demzufolge auch die Entscheidung selbst. Abgesichert werden kann sie aber, wenn sich die Auswirkungen von Datenungenauigkeiten usw. auf die berechneten Modelle abschätzen lassen. Dann läßt sich nämlich beurteilen, ob eine getroffene Entscheidung auch bei einer nicht-gewollten Konstantenänderung noch gültig ist, ob jenes Betriebsoptimum eine "stabile", von der Datenunsicherheit nicht mehr beeinflussbare Lösung ist. Diese Möglichkeit ist hier gegeben: Die Stabilität einer Entscheidung bzw. ihre Labilität läßt sich aus dem Bereichsblatt ähnlich ablesen, wie sich oben die Auswirkungen gewollter Konstantenänderungen im voraus abschätzen ließen.

Mit Modellreihen kommt die Graphische Linearprogrammierung im kausalen Bereich der Forderung nach wenigen, trotzdem aber umfassenden und zugleich denkgerechten Informationen bereits recht nahe. Darüber hinaus gestattet im finalen Bereich der Betriebsplanung dieses Prinzip der Modellreihen eine zusätzliche Unterteilung des Entscheidungsprozesses und löscht damit die Diskrepanz zwischen Informationsbedarf und Denkkapazität, auf der für den Betriebsleiter letztlich die Problematik des Entscheidens beruht. Das wird die Skizzierung des eigentlichen Kalkulationsvorganges in der Betriebsplanung im nächsten Kapitel zeigen.

32. Der Finalbereich. Die Kalkulationen bei der Graphischen Linearprogrammierung.

Das vorige Kapitel beschränkte sich auf die Möglichkeiten der Graphischen Linearprogrammierung für die Modellberechnung als Lieferant der Entscheidungsinformationen. In diesem Kapitel sei der zweite Abschnitt der Betriebsplanung, also die Kalkulation im engeren Sinne, das entscheidende Abwägen der Vor- und Nachteile aller Wirtschaftsweisen einer Kalkülbasis kurz skizziert.

321. Das Ertragsmaximum des Einzelkalküls.

Das Einkommen ist wohl immer wichtigster Teil des Wirtschaftszwecks. Deshalb ist es sinnvoll, zu Beginn der Kalkulation die Betriebsform höchsten Ertrages, also das Ertragsmaximum zu suchen, selbst wenn es anderen Teilzwecken wenig adäquat sein sollte. Das ist selbst zwar noch nicht ein eigentlicher Kalkulationsvorgang, denn wie bereits im Teil 2 gezeigt war, handelt es sich hier um einen rein kausalbestimmten Tatbestand, der demzufolge auch unmittelbar aus dem Bereichs-Schaubild abzulesen ist. Trotzdem ist diese Frage erst hier zu besprechen, weil für den Betriebsleiter das Ertragsmaximum der Ausgangspunkt seiner Kalkulation ist.

Ertragsmaximum ist im Bereichs-Schaubild diejenige Betriebsform, bei der die Iso-Ertragsgeraden den Entscheidungsbereich tangential berühren, denn alle übrigen Betriebsformen des Entscheidungsbereichs liegen unterhalb dieser Iso-Ertragsgeraden. In unserem Beispiel ist nach Darstellung 2 die Betriebsform F das Ertragsmaximum.

Dieses Ertragsmaximum wäre zugleich das Betriebsoptimum auf der untersuchten Kalkülbasis, wenn es auch alle anderen Teilzwecke bestmöglich erfüllte. In aller Regel wird jedoch das eine oder andere Teil- bzw. Zwischenergebnis dem Gesamt-Wirtschaftszweck mehr oder weniger zuwiderlaufen. Eine dies-

bezügliche Gesamtbeurteilung des Ertragsmaximums ist der eigentliche Beginn des Kalkulierens.

In unserem Fall möge der Betriebsleiter die weiteren Merkmale z.B. folgendermaßen beurteilen (die Reihenfolge gebe die Wichtigkeit der einzelnen Gesichtspunkte an):

Zu hoher Viehbesatz,
zu hohes Arbeitsrisiko¹⁾ in der Hackfruchternte-Zeit-
spanne,
sehr hohes Arbeitsrisiko in der Hackfruchtpflege-Heu-
ernte-Zeitspanne und
hoher Blattfruchtanteil.

Das Ertragsmaximum ist also sehr wahrscheinlich noch nicht das Betriebsoptimum des Einzelkalküls.

322. Das Kalküloptimum.

Das Ertragsmaximum sollte trotzdem in aller Regel der Ausgangspunkt der Einzelentscheidung sein. Von ihm aus ist - ganz allgemein - nach Betriebsformen zu suchen, die bei möglichst geringem Ertragsverlust (!) die Nachteile des Ertragsmaximums beheben können; verständlicherweise ist hierbei an seine größten Nachteile (hier zu hoher Viehbesatz) zuerst zu denken.

Diesen Weg zum Kalküloptimum vermag das Prinzip der Modellreihen nochmals zu unterteilen, zu systematisieren und zu vereinfachen. Das Bereichs-Schaubild weist zum ersten unmittelbar und eindeutig diejenige Modellreihe aus, deren Wirtschaftsweisen den größten Nachteil, dabei aber die geringsten Ertragseinbußen mit sich bringen. Nur diese Zwischenfrage ist vorerst zu beantworten. In unserem Beispiel werden viehschwächere Wirtschaftsweisen gesucht, diese entsprechend

1) hinsichtlich des Wetters (Zahl der verfügbaren Arbeitstage), möglicher Krankheitsfälle (effektive Arbeitskapazität), Maschinenschäden o.ä. (Nichtnutzung verfügbarer Arbeitstage); denn diese Betriebsform schöpft die theoretisch gegebene Arbeitskapazität voll aus.

futterbauärmeren Betriebsformen liegen links der Betriebsform F. Die kleinste Ertragsminderung nach links weist die Modellreihe F - E auf. Ganz systematisch zeigt damit zum zweiten die Graphische Linearprogrammierung diejenige Modellreihe an, über die zuerst entschieden werden sollte. Zum dritten lassen sich nun Modellreihen sehr einfach beurteilen, weil sie sich ja in jeder Beziehung völlig kontinuierlich ändern und damit nur wenige Informationsmerkmale gegeneinander abzuwägen sind. Diese Entscheidung läuft deshalb nur darauf hinaus, bei welcher Betriebsform dieser Modellreihe ein Gleichgewicht in der Erfüllung der relevanten Teilzwecke erreicht ist. Das wird zwar nicht immer schon das Einzeloptimum sein, sondern erst und nur ein Zwischenoptimum. In unserem Beispiel möge der Betriebsleiter ein erstes Gleichgewicht in der Betriebsform J sehen, die einen befriedigend niedrigen Viehbesatz und eine ihm gerade noch ausreichend erscheinende Fruchtfolge aufweist, ohne daß mit einem nennenswerten Ertragsausfall gerechnet werden müßte; im übrigen ist das Arbeitsrisiko im Frühjahr abgewendet.

In gleicher Art ist auch dieses Zwischenoptimum zu untersuchen. Im Beispiel wäre als nächstes darüber zu entscheiden, ob auch das Arbeitsrisiko in der Hackfruchternte unter Inkaufnahme weiterer Ertragseinbußen und einer - jetzt nicht mehr ganz so gewichtigen - Erhöhung des Viehbesatzes verringert werden sollte, ob also dieser Vorteil jenen Nachteil aufwiegt. Da bei der letzten Zwischenentscheidung der Blattfruchtanteil das dominierende Entscheidungskriterium war, ist das nächstgünstige Gleichgewicht in der Modellreihe der Iso-Fruchtfolgeraden zu suchen. Im Sinne seines gesamten Wirtschaftszweckes mag für unseren Betriebsleiter der optimale Kompromiß bei der Betriebsform M liegen.

Durch die gLP-Methodik kann danach auch die Entscheidung in einem Einzelkalkül noch weiter untergliedert werden. Der logische Verlauf dieses Entscheidungsprozesses läßt sich aus dem gLP-Bereichsblatt förmlich ablesen, und jedes Mal sind

nur so wenige Informationsmerkmale erforderlich, daß sie wohl mit absoluter Gewißheit simultan erfaßt werden können.

323. Die Betriebsdiagnose.

Zur Betriebsdiagnose wird die Ist-Betriebsform in das Bereichsblatt eingezeichnet. Damit können ihre entscheidungsträchtigen Merkmale unmittelbar abgelesen werden, also ohne daß sie gesondert errechnet werden müßten. Die Kernfrage einer jeden Betriebsdiagnose, w a r u m das Ist vom Kalküloptimum abweicht, kann dann verhältnismäßig leicht beantwortet werden, denn Ist-Betrieb und das erste Einzeloptimum stimmen in den Basis-Kenndaten weitgehend überein.

Es ist hier nicht der Ort für eine eingehende Betriebsdiagnose, zumal es hierbei ganz wesentlich auf die Betriebsindividualität ankommt. Zur Technik der Betriebsdiagnose seien deshalb hier nur zwei Beispiele gebracht:

- a) Die Ist-Betriebsform liegt jenseits der Hackfruchternte-Begrenzungsgeraden:

Wie ist das realisierbar?

Stehen Zusatz-AK zur Verfügung, an die der Betriebsleiter bei der Betriebsaufnahme nicht gedacht hatte?

Sind mehr Tage verfügbar, als unterstellt war?

Kommt der Betriebsleiter mit einem geringeren Arbeitsaufwand aus, als die Bedarfszahl angibt?

Werden in dieser Zeitspanne oft Überstunden gemacht oder werden an sich termingebundene Arbeiten aufgeschoben (z.B. die Winterbestellung oder eine Winterfurche)?

- b) Die Ist-Betriebsform liegt innerhalb des Entscheidungsbereichs bei relativ niedrigem Ertrag:

Dann treten weitgehend die umgekehrten Fragen auf. Es könnte sich auch ein eindeutiger Organisationsfehler herausstellen.

Durchaus möglich ist es aber auch, daß sich der Betriebsleiter erst jetzt eines Bestimmungsgrundes für die Ist-Betriebsform bewußt wird, z.B. eines bislang nicht bedachten Teilzweckes oder sogar einer weiteren Begrenzung aufgrund der Gegebenheiten seines Betriebes. Das ermöglicht dann eine Verbesserung der betreffenden Basis-Größen usw.

Im Ablauf der Gesamtbetriebsplanung hat die Betriebsdiagnose nicht gerade die Stellung, die ihr hier aus rein didaktischen Gründen zu geben war. Die beginnt vielmehr schon früher, und sie zieht sich auch weiter durch die ganze Optimumkalkulation:

Erste Gelegenheit für sie gibt schon die Datenbeschaffung. Sie ist zwar aus mehreren methodischen Gründen bei der Graphischen Linearprogrammierung bei weitem nicht so umfangreich, wie das gemeinhin der Fall ist, andererseits aber zielt sie über das äußere Erscheinungsbild hinaus in die inneren Zusammenhänge des Betriebes hinein. Weiter werden bereits auf dem Wege zum ersten Optimum Gesichtspunkte zutage treten, die zur Betriebsbeurteilung beizutragen vermögen. Schließlich wird sich in den weiteren Einzelkalkülen die Diagnose des Ist-Betriebes zu einer laufenden, tatsächlich vollständigen Betriebsdiagnose ausweiten. Sie führt ja zu ähnlich tiefgehenden Erkenntnissen der innerbetrieblichen Zusammenhänge des Einzelbetriebes, wie sie die angewandte Betriebslehre für den landwirtschaftlichen Betrieb schlechthin erbringt; es ergibt sich von selbst so etwas wie eine individuelle Betriebslehre. Daß man hierdurch dem wirklichen Betriebsoptimum mit hinreichender Sicherheit genügend nahekommt, liegt auf der Hand. Das gilt um so mehr, als sich durch diesen Ausbau der Vorstellungswelt des Betriebsleiters auch seine Denkkapazität in qualitativer Hinsicht beträchtlich erweitert. Damit schließlich dürften auch die letzten Lücken zwischen Sachbedingungen und Denkmöglichkeiten annähernd zu schließen sein.

Abschließend darf hier auf einen Vorteil auf ganz anderer Ebene hingewiesen werden: Immer wieder werden im Laufe des Jahres Umdispositionen erforderlich, z.B. durch Witterungsschäden oder durch plötzlich eintretende, aber langfristige Absatz- bzw. Preisänderungen. Die tiefgehende Betriebserkenntnis, die der Betriebsleiter durch jene vollständige Betriebsdiagnose gewonnen hat, versetzt ihn in die Lage, auch in

derartigen Situationen eine zweckentsprechende Entscheidung ohne eine umfassende Neuplanung zu treffen.

33. Die Varianten.

Im Rahmen einer Einzelentscheidung konnte das für sie erforderliche Informationsmaterial unserer Denkkapazität angepaßt werden. Dazu war allerdings die Fragestellung für das Einzelkalkül durch Problemaufspaltung beträchtlich einzuschränken, so daß über die ausgeklammerten Fragen noch zu entscheiden bleibt. Das erfolgt bei der Graphischen Linearprogrammierung in weiteren Einzelkalkülen; bezeichnet werden sie als Varianten des ersten Einzelkalküls.

Als dessen Kalkülbasis waren die Produktionsfaktoren, die Hauptbetriebszweig-Aggregationen und die sonstigen Produktionszweige festgelegt. Hierbei war noch nicht geprüft, ob diese Festlegungen dem Wirtschaftszweck auch wirklich adäquat sind. Viele jener Basiskonstanten können nämlich durchaus variiert werden. Das nachzuprüfen ist Zweck der Varianten.

Ihre Modellberechnung geht rechentechnisch in gleicher Weise wie beim ersten Einzelkalkül vor sich, umfangsmäßig stellt sie jedoch immer nur einen kleinen Ausschnitt der ersten Modellberechnung dar. Denn in der einzelnen Variante wird - wieder im Hinblick auf die Entscheidungsproblematik - immer nur eine Basiskonstante variiert, bestenfalls einmal zwei oder drei.

Auch der Kalküls gang bleibt im grundsätzlichen der gleiche. Vorgesaltet werden muß hier jedoch die Wahl derjenigen Basiskonstanten, die variiert werden sollen, weil sie änderungswürdig erscheinen. Im übrigen verläuft er in der o.a. Weise. Deshalb dürfte hier eine stichpunktartige Aufführung des Entscheidungsprozesses der Varianten genügen:

a) Die Zielsetzung einer Variation

ergibt sich aus der jeweils vorangegangenen Einzelentschei-

dung: Gesucht werden mit ihr Wirtschaftsweisen, die in erster Linie denjenigen Teilzweck besser erreichen lassen, dessen Erfüllung gewissermaßen im Minimum geblieben war.

Im Beispiel dürfte es das Betriebseinkommen sein, ausgedrückt z.B. im Deckungsbeitrag.

b) Die Entscheidungsgerade(n), die derartige Wirtschaftsweisen versperrte(n), zeigt der letzte Entscheidungsbereich ganz deutlich.

Hier ist es ausschließlich die Begrenzungsgerade für x % Arbeitskraft-Ausschöpfung in der Hackfruchternte-Zeitspanne.

c) Die änderungswürdigen Basiskonstanten des vorigen Kalküls können nur diejenigen sein, die für die Lage jener Entscheidungsgeraden bestimmend waren. Zwar können in der Regel mehrere Basisänderungen zu einer Verlagerung der Entscheidungsgeraden führen. Die beim letzten Einzelkalkül gewonnene Betriebserkenntnis aber wird die zweckentsprechendsten Möglichkeiten ohne weiteres erkennen lassen, und der formblattmäßig aufbereitete Gang der Modellberechnung weist mit seinen Einzelzahlen auch noch auf die kritischen Basisgrößen hin.

So wie oft sind es hier der Arbeitsbedarf der Untersuchungsfläche auf der einen Seite und die für sie verfügbare Arbeitsmacht auf der anderen. Beides sei beleuchtet:

Für eine Verringerung des Arbeitsbedarfs kommt hier in erster Linie der Hackfruchtbau in Frage, z.B. durch Höhermechanisierung oder Hereinnahme von Lohnunternehmerarbeit, unter Umständen auch noch durch Verringerung des Spätkartoffel-Anteils.

Die Arbeitsmacht dürfte hier sinnvoll zuerst durch Hereinnahme von Saison-Arbeitskräften zu erhöhen sein, dann aber auch durch Verlängerung der täglichen Arbeitszeit an den verfügbaren Arbeitstagen dieser Zeitspanne. Schließlich kann auch überlegt werden, ob durch eine Verringerung des Arbeitsumfanges sonstiger Produktionszweige ein größerer Rest der Betriebs-Arbeitsmacht für die Untersuchungsfläche verfügbar gemacht werden sollte.

d) Der Entscheidungsbereich der Variante ergibt sich durch die Verlagerung der bisherigen Entschei-

dungsgeraden (vergl. hierzu auch Abschnitt 3.1.3).

Als erste Variante - Höhermechanisierung mit daraus folgender Arbeitsbedarfverringerung, zugleich aber auch mit Erhöhung der Fixkosten des Betriebes! - ergibt sich eine Drehung der Hackfruchternte-Begrenzungsgeraden um ihren ursprünglichen Abszissenschnittpunkt B nach oben und damit als Varianten-Entscheidungsbereich das Vieleck CDLMGH.

Für die zweite Variante - Saison-Arbeitskräfte - ergibt sich eine Parallelverschiebung jener Begrenzungsgeraden. Für Darstellung 2 ist die Arbeitsmachterhöhung gerade so gewählt, daß die Betriebsform L der ersten Variante ebenfalls realisierbar wird: Die neue Begrenzungsgerade ist also eine Parallele zur alten. Der Varianten-Entscheidungsbereich ist hier jedoch weiter als bei der ersten Variante: Vieleck CDLNGH.

e) Das Variantenoptimum

wird in gleicher Art wie das erste Einzeloptimum gesucht und gefunden. Ein Vergleich mit allen voraufgegangenen Einzeloptima entscheidet dann jeweils darüber, ob diese betreffende Variante im Hinblick auf den Wirtschaftszweck zweckmäßig ist. Zugleich weist auch jede Variante wieder auf eine nächste Veränderung einer Basiskonstanten als Grundlage einer weiteren Variante hin.

Zu den beiden Varianten-Beispielen sei hier nur zur Handhabungsweise ergänzend bemerkt, daß jeweils der Deckungsbeitrag zu bereinigen ist, und zwar um die zusätzlichen Kosten der Höhermechanisierung bzw. um die Lohnkosten.

In Teil 2 waren zwar die Voraussetzungen herausgearbeitet, unter denen sich die Widersprüchlichkeit zwischen Informationsbedarf und Denkkapazität theoretisch beheben läßt. Dagegen blieb noch die Frage offen, ob sich die dort im einzelnen abgeleiteten Möglichkeiten zu wechselseitiger Anpassung von Werkstoff und Werkzeug der Betriebsplanung auch zu praktikablen Betriebsplanungsverfahren vereinigen lassen. Teil 3 dürfte diese Frage für die Graphische Linearprogrammierung als Beispiel etlicher denkbarer Kombinationsmöglichkeiten positiv beantwortet haben.

Eine sinnvoll kombinierte Anwendung der Prinzipien der Problemspaltung, der Aggregation und der Modellreihen sowie der graphischen Arbeitsweise hatten hier zu Informationsmaterial geführt, das aus sich und seiner Darstellungsweise heraus zutiefst in die Betriebszusammenhänge eindringen ließ. Trotz Erfassung aller realisierbaren Wirtschaftsweisen bleiben hierdurch für eine einwandfreie Einzelentscheidung so wenige Merkmale erforderlich, daß wir sie in den Grenzen unseres Denkvermögens durchaus simultan abzuwägen vermögen. Bei zweckentsprechendem Aufbau der Gesamt-Betriebsplanung und mit einer hierauf abgestimmten Methodik der Modellberechnung werden dann die vielfältigen Ansprüche aus der Weite der Betriebsleiterprobleme seine Entscheidungskraft nicht mehr übersteigen.

Zusammenfassung.

Die Betriebsplanung für einen individuellen landwirtschaftlichen Betrieb gliedert sich eindeutig in zwei Abschnitte:

Die kausalbestimmte Modellberechnung des Informationsmaterials für die Entscheidung und

die final ausgerichtete eigentliche Kalkulation und Entscheidung über das Betriebsoptimum.

Das erweisen die Auseinandersetzungen mit den Bedingtheiten der Betriebsplanung in Teil 1.

In Teil 2 werden die Anforderungen an Quantität und Qualität des Informationsmaterials abgeleitet: Von der Sache her ist vollständige Information erforderlich, aber in dem kurzen Denkkakt des Entscheidens können nur wenige Informationsmerkmale abgewogen werden. Aus dieser Analyse werden die Möglichkeiten zur Überbrückung jener Widersprüchlichkeit herausgearbeitet. Bei

Aufspaltung von Fragestellung und Entscheidung in Einzelkalküle,

Aggregation eng verwandter und interdependenter Produktionszweige,

Arbeiten mit Modellreihen sowie graphischer Modellberechnung und Informationswiedergabe können schrittweise sowohl alle relevanten Lösungsmöglichkeiten zur Entscheidung gestellt als auch die Einzelkalkül-Informationen nach Art und Umfang unserer Denkkapazität angepaßt werden.

Für ein praktisches Beispiel zu einer derartigen Problemlösung wird in Teil 3 auf die Graphische Linearprogrammierung zurückgegriffen.

Das Experiment mit dem Gesamtbetrieb in der Wirtschafts- und Sozialforschung des Landbaues

J. Hesselbach

Das Experiment in der Landbauwissenschaft ganz allgemein ist im Gegensatz zu vielen anderen methodischen Hilfsmitteln keine Entlehnung aus anderen Wissenschaftsgebieten, sondern eine originelle Entwicklung aus dem Gebiet des pflanzenbaulichen "Versuchswesens".

Um Mißverständnisse von vornherein auszuschließen, sei gleich eingangs hervorgehoben, daß **e x p e r i m e n t e l l e s** Arbeiten nicht zu verwechseln ist mit **e m p i r i s c h e m** Arbeiten. Der wesentliche Unterschied im Vorgehen besteht darin, daß beim Experiment kontrollierte Einwirkungen auf ein Objekt beobachtet und ausgewertet werden, während die empirische Forschung Phänomene in ihrer ursprünglichen Umgebung und oft erst lange nach deren zeitlichem Ablauf beobachtet und daraus eine Auswertung versucht. PAGES bringt diesen Unterschied sehr exakt und deutlich zum Ausdruck, wenn er einleitend zu einer Abhandlung über Experimente in der Soziologie folgende Ausführungen macht (20, S. 415): "Es sei aber sogleich bemerkt, daß das Experiment in diesem verhältnismäßig präzisen Sinn sein Modell bei den experimentellen Naturwissenschaften findet: es besteht in der Konstruktion eines einfachen oder komplexen Dispositivs, das mit der Absicht in Aktion gesetzt wird, um eine Wirkung, d.h. ein von dieser Aktion abhängiges Phänomen hervorzurufen. Die Beobachtung des Phänomens (und folglich das Sammeln des Materials) erfolgt dabei erst nach der Anwendung eines genau definierten Interventionsprotokolls, welches das Dispositiv, d.h. die Summe der Bedingungen des Phänomens, charakterisiert. Diese einseitig ausgerichtete, asymmetrische Beziehung der Abhängigkeit des Phänomens in Bezug auf das Dispositiv ("Experimen-

Bei der Durchführung von Experimenten führen nicht selten dazu, die Masse bei Stichproben möglichst klein zu halten, so daß man geradezu die Kleinheit der Masse als typisch für das Experimentieren herausstellen kann. Dies muß kein Nachteil sein oder braucht zumindest die Aussagefähigkeit von Experimenten nicht zu beeinträchtigen. Dafür hat FISHER (8,9; siehe auch 6, 19) eine solide Grundlage geliefert, indem er festgestellt hat, daß man in der statistischen Auswertung schon mit sehr begrenzten Gesamtheiten arbeiten kann.

Tatsächlich wird jedoch in Untersuchungen oft von Experimenten gesprochen, bei denen nicht alle der oben aufgeführten Grundregeln beachtet sind. STOUFFER (31) hat dies in einer Untersuchung herausgestellt und bezeichnet dies als unvollständige Versuchsanordnung. PAGÈS unterscheidet vor allem zwei Arten von unvollständigen Versuchsanordnungen, die er "Quasi-Experimente" nennt (20, S. 419): "einerseits die statistisch bearbeitete Stichprobenuntersuchung, gelegentlich mit zahlreichen Variablen, die mit Hilfe einer Fehlertheorie deutbar wird; andererseits das Experiment im praktischen Sinne als versuchsweises Verfahren bei Eingriffen der Regierung (als Beispiel, Anmerkung d. Verf.) ohne Betonung des Kontrolldispositivs." Nach PAGÈS sind also wesentliche Gruppen von Quasi-Experimenten solche, die entweder Bedingung a) oder Forderung b) der oben aufgestellten Grundregeln nicht beachten. Für die Soziologie ist PAGÈS der Meinung, daß die Quasi-Experimente durchaus zu einer Bereicherung führen könnten, daß sie aber, "vor allem in den Formen, die sie später angenommen (haben), in Tat und Wahrheit eine Verarmung unter dem Gesichtspunkt des methodologischen Modells" bedeuten.

Wenn hier das Experiment in seiner Verbreitung, Form und auch Bedeutung für die Wirtschafts- und Sozialwissenschaft des Landbaues behandelt werden soll, dann ist das "aktivistische Experimentieren" im Gegensatz zum "beschreibenden Empirismus" der Enquêtes gemeint.

2. Begriffsdefinitionen

Oft wird - und dies erscheint auch hier sinnvoll - zwischen Feld- und Laborexperimenten unterschieden. Im pflanzenbaulichen Versuchswesen wird damit ganz nüchtern und im ursprünglichen Sinn der Worte der Standort der Versuchsdurchführung zum Ausdruck gebracht. In der Soziologie oder Psychologie wird diese Unterscheidung auch verwendet und sie deutet auch hier auf den Standort der Versuche hin. Darüber hinaus haftet diesen Begriffen in der Soziologie und Psychologie jedoch noch eine Aussage über die Gestaltung der Versuche an: Dort wird ein Experiment als Feldexperiment bezeichnet, wenn es im natürlichen Milieu abläuft, während das Laborexperiment, weil es "gestellt" ist, in unnatürlicher Umgebung stattfindet und vor allem dem Objekt viel eher als Experiment bewußt ist, an Realitätsnähe verliert gegenüber dem Feldexperiment, dafür aber die sonstigen Anforderungen an das Experimentieren eher erfüllen läßt. Der tatsächliche Standort der Versuche muß sich dabei nicht unbedingt mit dem ursprünglichen Begriffsinhalt des "Feld" - oder "Labor"-experimentes decken.

In den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues können wohl auch diese beiden Arten von "Experimenten" mit dem Gesamtbetrieb beobachtet werden; es hat sich jedoch nicht die in den Naturwissenschaften, der Soziologie und Psychologie gebräuchliche Begriffsbildung eingebürgert. Dies mag seinen Grund darin haben, daß "Feldexperimente" mit dem Gesamtbetrieb noch sehr selten geblieben sind. Für das Experimentieren mit Surrogaten des landwirtschaftlichen Betriebes hat sich ganz allgemein der Begriff der Modellrechnung eingebürgert, neuerdings wird auch in Anlehnung an die Terminologie in der Unternehmensforschung der Begriff "Simulation" verwendet, der ebenso wie der Begriff "Modellrechnung" das Experimentieren treffend charakterisiert, wobei der Begriff "Simulation", vor allem auch in der Unternehmensforschung ganz allgemein, mehr das Ablaufen eines Vorganges und damit

das dynamische Element gegenüber dem mehr statischen Charakter der Modellrechnung zum Ausdruck bringt. Dies allerdings steckt nicht per se in den Begriffen "Modellrechnung" und "Simulation", sondern ist höchstens historisch erklärbar.

PREUSCHEN (22, 24) stellt jedoch von Anfang an den Unterschied zwischen Feld- und Laborexperimenten deutlich heraus und spricht in diesem Zusammenhang von "Betriebsmodell", wenn es sich um ein rechnerisches Modell eines Betriebes handelt, und von "Modellbetrieb", wenn es sich um einen existenten Betrieb aus einer Reihe von Betrieben handelt, die sich in einem oder mehreren möglichst unabhängigen Faktoren, die Gegenstand der Untersuchung sein sollen, unterscheiden. Für solche "Modellbetriebe" fordert PREUSCHEN die strenge Einhaltung von Punkt a) der oben genannten Grundregeln.

3. Geschichte des Experimentes in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues.

Eine knappe, aber doch geschlossene Darstellung der Geschichte des Experimentes in der allgemeinen Soziologie gibt PAGÉS in seiner schon zitierten Abhandlung (20). Daraus lassen sich interessante Einblicke gewinnen, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Hier ist eine Beschränkung auf die Geschichte des Experimentes in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften geboten.

Auch hier würde der Versuch, einen lückenlosen Überblick zu erstellen, den Rahmen und Sinn dieser Darstellung sprengen.

3.1 Laborexperimente oder Modellrechnungen (Betriebsmodelle)

Laborexperimente oder Modellrechnungen im hier definierten Sinne und bezogen auf den Gesamtbetrieb sind sicherlich schon früher vereinzelt durchgeführt worden. Das bekannteste Beispiel sind die Modellrechnungen von THÜNEN (33) in seinem Hauptwerk, in dem er ausgehend von den Transportkosten den Einfluß auf die Gesamtorganisation des Betriebes darstellt.

Eine formalisierte Methode solcher Modellrechnungen wurde jedoch erstmals von PREUSCHEN - RHEINWALD - GLASOW (21) vor rund 20 Jahren vorgelegt. Diese Methode des "Wirtschaftsrahmens" in seiner 1. Auflage ist heute natürlich nur aus der damaligen Situation in der Nachkriegszeit zu verstehen. Damals kam es darauf an, möglichst viel Kalorien zu produzieren und nur den Mindestbedarf an tierischem Eiweiß zu decken. Die Mechanisierung der Landwirtschaft war durchweg auf einem einheitlichen niedrigen Niveau und Arbeitskräfte waren nicht knapp, so daß tatsächlich nur ein heute sehr vereinfacht erscheinender "Wirtschaftsrahmen" gegeben war. Immerhin war es möglich, mit derselben Methode zu experimentieren mit den wenigen Variablen "landwirtschaftliche Nutzfläche" und "Ertragsklasse" bei einer gewissen Anpassungsfähigkeit des Modells an gegebene oder beabsichtigte arbeitswirtschaftliche und betriebsorganisatorische Varianten des Grundmodells. Die Normalisierung der wirtschaftlichen Verhältnisse hat dann auch den Anstoß zu einer flexibleren Fassung des "Wirtschaftsrahmens" gegeben (23). Mit der größeren Flexibilität wird es bei den vielfältigen Organisationsmöglichkeiten und Umweltbedingungen natürlich immer schwieriger, ein Modell zu erstellen, bei dem alle möglichen Erscheinungsformen von Betrieben ohne weitere Berechnungen bereits präsent sind. Es war notwendig, sich mehr auf die Methode an sich zu beschränken und für die dann unumgänglichen Berechnungen Hilfsmittel zu schaffen, die den Zeitaufwand für Modellrechnungen auf ein Minimum reduzieren. Dies ist BLECHSTEIN mit der Entwicklung eines Rechenschiebers und graphischen Techniken zum "Wirtschaftsrahmen" gelungen (23, 3, 4, 10). Es war dies auch Voraussetzung dafür, daß die Methode auch tatsächlich zum Experimentieren am Modell eingesetzt wurde. Neben einer Vielzahl kleinerer Arbeiten an verschiedensten Stellen sei als Beispiel die Arbeit von D. KLAUER erwähnt (16, 17).

PREUSCHEN hat die Anforderungen, die an Betriebsmodelle und damit an Modellrechnungen gestellt werden, präzisiert

(22, 24) und damit zugleich begründet, warum für viele Fragestellungen empirisches Material schlecht geeignet ist und daher die Entwicklung der Modellrechnung oder der Schritt zum Experimentieren eine Notwendigkeit für die betriebswirtschaftliche Disziplin und eine Bereicherung ihres Instrumentariums darstellt.

PREUSCHEN (22) fordert Experimente mit kausallogischen Wirkungsmodellen, daher ist "sein" Betriebsmodell nicht nur funktionsfähig, wenn es in die Tat umgesetzt wird und frei von produktionstechnischen Fehlern - eine Forderung, die auch HEUSER (15) aufstellt, der darüber hinaus noch verlangt, daß die modernste Produktionstechnik zugrundegelegt ist - , sondern auch frei von der Person eines Betriebsleiters. Er unterscheidet daher streng zwischen einem "Betriebsmodell", das die Person ausschließt, und einem "Normalvoranschlag", der gewissermaßen ein Betriebsmodell (also frei von produktionstechnischen Fehlern und funktionsfähig) unter Einschluß einer bestimmten Person ist. Damit unterscheidet PREUSCHEN auch zwischen der Verwendung der Modellrechnung ganz allgemein als Laboreinrichtung des Forschers und der Verwendung in der Beratungsmethodik.

Freilich hat PREUSCHEN später erkannt (25), daß der Ausschluß der Person des Betriebsleiters nicht für alle Forschungszwecke richtig ist. Er fragt sich daher sinngemäß, ob nicht Betriebsmodelle, die den Betriebsleiter als Entscheidungsträger einbeziehen und im Experiment ihren Zweck erfüllen sollen, auch in ihrem Wirkungsmechanismus den Entscheidungsvorgang des Betriebsleiters ähnlich wie in der Praxis berücksichtigen müssen. Diese Überlegungen machen PREUSCHEN zu Recht skeptisch gegenüber der Verwertbarkeit von Ergebnissen aus Modellrechnungen für den praktischen Beratungsfall, wenn im Betriebsmodell eine simultane Verarbeitung von 30 - 40 Informationen erfolgt. Er fordert daher für diesen speziellen Zweck der Modellrechnung, der Entscheidungshilfe für den Betriebsleiter, ein vom Betriebsleiter in seinen Denkkategorien und Möglich-

keiten der Informationsverarbeitung nachvollziehbares Planungsinstrument. Wenn PREUSCHEN hier Recht behält, dann ergibt sich allerdings daraus, daß auch für Modellrechnungen, die explizit das Verhalten des Betriebsleiters mit einschließen sollen, die heute in großem Umfange verwendeten Betriebsmodelle auf der Grundlage der linearen Programmierung als in die Zukunft gerichtete "Ermittlungsmodelle", um hier einen Begriff im Sinne von KOSIOL (18) zu gebrauchen, nicht geeignet sind.

Etwa zur gleichen Zeit, in der die Fortentwicklung des "Wirtschaftsrahmens" fällt, greift HEUSER, inspiriert durch ein holländisches Vorbild, die Idee des Betriebsmodelles und der damit möglichen Modellrechnungen auf (15). Er sieht darin eine Möglichkeit von den "zufallsbedingten" Einflüssen bei der Heranziehung von empirischem Material wegzukommen, wenn es darum geht, Erkenntnisse über die Auswirkungen betriebswirtschaftlicher und agrarpolitischer Maßnahmen insbesondere in vorausschauender Sicht abzuleiten. Während im Betriebsmodell bei HEUSER nur das normative Element in der Produktionstechnik und außerdem die Kostenseite eine starke Betonung findet, stellt BLECHSTEIN mit dem Hinweis auf den Wirtschaftsrahmen die "Gesamtharmonie" im Ausgangspunkt der Modellrechnung oder die Produktionsrichtung heraus (2). Damit wird ein Hinweis darauf gegeben, daß die Modellrechnung über das normative in der Produktionstechnik hinausgehen und auch die optimale Produktkombination einschließen soll. Die Weiter- und Neuentwicklung von Methoden der Modellrechnung, die seit 10 Jahren eine Hochkonjunktur in der betriebswirtschaftlichen Disziplin erlebt haben, aber mit dem Hauptziel der Erstellung geeigneter Planungsmethoden für den Einzelbetrieb, hat zunächst sehr stark das normative Element besonders für die Produktkombination und Ausstattung mit Produktionsmitteln betont. Im einzelnen kann auf diese Entwicklung hier nicht eingegangen werden. REISCH hat eine Übersicht über die Anfänge dieser Entwicklung gegeben. (27) Eine kritische Würdigung

aus beratungspraktischen Gesichtspunkten hat HESSELBACH vorgenommen (11). Methodisch wurden weitere Entwicklungen inzwischen bekannt, die jedoch alle sehr stark am normativen Charakter der Modellrechnung festhalten und insofern als "Experimentierfeld" oder besser als "Laboreinrichtung" nur bei ganz bestimmter darauf abgestellter Fragestellung dienen können. Erst mit der Entwicklung der Betriebssimulation durch EISGRUBER und HESSELBACH wird die "Laboreinrichtung" wieder flexibler in Bezug auf die Mannigfaltigkeit der damit zu bearbeitenden Probleme und den Organisationsprinzipien des Experimentierens (7, 13, 14).

3.2 Feldexperimente oder Modellbetriebe

3.2.1 Bisher abgeschlossene Versuchsreihen

Während also in den letzten 20 Jahren die "Laboreinrichtung" der Betriebswissenschaften schon eine gute und mannigfaltige Ausstattung erfahren hat, sind die Feldexperimente mit dem Gesamtbetrieb unter den strengen Regeln der Versuchsanstellung nur sehr spärlich. Es wird immer das Bestreben sein, die Güte von Modellen und Modellrechnungen an praktisch ablaufenden Betrieben zu messen. Da es aber "betriebsleiterfreie" Betriebe in der Praxis nicht gibt, die ersten Betriebsmodelle und Modellrechnungen im Hinblick auf die damals damit verfolgten Ziele "entpersönlicht" waren, mußte folglich eine Methode der Nachprüfung gefunden werden, in der der Betriebsleitereinfluß ausgeschaltet oder zumindest in den einzelnen Versuchsgliedern gleich gehalten, also neutralisiert war. PREUSCHEN schreibt dazu (22): "In folgerichtiger Entwicklung der Gedankengänge, die zum Betriebsmodell geführt hatten, kamen wir seinerzeit zu dem Modellbetrieb."

Der erste Versuch wurde von PREUSCHEN bereits in Rußland begonnen, als die dort angetroffenen Rassenmischungen an Arbeitspferden in ihrem Einfluß auf die Arbeitswirtschaft der Betriebe untersucht werden sollten. Die Erfahrungen dieses Tastversuches konnten dann bei der Einrichtung des Ver-

gleichversuches zwischen Schlepper- und Pferdeanspannung in Imbshausen/Südhanover schon Verwertung finden und zu einer guten Versuchsanordnung beitragen. Die Verlegung des damaligen Institutes für landwirtschaftliche Arbeitswissenschaft und Landtechnik, des heutigen Max-Planck-Institutes für Landarbeit und Landtechnik, nach Bad Kreuznach und die beginnende landtechnische Entwicklungsperiode der Nachkriegszeit führte zur Neueinrichtung eines erweiterten Versuches mit der gleichen Fragestellung nach dem Einfluß der Zugkraftform auf die Arbeitswirtschaft und das Gesamtergebnis des Betriebes. Dieses Experiment in Kreuznach umfaßte immerhin fünf unterschiedliche Versuchsglieder. Die Technik der Versuchsanstellung erfuhr eine weitere Verbesserung. Im einzelnen muß dazu auf die Literatur verwiesen werden: 5, 29, 30.

Dieser ersten Versuchsserie folgten weitere zwei neue Versuchsanstellungen: Zunächst wurde einem vollmotorisierten Betrieb ein solcher mit Schlepper- und Pferdeanspannung gegenübergestellt. Schließlich wurden dann in der dritten Kreuznacher Versuchsserie zwei Betriebe geführt mit der Fragestellung nach dem Einfluß unterschiedlicher Arbeitskräfteausstattung. Der eine Betrieb war mit einer ständigen Arbeitskraft ausgestattet und hatte die Möglichkeit, nichtständige Aushilfskräfte in beliebiger Anzahl hinzuzunehmen, während der zweite Betrieb mit zwei ständigen Arbeitskräften ausgestattet war und keine Aushilfskräfte bekommen konnte. Bei allen Versuchen wurde streng das Prinzip beachtet, daß alle nicht zum Untersuchungsgegenstand zählenden Faktoren gleichgehalten wurden. Nach der ersten Kreuznacher Versuchsserie wurde auch ein Versuchsbetrieb geführt, der als viehloser Einmann-Betrieb charakterisiert werden kann und keinen direkten Parallelbetrieb hatte. Heraus ergaben sich interessante arbeitspsychologische Einblicke in die Probleme eines "Farmbetriebes", die sicherlich mit dazu beigetragen haben, daß spätere Versuchsanstellungen sich in Richtung der

"Soziologie" bewegt haben. Die Ergebnisse all dieser Versuche sind von BRUNDKE dargestellt worden (5).

Während vor allem der erste Versuch in Imbshausen und auch der erste Kreuznacher Versuch noch zur Nachprüfung von in Betriebsmodellen vorausgerechneten Fakten dienten, wurde mit der zweiten und dritten Kreuznacher Versuchsreihe der Gegenstand der Untersuchung so gewählt, daß nicht in erster Linie an eine Nachprüfung von Betriebsmodellen gedacht wurde, sondern - vielleicht sogar von den Versuchsanstellern nicht voll bewußt - eine Frage aufgegriffen wurde, die durch die Nachprüfung im praktischen Versuch neben den Erkenntnissen aus der Vorausberechnung auch noch andere bislang unterschwellige Erkenntnisse erwarten ließ. Immer mehr hat man nämlich Fragestellungen aufgegriffen, zumindest beginnend mit dem zweiten Kreuznacher Versuch, in denen der Untersuchungsgegenstand von der unpersönlichen Maschine zum Menschen hin verlagert wurde, wenn auch der Mensch hier zunächst nur als "Produktionsmittel" angesehen wurde, wie es in den vorausgerechneten Betriebsmodellen nicht anders möglich und sogar gewollt war. Das Bewußtsein, daß aber der Mensch nicht nur "neutrales Produktionsmittel" ist, mag zur Verlagerung der Fragestellungen in die beobachtete Richtung geführt haben.

An anderen Stellen zumindest im Inland sind derartige Experimente mit dieser strengen Versuchsanordnung nicht bekannt. Wohl wurden an verschiedenen Stellen Versuchsbetriebe mit ganz bestimmter Fragestellung eingerichtet. Im Sinne der allgemeinen Terminologie können diese höchstens als Quasi-Experimente bezeichnet werden, weil in der Regel diese Versuchsanordnungen die oben unter Punkt a), meistens aber die unter Punkt b) genannte Forderung, nämlich das Vorhandensein paralleler Versuchsglieder oder zumindest eines Kontrollgliedes, die sich nur in dem zu untersuchenden Faktor unterscheiden, nicht erfüllen.

3.2.2 Laufende Versuche

Die Kreuznacher Versuche konnten ab 1960 nicht mehr weitergeführt werden, weil einerseits durch die technische und wirtschaftliche Entwicklung bedingt die einzelnen Betriebe einer Versuchsreihe eine immer zunehmende Flächenausstattung verlangten, andererseits die zur Verfügung stehende Fläche durch Baulandabgaben immer mehr beschnitten wurde, so daß schließlich die Versuchsgrundlage fehlte.

Die Idee der Modellbetriebe wurde von PREUSCHEN jedoch nicht aufgegeben. Auf seine Anregung hin wurde vom Verfasser in Zusammenarbeit mit Herrn Rohde, der heute diese Versuche betreut, eine neue Versuchsreihe vorbereitet, die mit Beginn des Jahres 1965 zum Anlaufen kam.

3.2.2.1 Problemstellung:

Hier wird nun die Verlagerung der Fragestellung solcher gesamtbetrieblicher Experimente von technischen Produktionsmitteln oder dem "entpersönlichten" Betrieb hin zum Gesamtbetrieb einschließlich des Unternehmers sehr deutlich. In der Tat ist es so, daß jetzt gerade der bei früheren Versuchsreihen durch Konstanthalten ausgegliederte Betriebsleiter als Träger der betrieblichen Entscheidungen zum Hauptgegenstand der Untersuchung wurde. Jetzt geht es darum, im Experiment Aufschluß über das Verhalten des Betriebsleiters in betrieblichen Entscheidungen zu erhalten. Konkret geht es um die Frage, wie verarbeiten Betriebsleiter neue Informationen und zu welchen Entscheidungen kommen sie dabei, die sie dann in ihrem Betrieb in die Tat umsetzen. Untersuchungsgegenstand ist also der Betriebsleiter.

Dabei interessieren zunächst in der Hauptsache die gewichtigeren oder mittel- und langfristig wirksamen und weniger die Entscheidungen, die den kurzfristigen Betriebsablauf betreffen, weil nach THOMAE (32) nur bei gewichtigen Entscheidungen ein Prozeß abläuft, der in etwa in die der Entschei-

dungstheorie und Beratungsmethodik geläufigen Phasen aufgliedert werden kann (12, 28).

Die Gliederung des Entscheidungsvorganges und damit die Brennpunkte der Beobachtung sollen hier zunächst vom Standpunkt des Betriebsleiters gesehen werden, der selbstständig - jedenfalls ohne Entscheidungshilfe von Personen außerhalb des Betriebes - eine Entscheidung zu treffen hat. Dann dürfte der Prozeß einen Ablauf nehmen, wie er von der amerikanischen Betriebslehre (12) gegliedert wird in:

1. die Erkenntnis und Definition eines Problems als Anstoß für eine Änderung im Betrieb;
2. das Sammeln von Informationen, die zur Lösung eines Problems nützlich erscheinen;
3. die Analyse der möglichen Handlungswesen, d.h. das Abwägen verschiedener Lösungen gegeneinander;
4. die eigentliche Entscheidung für eine bestimmte Lösung, die der Schlußpunkt eines Entscheidungsvorganges ist, wobei in der Hauptsache die verschiedenen Entscheidungskriterien von Interesse sein könnten.

Der Entscheidung muß allerdings die Umsetzung in die Tat folgen. Dies ist zwar nicht selbstverständlich, jedoch bei einem ohne beratende Einwirkung gereiften Entschluß eher zu erwarten, als wenn die Entscheidung von anderen Personen sehr stark unterstützt wurde.

Da in diesem Versuch jedoch die Mitwirkung von Beratungsorganen, wie sie dem Landwirt ohnehin zugänglich sind, nicht ausgeschlossen werden soll, müssen auch die von RHEINWALD (28) dargelegten Abschnitte des Beratungsvorganges, der eine Entscheidung mit einschließt, in die Problemstellung einbezogen werden. Bei den vier von RHEINWALD definierten Abschnitten, analytische Phase, Informationsphase, Vorschlagsphase, Überzeugungs- und Stabilisierungsphase korrespondieren die

analytische Phase mit dem Sammeln von Informationen. In die Vorschlagsphase bezieht RHEINWALD die Entscheidung mit ein, sie ist gewissermaßen der vom Betriebsleiter beigesteuerte Teil in diesem Abschnitt. Diese Entscheidung, die viel labiler als die "allein gefundene" sein kann, muß in einem weiteren Abschnitt, der Überzeugungs- und Stabilisierungsphase, noch gefestigt werden und mit der Unterstützung (durch Beratung in den Problemen, die sich durch die Ausführung ergeben und Überzeugung von der Richtigkeit der getroffenen Entscheidung) des Beraters zur Ausführung gelangen. Es ist fraglich, ob es gelingen wird, beide Arten der Entscheidung, die ohne und die mit Unterstützung der Beratung gefundene in "Reinkultur" zu beobachten. Es erscheint jedenfalls angebracht, in der Problematik auf mögliche Unterschiede hinzuweisen.

3.2.2.2 Versuchsgrundlage:

Da es bis zum Beginn der Versuche und bis heute noch nicht gelungen ist, Ersatz für das alte Versuchsgelände zu erhalten - natürlich auch mit einer finanziellen Frage - mußte eine Lösung gefunden werden, die vielleicht noch nicht als optimal zu bezeichnen ist. Sie kann - und dies hat sich in der Zwischenzeit schon herausgestellt - als Tastversuch jedoch ohne großen finanziellen Aufwand wertvolle methodische Erfahrungen liefern. Darüber hinaus zeigt der bisherige Versuchsverlauf jedoch schon wertvolle Ansätze, die neue Erkenntnisse in der Entscheidungsforschung liefern könnten.

Für den Versuch mußten in der Praxis laufende Familienbetriebe gewählt werden. Die Betriebsleiter haben mit einer Ausnahme ein Alter um 30 Jahre. Die Flächenausstattung der Betriebe variiert zwischen 16 und 20 ha. Drei der Betriebe sind "Altbauernstellen" in Dorflage, drei Betriebe sind Aussiedlungsbetriebe und die Betriebsleiter zugleich "Flüchtlingslandwirte". Die Betriebe liegen geographisch gesehen an drei Stellen in Rheinland-Pfalz und Unterfranken.

Die natürlichen Ertragsbedingungen unterscheiden sich nicht allzu sehr. Es können mittlere Erträge bis maximal 35 dz Ge-

treide erreicht werden. Alle landwirtschaftlichen Kulturen können angebaut werden, einer der Betriebe betreibt auch Weinbau. Die Versuchsdauer soll fünf Jahre betragen. Ideal wäre als Versuchsgrundlage natürlich eine vollkommen einheitliche Ausstattung der Betriebe mit Produktionsmitteln im Ausgangsjahr der Versuche gewesen. Daß sich die Betriebe unter den persönlichen Eigenschaften des jeweiligen Betriebsleiters und unter dem Einfluß der Versuchsbedingungen verschieden entwickelt hätten, wäre dann als Auswirkung der Person des Betriebsleiters im Zusammenwirken mit der unterschiedlichen experimentellen "Behandlung" als Hauptgegenstand der Analyse zu betrachten. Nach der gegebenen Sachlage ist es notwendig, jeden Betrieb als ein nur lose mit den übrigen Modellbetrieben verknüpftes Glied der Versuchsreihe zu betrachten und zu versuchen, die mangelhafte Erfüllung der Forderung a) der Grundregeln experimenteller Arbeit durch andere methodische Hilfsmittel auszugleichen, wie es weiter unten noch an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Ob deswegen diese Versuchsanstellung im Sinne von PAGÈS nur als Quasi-Experiment und der damit verbundenen geringeren Aussagefähigkeit im Vergleich zu vollständigen Experimenten zu werten ist, mag im Augenblick weniger interessieren.

3.2.2.3 Experimentelle Behandlung:

Als ein durch die Zeit bedingtes und durch das landwirtschaftliche Informationswesen weit in den Vordergrund des Bewußtseins gerücktes Problem erschien uns die Frage der Anpassung der Betriebsorganisation an veränderte Preise. Hier greift also die experimentelle Behandlung ein. Es galt nun die einzelnen Betriebsleiter vor eine völlig neue Preissituation zu stellen, die entweder tatsächlich zu einer Änderung der Betriebsorganisation führen müßte, (ökonomisch richtiges Verhalten vorausgesetzt) oder aber auch kein Anlaß zu einer Änderung sein braucht, sei es, daß dadurch das ökonomische Gleichgewicht in der Produktionsrichtung des Betriebes über-

haupt nicht berührt wird oder andere wichtige Momente einer Änderung entgegenstehen. Zumindest müßte aber eine solche Änderung der Situation, oder in der Sprache der Kybernetik Änderung der "Information", zu einer Überprüfung der Produktionsrichtung führen.

In den sechs Modellbetrieben wurden gegenüber dem jeweils geltenden Marktpreis für einzelne Produkte die in Tabelle 1 aufgeführten prozentualen Änderungen vorgenommen:

Tabelle 1: Prozentuale Preisänderungen (experimentelle Behandlung) für die einzelnen Modellbetriebe.

Verkaufsprodukt	Modellbetrieb Nr.					
	1	2	3	4	5	6
Milch	+ 20	-	+ 10	+ 10	- 10	- 10
Rindfleisch	-	+ 10	- 5	-	-	-
Mast-Schweine	+ 10	-	-	+ 5	+ 7,5	+ 7,5
Ferkel	-	+ 15	+ 5	-	-	-
Getreide	- 10	- 10	- 10	-	-	-
Kartoffeln	+ 20	- 10	- 20	-	-	-
Zuckerrüben	- 20	+ 10	+ 10	- 10	-	-

Die experimentelle Behandlung für die einzelnen Betriebe wurde nach verschiedenen vom Untersuchungszweck, von der Betriebsituation und rein praktisch bedingten Gesichtspunkten nach Art, Richtung und "Dosis" gewählt.

3.2.2.4 Versuchsdurchführung:

Die Durchführung der Versuche, d.h. das Wirksamwerdenlassen der veränderten Preise, hat zunächst einiges Kopfzerbrechen bereitet. Einerseits sollte der gesamte Geschäftsablauf durch den Versuch nicht wesentlich gestört oder überhaupt verändert werden, andererseits sollte die experimentelle Behandlung so unauffällig wie möglich durchgeführt werden. Als erfreulich, ja sogar erstaunlich muß die Bereitschaft und Aufgeschlossen-

heit der daraufhin angesprochenen Landwirte gerühmt werden für diese insbesondere in ihrem Kern den Landwirten gegenüber doch recht wenig durchsichtige Versuchsanstellung, die dazu führen sollte, daß die Landwirte wohl wie bisher auch auf Grund ihrer eigenen unternehmerischen Entscheidungen ihre Produkte an die Landwarenhändler, Genossenschaften oder Direktverarbeiter (z.B. Metzger) verkaufen, die Abrechnung darüber jedoch direkt zu den Versuchsanstellern geht, die Einnahme auf ein Sonderkonto fließt, über das der Landwirt keine Verfügungsgewalt hat und erst über diesen Umweg dem Landwirt eine vom Versuchsansteller ausgefertigte mit den "Versuchspreisen" verrechnete Aufstellung über einzelne Verkaufsvorgänge und daraufhin die darin ausgewiesene "Einnahme" auf ein ihm zugängliches Privatkonto zugeht und verfügbar wird. Schwierigkeiten, die es hier zu überwinden galt, lagen mehr im banktechnischen Bereich und in der Geschäftspraxis der Handelspartner der jeweiligen Landwirte. Dank des Entgegenkommens aller Beteiligten konnten jedoch sehr befriedigende Lösungen gefunden werden. Damit - und dies war das Ziel - ist es gelungen, daß für den Hauptteil der uns interessierenden Verkaufsvorgänge der Landwirt den echten Preis gar nicht erfährt (z.B. für Milch, Getreide, Zuckerrüben und alles genossenschaftlich verwertete Schlachtvieh), sondern nur den ihm tatsächlich auf Grund des Versuches gewährten Preis, der dem echten Preis gleich sein kann oder sich um die in Tabelle 1 für die einzelnen Betriebe ausgewiesenen prozentualen Zu- und Abschläge unterscheiden kann.

Es wurde versucht, bei der Festlegung der experimentellen Behandlung so vorzugehen, daß zumindest für die ersten Versuchsjahre kein allzu großes Auseinanderklaffen in den Gesamteinnahmen eines Betriebes durch die Manipulation der Preise gegenüber den echten Preisen eintritt, obwohl große Unterschiede in den einzelnen Einnahmeposten nach der positiven oder negativen Seite eintreten können.

Für den Landwirt sind die Versuchspreise echte Preise, weil für ihn nur eine Abrechnung existiert und er größtenteils (Ausnahme: Direktverkauf durch ihn, wenn dabei ein Preis ausgehandelt wird und der Landwirt die ca. 1 Monat später erstellte Abrechnung über diesen Verkaufsvorgang erhält) die Original-Abrechnung nicht erhält bzw. die tatsächlichen Marktpreise gar nicht erfährt.

Natürlich wird der Landwirt mit der Zeit die neue Preissituation herausfinden. Dies liegt ja im Zweck des Versuches und es wird erwartet, daß er irgendwie darauf reagiert.

Ein Problem war aber, daß durch die experimentelle Behandlung den Landwirten kein wirtschaftlicher Schaden zugefügt werden durfte. Dieser könnte darin bestehen, daß ein Landwirt durch die ihm auferlegte Preissituation benachteiligt wird, d.h. daß für ihn in einem Jahr die "Abschöpfungen" durch die Versuchsansteller insgesamt höher als die "Subventionen" sind. In einem solchen Falle wird dem einzelnen Landwirt die Differenz, also der gegenüber den tatsächlichen Marktpreisen zuviel einbehaltene Teil, insgesamt am Schluß eines Jahres nach der von den Versuchsanstellern aufgestellten, dem Betriebsleiter nur im Falle von Streitigkeiten zugänglichen "Bilanz" für jeden Betrieb überwiesen. Damit wird sichergestellt, daß der einzelne Landwirt, der an dem Versuch mitarbeitet, keinen durch den Versuch direkt bedingten wirtschaftlichen Verlust erleidet. Im umgekehrten Falle, wenn also die "Subventionen" höher waren als die "Abschöpfungen", der Versuchsansteller also einen "Zuschuß" leisten muß, wird demgegenüber dieser "Zuschuß" nicht etwa am Ende des Jahres zurückverlangt. Dem Landwirt gegenüber wird auch keine Bemerkung über diesen Sachverhalt gemacht. Durch die "Langfristigkeit" des Versuches und die gegebene Information, daß Preisänderungen in der Richtung sich während der Versuchsdauer nicht etwa umkehren, soll es dem Landwirt auch durchaus überlegenswert erscheinen, Änderungen in der Produktionskapazität vorzunehmen in Anpassung an seine veränderte Preissituation. Dies bringt natür-

lich für den Versuchsansteller eine große Verantwortung mit sich, weil die Gefahr besteht, daß ein Landwirt auf Grund extremer Preise langfristig wirksame Investitionen erheblichen Umfangs tätigt, die bei Versuchsende und dem Zurückkehren unter die allgemein herrschende Preissituation sich als Fehlinvestition erweisen müßten. Für diesen Fall ist geplant, die beabsichtigten Investitionen daraufhin sorgfältig zu kontrollieren und in kritischen Fällen mit dem Betriebsleiter eine offene Aussprache herbeizuführen. Auch ein solcher Fall, wenn er auftreten sollte, würde interessante Einblicke im Sinne der Versuchsanstellung erwarten lassen.

Um die Beobachtung der Verhaltensweise genau durchführen zu können und auch um eine Kontrolle der Verkaufsvorgänge zu ermöglichen, wurde ein Besuch des Betriebes in monatlichen Abständen für erforderlich gehalten. Dabei soll dieser Besuch neben der beiläufigen Kontrolle nur die Möglichkeit des Kontaktes und das Registrieren der inzwischen gefällten oder zu erwartenden Entscheidungen mit den dabei ablaufenden Phasen ermöglichen. Zur Motivierung dieses Besuches wurde von den Landwirten die Führung eines Arbeitstagebuches verlangt, das bei diesen Besuchen kontrolliert und am Ende des Jahres ausgewertet wird und höchstens ganz nebenher irgendwelchen sonstigen Forschungszwecken dient, im übrigen aber keinerlei Aussagen zu dem Versuchszweck erwarten läßt. Es dient also lediglich nach der Sprache der Experimentalisten (20, S. 433) der "Maskierung" des Experimentes und soll zusammen mit der erwähnten "Technik" der Versuchsdurchführung das "Relief der Einwirkungen" vermindern und so die Wirksamkeitsschwelle des Experimentes heben.

3.2.2.5 Auswertungsmethodik des Experimentes:

Zur Auswertungsmethodik des Experimentes sind einige Anmerkungen notwendig, die sich aus der Art der Versuchsanstellung ergeben. Der Zwang, Modellbetriebe zu nehmen, die sich auch in anderen als den zu untersuchenden Faktoren unterscheiden,

macht es notwendig, die unterschiedlichen Ausgangssituationen zu neutralisieren. Nach bisherigen Vorstellungen könnte dies auf folgende Weise geschehen: Zu der Ist-Situation des Betriebes wird basierend auf den Produktionskapazitäten und der Preissituation für Erzeugerpreise vor dem Versuch eine Optimumkalkulation erstellt.

Aus der Gegenüberstellung von Ist-Betrieb und Optimalplan jeweils vor dem Versuch, läßt sich erkennen, inwieweit sich der Betrieb zu Versuchsbeginn im Produktionsgleichgewicht befunden hat. Wären alle Modellbetriebe zum Versuchsbeginn in einer Gleichgewichtslage, so könnte man im Hinblick auf die experimentelle Behandlung von gleicher Ausgangsbasis sprechen oder mit andern Worten: Punkt a) der Versuchsregeln wäre erfüllt und wir hätten ein Experiment im strengen Sinn des Wortes. Es wäre nun möglich, dies zu erreichen, indem die in Aussicht genommenen Modellbetriebe darauf hin überprüft werden, bevor sie endgültig als Modellbetrieb in den Versuch aufgenommen werden.

Dies zu erreichen, erschien uns aber gar nicht erstrebenswert für dieses Experiment, da es sowieso nur als Tastversuch auf diesem Gebiet gewertet werden kann. Vielmehr erschien es uns durchaus interessant als Mittel zur Verstärkung oder Abschwächung des Reliefs der Einwirkungen, wenn einzelne Betriebe in gewissen Merkmalen nach der einen oder anderen Richtung von der Gleichgewichtslage abweichen. Es besteht damit allerdings auch die Gefahr, daß wir damit das Experiment überfordern. Dies wird die Erfahrung zeigen müssen. Als Beispiel sei die Situation für einen Modellbetrieb in Tabelle 2 aufgezeigt.

Wir haben hier einen Fall, der sich in verschiedenen Merkmalen der Betriebsorganisation nicht im Gleichgewicht befindet. Für den Betriebsleiter müßten also bei ökonomischer Handlungsweise bereits vor der Versuchsanstellung und ohne daß dieser Betrieb überhaupt vom Versuch berührt wird, Kräfte wirksam sein, die zu einer Änderung der Betriebsorganisation in Richtung

Tabelle 2: Betriebsorganisation für Modellbetrieb Nr. 1

Kulturen und Tierarten		Tatsächlich im Betrieb vorhanden	Optimal für Bedingungen vor dem Versuch	Versuchspreise + = höher - = geringer	Optimal unter den Versuchsbedingungen
Getreide	ha	7,90	6,28	- 10 %	6,13
Kartoffeln	"	0,55	1,12	+ 20 %	1,09
Zuckerrüben	"	1,33	1,06	- 20 %	1,02
Futterrüben	"	0,68	-	-	-
Luzerne	"	1,15	3,04		3,10
Klee gras	"	0,75	-		-
Wiese zu Heu	"	2,45	0,43		0,46
Wiese zu Silage	"	-	2,02		1,99
Zwischenfrüchte	"	-	0,97		1,09
Milchkühe	Stück	6	11,3	+ 20 %	12
Jungvieh	"	2	3		4
Mastvieh	"	5	4		3
Kälbermast	"	-	5		6
Zuchtschweine	"	1	2		2
Mastschweine	"	30	36	+ 10 %	36

der in der 2. Zahlenspalte ausgewiesenen optimalen Betriebsorganisation gehen. Dieser Betrieb erfährt nun eine experimentelle Behandlung durch die Änderung einzelner Produktpreise, die nur zu einer unwesentlichen Änderung der Gleichgewichtslage führt, weil eben die Gleichgewichtslage vor Änderung der Preise so stabil ist, daß das Ausmaß der Preisänderung - obwohl prozentual gesehen beträchtlich - noch zu einer Verlagerung des Gleichgewichts führen kann. Die Änderung der Preise geht hier jedoch genau in die Richtung, in der der Betriebsleiter die Bewirtschaftung sowieso ändern müßte. Die experimentelle Behandlung verstärkt hier also noch die Kräfte, die zum Produktionsgleichgewicht führen. Es wird interessant sein, zu beobachten, wie der Betriebsleiter reagiert, denn hier erfährt die Art der experimentellen Behandlung durch das Abweichen des Ist-Betriebes vor dem Versuchsbeginn von der Ausgangsgleichgewichtslage eine Verstärkung des

Einwirkungsreliefs. In anderen Modellbetrieben kommen ganz andere Konstellationen vor. Insgesamt ergibt sich aus der Ist-Situation mit der entsprechenden Gleichgewichtslage, aus der experimentellen Behandlung und der dadurch erzeugten neuen Gleichgewichtslage ein dreidimensionales Gitter von Kombinationsmöglichkeiten, das in Tabelle 3 dargestellt wird.

Tabelle 3: Kombinationsmöglichkeiten aus Ausgangssituation, experimenteller Behandlung und Änderung der Gleichgewichtslage.

Vor dem Versuch Abwe- chung von der Gleichgewichts- lage	Die Gleichgewichtslage ändert sich durch die experi- mentelle Behandlung....								
	zum negativen			nicht			zum positiven		
	Die Preise haben sich im Experiment verändert...								
	-	± 0	+	-	± 0	+	-	± 0	+
zum negativen	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.3.1	1.3.2	1.3.3
keine	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.3.1	2.3.2	2.3.3
zum positiven	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.3.1	3.3.2	3.3.3

Bezieht man diese Kombinationsmöglichkeiten nicht auf den Gesamtbetrieb, sondern auf einzelne Merkmale der Betriebsorganisation, da ja auch einzelne Produktpreise experimentell manipuliert werden und zwar jeweils mehrere pro Betrieb, so sind alle Kombinationsmöglichkeiten denkbar. Es wäre nämlich durchaus nicht ausgeschlossen, daß ein Betrieb eine zu geringe Zuckerrübenfläche hätte, daß sich für diesen Betrieb u n t e r a n d e r e m der Zuckerrübenpreis erniedrigt, er aber durch die neue Preissituation eine noch höhere Zuckerrübenfläche haben sollte im Vergleich zum Optimum bei der vorherrschenden Preissituation. Mit anderen Worten: Die experimentelle Behandlung und die Verlagerung des Gleichgewichts für einzelne Merkmale der Betriebsorganisation können durchaus gegensinnig verlaufen und zwar unabhängig vom Verhältnis der Ist-Situation vor dem Versuch zur entsprechenden Gleichgewichtslage. Man darf gespannt sein, wie die Betriebsleiter gerade in solchen Fällen reagieren werden.

Da der Versuch erst im dritten Jahr läuft bei einer vorgesehenen Mindestdauer von 5 Jahren sind Ergebnisse noch nicht parat. Soviel läßt sich jedoch schon sagen, daß die Technik der Versuchsanstellung durchaus brauchbar erscheint und eine Auswertung solcher Versuche empfehlenswert macht. Die Ergebnisse solcher Experimente könnten Baustein für Betriebsmodelle liefern, die im Gegensatz zu den heutigen Betriebsmodellen, Wirkungsmechanismen des Verhaltens von Betriebsleitern in Entscheidungssituationen explizit enthalten.

Literaturverzeichnis

- 1) BERGMANN, H. Aufbau und Berechnung eines Betriebsmodells. Agrarwirtschaft, 2, 10, 304-310 (1954)
- 2) BLECHSTEIN, K. Das Betriebsmodell. Deutsche Landw.Presse 75, 23, 314-315 (1952)
- 3) BLECHSTEIN, K. Das Wirtschaftsbrutto-Produktions-Schaubild. Die Landarbeit 6, 1, 1-4 (1955)
- 4) BLECHSTEIN, K. Der Wirtschaftsrechenstab mit Handhabungsanleitung. 2. Aufl., 43 S. Bad Kreuznach (1963)
- 5) BRUNDKE, M. Die Ergebnisse von Modellbetrieben 1947-1957. In: PREUSCHEN, G. u. Mitarbeiter, Der bäuerliche Familienbetrieb. S. 126-146, Stuttgart (1959)
- 6) COCHRAN, W.G. u. COX, G.M. Experimental Designs. 2. Aufl. Wiley & Sons, New York (1957)
- 7) EISGRUBER, L.M. u. HESSELBACH, J. Erweiterung der landwirtschaftlichen Betriebstheorie und ihre Berücksichtigung in der Kalkulationstechnik. Agrarwirtschaft, 14, 6, 257-266 (1965)
- 8) FISHER, R.A. The Design of Experiments, London (1935)
- 9) FISHER, R.A. Statistical Methods for Research Workers. 11. Aufl., Oliver and Boyd, Edinburgh und London (1950)
- 10) HESSELBACH, J. Anleitung zu Betriebsrechnungen mit dem Wirtschaftsrechenstab nach BLECHSTEIN. Bad Kreuznach (1960)
- 11) HESSELBACH, J. Kritische Würdigung moderner Kalkulationsverfahren nach beratungspraktischen Gesichtspunkten. In: Entscheidungen im landwirtschaftlichen Betrieb. Heft 7. Forschung und Beratung, Reihe C, S. 85-105 (1964)
- 12) HESSELBACH, J. Entscheidungstheorien und Entscheidungsmodelle in den USA. In: Entscheidungen im landwirtschaftlichen Betrieb. Heft 7. Forschung und Beratung, Reihe C, S.30-43 (1964)
- 13) HESSELBACH, J. Betriebssimulation in der Landwirtschaft. Referat auf der 7. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Landbauer e.V., Kiel 1966.

- 14) HESSELBACH, J. u. EISGRUBER, L.M. Betriebliche Entscheidungen mittels Simulation, Hamburg und Berlin (1967)
- 15) HEUSER, O.E. Kostenrechnung in der Landwirtschaft. Deutsche Landw. Presse, 75, 19, 256-257 (1952)
- 16) KLAUER, D. Das Einkommen im bäuerlichen Familienbetrieb, dargestellt mit der Methode des Betriebsmodelles. Heft 23 Landarbeit und Technik. Bad Kreuznach (1957)
- 17) KLAUER, D. Das Einkommen in Betrieben mit zwei und mehr Arbeitskräften. In: PREUSCHEN, G. und Mitarbeiter. Der bäuerliche Familienbetrieb. S. 73-83, Stuttgart (1959)
- 18) KOSIOL, E. Zur Problematik der Planung in der Unternehmung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 27, 2, 77-96 (1967)
- 19) MUDRA, A. Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin und Hamburg (1958)
- 20) PAGÈS, R. Das Experiment in der Soziologie. In: Handbuch der empirischen Sozialforschung. Erster Band (Hrsg.v.R. König), S.415-450, Stuttgart (1962)
- 21) PREUSCHEN, G., RHEINWALD, H. u. GLASOW, W. Der Wirtschaftsrahmen. 64 S. Hannover (1946)
- 22) PREUSCHEN, G. Betriebsmodell und Modellbetrieb. Agrarwirtschaft, 3, 3, 69-74 (1954)
- 23) PREUSCHEN, G., RHEINWALD, H. u. GLASOW, W. Der Wirtschaftsrahmen. 2. Aufl.einschließlich Wirtschaftsrechenstab von K. BLECHSTEIN, Heft 15 Landarbeit und Technik. Stuttgart (1954)
- 24) PREUSCHEN, G. Berechnung und Anwendung von Betriebsmodellen. CIOS-Kongress, Paris 1957.
- 25) PREUSCHEN, G. Betriebsleiter und Betriebsplanung. Agrarwirtschaft, 11, 5, 149-152 (1962)
- 26) PREUSCHEN, G. Kritische Betrachtungen zur Anwendung quantitativer mathematischer Methoden im landwirtschaftlichen Betrieb. Referat auf der 7. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Kiel 1966.
- 27) REISCH, E. Die lineare Programmierung in der landwirtschaftlichen Betriebswirtschaft. München, Basel, Wien (1962)

- 28) RHEINWALD, H. u. PREUSCHEN, G. Landwirtschaftliche Beratung. Bonn, München, Wien (1956)
- 29) SICK, W. Erkenntnisse aus den bäuerlichen Versuchswirtschaften im Versuchsbetrieb Imbshausen. In: Imbshäuser Hefte 10, S.3-26, Hannover (1949)
- 30) SICK, W. Zugkraftgestaltung, Kapitalbedarf und Erfolgsmöglichkeiten im Kleinbetrieb. Die Landarbeit, 2, 4, 29-34 (1954)
- 31) STOUFFER, S.A. Some Observations on Study Designs. American Journal of Sociology, 2, 355-361 (1950)
- 32) THOMAE, H. Der Mensch in der Entscheidung. München (1960)
- 33) THÜNEN, J.H. von Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. Hamburg (1826)

Methoden überbetrieblicher Arbeitsbedarfskalkulationen

J. Meier

1. Einleitung.

In allen industrialisierten Volkswirtschaften mit liberalen Wirtschaftssystemen findet eine mehr oder weniger forcierte Abwanderung von landwirtschaftlichen Arbeitskräften in die Bereiche der Industrie und des tertiären Sektors statt. Die Ursachen hierfür sind die besseren Löhne und Arbeitsbedingungen im außerlandwirtschaftlichen Bereich. Sie sollen hier nicht weiter untersucht werden. Die Stärke der Abwanderung wird weitgehend von der Zahl der freien Arbeitsplätze außerhalb der Landwirtschaft bestimmt. So stellt sich die Arbeitssituation der Landwirtschaft weitgehend als Antwort auf die Entwicklung der Arbeitsbedingungen im zweiten und dritten Bereich der Volkswirtschaft dar. Im Bereich der Landwirtschaft selbst ergab sich in den letzten Jahrzehnten die Notwendigkeit, den rapide ansteigenden Lohnkosten durch Mechanisierung vieler Arbeitsgänge entgegenzuwirken, wobei einige Zeit die Kosten der Maschinenarbeit unter denjenigen der Handarbeit lagen. Die Abwanderung aus der Landwirtschaft wurde nicht nur von den Arbeitskräften selbst gewünscht, sondern von Betriebsleitern aus wirtschaftlichen Gründen gefördert (2). Beobachtet man die Verhältnisse in den landwirtschaftlichen Betrieben der Bundesrepublik Deutschland, so kommt ein weiterer Faktor hinzu. Der Flüchtlingsstrom aus den Gebieten, die nach dem Krieg in den Bereich östlicher Wirtschaftssysteme gerieten, ist zunächst überwiegend von Landwirten aufgenommen worden. Aus Gründen, die in der religiös-bäuerlichen Auffassung der Lebensführung ihre Wurzel haben, wurde diesen Menschen nicht nur Obdach, Kleidung und Nahrung gewährt. Der bäuerliche Mensch weiß instinktiv, wie sehr Arbeit eine notwendige Lebensäußerung des Menschen ist. Für die neuen Mitglieder der

Dorf- und Hausgemeinschaft wurde Arbeit gesucht und gefunden. Bis 1949 war der Überschuß an Flüchtlingen, für die Arbeit gesucht wurde, bereits weitgehend in die weiteren Bereiche der Volkswirtschaft abgegeben. Vergleicht man den Arbeitskräftebesatz von 1930-35 mit dem von 1950 so zeigt sich, daß der Wanderungsgewinn den Verlust an landwirtschaftlichen Arbeitspersonen durch Krieg und Überalterung ausgeglichen hat.

Der hohe Intensitätsgrad der landwirtschaftlichen Betriebe, der für den Ausgang der 40er Jahre zu vermerken ist, trägt einerseits dem unverminderten Arbeitsangebot Rechnung, andererseits hat die Landwirtschaft gezeigt, daß sie sich verhältnismäßig schnell den geänderten Anforderungen der Ernährungswirtschaft anpassen kann.

Bereits zu Beginn der 50er Jahre setzte eine erste Mechanisierungswelle ein, in der vor allem Schlepper angeschafft wurden. Die Vorstellung der Praxis war damals, daß die Zahl der Arbeitspersonen nahezu beliebig durch Mechanisierung vermindert werden kann. Diese Vorstellung wurde genährt durch unzulässige Vergleiche mit dem Arbeitskräfte- und Maschinenbesatz außereuropäischer Länder. Seitens der Wissenschaft wurde der statistische Wanderungsverlust an Arbeitspersonen ohne Untersuchung der Produktivität ihrer bisherigen Beschäftigung zu den Kosten der Maschinenanschaffungen in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse derartiger unzulässiger Vergleiche förderten die Maschinenanschaffungen ungemein, weil die zum Ersatz einer Arbeitskraft erforderlichen Maschineninvestitionen angeblich nicht höher waren als der 1-2fache Jahreslohn.

Der Bezug Mechanisierungskosten zu Abwanderungsrate ist schon deshalb nicht statthaft, weil in kaum einem Betrieb die Veränderung des Arbeitspersonenbesatzes durch Mechanisierung auf Grund von Planungsrechnungen erfolgt ist.

Die unkontrollierte Fortsetzung dieser Entwicklung muß durch die unvermeidbare Begrenzung des Produktionsumfanges früher oder später zu Einkommenseinbußen führen. Dies gilt insbesondere für die Auswirkung der Mechanisierung auf die Betriebsorganisation im Sinne einer Spezialisierung und Betriebsvereinfachung.

Bei weiterem empirischen Verlauf der Entwicklung können Fehler nur durch Erfahrung erkannt werden. Die Schäden sind dann aber in den meisten Fällen irreparabel geworden, weil das Vieh bereits abgeschafft ist, die Arbeitskräfte den Hof verlassen haben usw.

Heute muß der Zeitbedarf für die Erledigung der landwirtschaftlichen Arbeiten so niedrig wie möglich gehalten werden, weil jede Arbeitsstunde teuer bezahlt werden muß, und die Zahl der verfügbaren Arbeitspersonen stark abgenommen hat.

In mehreren Betrieben ist die Abwanderung von Arbeitskräften bereits so weit fortgeschritten, daß die termingemäße Erledigung der Arbeiten in Frage gestellt wird. Zu dieser Zeit ist es von außerordentlicher Wichtigkeit, die Zahl der erforderlichen landwirtschaftlichen Arbeitskräfte zu kennen, die unbedingt zur Erhaltung des Produktionsniveaus unserer Landwirtschaft erforderlich ist. Erschwerend für die rechtzeitige Arbeitserledigung wirken sich die gegenüber den einfachen Arbeitsmethoden höheren Ansprüche der Vollerntemaschinen an Wetter und Bodenzustand aus. Die Zahl der verfügbaren Arbeitstage ist bei derselben Arbeitsaufgabe für Großmaschinen geringer als für Handarbeitsverfahren. Die Schlagkraft der Maschinenausrüstung muß höher sein als bei arbeitsaufwendigeren, jedoch technisch einfacheren oder bei Handarbeitsverfahren in der Vergangenheit.

Grundsätzlich kann die Landwirtschaft, außer durch Maschineneinsatz, den auf die Fläche oder den Betrieb bezogenen Arbeitsbedarf auch durch Änderung der Betriebsorganisation, d.h. Extensivierung senken. Beide Möglichkeiten sind in der Vergangenheit bereits wahrgenommen worden, und es ist bei

globalen Untersuchungen kaum möglich, entweder den Einfluß der Mechanisierung oder den der Spezialisierung auf die Arbeitsbedarfsverminderung festzustellen. Zur Beantwortung dieser Fragestellung müßte ein besonderes Modellsystem aufgestellt werden. Die Kenntnis der Entwicklung des Arbeitsbedarfs und deren Vergleich mit dem Arbeitsaufwand ist zur Standortbestimmung unbedingt notwendig. Aus ihr können sich wertvolle Anregungen für viele Zweige der Agrarpolitik ergeben. Es sei hier nur auf die beiden Gebiete Strukturpolitik und Einkommensverteilung hingewiesen.

In anderen westlichen Ländern haben sich die Verhältnisse auf dem landwirtschaftlichen Arbeitsmarkt ähnlich entwickelt wie bei uns, wenn auch nach dem Krieg nicht in dem Maße ein Überangebot von Arbeitskräften vorhanden war. Überall nimmt die Zahl der landwirtschaftlichen Arbeitspersonen ab. Es sind lediglich graduelle Unterschiede festzustellen, weil die einzelnen Volkswirtschaften auf dem Weg zur Dienstleistungsgesellschaft verschieden weit fortgeschritten sind. Für Länder mit strenger Planwirtschaft, die häufig die freie Arbeitsplatzwahl des Einzelnen beschneiden, gewinnt eine Berechnung und Vorkalkulation des Arbeitsbedarfs für die gesamte Volkswirtschaft noch mehr Bedeutung. Derartige Fragen sollen hier jedoch nicht weiter erörtert werden.

1.1 Begriffsdefinitionen.

Der **A r b e i t s b e d a r f** eines landwirtschaftlichen Betriebes ist diejenige Arbeitsmenge, die zur ordnungsgemäßen und termingerechten Erledigung der zur Erzeugung und Betriebserhaltung erforderlichen Arbeiten benötigt wird. Er wird von Art und Umfang der Erzeugung sowie vom Einsatz der Arbeitsmittel beeinflusst. Die Zahl der erforderlichen, voll leistungsfähigen Personen richtet sich:

a) nach der täglichen Arbeitszeit
und b) nach den Methoden des Arbeitsausgleiches.
Der Arbeitsbedarf wird mit Hilfe eines Vorschlages ermittelt.
Er ist nicht identisch mit dem betriebsnotwendigen Arbeitskräftebesatz, wie er in den "Grünen Berichten" der Bundesregierung verwendet wird, weil bei deren Ermittlung keine Nachprüfung der Notwendigkeit der vorhandenen Arbeitskräfte erfolgt, sondern nur eine schematische Verminderung der Zahl der Arbeitspersonen entsprechend ihrer Alterszusammensetzung vorgenommen wird.

Der **A r b e i t s a u f w a n d** dagegen wird durch die Zahl der auf einem Betrieb aufgewandten Arbeitsstunden gemessen. Dabei ist es gleichgültig, wie weit die Arbeitszeit produktiv oder unproduktiv verwendet wird, wie weit notwendige oder absolut unnötige Arbeiten ausgeführt werden.

2. Verschiedene Schätzungsmethoden.

2.1 Grundlagen von Arbeitsbedarfskalkulationen.

Aus der unter 1.1 gegebenen Definition des Arbeitsbedarfs folgt, daß er nur mit Hilfe einer Arbeitskalkulation ermittelt werden kann. Das Berechnungssystem muß sowohl dem Zweck als auch der Verfügbarkeit der benötigten Daten angepaßt sein. Für spezielle Zwecke kann es notwendig sein, neue Berechnungsschemata zu entwickeln. So können z.B. für Fragen der Organisation eines Maschinenringes Arbeitsvoranschläge für einzelne Betriebe dieses Ringes wenig aussagen, vielmehr muß hierbei die Gesamtzahl der im Maschinenring zusammengesetzten Betriebe simultan behandelt werden. Dabei wird es keinesfalls genügen, einfach die Anbaufläche der einzelnen Früchte in der Größe zu berücksichtigen, wie sie im gesamten Maschinenring vorhanden sind, weil der Einfluß überbetrieblicher und betrieblicher Verflechtungen zu berücksichtigen ist. Das Beispiel soll lediglich verdeutlichen, daß für spezielle Fragestellungen verschiedene Berechnungsmethoden denkbar sind.

Auch eine Arbeitsbedarfsberechnung für größere Gebiete d.h. für viele Betriebe, ist nicht zwingend an die exakte Verwendung des Arbeitsvoranschlages gebunden. Allerdings gibt es z.Zt. für den Einzelbetrieb kein genaueres und funktionsfähigeres Berechnungsverfahren als den Arbeitsvoranschlag. Er ist für Einzelbetriebe vielfach angewandt und mit positivem Ergebnis im Verfahren der Arbeitskontrolle geprüft worden. So ist es verständlich, daß wir bestrebt sind, auch bei einer über den Einzelbetrieb hinausgehenden Anwendung des Arbeitsvoranschlages sein Ergebnis als Maß für die Richtigkeit der mit anderen Methoden ausgeführten Arbeitsbedarfsberechnung anzusehen. Ebenso wurden ja neuere Methoden der Bedarfskalkulation an Hand von klassischen Arbeitsvoranschlägen auf ihre Verwendbarkeit hin geprüft, z.B. die Methode der Arbeitsbedarfsberechnung mit Hilfe des Mechanisierungsgrades (8).

Die Aussagefähigkeit einer Schätzung des Arbeitsbedarfs für die Bundesrepublik ist - abgesehen von der Qualität des eigentlichen Schätzungs- bzw. Berechnungsverfahrens - abhängig von Art und Qualität der Grunddaten. Die möglichen Kalkulationen bzw. ihre Ausführbarkeit sind durch die Verfügbarkeit der Daten beschränkt.

Grundsätzlich sind zwei Hauptgruppen von Daten zu unterscheiden, die in Arbeitsbedarfsrechnungen eingehen:

- 1) Die Daten, die im Einzelfall auf dem Betrieb erhoben werden können. Sie beschreiben Art und Umfang der Arbeitsaufgaben und der Arbeitsausführung.
- 2) Die Standards oder Arbeitsbedarfszahlen, die nach bestimmten Methoden ermittelt und in Katalogform veröffentlicht sind (4).

Die erste Datengruppe kann weiter unterteilt werden in:
Arbeitsverursachende Daten und
Arbeitsverfahrensdaten.

Zur ersteren gehören der Umfang der LN, das Nutzflächenverhältnis und der Viehbesatz. Aus ihnen leiten sich die Arbeitsaufgaben für termingebundene Arbeiten ab und der Umfang der einzelnen Aufgaben wird festgelegt.

Die Arbeitsverfahrensdaten müssen so beschaffen sein, daß für jede Arbeitsaufgabe das Arbeitsverfahren bestimmt werden kann. Sie bestehen also aus Angaben über Arbeitshilfsmittel (Maschinen) und dem Umfang ihres Einsatzes zu verschiedenen Arbeitsaufgaben.

Wenn beide Datengruppen bekannt sind, können für alle Arbeiten die entsprechenden Standards aus Katalogen entnommen werden. Damit ist die Berechnung der termingebundenen landwirtschaftlichen Arbeiten möglich. Für nicht termingebundene Arbeiten können keine Standards entwickelt werden, weil sie sich durch unregelmäßiges Auftreten der Beobachtung mit der Stoppuhr (Zeitstudie) entziehen. Außerdem gibt es für sie keinen Kausalbezug zu einem arbeitsverursachenden Datum (Stück Vieh, ha LN), für sie könnten nur Richtwerte je Betrieb aus Arbeitstagebüchern ermittelt werden. Zum Jahresarbeitsbedarf in Stunden gehören auch Arbeiten für Betriebsleitung etc. Mit Hilfe der Richtwerte können die nicht termingebundenen Arbeiten ebenfalls berechnet werden.

Für den Einzelbetrieb können alle erforderlichen Daten ohne Schwierigkeit ermittelt werden. Die Durchführbarkeit von überbetrieblichen Arbeitsbedarfskalkulationen ist jedoch in starkem Maße von der Verfügbarkeit und der Zuverlässigkeit der Grunddaten abhängig. Da für die verschiedenen denkbaren Berechnungsverfahren unterschiedliche Datenquellen in Frage kommen, wird auf deren Zuverlässigkeit bei der Behandlung der einzelnen Verfahren eingegangen.

2,2 Globale Methode Hof Deutschland.

Eine solche Schätzung würde die arbeitsverursachenden Daten für die gesamte Bundesrepublik zusammenfassen. Diese Daten

könnten der Anbaustatistik und den Ergebnissen der Viehzählungen entnommen werden. Die Arbeitskalkulation würde im Prinzip folgendermaßen aussehen:

Übersicht 1 Prinzip der globalen Arbeitsbedarfsberechnung termingebundener Arbeiten

Arbeitsbedarf			
	in den Zeitspannen - 1 - 8		im Jahr
1. Anbau in ha ¹⁾			
W. Weizen x_1	$a_1 x_1$	$a_2 x_1; \dots a_8 x_1$	$S a_1 x_1$
W. Gerste x_2	$a_1 x_2$	$a_2 x_2; \dots a_8 x_2$	$S a_1 x_2$
usw.			
2. Viehbestand in Stück ¹⁾			
Kühe in Beständen mit			
1 - 5 x_{11}	$a_1 x_{11}$	$a_2 x_{11}; \dots a_8 x_{11}$	$S a_1 x_{11}$
5 - 10 x_{12}	$a_1 x_{12}$	$a_2 x_{12}; \dots a_8 x_{12}$	$S a_1 x_{12}$
Arbeitsbedarf f. termingebundene Arbeiten			
i.d. Zeitspannen $S a_1 x_{ii}; S a_2 x_{ii}; \dots S a_8 x_{ii}$			
im Jahr			$S a_i x_{ii}$

1) ha Anbau bzw. Stück Vieh im gesamten relevanten Areal.

Dieses Schema soll lediglich das Prinzip verdeutlichen. Es wurde daher kein Wert auf systematische Vollständigkeit gelegt. Die $x_1 - x_{ii}$ stellen die arbeitsverursachenden Daten dar, während die a_1, a_2, \dots, a_8 die Arbeitsbedarfszahlen je ha Anbau in den Zeitspannen 1, 2, - 8 bezeichnen. Sie müßten für die Zahl der Betriebe in den einzelnen Größenklassen gesondert kalkuliert werden. Die nicht- bzw. bedingt termingebundenen

Arbeiten, für die nach Zeitspannen und Betriebsgrößenklassen gegliederte Richtwerte zur Verfügung stehen, sind außerhalb dieses Schemas nach der Zahl der Betriebe zu kalkulieren. Die so errechneten Werte gehen jedoch nur in die Ermittlung der Bedarfsstunden je Jahr ein.

Für die Bestimmung der $a_1 - a_8$, der einzusetzenden Bedarfszahlen, erwachsen große Schwierigkeiten:

1. setzen sie sich für alle Zeitspannen aus vielen Arbeitsbedarfszahlen zusammen; es gilt also $a_1 = a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{1n}$
2. beruhen die a_{1n} auf den angewandten Arbeitsverfahren, die in ihrem Arbeitsbedarf Unterschiede aufweisen, deren Anwendungsumfang obendrein aus keiner Statistik ersichtlich ist. Bereits bei einer so einfachen Arbeit wie Schälen nach Getreide lassen sich die Schwierigkeiten demonstrieren:
 - 1) - Schälen bei n_1 % der Getreidefläche mit 2 Schar-Pferdepflug.
 - 2) - Schälen bei n_2 % der Getreidefläche mit 2 Schar-Schlepperantriebspflug.
 - 3) - Schälen bei n_3 % der Getreidefläche mit 3 Schar-Schlepperanbauwechselflug.
 - 4) -
 - 5) -
 - 8) - Schälen bei n_8 % der Getreidefläche mit 9 Scheibenschälflug.
 - n) - Schälen entfällt bei nn % der Getreidefläche, weil eine Untersaat genutzt werden soll.

Die Arbeitsbedarfszahlen für die oben genannten Verfahren reichen von 9,3 Arbeitskraftstunden je ha (Akh/ha) bis zu 0 Akh/ha Arbeitsfläche.

Es darf bezweifelt werden, daß es möglich ist, derartige Angaben auch nur im Rahmen einer repräsentativen Stichprobenerhebung in Erfahrung zu bringen.

Die globale Schätzungsmethode scheitert also an der Verfügbarkeit der Daten zum Einsatzumfang der einzelnen Arbeitsverfahren. Auch eine Statistik, die die Zahl der von landwirtschaftlichen Betrieben benutzten Maschinen angibt, hilft nicht weiter, weil die Arbeitsflächen der Maschinen unbekannt bleiben. Außerdem ist nicht gesichert, ob das Ergebnis einer solchen Kalkulation, obwohl rechnerisch einwandfrei, auch richtig ist. Denn alle innerbetrieblichen Abhängigkeiten und Besonderheiten, die der Voranschlag für einzelne Betriebe beachten kann, müssen bei der globalen Berechnung außer Acht gelassen werden.

2.3 Schätzung mit Hilfe des Mechanisierungsgrades.

Von Harder (3) beschreibt am Schluß seiner Arbeit auf Grund einer speziellen Auswertung der landwirtschaftlichen Betriebszählung 1960 eine Methode zur Berechnung der Arbeitseffizienz für drei Bundesländer. Da die Arbeitseffizienz (bei Scheller (8) = Beschäftigungsgrad) das Verhältnis von AK-Bedarf zu AK-Besatz in v.H. ist, kann bei bekanntem Besatz der Arbeitsbedarf bestimmt werden.

Die Berechnung der Arbeitseffizienz beruht auf der von Scheller erweiterten Methode zur Messung des Mechanisierungsgrades von Woermann und Koch (11), die bei Einhaltung der von Scheller geprüften Grenzen Anhaltswerte für den Arbeitsbedarf liefern kann. Die in der Methode begründeten Einschränkungen sind in der vorliegenden Arbeit weit überschritten worden.

Verfolgt man die von Harder auch erkannten Überschreitungen durch die Arbeit, so muß festgestellt werden, daß sie sich in der Hauptsache einseitig in Richtung eines Minderbedarfs auswirken. Da wir aus der Erfahrung wissen, daß nur arbeitswirtschaftlich geschulte Betriebsleiter mit dem im Arbeits-

voranschlag berechneten Arbeitsbedarf für die Erledigung aller im Betrieb anfallenden Arbeiten ausreichen, ist diese Tendenz der Unterbrechung besonders gefährlich. Bei globalen Berechnungen muß ein Zuschlag von etwa 15 % erhoben werden, da der durchschnittliche Betriebsleiter in diesem Falle das ausschlaggebende Maß ist. Dieser Aufschlag läßt sich auch aus der Dissertation von Wolff (12) ableiten. Der von Harder durchgeführte Vergleich des Arbeitsbedarfes für das Jahr 1949 und 1960 erscheint deshalb kaum durchführbar, weil für 1949 der Mechanisierungsgrad nach nicht näher erläuterten Methoden geschätzt wurde. Damit beruhen die Ergebnisse dieser Arbeit auf verschiedenartigem Grundlagenmaterial für die beiden Stichjahre, so daß der für 1949 berechnete Arbeitsbedarf nicht mit dem für 1960 verglichen werden kann. Es ist nicht Sinn dieser Ausführungen, die Arbeit von Harder herabzuwürdigen. Die von uns beschrittene Methode hat gleichfalls Mängel. Mit einer globalen Arbeitsbedarfskalkulation begibt man sich jedoch auch im methodischen Gebiet auf Neuland. Eine Kontrolle des mit welcher Methode auch immer erarbeiteten Ergebnisses ist kaum möglich. Je mehr solche Kalkulationen durchgeführt werden, desto eher wird man jedoch aus dem Vergleich ihrer unterschiedlichen Ergebnisse die wahren Werte abschätzen können.

2.4 Modellmethode.

Diese vom Verfasser beschrittene Methode liegt als Manuskript zur Veröffentlichung vor (4). Sie wird hier nur ganz kurz umrissen, da sie an anderer Stelle ausführlich dargelegt wird. In einer den "Grünen Berichten" angeglichenen Gliederung wurden jeweils 60 Modelle für die Jahre 1949/50 bzw. 1961/62 und 1975 aufgestellt. Um eine Trennung von Neben- und Zuerwerbsbetrieben zu erreichen, deren Problematik ganz anders gelagert ist, und die eine eigene Untersuchungsweise erfordern, wurden nur Betriebe über 10 ha LN in diese Methode einbezogen. Die Quellen für die arbeitsverursachenden Modell-

daten, wie Betriebsgröße, Nutzflächenverhältnis, Viehbesatz usw. sind die von Padberg herausgegebenen Buchführungsergebnisse (6) (7) für die Jahre 1949/50 und 1961/62.

Zur Mechanisierung der Modelle wurden die Ergebnisse der Maschinenzählungen der landwirtschaftlichen Betriebszählungen (9, 10) herangezogen, wobei für das zweite Stichjahr z.T. Fortschreibungen durchgeführt, z.T. die besonderen Erhebungen der Landwirtschaftskammern herangezogen werden konnten. Mit diesem Grundlagenmaterial konnten Arbeitsvoranschläge aufgestellt werden, deren Ergebnisse aus bereits oben diskutierten Gründen um 15 % erhöht wurden. Nach einer Umrechnung auf die landwirtschaftliche Nutzfläche aller relevanten Betriebe über 10 ha in der Bundesrepublik könnte der Arbeitsbedarf für diese Betriebsgruppe angegeben werden. Mit diesem Arbeitsbedarf soll jedoch der Arbeitsaufwand verglichen werden.

Das ist nicht ohne weiteres möglich, weil voll leistungsfähige Bedarfsarbeitskräfte und der in Personen ermittelte Arbeitsaufwand nicht identisch sind. Eine besondere Untersuchung dieses Problems ergab, daß nur nach einem weiteren Aufschlag auf den Arbeitsbedarf von nochmals 10 % eine Vergleichbarkeit zwischen Bedarfsarbeitskräften und Aufwandsarbeitspersonen gegeben ist. Außerdem wird der Wert der in der Zwischenzeit durchgeführten Maschineninvestitionen zur Abnahme des Arbeitsbedarfs in Beziehung gesetzt.

Diese Methode ist insofern unsicher, als nur eine sehr geringe Zahl von Modellen kalkuliert wird. Die Anforderungen, die an die Repräsentativität der Modelle gestellt werden müssen, steigen mit abnehmender Modellzahl erheblich an. Wenn in diesem Zusammenhang von repräsentativen Modellen gesprochen wird, so soll darunter das folgende verstanden werden.

Die in das Modell eingehenden Daten müssen von der Zufälligkeit des einzelnen landwirtschaftlichen Betriebes befreit

werden. Für die arbeitsverursachenden Daten bedeutet das, daß Durchschnittswerte aus mehreren landwirtschaftlichen Betrieben verwandter Produktionsrichtungen in die Modellrechnung eingehen. Diese durchschnittlichen Daten dürfen nicht über einer zu großen Basis berechnet werden. Die aus der allgemeinen Statistik der landwirtschaftlichen Betriebszählung entnommenen Arbeitsverfahrensdaten müssen so mit den arbeitsverursachenden Daten der einzelnen Modell kombiniert werden, daß das Ergebnis dem ideellen Durchschnitt aller relevanten Betriebe entspricht. Hinsichtlich der arbeitsverursachenden Daten wurde angenommen, daß für Betriebe über 10 ha LN eine regionale Gliederung nach Bundesländern, eine Aufteilung in drei Größenklassen der LN sowie die Berücksichtigung von neun Bodennutzungssystemen eine ausreichende Gliederung darstellen.

Würde man statt der Buchführungsergebnisse aus dem BMELF die entsprechenden Statistiken der Landwirtschaftskammern bzw. Landwirtschaftsministerien der Länder zu Grunde legen, so könnte, bei gleichzeitiger Vermehrung der Zahl der Modelle, die regionale Gliederung bis auf Kreise aufgefächert werden. Die Auswertung der Maschinenstatistiken der landwirtschaftlichen Betriebszählungen lassen auch dann noch eine Kombination zu.

Man könnte annehmen, daß in dieser Kombination der beiden Datengruppen ein Unsicherheitsfaktor liegt, der durch besondere Erhebungen der in den Berichtsbetrieben verwandten Arbeitsverfahren zu vermeiden wäre. Eine aus anderen Gründen erfolgte Kontrolle der Maschineninvestitionen in den Berichtsbetrieben ergab jedoch, daß ihre Maschineninvestitionen für die Jahre 1959/60 um 21 %, 1960/61 um 13 % und 1961/62 um 31 % höher sind als für den Durchschnitt aller Betriebe zutrifft. Da daraus höher mechanisierte Arbeitsverfahren resultieren, würden auf Verfahrenserhebungen beruhende Arbeitsvoranschläge zwar für die Berichtsbetriebe zutreffen, für die Gesamtheit aller Betriebe jedoch einen

zu geringen Arbeitsbedarf ergeben.

Eine Prüfung hinsichtlich der Repräsentativität der Modelle läßt sich für die arbeitsverursachenden Daten verhältnismäßig einfach durchführen. Für die dem Modell zu Grunde gelegten Durchschnittswerte des Anbauverhältnisses, des Viehbesatzes und der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind die ursprünglichen Werte der Einzelbetriebe bekannt. Dabei handelt es sich um 10 bis 150 Einzelbetriebe je Durchschnittsangabe. Im Stichprobenverfahren sind aus den Modellen einzelne auszuwählen, für die folgende Untersuchung anzusetzen wäre: Für jeden Einzelbetrieb der ausgewählten Gruppe und für das betreffende Modell wird ein Arbeitsvoranschlag erstellt. Dabei werden die unterstellten Arbeitsverfahren für alle Arbeitsvoranschläge gleich gehalten. Es ist ohne Einfluß, ob hohe oder niedrige Mechanisierung unterstellt wird. Entsprechend der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Einzelbetriebe wird das gewogene Mittel des AK-Bedarfs für den Durchschnitt aller Betriebe festgestellt. Dieser Durchschnittsbedarf wird mit dem Bedarf des zugehörigen Modells gemessen. Wenn durchschnittlicher und Modellbedarf nicht übereinstimmen, so lassen sich Korrekturfaktoren erarbeiten. Diese Berechnung läßt sich mit Hilfe des Arbeitsschaubildes auch graphisch lösen (1), wobei der Aufwand verringert wird.

Die Überprüfung hinsichtlich der Repräsentanz auf dem Gebiet der Mechanisierung der Modelle wirft Probleme auf, für die keine Patentlösung erwartet werden kann. Eine Erhebung der Arbeitsverfahren in einer Vielzahl von Betrieben scheint der einzige Weg zu sein, um zunächst eine genauere Vorstellung über die durchschnittliche Maschinenbenutzung in den Betriebsgruppen zu erhalten. Dabei kann aber nicht ohne weiteres auf die Berichtsbetriebe zum "Grünen Bericht" zurückgegriffen werden, da diese offenbar überdurchschnittliche Mechanisierung aufweisen. Eine Überprüfung, wie groß der Einfluß verschieden hoher Mechanisierung auf das Gesamtergebnis einer überbetrieb-

lichen Arbeitsbedarfsermittlung sein kann, dürfte mit dem geringsten Aufwand mit Hilfe der Methode des Mechanisierungsgrades abzuschätzen sein.

Letztlich darf angemerkt werden, daß ein Modell niemals die Besonderheiten einer Vielzahl von Betrieben repräsentieren kann. Jeder einzelne Betrieb ist in der Auswahl der Betriebszweige, mehr noch in der Art der gewählten Arbeitsverfahren vom Betriebsleiter geprägt. Dessen besondere Begabung, seine Fähigkeiten und Neigungen bestimmen die Betriebsorganisation und den Betriebsablauf. Die gewählten Arbeitsverfahren, die Entscheidung über den Einsatz von Überstunden, Aushilfskräfte oder Lohnmaschinenarbeit liegt allein in der Person des Betriebsleiters begründet. Mit der Art der Entscheidung wächst oder fällt der Arbeitsbedarf des Betriebes. Diese vom Betriebsleiter abhängigen Gegebenheiten können sich bei der gruppenweisen Zusammenfassung gegenseitig aufheben, sie können für einzelne Arbeitsaufgaben aber auch kumulieren.

Die hier berührten Fragen werden immer offen bleiben, weshalb jede überbetriebliche Arbeitsbedarfskalkulation nur Schätzwerte ergeben kann, deren Spielbreite kaum festzulegen sein wird.

3. Zukünftig denkbare Kalkulationen.

An den wahren Arbeitsbedarf ganzer Gebiete, z.B. der Bundesrepublik, wird man sich nur mit einer Vielzahl von Arbeitsvoranschlägen für einzelne Betriebe auf Grund von Erfragungen der Arbeitsverfahren herantasten können. Wenn es gelingt, den Einfluß einer überdurchschnittlichen Mechanisierung auf den Arbeitsbedarf zu quantifizieren, so können die Berichtsbetriebe zum "Grünen Bericht" gutes Ausgangsmaterial sein. Die arbeitsverursachenden Daten der Einzelbetriebe liegen in einer Form vor, die die maschinelle Verarbeitung gestattet. Das gleiche gilt für einen Teil der Arbeitsbedarfszahlen. Eine zusätzliche Arbeitsverfahrenserhebung könnte ebenfalls in diese Form gebracht werden. Die eigentliche Rechenarbeit ein-

schließlich der Umrechnung auf die Bundesrepublik könnte nach einmaliger Programmierung maschinell durchgeführt werden. Wenn solche Untersuchungen alle 3 - 5 Jahre durchgeführt würden, könnten die "Grünen Berichte" und damit die gesamte Agrarpolitik der Bundesregierung eine wesentliche Bereicherung erfahren.

Andererseits schließen die modernen Planungsverfahren - gleichgültig ob es sich um Optimierungs- oder Budgetingssysteme handelt - eine Arbeitsbedarfsberechnung mit ein. Auf diese Art werden bereits heute für eine Vielzahl von Einzelbetrieben Arbeitsvoranschläge erstellt. Wenn es möglich wäre, diese zu sammeln und in einem Ordnungssystem zu Gruppen zusammenzufassen, so würde sehr brauchbares Ausgangsmaterial für überbetriebliche Bedarfsermittlungen nutzbar gemacht.

Literaturverzeichnis

1. BLECHSTEIN, K. Zur ehz-Methode. In: Bedeutung und Anwendung ökonomischer Methoden in der agrarwirtschaftlichen Forschung. Band 2 der Veröff.d.Ges.f.Wirtschaft u. Soz.wiss.d.L., S. 261-270, Hilstrup (1963)
2. BLOHM, G. Angewandte landwirtschaftliche Betriebslehre. 3.Aufl. Stuttgart (1957)
3. HARDER, P.C. von Wirtschaftliche Voraussetzungen und Entwicklungslinien der Mechanisierung in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland seit 1949. Berichte über Landtechnik. Heft 85 (1965)
4. KREHER, G. u.a. KTL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band I, Arbeitsvoranschlag. Frankfurt (1964)
5. MEIER, J. Der Arbeitsbedarf in der Landwirtschaft der Bundesrepublik seit 1949. Unveröff. Manuskript (1967)
6. PADBERG, K. Landwirtschaftliche Buchführungsergebnisse 1949/50 und 1950/51. BMELF, Bonn (1953)
7. PADBERG, K. u. RECKENFELDER-BÄUMER, L. Landwirtschaftliche Buchführungsergebnisse 1961/62 und 1962/63. BMELF, Bonn (1964)
8. SCHELLER, G. Ermittlung arbeitswirtschaftlicher Kenndaten aufgrund eines vereinfachten Arbeitsvoranschlages. Agrarwirtschaft, 13, 7, 217-223 (1964)
9. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden Statistik der Bundesrepublik Deutschland Bd. 27. (Ergebnisse der landwirtschaftlichen Betriebszählung vom 22.5.1949). Köln (1954)
10. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden Fachserie B, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftszählung vom 31.5.1960 Mainz ab 1964 fortlaufend.
11. WOERMANN, E. u. KOCH, R. Messung des Mechanisierungsgrades landwirtschaftlicher Betriebe. Agrarwirtschaft, 2, 7, 225-234 (1960)
12. WOLFF, K.C. Kontrolle und Ausbau des landwirtschaftlichen Arbeitsvoranschlages. Diss. Univ. Kiel (1961)

Arbeitszeitkontrolle im landwirtschaftlichen Betrieb

M. Brundke

Die Landarbeitswissenschaft verfügt mit dem Arbeitsvoranschlagssystem von KREHER (12, 13, 14) seit fast zwei Jahrzehnten über umfassende Unterlagen zur Vorausberechnung der Arbeitszeit im landwirtschaftlichen Betrieb. Einheitlich findet dieses System heute bei allen Gesamt-Betriebskalkulationen Anwendung. Unterschiedlich ist dagegen die Verfahrenstechnik, in der besonders die Programm-Planungssysteme den Arbeitsvoranschlag als Einzelglied in die Gesamtbetriebskalkulation einbauen (1). Dabei tauchen Probleme auf, die im einzelnen an anderer Stelle beschrieben wurden und für die auch Lösungsvorschläge vorliegen (9).

Ein gemeinsames Problem aller Planungssysteme liegt darin, bei der Vorausberechnung der Arbeitszeit diejenigen Daten zu wählen, die den persönlich und sachlich bedingten arbeitswirtschaftlichen Verhältnissen des Betriebes am besten gerecht werden. Denn allgemein gilt, daß das Ergebnis eines jeden Planes nur so genau sein kann, wie die dabei verwendeten Ausgangsdaten.

Um dieses Problem lösen zu können, müssen die im Arbeitsvoranschlag eingesetzten Arbeitsbedarfszahlen (international: standards) den entsprechenden Arbeitsaufwandszahlen eines Betriebes gegenübergestellt werden. Im Rahmen einer Arbeitszeitkontrolle, deren Aufgaben im einzelnen später noch zu präzisieren sind, ist durch einen Soll-Ist-Vergleich festzustellen, in welcher Höhe und an welcher Stelle Differenzen zwischen den geplanten und den danach durchgeführten Arbeitsaufgaben aufgetreten sind. Eine genaue Analyse der Ursachen ermittelter Abweichungen vom Plan führt schließlich zu ver-

fahrensspezifischen Daten im Bereich der Arbeitswirtschaft eines Betriebes. Auf derartige Daten sind alle Planungssysteme dringend angewiesen (21). Vielfach wird es sich bei der Analyse jedoch zeigen, daß das Problem nicht darin besteht, eine "betriebsspezifische" Korrektur der standards vornehmen zu müssen, sondern vielmehr nach Lösungen zu suchen, die eine Verbesserung der Arbeitsleistung zur Folge haben.

Auf die Notwendigkeit, die landwirtschaftlichen Arbeiten im Betrieb kontrollieren und vergleichen sowie den Leistungseffekt einzelner Personen überprüfen zu müssen, ist seit langem und wiederholt hingewiesen worden (22, 19, 20, 17). Untersuchungen, die sich speziell mit diesen Problemen befaßt haben, wurden bisher nur in geringer Zahl veröffentlicht (18, 16, 2, 5, 8). Weder die landwirtschaftliche Beratungspraxis noch die Betriebsleiter selbst haben bisher von der Möglichkeit, durch einen Soll-Ist-Vergleich die Arbeitswirtschaft einzelner Betriebe genauer zu überprüfen, in nennenswertem Umfang Gebrauch gemacht. Die Ursache dafür mag darin liegen, daß es an einer Methode für den Soll-Ist-Vergleich fehlte und ebenso eine praktische Anleitung, wie zweckmäßigerweise eine Verbindung von Arbeitsvoranschlag und Arbeitstagebuchauswertung für Vergleichszwecke hergestellt wird.

Diese Lücke schließen zu helfen ist das Anliegen des vorliegenden Beitrages. Insgesamt sollen dabei die Erfahrungen Berücksichtigung finden, die der Verfasser in den letzten Jahren in einer Reihe vergleichbarer praktischer Betriebe zum Thema Arbeitszeitkontrolle hat sammeln können. Außerdem gab die Diskussion zur Arbeitstagebuchführung aus jüngster Zeit in der Fachpresse wertvolle Anregungen (10, 7, 4, 11).

Die Arbeitszeitkontrolle ist eine echte Betriebsleitertaufgabe. Um zu einem brauchbaren System zu gelangen, soll dabei die gleiche Forderung beachtet werden, die dem Arbeitsvor-

anschlag u.a. zu beachtlichem Erfolg verholfen hat: "Die Zusammenstellung der Zahlen soll in eine möglichst einfache, auch dem Praktiker verständliche und schnell berechenbare Form gebracht sein." (22, S. 446).

1. Aufgabe der Arbeitszeitkontrolle

Aufgabe der Arbeitszeitkontrolle ist es, Plan und Realität der Arbeitswirtschaft eines Betriebes gegenüberzustellen. Daraus sind durch quantitative und qualitative Analyse verfahrensspezifische Daten im Einzelbetrieb zu ermitteln bzw. Fehler bei der Arbeitsdurchführung aufzudecken. Aus der Beurteilung der Ergebnisse sollen schließlich gegebenenfalls Wege zur Verbesserung der Arbeitswirtschaft aufgezeigt werden. Im einzelnen sind zur Arbeitszeitkontrolle erforderlich:

- a) Arbeitsvoranschlag des Betriebes,
- b) Arbeitstagebuch oder gleichwertige arbeitswirtschaftliche Aufzeichnungen im Betrieb,
- c) Auswertung des Arbeitstagebuches,
- d) quantitative Analyse (Soll-Ist-Vergleich) und
- e) qualitative Analyse (mit der Fragestellung, ob Abweichungen vom Plan künftig abstellbar oder nicht).

Zu verfahrensspezifischen Daten des Einzelbetriebes kann der Vergleich also nur dann führen, wenn aufgrund besonderer Arbeitsbedingungen erwiesen ist, daß die Höhe der standards künftig nicht erreicht werden kann oder wesentlich unterschritten wird. Abweichungen des Aufwandes vom Bedarf von ± 15 v.H. liegen dabei innerhalb der Fehlergrenze (16).

Die Arbeitszeitkontrolle hat aber noch weitere wichtige Aufgaben zu erfüllen. Sie soll überprüfen, ob eventuell durch Terminverschiebungen gegenüber dem Arbeitsvoranschlag Schwierigkeiten in der Arbeitserledigung aufgetreten sind. Ferner sollten Umfang, Art und Verteilung der bedingt termingebundenen Arbeiten genau ausgewiesen werden, um deren Einfluß auf den Arbeitsablauf besser als bisher kennenzulernen. Im übrigen lassen sich spezielle Fragen, wie der Leistungsvergleich

einzelner Betriebszweige oder verschiedener Arbeitspersonen ohne Schwierigkeiten beantworten, wenn man die entsprechenden Zahlengruppen zusammenstellt und die spezielle Fragestellung bei den Aufzeichnungen auch berücksichtigt hat. In keinem Fall aber, das darf nicht übersehen werden, ist es Aufgabe der Arbeitszeitkontrolle, im Ergebnis eine optimale Arbeits- oder gar Betriebsorganisation zu liefern. Diese kann nur durch eine Gesamt-Betriebskalkulation erzielt werden, zu der die Arbeitszeitkontrolle wichtige und unentbehrliche Entscheidungshilfen bereitstellt.

2. Anforderungen an die Vergleichsunterlagen

Damit das Ergebnis einer Arbeitszeitkontrolle zu einer echten Entscheidungshilfe im Betrieb führen kann, müssen die Vergleichsunterlagen bestimmten Anforderungen genügen. Methode und Systematik des Arbeitsvoranschlages (13, 14) und Arbeitstagebuches (15) dürfen hier im Prinzip als bekannt vorausgesetzt werden. Im folgenden Abschnitt sollen daher nur die wesentlichen Punkte behandelt werden, die bei der Erstellung der Vergleichsunterlagen beachtet werden müssen.

2.1 Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes

Bezugszeitraum für den Arbeitsvoranschlag wie auch für das Arbeitstagebuch ist das Kalenderjahr. Vor dem Vergleich ist jeweils zu prüfen, ob die im Arbeitsvoranschlag eingesetzten Ausgangsdaten der Betriebsorganisation mit dem tatsächlichen Arbeitsablauf übereingestimmt haben. Hierzu zählen die Anbau- bzw. Arbeitsflächen, der Viehbestand und die Arbeitsverfahren des Betriebes. Sind in dieser Hinsicht im Laufe des Jahres wesentliche Änderungen eingetreten, so ist der Arbeitsvoranschlag entsprechend zu korrigieren, damit bei dem Vergleich methodische Fehler verhindert werden.

Am Schluß des Arbeitsvoranschlages (Hauptformular 1) wird der Arbeitszeitbedarf in Stunden je Tag und Betrieb in den einzelnen Zeitspannen zusammengefaßt. Dabei ist darauf zu achten,

daß Reparaturen und Hofarbeiten nicht doppelt in die Berechnung des Gesamtarbeitszeitbedarfes je Tag eingehen. Nach dem Zeitspannenverfahren von KREHER sind die Schlechtwettertage den Reparaturen und Hofarbeiten vorbehalten, soweit diese nicht schon durch tägliche Viehpflegearbeiten "besetzt" sind. Sie dürfen daher an dieser Stelle der Zusammenfassung im Hauptformular 1 den übrigen bedingt termingebundenen Arbeiten (allg. Wirtschaftsführen und Betriebsführung) nicht zugeschlagen werden. Der je Zeitspanne verfügbare Anteil in Arbeitskraftstunden (AKh) je Tag für Reparaturen und Hofarbeiten wird daher in Klammern gesetzt und wie folgt berechnet (14, 1. Fortschreibung):

Arbeitstage abzüglich verfügbare Feldarbeitstage
mal den täglichen AKh für Feldarbeiten, geteilt
durch die Zahl der Arbeitstage.

Nur wenn der so ermittelte "Arbeitszeitbedarf" für Reparaturen und Hofarbeiten wesentlich unter den entsprechenden Richtzahlen des Kataloges (14) oder Aufwandszahlen vorhandener Tagebuchergebnisse liegt, ist die Differenz den täglichen bedingt termingebundenen Arbeiten noch hinzuzurechnen.

2.2 Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes

Es besteht heute allgemeine Übereinstimmung darin, daß der Hauptzweck des Arbeitstagebuches darin liegt, einen Soll-Ist-Vergleich im Betrieb durchzuführen (4, 11). Werden die Grundsätze für die täglichen Eintragungen befolgt, die in den Anleitungen der Arbeitstagebücher angegeben sind, so sind bei der späteren Auswertung keine Probleme zu erwarten. Die täglichen Aufzeichnungen müssen im einzelnen enthalten: Datum, Wetter, Arbeitsort, Art der Arbeit mit den dazugehörigen Personen- und Zugkraftstunden sowie eventuelle Bemerkungen, die das Arbeitsergebnis stark abweichend positiv oder negativ beeinflußt haben. Durchschreibe-Tagebücher sind zweckmäßig dann anzulegen, wenn die Auswertung außerhalb des

Betriebes erfolgt, besonders in den Fällen, die eine Auswertung nach Ablauf eines Monats oder einer Zeitspanne vorsehen. Der Arbeitszeitaufwand für eine bestimmte Arbeit wird in vollen und halben Arbeitspersonenstunden (1 APh = 1 Zeitzunde) eingetragen, ebenso entsprechend der Zeitaufwand der tierischen Zugkräfte oder Schlepper. Eine Differenzierung des Aufwandes einzelner Personen oder Zugkräfte ist nur erforderlich, wenn dies bei der Auswertung auch berücksichtigt werden soll. Dagegen müssen Aushilfe (zusätzliche AK, Lohnunternehmer) und Fremdarbeit (Leistungen für Nebenbetriebe oder fremde Betriebe) stets gesondert angegeben werden. Die Eintragung des Betriebsspiegels am Schluß des Arbeitstagebuches (strukturelle Daten, Fruchtfolge, Durchschnittserträge, Arbeitsverfahren usw.) vervollständigt die für die Auswertung erforderlichen Ist-Daten des Betriebes.

Andere Aufzeichnungen (Arbeitskarten oder -zettel, Schlagkarteien usw.) sind dem Arbeitstagebuch und dem Ziel eines Soll-Ist-Vergleiches nur dann gleichwertig, wenn sie die vorgenannten grundsätzlichen Eintragungen enthalten. Dazu gehört vor allem, daß ohne Zweifel deutlich wird, auf welche Art der Arbeit und auf welches Arbeitsobjekt sich der angegebene Arbeitszeitaufwand bezieht. Eine Aufteilung des täglichen Arbeitszeitaufwandes auf einzelne Betriebszweige ohne Angabe der betreffenden Arbeit (7) kann den Anforderungen eines Soll-Ist-Vergleiches nicht gerecht werden. Dagegen ist es ohne Schwierigkeiten möglich, nach erfolgter Auswertung des Arbeitstagebuches Teilergebnisse so zusammenzustellen, daß einzelne Betriebszweige im Soll und Ist miteinander verglichen werden können.

3. Methoden des Soll-Ist-Vergleiches

Der eigentliche Soll-Ist-Vergleich hat die Gegenüberstellung von Arbeitsbedarfs- und -aufwandszahlen zur Aufgabe. Zu diesem Zweck muß, wie erwähnt, eine Auswertung des Arbeitstagebuches vorliegen. Auswerten heißt dabei, die Einzelarbeiten

im Betrieb systematisch ordnen. Da die Form der Arbeitstagebuchauswertung stark von der angestrebten Vergleichsmethode abhängt, wird die Auswertung in diesem Abschnitt mitbehandelt. Unterschieden wird dabei in Einzelvergleiche und Zeitspannenvergleiche. Im ersten Falle handelt es sich darum, aus der Summe fest umrissener einzelner Arbeitsaufgaben Differenzen zwischen Soll und Ist festzustellen. Im letzten Falle soll zahlenmäßig und graphisch ermittelt werden, ob die bestimmten Zeitspannen im Voranschlag zugeordneten verschiedenen Arbeitsaufgaben dem praktischen Betriebsablauf entsprachen. Die erste Frage beantwortet also die Abweichung von den Standards, die zweite die Terminverschiebungen in den einzelnen Zeitspannen.

Die Auswertung beginnt mit dem Auszeichnen der Einzelarbeiten im Arbeitstagebuch nach einem bestimmten Schlüssel zu Arbeitsgruppen (15): 0. Hauswirtschaft, 1. Hofarbeiten, 2. Ackerarbeiten, 3. Bestellung, 4. Pflege, 5. Ernte, 6. Fuhrarbeiten, 7. Verarbeitung, 8. Verschiebbare Arbeiten und 9. Nebenbetriebe und Fremdarbeiten. Mit Ausnahme der Hauptgruppen 0, 2 und 8 sind die übrigen nochmals untergliedert, woraus die spezielle Art der Arbeit bzw. die Fruchtart zu erkennen ist.

Die einzelnen Arbeitsgruppen werden im Tagebuch wochenweise addiert und auf einen Wochenbogen¹⁾ übertragen. Die Spalten ergeben in der Summe den jährlichen Arbeitszeitaufwand der einzelnen Arbeitsgruppen, die Zeilen den wöchentlichen Arbeitszeitaufwand aller Arbeiten des Betriebes. Letztere benötigt man, um einen Arbeitsaufriß nach Wochen zeichnen zu können. In der Regel werden zwei Wochenbögen erstellt, einer für die gesamten Arbeitspersonenstunden, ein zweiter für die gesamten Zugkraftstunden des Betriebes. Weitere Wochenbögen sind erforderlich, wenn zusätzlich Aushilfskräfte, Einzelpersonen oder einzelne Zugkräfte erfaßt werden sollen. Die Zu-

1) Verlag Pflug und Feder, 5302 Beuel-Bonn, Best.-Nr. 680

sammenfassung einzelner Arbeitsgruppen nach Personen und Zugkräften erfolgt auf dem Jahres-Aufwandsbogen¹⁾. Dieses Formular sieht außerdem die Umrechnung der absoluten Aufwandszahlen auf ihre Bezugseinheiten (LN, ha, GVE) vor, sowie die v.H. Anteile einzelner Arbeitsgruppen am Gesamtaufwand des Betriebes. Auf der Rückseite kann der Arbeitsaufriß gezeichnet werden.

Für den Einzelvergleich verwendet man ein Formblatt¹⁾, wie es in Abb. 1 dargestellt ist. Die hier zum Vergleich gewählten Arbeiten in AKh bzw. APH lassen sich aus dem Arbeitsvorschlag und dem Jahres-Aufwandsbogen größtenteils direkt übertragen oder leicht zusammenstellen. Der Arbeitszeitbedarf wird jeweils = 100 gesetzt und in der letzten Spalte die Abweichung des Aufwandes vom Bedarf in v.H. als Ergebnis ausgewiesen. Die Angabe absoluter Zahlen im Bedarf und Aufwand hat den Vorteil, daß dabei die "Gewichtigkeit" der verglichenen Arbeiten sofort zum Ausdruck kommt, wenn man die "Bereiche" Viehpflege, Feldarbeiten und Restarbeiten als erste gegenüberstellt. Hier zeigt sich mit einem Blick, an welchen Stellen des Betriebes die größten Differenzen auftreten. Im weiteren Verlauf des Vergleiches können dann die einzelnen Arbeitsgruppen jener Bereiche nach freier Wahl herausgestellt werden, die zur näheren Erklärung der Differenz besonders notwendig erscheinen. Indem auf einen systematischen Vergleich aller einzeln anfallenden Arbeitsgruppen verzichtet wird, kann von vornherein viel unnötige Rechenarbeit vermieden werden. Wichtig ist jedoch, daß den zu vergleichenden Arbeitsgruppen im Bedarf und Aufwand stets der gleiche Arbeitsumfang zugrunde liegt.

Der Soll-Ist-Vergleich liefert die Grundlage für die daran anschließende qualitative Analyse innerhalb der Arbeitszeitkontrolle im Betrieb. Zunächst sind im Falle größerer Abweichungen die Ursachen festzustellen. Ein zu hoher Arbeitsaufwand kann z.B. verursacht sein durch:

1) Zu beziehen durch: Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, 6550 Bad Kreuznach

Abb. 1 Vergleich Arbeitsbedarf - Arbeitsaufwand
(Arbeitsbedarf = 100)

Betrieb: X	Jahr: 1966		
A r b e i t e n	Arbeits- bedarf AKh	Arbeits- aufwand APH	Arb.Aufw. in % des Arb.Bedarf
Viehpflege	2780	2765	99
Feldarbeiten	5138	6257	122
Restarbeiten = bedingt termingebundene Arbeiten (ohne Betriebsführung)	2660	3344	126
Gesamte Arbeiten ohne Neben- betrieb, Fremdarbeit und Betriebsführung	10578	12366	117
<u>Vergleich einzelner Arbeitsgruppen:</u>			
<u>Termingebundene Arbeiten</u>			
Viehpflege, Mastrinder	380	365	96
Mast- u. Zuchtschweine	2400	2400	-
Feldarbeiten			
Acker-, Bestellungsarbeiten und Mineraldüngerstreuen	1359	1886	135
.....			
Pflegearbeiten			
F-u.Z-Rüben	1485	1664	112
.....			
.....			
Erntearbeiten			
Getreide, Raps u. Grassamen	958	1105	115
F-Rüben	106	135	127
Z-Rüben	706	844	119
.....			
<u>Bedingt termingeb.Arbeiten</u>			
Fuhrarbeiten	853	793	93
Hofarbeiten	1432	2132	149
Reparaturen	375	419	112
<u>Schlepperstunden</u>			
Termingeb. Feldarbeiten	2339	2915	125
Bedingt termingeb.Arbeiten	297	823	277
Schlepperstunden gesamt	2636	3738	142

- a) falsche Arbeitseinteilung,
- b) unzureichende Arbeitstechnik,
- c) mangelhafte Arbeitsübung,
- d) schlechte Betriebs- und Arbeitsorganisation oder
- e) witterungsbedingte Einflüsse.

Wie auch immer die Gründe für eine zu geringe Arbeitsleistung lauten mögen, eindeutig lassen sie sich stets nur durch selbstkritisches Nachdenken des Landwirtes selbst feststellen. Die Aufzeichnungen im Arbeitstagebuch werden ihm dabei als wertvolle Erinnerungstütze dienen können, während die Zwischenergebnisse der Auswertung (Wochenbögen, Arbeitsaufriß) den dafür wichtigen Überblick des Arbeitsablaufes bieten.

3.2 Zeitspannenvergleiche

3.2.1 numerisch

Die Auszeichnung der einzelnen Arbeiten im Arbeitstagebuch erfolgt hier ebenso nach der bereits beschriebenen Gliederung in Arbeitsgruppen. Ein Unterschied besteht lediglich in ihrer Zusammenfassung. Die einzelnen Arbeitsgruppen werden nicht auf Wochenbögen übertragen, sondern ihre Summe wird nach Zeitspannen geordnet direkt in das Hauptformular 1 des Arbeitsvoranschlags eingetragen. Die Arbeitsgruppen der Arbeitstagebuchauswertung sind mit den Arbeitsgängen des Arbeitsvoranschlags identisch. Nur die Reihenfolge ist aus Gründen der Systematik unterschiedlich.

Zunächst werden die im Arbeitsvoranschlag eingetragenen Zeitspannterminale im Arbeitstagebuch an entsprechender Stelle durch einen deutlichen Strich abgegrenzt. Vorbereitend können weiter die entsprechenden Abkürzungen der Arbeitsgruppen in Spalte 1 des Voranschlags vermerkt werden. Beachtet man ferner, daß Bedarfs- und Aufwandszahlen verschiedenfarbig eingetragen werden, so sind später Verwechslungen kaum noch möglich.

Im Hauptformular 1 sind für jede Zeitspanne zwei Spalten vorgesehen. Links steht der gesamte Arbeitszeitbedarf, rechts davon der Anteil der notwendigen ständigen Arbeitskräftestunden. Die rechte Spalte bleibt in der Regel unausgefüllt. In diese freien Felder wird der jeweilige Arbeitszeitaufwand einzelner Arbeitsgruppen und Zeitspannen eingetragen. Die Quersumme ergibt in Spalte 6 den jährlichen Arbeitszeitaufwand einer Arbeitsgruppe, in Spalte 4 ist Platz für den Aufwand je ha. In entsprechender Weise können den Bedarfszahlen der Viehpflegearbeiten die jeweiligen Aufwandszahlen gegenübergestellt werden. Analog dem Vorgehen im Arbeitsvoranschlag sind für den Arbeitszeitaufwand der termingebundenen Feldarbeiten noch die senkrechten Summen der einzelnen Zeitspannen zu errechnen, bevor unten auf der Rückseite des Hauptformular 1 die Zusammenfassung einschließlich der bedingt termingebundenen Arbeiten erfolgen kann.

3.2.2 graphisch

Der graphische Zeitspannenvergleich hat die Aufgabe, ein anschauliches Bild von der Höhe des täglichen Arbeitszeitbedarfes sowie der tatsächlichen Höhe des Arbeitszeitaufwands je Tag und Zeitspanne im Betrieb zu liefern. Beide Kurven können in kurzer Zeit mit wenigen Linien (Bedarf und Aufwand unterschiedliche Strichführung) auf der Rückseite des dafür vorbereiteten Formblattes in Abb. 1 gezeichnet werden. Von unten nach oben sind zuerst die täglichen Viehpflegearbeiten, danach Führen und Betriebsführung und schließlich die Feldarbeiten im Bedarf und Aufwand in den einzelnen Zeitspannen aufzutragen. Die dafür erforderlichen Zahlenwerte können dabei aus der Zusammenfassung im Hauptformular 1 übernommen werden. Dabei ist jedoch, wie eingangs erwähnt, auf die richtige Zusammenfassung der bedingt termingebundenen Arbeiten zu achten. Aus dem Arbeitstagebuch sind die durchschnittlichen täglichen Aufwandsstunden je Zeitspanne für Führen, Reparaturen, Hofarbeiten, Betriebsführung und eventuelle Sonderarbeiten der Viehhaltung ermittelt und an vorgesehener Stelle

in der Zusammenfassung eingetragen worden. Ihre Summe ist für die graphische Darstellung des Aufwandes um den Anteil der Schlechtwetterzeit zu vermindern, da die Höhe der täglich aufgewendeten Feldarbeiten ebenfalls nur auf die verfügbaren Feldarbeitstage bezogen wurde. Die tägliche Stundenzahl, die in der Ist-Spalte von der Summe der bedingt termingebundenen abzuziehen ist, steht in der Soll-Spalte unter Reparaturen und Hofarbeiten als eine Zahl in Klammern. Der auf diese Weise ermittelte Wert für den täglichen Aufwand bedingt termingebundener Arbeiten wird an vorgenannter Stelle in die Zeichnung übertragen. Unterläßt man diese "Korrektur", so sind, ähnlich wie im Arbeitsvoranschlag, unrealistische Arbeitsspitzen in der Zeichnung die Folge.

Insgesamt gesehen bieten die Zeitspannenvergleiche gegenüber den Einzelvergleichen innerhalb der Arbeitszeitkontrolle im Betrieb eine Reihe von Vorteilen bei der bereits besprochenen qualitativen Analyse. Die graphische vergleichende Darstellung vermittelt mit einem Blick zu welcher Zeit, in welcher Höhe und in welchen Bereichen des Betriebes Differenzen im Soll und Ist aufgetreten sind. Ebenso kann damit der unterschiedliche Arbeitsablauf aus mehreren Jahren im gleichen Betrieb oder im Vergleich zu anderen Betrieben schnell erfaßt werden. Die genaueren Ursachen der Abweichungen lassen sich in den meisten Fällen anhand des für den Soll-Ist-Vergleich ausgefüllten Hauptformulares 1 erklären. Wichtig ist dabei vor allem, daß zwei Sachverhalte genau überprüft werden. Dazu gehören die Fragestellungen, ob größere Abweichungen in einzelnen Zeitspannen in der Hauptsache a) verfahrensbedingt oder b) durch Verschiebungen der Zeitspannen verursacht wurden. Dabei bleibt nicht ausgeschlossen, daß beide Sachverhalte eine Rolle gespielt haben. Die mit den Zeitspannenvergleichen verbundene Mehrarbeit gegenüber den Einzelvergleichen ist nicht so erheblich, als daß man auf die größere Aussagekraft ersterer verzichten sollte.

4. Beispiele aus der Praxis

Auf die geringe Zahl der Veröffentlichungen, die den Arbeitszeitbedarf und Arbeitszeitaufwand zum Gegenstand der Untersuchung gewählt haben, ist in der Einleitung bereits hingewiesen worden. Viele Untersuchungen begnügen sich damit, entweder den Arbeitsvoranschlag oder den Arbeitszeitaufwand aus dem Arbeitstagebuch in den Mittelpunkt der Betrachtungen bei der Lösung arbeitswirtschaftlicher Probleme zu stellen. Daß es hierbei keine Alternative gibt, sondern der Plan stets mit dem realen Betriebsablauf überprüft und verglichen werden muß, ist in vorliegendem Beitrag klarzumachen versucht worden. Diese Notwendigkeit läßt sich aber auch aus anderer Sicht noch unterstreichen: Aus der Entwicklung des Arbeitszeitaufwandes einzelner Betriebe der letzten zwei Jahrzehnte. Die Entwicklung kann an einer z.Zt. am hiesigen Institut laufenden Untersuchung verfolgt werden, der etwa 1500 hier ausgewertete Arbeitstagebücher aller Betriebsgrößen aus der Bundesrepublik Deutschland von 1949 - 1966 zugrunde liegen. Aus den vorläufigen Ergebnissen können folgende Feststellungen getroffen werden:

1. Der gesamte Arbeitszeitaufwand je ha LN und Betrieb hat sich von 1949 - 1966 mit gleichlaufender Tendenz in allen Betriebsgrößenklassen um ca. 50 v.H. verringert.
2. Deutlich höher als in den übrigen Betriebsgrößenklassen lag die Kurve der APh/ha LN stets nur in den Betrieben unter 25 ha LN. Die Kurven der übrigen Betriebe folgten alle einer relativ geringen Streubreite von nur 50 - 100 APh/haLN (es wurden nur Betriebe mit Viehhaltung verglichen).
3. Aufschlußreich sind die Anteile der Feldarbeiten, Viehpflegearbeiten und Restarbeiten am jeweiligen gesamten durchschnittlichen Arbeitszeitaufwand der untersuchten Betriebe (Abb. 2). Die dabei wesentliche Feststellung liegt darin, daß in allen Betriebsgrößenklassen in den

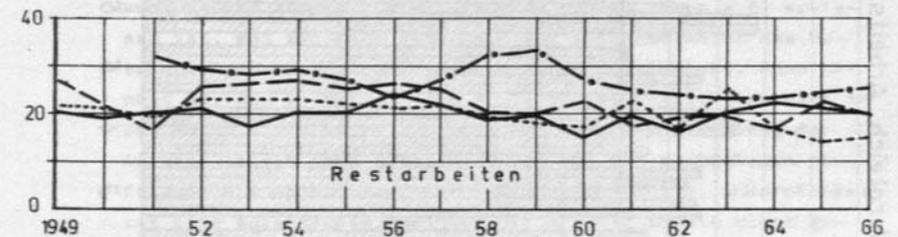
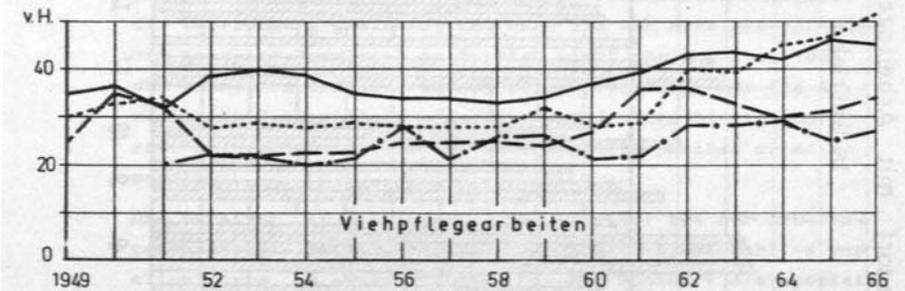
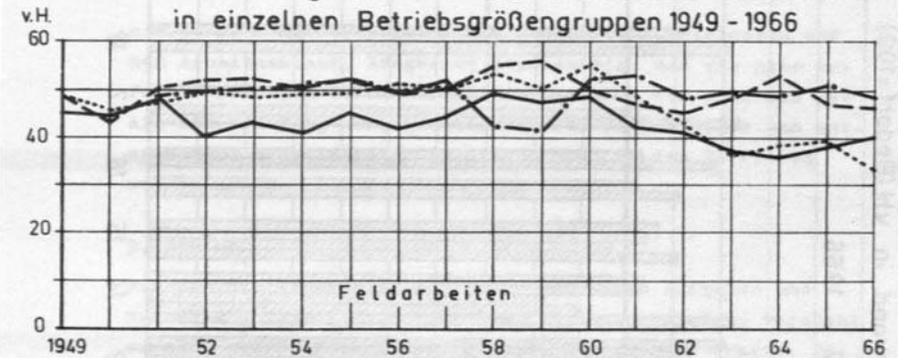
letzten Jahren die gleiche Tendenz vorherrscht: Anteilmäßig am gesamten Arbeitszeitaufwand sinken die Feldarbeiten, die Viehpflegearbeiten steigen und die Restarbeiten bleiben etwa auf gleicher Höhe.

4. Der Anteil der Restarbeiten liegt in allen Größenklassen zwischen 20 und 30 v.H. des gesamten jährlichen Arbeitszeitaufwandes, wobei mit steigender Betriebsgröße auch ein steigender Anteil der Restarbeiten zu erkennen ist.

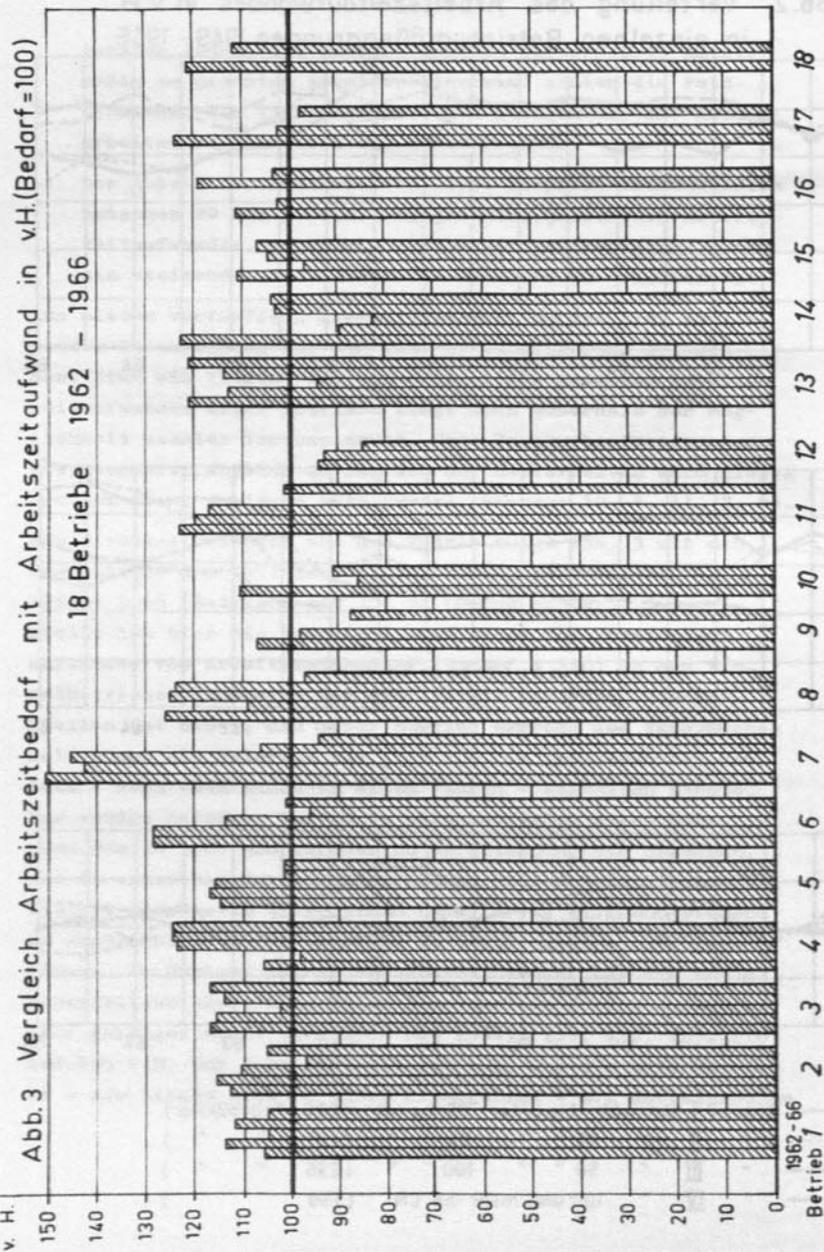
Aus diesen vorläufigen Ergebnissen soll in dem hier vorliegenden Zusammenhang nur die eine Schlußfolgerung gezogen werden: Etwa ein Viertel bis ein Drittel des gesamten Arbeitszeitaufwandes aller Betriebe liegt noch außerhalb der Möglichkeit exakter Vorausplanung. Ohne Tagebuchaufzeichnungen mit genaueren Angaben im Bereich der Restarbeiten wird dieses Problem nicht zu lösen sein (vergl. hierzu: 10, 4, 11, 3, 6).

Ein direktes Beispiel aus der Praxis zeigt Abb. 3 mit den Ergebnissen der Soll-Ist-Vergleiche aus 18 Betrieben von 1962 - 1966 (Betriebe mit 100 ha LN und größer). Dargestellt ist hier die jährliche Abweichung des Arbeitszeitaufwandes vom Arbeitszeitbedarf (Bedarf = 100) in den Einzelbetrieben innerhalb der fünf Vergleichsjahre. Festzustellen ist dabei, daß jeder Betrieb während des Vergleichszeitraumes die Toleranz von ± 15 v.H. im Ist gegenüber dem Soll - wenn auch nicht in allen Jahren - einhalten konnte. Nur wenige Betriebe hatten in einigen Jahren einen Mehraufwand von 20 v.H. und darüber zu verzeichnen. Die Ursachen, die im einzelnen dazu geführt haben, können hier nicht erläutert werden. Im allgemeinen handelte es sich überwiegend um abstellbare Mängel, weniger um witterungsbedingte Einflüsse. Im übrigen konnte beobachtet werden, daß die durchschnittliche Abweichung aller Betriebe vom Soll von Jahr zu Jahr geringer wurde (von 1962 bis 1964): 118, 111, 107, 110 und 105 v.H. Das Jahr 1965 mit 110 v.H. war für alle Betriebe - sie liegen alle in einem Klimagebiet - ein ausgesprochen

Abb.2 Verteilung des Arbeitszeitaufwandes in v.H. in einzelnen Betriebsgrößengruppen 1949 - 1966



—	Gruppe I	Betriebe bis unter 25 ha LN	(696 Tagebücher)
- - - -	" II	" 25 " " 50 " "	(401 " ")
- · - ·	" III	" 50 " " 100 " "	(235 " ")
· · · ·	" IV	" 100 und mehr ha LN	(199 " ")



nasses Jahr mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf den Arbeitsablauf. Insgesamt gesehen wird man die hier erfolgte laufende Verbesserung der Relation von Soll und Ist als einen Erfolg konsequenter Arbeitszeitkontrolle und entsprechend eingeleiteten Folgemaßnahmen in den Betrieben werten dürfen.

5. Schluß

Nachdem die Arbeitszeitkontrolle mit ihren Aufgaben und Methoden vorgestellt worden ist, soll abschließend versucht werden, welche Folgerungen sich daraus für die Praxis, Beratung und Forschung ableiten lassen.

Die Praxis sollte bei Anerkennung der Arbeitszeitkontrolle die Überzeugung gewinnen, daß ohne sie ein erfolgversprechender Soll-Ist-Vergleich im Betrieb nicht möglich ist. Von den einzelnen Aufgaben lassen sich bestenfalls nur die Auswertung und quantitative Analyse von dritter Stelle ausführen. Alle übrigen müssen vom Betriebsleiter selbst erledigt werden.

Die Beratung hat die Aufgabe, den Landwirt bei der Arbeitszeitkontrolle aufklärend zu unterstützen. Dabei geht es vor allem darum, in Zusammenarbeit mit dem Landwirt die speziellen Probleme in der Arbeitswirtschaft des Betriebes zu erkennen, um daraus die richtige Form der Aufzeichnungen, Auswertung und Vergleiche ableiten zu können. Wenn z.B. erwiesen ist, daß zwischen standards und Aufwandszahlen des Betriebes eine hinreichende Übereinstimmung besteht, dann genügt es, die Viehpflege und Feldarbeiten täglich nur noch in Zahlen zu notieren. Allerdings muß dann die Zuteilung der Aufwandszeiten nach Arbeitsgruppen auf dem Wochenbogen erfolgen, wie es bereits vorgeschlagen wurde (4). Andernfalls ist eine Aufschlüsselung nach der Art der Arbeit nicht gegeben. Systematische Rechenarbeit sowie das monotone Addieren langer Zahlenreihen gehört heute längst nicht mehr zur

Kopfarbeit des Landwirts nach harter Arbeit am Feierabend. Rationeller arbeiten hier kleine Rechenmaschinen zu erschwinglichen Preisen. Außerdem sollten sich in Zusammenarbeit mit den örtlichen Landwirtschaftsverbänden und Genossenschaften Möglichkeiten finden und Wege organisieren lassen, die diesen Teil der Rechenarbeit übernehmen bzw. die Benutzung der Rechenmaschinen gestatten.

Der Forschung schließlich fällt die Aufgabe zu, die Kataloge durch standards neu eingeführter Arbeitsverfahren zu ergänzen und eine bessere terminliche Abgrenzung von Vollernteverfahren zu untersuchen. In beiden Richtungen wird z.Zt. gearbeitet, teilweise sind die Untersuchungen bereits abgeschlossen. Eine große Lücke besteht jedoch noch im Bereich der Restarbeiten (bedingt termingebundene Arbeiten). Hier sollte in speziellen Untersuchungen das Ziel verfolgt werden, die Richtzahlen dieser Arbeiten so weit als möglich durch Bedarfzahlen zu ersetzen, die die Qualität von standards erreichen. Dazu wird es notwendig werden, ein Schema zu entwickeln, nach dem diese Arbeiten genauer als bisher im Tagebuch eingetragen werden. Erst dann wird es möglich sein, die Vorschläge einer differenzierteren Auswertung dieser Arbeiten (10) zu berücksichtigen. In diesen Fällen sollte jedoch angestrebt werden, die Tagebuchaufzeichnungen im Bereich der Feld- und Viehpflegearbeiten nach der bereits genannten vereinfachten Form vorzunehmen, damit der Landwirt bei den täglichen Eintragungen nicht überfordert wird.

6. Zusammenfassung

Die Ergebnisse eines Arbeitsvoranschlages und einer Arbeitstagebuchauswertung können im praktischen Betrieb aus vielerlei Gründen voneinander abweichen. Diese Ursachen festzustellen ist Aufgabe der Arbeitszeitkontrolle im Betrieb. Im vorliegenden Beitrag wird gezeigt, wie die Arbeitszeitkontrolle durchzuführen ist, welchen Anforderungen die Vergleichsunterlagen genügen müssen und welche methodischen

Wege bei einem Soll-Ist-Vergleich eingeschlagen werden können. Ziel der Vergleiche ist in jedem Falle die Ermittlung verfahrensspezifischer Daten im Einzelbetrieb bzw. das Aufdecken bestimmter Mängel in der Arbeitswirtschaft eines Betriebes. Auf diese Daten sind alle Planungssysteme angewiesen, insbesondere die Beratung, die bei Vorliegen eines Soll-Ist-Ergebnisses das tatsächliche Spiegelbild der arbeitswirtschaftlichen Verhältnisse bei einer künftigen Gesamtbetriebsplanung im Betrieb berücksichtigen kann.

Praktische Beispiele anhand der Ergebnisse von Soll-Ist-Vergleichen aus mehreren Betrieben und Jahren ergänzen den Beitrag. Aus der Entwicklung des Arbeitszeitaufwandes von 1949 - 1966 ist zu entnehmen, daß 20 - 30 v.H. aller Arbeiten eines Betriebes auf Restarbeiten (bedingt termingebundenen Arbeiten) entfallen. Aus dieser Ist-Situation werden Folgerungen gezogen, die sich im Zusammenhang der Arbeitszeitkontrolle für Praxis, Beratung und Forschung ergeben.

Literaturverzeichnis

- 1) BLECHSTEIN, K. Der Arbeitsvoranschlag im Rahmen von Betriebsplanungs-Systemen. Dokumentation des XIII. CIOSTA-IRL-Kongresses, Brüssel (1966)
- 2) BINKERT, K. Arbeit und Einkommen in landwirtschaftlichen Betrieben der Schwäbischen Alb und deren Vorland. Diss. Tübingen (1964)
- 3) BRUNDKE, M. Die Entwicklung der Arbeitswirtschaft zweier landwirtschaftlicher Betriebe. In: Internationale Arbeitstagung "Landarbeit". Dokumentation Bad Kreuznach (1965)
- 4) BRUNDKE, M. Arbeitstagebuch nicht mehr zeitgemäß ? Die Landarbeit, 18, 41-44 (1967)
- 5) BRUNDKE, M. Arbeit und Erfolg nebenberuflicher Landbewirtschaftung, dargestellt an den Ergebnissen einer 8-jährigen Untersuchung von 20 Nebenerwerbsbetrieben des Landes Rheinland-Pfalz, Dissertation Hohenheim (1967)
- 6) FAESSLER, P. Arbeitsverrichtungen in der Innenwirtschaft, In: Internationale Arbeitstagung "Landarbeit". Dokumentation Bad Kreuznach (1965)
- 7) FULDA, E. Reformen in der Arbeitstagebuchführung? Die Landarbeit, 18, 4-7 (1967)
- 8) GLAUNER, H.J. Analyse der Arbeitswirtschaft bäuerlicher Betriebe im badischen "Bauland" und Möglichkeiten zur Verbesserung ihrer Arbeitstechnik. Diss. Hohenheim (o.J.)
- 9) HESSELBACH, J.L. Probleme und Erfahrungen mit dem Arbeitsvoranschlag in neuen Betriebsplanungsverfahren. Dokumentation des XIII. CIOSTA-IRL-Kongresses, Brüssel (1966)

- 10) HESSELBACH, J.L. Die Arbeitstagebuchauswertung. Die Landarbeit, 17, 18-21 (1966)
- 11) HESSELBACH, J.L. Nochmals Arbeitstagebuchauswertung. Die Landarbeit, 18, 63-64 (1967)
- 12) KREHER, G. Termine, Zeitspannen und Arbeitsvoranschläge in der nordwestdeutschen Landwirtschaft. Berichte über Landtechnik X, Wolf- ratshausen/München (1950)
- 13) KREHER, G. Leistungszahlen für Arbeitsvoranschläge und der Arbeitsvoranschlag im Bauernhof, 2. Aufl. Schriftenreihe Heft 17 des Max-Planck-Institutes für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach (1955)
- 14) KREHER, G. u.a. Kalkulations-Unterlagen für Betriebswirtschaft, Landwirtschaft, Band 1, Arbeitsvoranschlag. Hrsg. v. KTL, Frankfurt/Main (1963) 1.u.2. Fortschr. (1964)
- 15) KREHER, G. Arbeitsaufwandsermittlung und Arbeitsvoranschlag, - die Methoden für die Arbeitskontrolle und Arbeitsplanung. In: Methoden und Verfahren der Landarbeitswissenschaft. Landarbeit und Technik, Heft 21, Bad Kreuznach (1956)
- 16) KREHER, G. Arbeitszeitaufwand und Arbeitszeitbedarf in bäuerlichen Betrieben. Beri. üb. Landw. N.F. 38, 734-763 (1960)
- 17) MEINHOLD, K. Begrenzende Faktoren bei der Ermittlung von Minimalkostenkombinationen für die Arbeitswirtschaft bäuerlicher Betriebe. In: Aus der Landarbeitsforschung 1920 bis 1960. Prof. Dr. Ludwig Wilhelm Ries zum 70. Geburtstag. Schwäb. Gmünd (1960)

- 18) MEINHOLD, K. Zur Anwendung von Modellen für die Ermittlung von Entscheidungshilfen. In: Probleme der Beratung, Arbeiten der Landw. Hochschule Hohenheim, Bd. 26, S. 137-155, Stuttgart (1964)
- 19) PREUSCHEN, G. Objektive Vergleichsmethoden für die Bewertung der Arbeit. Ergonomics 5, 81-85 (1962)
- 20) PREUSCHEN, G. Arbeitsaufgabe und Arbeitserledigung - Gebiete der Arbeitswissenschaft. Arb.-Wiss. 2, 55-62 (1963)
- 21) REISCH, E. Elektronische Datenverarbeitung für die Leitung von landwirtschaftlichen Betrieben. Betriebsw.Nachrichten 27, 441-442 Bonn (1967)
- 22) RIES, L.W. u. G. PREUSCHEN Die Arbeit in der Landwirtschaft, 3. Aufl., Stuttgart (1956)

Untersuchungen zur Abgrenzung der Getreideernteterminen

G. Baumgartner

1. Zeitspanneneinteilung für neue Betriebsplanungsverfahren.

Bei der Benutzung neuer Planungsverfahren, z.B. der Betriebs-simulation oder der linearen Programmierung, sind die Arbeits-zeitspannen ein wesentlicher Bestandteil der Gesamtkalkulation. Die Länge einer Zeitspanne, welche der Planungsrechnung zu-grunde gelegt wird, kann das Kalkulationsergebnis wesentlich beeinflussen und muß daher sorgfältig abgegrenzt werden (1, 6).

Bisher wurden für diese Planungsrechnungen meist die von KREHER ermittelten Arbeitszeitspannen benutzt und gegebenen-falls noch an die lokalen Klimaverhältnisse angepaßt. KREHER hatte diese Zeitspannen für das von ihm entwickelte Arbeits-voranschlagssystem ermittelt. Da der Arbeitsvoranschlag ohne wesentliche technische Hilfsmittel durchgeführt wird, waren zwangsläufig einige Vereinfachungen erforderlich, die nunmehr bei der Anwendung von Computern, nicht mehr notwendig sind.

Mehrere kleine Zeitspannen wurden von KREHER in übergeordnete Blockzeitspannen zusammengefaßt, um der Elastizität der Arbeits-erledigung im praktischen Betriebsablauf Rechnung zu tragen. Bei der Durchführung des Arbeitsvoranschlages kann aber neben der Arbeitskapazität und dem Arbeitsbedarf der Blockzeitspan-nen auch die Arbeitskapazität einzelner kürzerer Zeitspannen mit dem anfallenden Arbeitsbedarf verglichen werden. Über-schreitet der Arbeitsbedarf die Arbeitskapazität, wird abge-schätzt, wieweit dem durch Ausdehnung der kurzen Einzelzeit-spannen begegnet werden kann. Solange der Arbeitsvoranschlag von Hand durchgeführt wird und wegen niedriger Fixkostenbe-lastung nur niedrige Grenzwerte für die Arbeitskraft- oder Maschinenstunde auftreten, genügt hierfür eine einfache Schätzung. Wenn nunmehr auch der Arbeitsvoranschlag mit Hilfe von Computern durchgeführt wird (z.B. Betriebssimu-lation) und die Betriebe zum Teil immer spezialisierter

werden, wird eine solche Schätzung den Ansprüchen kaum mehr genügen können. Es werden Unterlagen benötigt, welche eine objektive Abgrenzung der Einzelzeitspannen erlauben (1). Diese Abgrenzung braucht keineswegs starr zu sein. Auch vor oder nach den vorgesehenen Zeitspannen können die verschiedenen Arbeiten erledigt werden, jedoch ist dies in der Regel nur unter Inkaufnahme von Ertragseinbußen möglich.

Bei der linearen Programmierung wird im Vergleich zum herkömmlichen Arbeitsvoranschlag (und den entsprechenden Simulationsmodellen), wo jeweils von einem bestimmten Produktionsumfang ausgegangen wird, der umgekehrte Weg beschritten. Ohne vorher den Umfang einzelner Produktionsverfahren irgendwie festzulegen, wird die bestmögliche Nutzung der vorhandenen Kapazitäten gesucht. Dieses Vorgehen bringt es mit sich, daß auch die Länge der Einzelzeitspannen in die Matrix eingehen sollte, um die Zahl der tatsächlich verfügbaren Tage als Grundlage der Kalkulation zu verwenden. Die Tatsache, daß diese Einzelzeitspannen in den größeren Blockzeitspannen enthalten sind und sich eventuell überlappen, sollte berücksichtigt werden (1).

2. Beispiel für die Aufgliederung einer Blockzeitspanne.

Über die Auswirkungen verschiedener Bestellungs- und Pflegetermine liegen zahlreiche Untersuchungsergebnisse (BERKNER, HEUSER, KLAPP, ROEMER, REMY, OPITZ) vor, die von KREHER zitiert werden (3, 4). KREHER strebt infolge der seinerzeit noch niedrigeren Mechanisierungsstufe weitgehenden Arbeitsausgleich und daher eine vielseitige Betriebsorganisation an. Die vorgesehene Länge der Einzelzeitspannen stellt einen Kompromiß zwischen dem Wunsch nach Arbeitsausgleich und dem Ziel möglichst hoher Naturalerträge dar. Die Einzelzeitspannen für Saat und Pflegearbeiten faßte KREHER zum Frühjahrsbestellungsblock zusammen. Die Termine für Beginn und Ende der Blockzeitspanne wurden durch Tagebuchaufzeichnungen zahlreicher Gemischtbetriebe untermauert.

Für einseitige Getreidebauwirtschaften ist zu überprüfen, ob die von KREHER genannten optimalen Bestellungsstermine noch ausreichen. Dazu ist der Frühjahrsbestellungsblock in die Einzelzeitspannen aufzugliedern, um hierfür Zeitbedarf und Arbeitskapazität vergleichen zu können. Falls notwendig, kann man eine Ausdehnung der Einzelzeitspannen in der Planungsrechnung vorsehen. Bei Verwendung dieser zusätzlichen, weniger günstigen Zeitspannentage müssen dann die entsprechenden Ertragseinbußen in Kauf genommen werden.

Ebenso wie bei KREHER wird das Gleichgewicht zwischen den Kosten höherer Schlagkraft und den Kosten möglicher Ertragsdepressionen gesucht. Unterschiedliche Mechanisierungsstufen vermögen dieses Gleichgewicht zu verschieben.

Bei der Abgrenzung der Bestellungs- und Pflegetermine von Hackfrüchten kann man in gleicher Weise vorgehen.

3. Abgrenzung der Getreideerntetermine.

Wie der Bestellungs- und Pflegetermin so hat auch der Erntezeitpunkt großen Einfluß auf die Höhe des Ertrages.

Während der Beginn der Getreideernte durch phänologische Beobachtungen festgestellt wurde, konnte KREHER für das Ende der Getreideerntezeitspanne nur arbeitswirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigen. Hierzu wurden Unterlagen aus Arbeitstagebüchern verwendet. Das Ende der Spätgetreide- und Grummet-ernte hängt von Anbauverhältnis und Mechanisierungsstufe des Betriebes ab; es fällt mit dem Beginn der Hackfruchternte zusammen. Je einseitiger die Organisation des Betriebes wird, desto notwendiger erscheint es, obige Abgrenzung, die auf der Arbeitswirtschaft eines Gemischtbetriebes beruht, durch die Berücksichtigung der Ertragseinbußen zu ergänzen, welche mit der Ausdehnung der Erntezeitspanne einhergehen.

Für die Mähdruschernte von Winterroggen, Winterweizen und Sommergerste wurde eine diesbezügliche Untersuchung durchgeführt, welche im folgenden geschildert wird:

Grundlage dieser Arbeit bilden Unterlagen der Statistischen Landesämter von Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein, Aufzeichnungen aus dem Archiv des Deutschen Wetterdienstes sowie Bonitierungergebnisse der Sortenwertprüfung (Bundes-sortenamt).⁺

Der Untersuchung liegen die Jahre 1958 - 1965 zugrunde. Das Material wurde nach Getreidearten und den beiden Bundesländern gegliedert.

Aus den Ergebnissen der besonderen Ernteermittlung wurden diejenigen Fälle ausgewählt, in denen auf der betreffenden Probe-parzelle sowohl Quadratmeter-Stichproben als auch ein Voll-drusch durchgeführt wurden. Neben dem Korrektiv, welches die Höhe des Volldruschsertrages in v.H. des aus der Stichprobe errechneten Flächenertrages angibt, waren folgende Angaben vorhanden: Gemarkung der Probenahme, Tag des Probeschnittes, Tag des Volldrusches und Anteil von Auswuchsgetreide zum Zeit-punkt des Volldrusches.

Diese Angaben wurden durch phänologische und meteorologische Daten ergänzt. Anhand der Meldebogen wurde festgestellt, wann in dem betreffenden Jahr und der betreffenden Gemeinde oder Region bei der untersuchten Getreideart mit der Binderernte angefangen bzw. das Stadium der Gelbreife erreicht wurde. Anschließend wurden die Aufzeichnungen der den Probegemeinden benachbarten Niederschlagsmeßstationen herangezogen und für den Zeitraum zwischen Reifedatum und Volldrusch sowie zwischen Probeschnitt und Volldrusch die Zahl der Tage mit Niederschlä- gen ausgezählt. Diese wurden in solche unter 1 mm, von 1 bis 10 mm und mehr als 10 mm unterteilt. Allerdings ist zu be-rücksichtigen, daß das Netz der Niederschlagsmeßstationen we-sentlich weiter ist als das der Probegemeinden (ca. 100 Sta-tionen je Bundesland). Im Einzelfall mögen die tatsächlichen

⁺) Diesen Stellen ist der Verfasser für die Bereitstellung des umfangreichen Datenmaterials zu Dank verpflichtet.

Niederschlagsverhältnisse auf der Probeparzelle daher etwas anders ausgesehen haben. Bei insgesamt etwa 200 Proben je Ge-treideart und Bundesland, auf denen die Berechnung beruht, dürfte dieser Fehler jedoch nur geringe Auswirkungen haben.

Es wurde angenommen, daß neben den Witterungsverhältnissen zwischen Reife- und Erntetermin auch das Vorhandensein von Lagergetreide Einfluß auf den Umfang von Mengen- und Qualitäts-einbußen hat. Zu diesem Zweck wurden die Bonitierungergeb-nisse der für das Bundessortenamt in Prüfung befindlichen Par-zellen herangezogen. Die Ergebnisse aller Prüfglieder von Rheinland-Pfalz und nächster Umgebung bzw. derjenigen von Schleswig-Holstein wurden für jedes Jahr und jede Getreideart zu einem Durchschnittswert zusammengezogen, welcher im folgen- den als Lagerindex bezeichnet wird. Allerdings sagt dieser In-dex nur wenig über die tatsächlichen Verhältnisse auf der Pro-beparzelle aus.

Vorgenannte Daten wurden nun mittels einer Regressionsanalyse zueinander in Beziehung gebracht. Entweder der Auswuchsanteil oder die Höhe des Erntekorrektivs wurden als abhängige Variable betrachtet, auf die die Zahl der Tage zwischen Reife und Ernte-termin, die Witterungsverhältnisse und der angenommene Umfang von Lagergetreide einwirken.

Die Rechnung erfolgte im Deutschen Rechenzentrum in Darmstadt mit der IBM 7094 unter Verwendung des BMD-Programmes 03R. ⁺)

3.1 Umfang des Auswuchsanteils.

Von mehreren durchgeführten Regressionsanalysen seien hier folgende Gleichungen ausgewählt:

Auswuchsanteil (v.H.) bei Winterroggen in Schleswig-Holstein (204 Messungen)

$$y = - 2,46 + 0,00925 x_1^2 + 0,10117 x_2^2 + 0,19392 x_3^2 + 0,72286 x_4^2 \\ - 0,21856 x_5^2 + 0,00511 x_6^2 + 0,38570 x_7^2$$

⁺) Den Mitarbeitern des Deutschen Rechenzentrums, die anfangs beratend zur Seite standen, sei hierfür ebenfalls gedankt.

Bestimmtheitsmaß $B = 0,4631$; $F = 24,15$
Standardfehler der Schätzung $6,60$ (v.H.)

Auswuchsanteil (v.H.) bei Winterroggen in Rheinland-Pfalz
(221 Messungen)

$$y = -0,30 + 0,00214 x_1^2 - 0,05705 x_2^2 + 0,13633 x_3^2 + 0,23764 x_4^2 \\ + 0,13164 x_5^2 + 0,10589 x_6^2 + 0,56640 x_7^2$$

Bestimmtheitsmaß $B = 0,5300$ $F = 34,31^{+++}$
Standardfehler der Schätzung $8,66$ (v.H.)

Auswuchsanteil (v.H.) bei Winterweizen in Schleswig-Holstein
(190 Messungen)

$$y = 0,72 - 0,00101 x_1^2 + 0,09515 x_2^2 + 0,02572 x_3^2 - 0,02925 x_4^2 \\ - 0,01869 x_5^2 + 0,05285 x_6^2 + 0,02861 x_7^2$$

Bestimmtheitsmaß $B = 0,1263$; $F = 3,76^{+++}$
Standardfehler der Schätzung $4,83$ (v.H.)

Auswuchsanteil (v.H.) bei Winterweizen in Rheinland-Pfalz
(214 Messungen)

$$y = -0,42 + 0,00619 x_1^2 - 0,20456 x_2^2 + 0,05492 x_3^2 + 0,07550 x_4^2 \\ - 0,09840 x_5^2 + 0,00307 x_6^2 - 0,01421 x_7^2$$

Bestimmtheitsmaß $B = 0,0966$; $F = 3,15^{++}$
Standardfehler der Schätzung $6,66$ (v.H.)

Auswuchsanteil (v.H.) bei Sommergerste in Rheinland-Pfalz
(174 Messungen)

$$y = 0,16 + 0,00073 x_1^2 + 0,02071 x_2^2 - 0,03672 x_3^2 - 0,27529 x_4^2 \\ + 0,03077 x_5^2 + 0,01066 x_6^2 + 0,04780 x_7^2$$

Bestimmtheitsmaß $B = 0,1327$; $F = 3,63^{+++}$
Standardfehler der Schätzung $2,30$ (v.H.)

Dabei bedeuten:

y = Auswuchsanteil in v.H.

x_1 = Zahl der Kalendertage zwischen Reife- und Erntetermin

x_2 = Zahl der Tage mit Niederschlägen unter 1 mm während der ersten 10 Tage zwischen Reife- und Erntetermin

x_3 = Zahl der Tage mit Niederschlägen von 1 - 10 mm während der ersten 10 Tage zwischen Reife- und Erntetermin

x_4 = Zahl der Tage mit Niederschlägen über 10 mm während der ersten 10 Tage zwischen Reife- und Erntetermin

x_5 = Zahl der Tage mit Niederschlägen unter 1 mm zwischen dem 10. Tag nach Eintritt der Reife und dem Erntetermin

x_6 = Zahl der Tage mit Niederschlägen von 1 - 10 mm zwischen dem 10. Tag nach Eintritt der Reife und dem Erntetermin

x_7 = Zahl der Tage mit Niederschlägen über 10 mm zwischen dem 10. Tag nach Eintritt der Reife und dem Erntetermin

Die gesonderte Betrachtung der Niederschläge, die während der ersten 10 Tage nach Eintritt der Reife fallen, berücksichtigt die Tatsache, daß erst einige Zeit nach dem Reifetermin die Phase der Keimruhe überschritten wird.

Bei der Beurteilung der Regressionskoeffizienten ist darauf zu achten, daß diese wegen der bestehenden Interkorrelation der einzelnen unabhängigen Variablen nicht die exakten quantitativen Beziehungen zwischen dem Auswuchsanteil und der zum betreffenden Regressionskoeffizienten gehörenden Variablen wiedergeben können. Die Fragestellung, welche mit der Regressionsanalyse beantwortet werden soll, erstreckt sich nicht auf die Auswirkungen einzelner Faktoren. Sie hat lediglich das Ziel, den erwarteten Umfang der abhängigen Variablen (Auswuchsanteil) zu ermitteln.

Die ermittelten Bestimmtheitsmaße sind teilweise ziemlich niedrig. Dies deutet auf eine starke Streuung der Einzelwerte um die errechnete Regressionsgerade hin. Zahlreiche Faktoren, welche nicht in die Regressionsgleichung aufgenommen wurden, haben Einfluß auf die Höhe des Auswuchsanteils. Mit Hilfe der Landesdurchschnitte der Bonitierung für Lagergetreide war es

nicht möglich, die Bestimmtheitsmaße zu verbessern. Eine Beschreibung der tatsächlichen Verhältnisse auf der Probe-parzelle liegt leider nicht vor.

Neben dem tatsächlichen Umfang von Lagergetreide dürfte aber auch der Verlauf der Lufttemperatur großen Einfluß haben. Da der Einfluß der Temperatur nicht getrennt gemessen werden kann, sondern nur im Zusammenhang mit Luftfeuchtigkeit und Niederschlägen zu betrachten ist, wurde auf die Einführung unabhängiger, den Temperaturverlauf darstellender Variablen verzichtet. Zur Beschreibung der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse hätte ein Glied der Form $x_n \cdot x_m$ eingeführt werden müssen. Aus rechentechnischen Gründen wurde darauf verzichtet.

Neben Lageranteil und Temperaturverlauf dürften noch zahlreiche andere Faktoren, die das Kleinklima des Getreidebestandes beeinflussen, auf den Auswuchsanteil einwirken. Eine Berücksichtigung dieser Faktoren war nicht möglich. Die aus der Streuungserlegung abgeleitete Prüfung ergibt, daß fast alle Bestimmtheitsmaße unter Voraussetzung der Normalverteilung mit 99,9 % Sicherheitswahrscheinlichkeit wesentlich von 0 verschieden sind. Das Bestimmtheitsmaß der Gleichung "Winterweizen in Rheinland-Pfalz" ist unter Voraussetzung der Normalverteilung lediglich mit 99 % Sicherheit von 0 verschieden.

Allerdings entsprechen die gemessenen Werte in ihrer Häufigkeit nicht der Normalverteilung. Der häufigste Wert (Auswuchsanteil = 0 v.H.) weicht vom Mittelwert teilweise beträchtlich ab. Diese Tatsache kann als zusätzliche Erklärung für die niedrigen Bestimmtheitsmaße angesehen werden. Den zahlreichen Beobachtungen mit keinem oder geringem Auswuchsanteil stehen insbesondere bei Winterweizen und Sommergerste relativ wenige Messungen mit sehr hohem Auswuchsanteil gegenüber. Dies hat zur Folge, daß die errechneten Beziehungen nicht sehr straff sind, das Bestimmtheitsmaß also niedrig sein muß.

Für die während der 8 Beobachtungsjahre ermittelten durchschnittlichen Witterungsverhältnisse wurden die Regressionsgleichungen graphisch dargestellt (Abbildung 1 - 5). Den auf der Abszisse aufgetragenen Kalendertagen wurde jeweils die während der Messungen beobachtete durchschnittliche Witterung (Faktoren $x_2 - x_7$) zugeordnet.

Die entsprechenden Kurven zeigen gute Übereinstimmung. Die Funktion für Winterroggen in Rheinland-Pfalz zeigt für die ersten 10 Tage negative Werte auf. Da der Standardfehler der Schätzung ohnehin 8,7 (v.H.) beträgt, ist dies ohne besondere Bedeutung. Bei allen Gleichungen übersteigt der errechnete Auswuchsanteil etwa am 10. Kalendertag nach Eintreten des Reifetermins den Wert 0. Die für den 40. Tag errechneten Auswuchswerte sind etwas unsicher, da für diesen Zeitpunkt nur wenige Messungen vorliegen und eine Extrapolation unzulässig wäre. In der Tendenz zeigt sich, daß der Auswuchsanteil in Rheinland-Pfalz etwas höher wird. Dies, obwohl weniger Niederschläge fallen. Als Erklärung können die höheren Lufttemperaturen herangezogen werden, welche den Keimvorgang beschleunigen.

Für den Auswuchsanteil bei Winterweizen ergeben sich keine Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Bundesländern. Die Auswuchsmenge nimmt bei Winterweizen wesentlich langsamer zu als bei Winterroggen.

Zur Berechnung des Auswuchsanteils von Sommergerste standen nur Unterlagen aus Rheinland-Pfalz zur Verfügung. Die Regressionskurve entspricht etwa der von Winterweizen. Da der Erntezeitpunkt meist dicht auf den Reifetermin folgte, müssen die für 30 und mehr Kalendertage errechneten Werte mit Zurückhaltung betrachtet werden.

Wie die dargestellten Graphiken zeigen, steht im Durchschnitt der Jahre eine relativ kurze Zeitspanne zur Verfügung, während der mit niedrigem Auswuchsanteil zu rechnen ist. Beim Einsatz des Mähdeschers können zudem die Tage zwischen den

in der Rechnung eingesetzten Reifeterminen (0-Punkt der Abszisse) und dem Stadium der Totreife nicht für die Ernte benutzt werden. Zwischen dem beobachteten Termin für den Beginn der Binderernte bzw. das Eintreten der Gelbreife wurde bei der Zusammenstellung der Daten nicht unterschieden. Da zwischen Eintreten der Gelbreife und Beginn der Binderernte in der Regel einige Tage verstreichen, kann man unterstellen, daß durchschnittlich auf den Tag 0 der Regressionsgleichung noch 5 bis 10 Kalendertage folgen, bis mit dem Mähdrusch begonnen werden kann.

3.2 Ausmaß der Körnerverluste.

Bei Winterroggen konnte eine gesicherte Beziehung zwischen dem Umfang der Ernteverluste und dem Erntezeitpunkt, der Witterung und dem Lagerindex gefunden werden. Folgende Gleichungen wurden ermittelt:

Erntekorrekтив (v.H.) bei Winterroggen in Schleswig-Holstein (Durchschnittswert aus 204 Messungen 86,5 v.H.)

$$y = 107,75 + 0,20621 x_1 - 0,24255 x_2 - 0,54324 x_3 - 0,33149 x_4 - 1,63750 x_5 + 0,03289 x_6 - 4,48181 x_7$$

Bestimmtheitsmaß B = 0,1347; F = 4,36⁺⁺⁺
Standardfehler der Schätzung = 13,43 (v.H.)

Erntekorrekтив (v.H.) bei Winterroggen in Rheinland-Pfalz (Durchschnittswert aus 221 Messungen 89,7 v.H.)

$$y = 94,12 - 0,27312 x_1 + 0,01932 x_2 - 0,01345 x_3 - 0,21707 x_4 - 1,03799 x_5 - 1,06186 x_6 + 0,60029 x_7$$

Bestimmtheitsmaß B = 0,1340; F = 4,71⁺⁺⁺
Standardfehler der Schätzung = 13,88 (v.H.)

Dabei bedeuten:

- y = Umfang der Volldrusernte in v.H. des aus der Stichprobe hochgerechneten Ertrages (Erntekorrekтив)
- x₁ = Zahl der Kalendertage zwischen Reife- und Erntetermin
- x₂ = Zahl der Kalendertage zwischen Probenahme und Erntetermin
- x₃ = Zahl der Tage mit Niederschlägen unter 1 mm zwischen Reife- und Erntetermin
- x₄ = Zahl der Tage mit Niederschlägen von 1 - 10 mm zwischen Reife- und Erntetermin
- x₅ = Zahl der Tage mit Niederschlägen über 10 mm zwischen Reife- und Erntetermin
- x₆ = Zahl der Tage mit Niederschlägen über 10 mm zwischen Probenahme und Erntetermin
- x₇ = Lagerindex

Der durchschnittliche Lagerindex beträgt für Schleswig-Holstein 3,6 Punkte, für Rheinland-Pfalz 4,9 Punkte, wobei der Wert 1 kein Lagergetreide und der Wert 9 sehr starkes Lagergetreide bedeutet.

Interessant ist ein Ausschnitt aus der Matrix der Korrelationskoeffizienten:

Variable	Schleswig-Holstein	Rheinland-Pfalz
x ₁	- 0,29	- 0,34
x ₂	- 0,25	- 0,26
x ₃	- 0,21	- 0,17
x ₄	- 0,30	- 0,31
x ₅	- 0,30	- 0,29
x ₆	- 0,26	- 0,26
x ₇	- 0,19	- 0,02
y	1,00	1,00

Es zeigt sich, daß alle unabhängigen Variablen negativ mit der Zielgröße Erntekorrekтив korreliert sind. Die Übereinstimmung zwischen den Messungen aus beiden Bundesländern ist

sehr gut. Lediglich bei x_7 (Lagerindex) weichen die Korrelationskoeffizienten stark voneinander ab. Da mangels einer ausreichenden Zahl von Beobachtungen in Rheinland-Pfalz diese Variable vorwiegend auf Bonitierungsergebnissen benachbarter Regionen beruht, ist der im Gegensatz zu Schleswig-Holstein sehr niedrige Korrelationskoeffizient leicht zu erklären. Weil keine Beschreibung über den tatsächlichen Umfang von Lagergetreide auf den untersuchten Parzellen vorhanden ist, kann auch der relativ gute Lagerindex für Schleswig-Holstein nur eine ungefähre Darstellung der tatsächlichen Verhältnisse geben. Mit dieser Tatsache lassen sich zum Teil die niedrigen Bestimmtheitsmaße erklären.

Hinzu kommt, daß die 5 m^2 umfassende Stichprobe für den Ertrag einer Parzelle nicht repräsentativ ist. (Sie dient zur Errechnung des Hektar-Ertrages im betreffenden Bundesland.) Vergleicht man den aus der Stichprobe errechneten Flächenertrag mit dem Volldruschergebnis der Parzelle, kann die gefundene Verhältniszahl (Erntekorrekktiv) große Abweichungen nach oben und unten aufweisen. Auch unterschiedliche Fahrweise, Maschineneinstellung usw. wirken sich auf das Erntekorrekktiv aus, können in der Regressionsanalyse jedoch nicht berücksichtigt werden.

Entsprechend den oben angeführten Gleichungen ergibt sich in der Tendenz trotzdem ein mit zunehmender Entfernung vom Reifezeitpunkt abnehmender Kornertrag. Bei durchschnittlicher Witterung und durchschnittlichem Lageranteil beträgt die Abnahme sowohl in Schleswig-Holstein als auch in Rheinland-Pfalz pro Tag etwa 0,4 v.H. des Ertrages.

Die lineare Gleichung bringt bessere Bestimmtheitsmaße und höhere Korrelationskoeffizienten als der Versuch mit einer quadratischen Funktion. Die verschiedenen unabhängigen Variablen (Witterungsfaktoren) haben demnach stets konstante Auswirkungen auf den Umfang der Ernteverluste.

Die gefundenen Werte zeigen gute Übereinstimmung mit nord-amerikanischen Untersuchungen. JOHNSON (2) beziffert für Winterweizen (Weichweizen) den Umfang der bei Ernteverzögerung zu erwartenden durchschnittlichen Feldverluste auf 12 lbs. je acre und Tag. Sein Beobachtungszeitraum beträgt etwa 20 Tage. Ausgangszeitpunkt ist das Erreichen von höchstens 30 v.H. Kornfeuchte innerhalb des Reifeverlaufs. Bei einem angegebenen Ertrag von 2 650 lbs. je acre geht der Flächenertrag je Tag um etwa 0,45 v.H. zurück. Als Ursachen für diese Ertragseinbußen nennt JOHNSON Trockensubstanzverluste, höheren Anteil von Bruchkorn und Mähwerksverlusten sowie Schäden durch Wild- und Vogelfraß.

4. Schlußfolgerungen.

Die beschriebenen Gleichungen zeigen, mit welchen Ertragseinbußen bei zunehmender Ausdehnung der einzelnen Getreideerntezeitspannen zu rechnen ist. Die Tatsache, daß sich die Landwirte gerade für die Getreideernte mit sehr hoher Schlagkraft ausgerüstet haben, kann hierdurch teilweise erklärt werden. Auch im spezialisierten Getreidebaubetrieb ist es nicht möglich, die Erntezeitspanne wesentlich weiter auszuweiten als in Gemischtbetrieben.

Die dargestellten Graphiken beschreiben das durchschnittliche Risiko, welches jedoch in Jahren mit ungünstiger Witterung wesentlich überschritten werden kann.

Da die Landwirte im allgemeinen an möglichst gleichmäßigem Einkommen interessiert sind, haben sie aus Gründen der Risikominderung ebenfalls die Schlagkraft erhöht, auch wenn dies mit vergleichsweise hohen Maschinenkosten erkauft werden mußte.

Wieweit es sinnvoll ist, die Maschinenkapazität zum Zwecke der Risikominderung auszudehnen, bedarf weiterer Untersuchungen. Die ermittelten Gleichungen erlauben es, in Planungs-

rechnungen die Zeitspannungsgrenzen der Getreideernte variabel zu gestalten und das Risiko ihrer Überschreitung einzuplanen.

Zusammenfassung.

Bei der Anwendung neuer Betriebsplanungsverfahren ist es in zunehmendem Umfange notwendig, die KREHER'schen Blockzeitspannen in kleinere Einzelzeitspannen aufzugliedern. Bei einseitig organisierten Betrieben können sonst Fehlergebnisse zustande kommen, die auf falscher Einschätzung der Anzahl verfügbarer Arbeitstage beruhen.

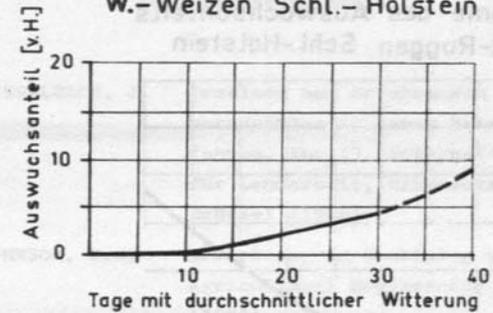
Diese Einzelzeitspannen sind jedoch nicht starr abzugrenzen, sondern es sollten die mit ihrer Ausdehnung einhergehenden Ertragseinbußen in die Kalkulation eingesetzt werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß dies nach vorliegenden älteren Versuchsergebnissen für die Getreide- und Hackfruchtbestellung bereits möglich ist.

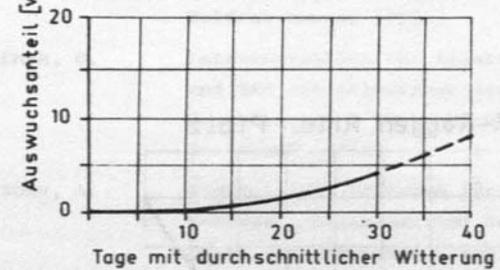
Nunmehr wurde auch der Einfluß unterschiedlicher Erntetermine auf Qualitäts- und Mengeneinbußen bei einzelnen Getreidearten untersucht. Mit Hilfe von Regressionsanalysen wurde Material aus der besonderen Erntermittlung von Schleswig-Holstein und Rheinland-Pfalz ausgewertet. Für Winterroggen, Winterweizen und Sommergerste konnte der bei späterem Erntetermin zu erwartende Umfang des Auswuchsanteils, für Winterroggen auch die voraussichtliche Schmälerung der Erntemenge in Form von Gleichungen dargestellt werden.

Es zeigt sich, daß die Ausdehnung der Erntezeitspannen ein beträchtliches Verlustrisiko mit sich bringt.

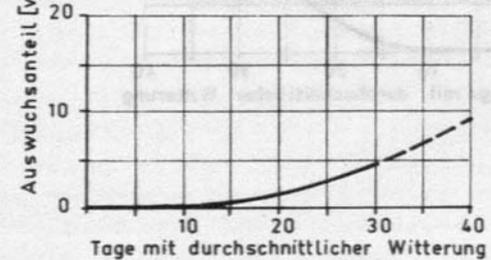
**Zunahme des Auswuchsanteils
W.-Weizen Schl.-Holstein**



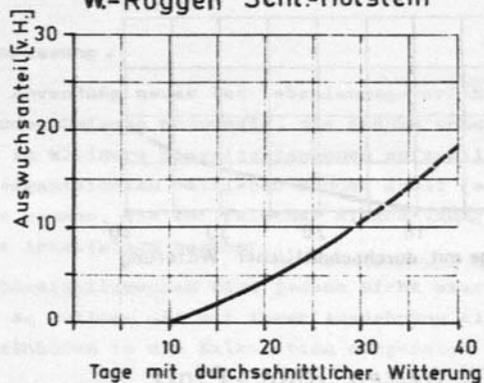
W.-Weizen Rhld.-Pfalz



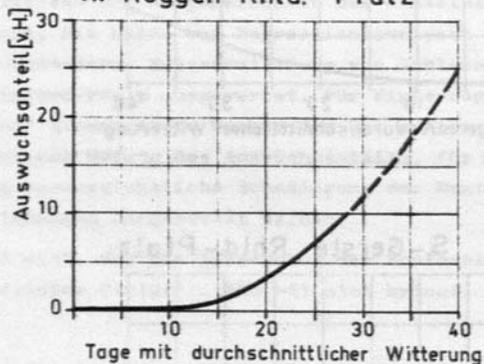
S.-Gerste Rhld.-Pfalz



Zunahme des Auswuchsanteils W.-Roggen Schl.-Holstein



W.-Roggen Rhld.- Pfalz



Literaturverzeichnis

1. HESSELBACH, J. Probleme und Erfahrungen mit dem Arbeitsvoranschlag in neuen Betriebsplanungsverfahren. In: 13. Internationaler Kongreß für Landarbeit, Dokumentation, S. 27 - 44, Brüssel (1966)
2. JOHNSON, W.H. Efficiency in Combining Wheat. *Agricultural Engineering* 40, 1, 16 - 29 (1959)
3. KREHER, G. Termine, Zeitspannen und Arbeitsvoranschläge in der nordwestdeutschen Landwirtschaft. *Berichte über Landtechnik*, Heft 10, Wolfratshausen (1950)
4. KREHER, G. Leistungszahlen für Arbeitsvoranschläge und der Arbeitsvoranschlag im Bauernhof. 2. Aufl., Heft 17 *Landarbeit und Technik*. Stuttgart (1955)
5. LINDER, A. Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. 4. Aufl., Basel und Stuttgart (1964)
6. ZAPP, R. Zur Anwendung der linearen Optimierung in der landwirtschaftlichen Betriebsplanung. *Berichte über Landwirtschaft N.F.*, 179. Sonderheft, Hamburg und Berlin (1965)

Anthropotechnische Untersuchungsmethoden bei der Arbeit

H. Dupuis

1. Begriffe und Abgrenzung.

In der Anthropotechnik werden die Forschungen zusammengefaßt, die die Beziehungen zwischen Mensch und technischer Arbeitsumwelt, insbesondere zwischen Mensch und Gerät und Maschine am Arbeitsplatz studieren. Am bekanntesten von solchen Untersuchungen sind diejenigen, die sich mit den physiologischen Veränderungen unter extremen Umweltbedingungen, also z.B. beim Aufenthalt in Raumfahrzeugen, beschäftigen. So interessant und wichtig Grundlagenforschungen dieser Art auch sein mögen, sie werden auf längere Zeit nur einen kleinen Personenkreis betreffen. Für Millionen von Menschen der Industrieländer hat sich dagegen die tägliche Umwelt durch die Technik wesentlich verändert und wird sich noch weiter verändern.

So unterliegen auch die Beziehungen zwischen Mensch und Maschine am Arbeitsplatz einem raschen Wechsel. Die Konstruktion der Arbeitsmaschinen und Geräte ist bisher in erster Linie auf die Arbeitsaufgabe hin ausgerichtet, während die Fragen, in welcher Weise der Mensch die ihm an der Maschine verbleibenden Aufgaben lösen kann, nicht oder nur wenig berücksichtigt werden. Es wird einfach darauf vertraut, daß die physiologische Anpassungsfähigkeit der kybernetischen Regelsysteme und der Motorik immer eine Bedienung der Maschine ermöglicht. Das trifft jedoch oft nicht zu, so daß Überbeanspruchungen, Fehlhandlungen und Gesundheitsschädigungen eintreten können.

Die Anthropotechnik untersucht das zweckmäßige Zusammenwirken zwischen dem arbeitenden Menschen und der Maschine. Stehen dabei Bewegungsabläufe des menschlichen Körpers im Vordergrund, wird dieses Teilgebiet als **B i o m e c h a n i k** bezeichnet. Es gehören aber auch alle technischen Einflüsse, z.B. Lärm, mechanische Schwingungen, Hitze und Staub hinzu,

wie sie von Maschinen und Fahrzeugen ausgehen können. Im englischen Sprachbereich wird das gesamte Gebiet der Anthropotechnik mit "**H u m a n E n g i n e e r i n g**" bezeichnet (3, 22). Dieses Forschungsgebiet befindet sich erst seit etwa 15 Jahren in einer stärkeren Entwicklung. Nur die Anthropotechnik für den Bereich der Raum- und Luftfahrt arbeitet bisher in einer gewissen Koordination. Im übrigen sind die Untersuchungsmethoden und Ergebnisse nur einem begrenzten Kreis von Forschern bekannt. An den Hochschulen und Universitäten gibt es nur wenige Lehrstühle und Vorlesungen, in denen dieses junge Fachgebiet vertreten wird. Es ist daher notwendig, die wichtigsten Untersuchungsmethoden für anthropotechnische Probleme bei der Arbeit in einer systematischen Übersicht zusammenzustellen.

2. Intensität menschlicher Beanspruchung.

Da die Anthropotechnik im Grenzgebiet verschiedener Wissenschaften liegt, wird es immer Übergänge zu diesen geben. So wird man hier auch Untersuchungsmethoden benutzen müssen, die die Physiologie und gelegentlich auch die Psychologie verwenden. Bei einer systematischen Darstellung wird man am besten danach vorgehen, in welcher Weise sich das Zusammenwirken von Mensch und Maschine auf die Beanspruchung des Menschen auswirkt. Grundsätzlich sind die anthropotechnischen Verhältnisse dann am günstigsten zu beurteilen, je weniger eine Unter- oder eine Überbeanspruchung vorliegt.

In diesem Zusammenhang läßt sich jede physische oder psychische Aktivität nach der Intensität der menschlichen Beanspruchung skalieren (Abbildung 1). Wenn wir von einer "**N o r m a l b e a n s p r u c h u n g**" 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) **Ü b e r b e a n s p r u c h u n g** 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 **U n t e r b e a n s p r u c h u n g**. Sowohl die Über- als auch die Unterbeanspruchung können zu gesundheitlichen Schädigungen führen.

3. 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, Gefahrenerebnis 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.

4. Untersuchungsmethoden für die verschiedenen Beanspruchungsarten.

4.1 Drei-Stufen-Verfahren

Grundsätzlich kann man bei Untersuchungen anthropotechnischer Fragen der Arbeitsgestaltung in vielen Fällen etwa in folgenden drei Schritten vorgehen:

- I. Zunächst gilt es, in Art einer **B e s t a n d s a u f n a h m e** durch möglichst breit angelegte Versuchsreihen festzustellen, wie groß die von außen auf den Menschen einwirkende Belastung (z.B. in kp, mkp oder dBA) und am Menschen selbst meßbare Beanspruchung (z.B. in kcal/min, Pulse/min) ist.
- II. In der zweiten Stufe der Untersuchung ist festzustellen, welcher **G r a d d e r B e a n s p r u c h u n g** im Sinne der Intensitätsskala vorliegt. Das kann, wenn möglich, unter Benutzung vorhandener Richtwerte geschehen, wobei evtl. Besonderheiten des Arbeitsplatzes (zusätzliche Belastungen aus der Arbeitsumgebung, Pausengestaltung usw.) nicht vernachlässigt werden dürfen. Weil sehr oft aber solche arbeitsphysiologischen Richtwerte nicht vorhanden sind, ist ggf. zu versuchen, diese durch experimentelle Studien selbst zu ermitteln.
- III. Als letzter Schritt gilt die 3. Stufe, bei der man eine Verbesserung der **A r b e i t s g e s t a l t u n g** (Arbeitsplatz oder Arbeitsgerät) im Hinblick auf eine Verminderung der menschlichen Beanspruchung anstreben wird und damit einen besseren Wirkungsgrad der Arbeit erreicht und nachweist.

Diese Drei-Stufen-Methode kann natürlich kein starres Schema für jedes Untersuchungsverfahren sein, weil bei jeder Aufgabenstellung neue Probleme auftauchen können, die auch methodisch unterschiedlich gelöst werden müssen. Es kommt jedoch immer darauf an, daß jede anthropotechnische Untersuchung des Zusammenwirkens von Mensch und Arbeit zunächst einer Untersuchung des

Ist-Zustandes, dann der Beanspruchungsschwerpunkte und schließlich der Verbesserungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Arbeitsgestaltung bedarf. +)

Obgleich i.a. keine der oben genannten Beanspruchungsformen streng getrennt für sich allein vorkommt, sondern es sich meist um kombinierte Arten von Belastungen handelt, sollen die Untersuchungsmethoden und Meßverfahren im folgenden nach dem Schwerpunkt der Beanspruchungsart besprochen werden.

4.2 Dynamische Muskelarbeit.

Dynamische Arbeit bedeutet Arbeit der Bewegung (es wechseln Muskelkontraktion und -erschaffung) und ist gegenüber statischer Arbeit die günstigere Form. Der menschliche Wirkungsgrad reicht von beispielsweise 3 % beim Schaufeln in gebückter Haltung bis zu 30 % beim Bergaufgehen ohne Last bei 5 Grad Steigung für den gesamten Körper, kann aber bei einzelnen Muskeln noch höhere Werte erreichen. Man erfaßt diese Form körperlicher Beanspruchung verhältnismäßig genau über den Kalorienverbrauch des Menschen im Respirationsversuch.

Auch die Pulsfrequenz zeigt die physische Beanspruchung an. Die hierfür zur Verfügung stehenden Meßmethoden sind im allgemeinen einfacher anwendbar und für die Versuchspersonen weniger lästig.

Die bekannten oberen und unteren physiologischen Grenzwerte für Sauerstoff- und Energieverbrauch, Atmung und Pulsfrequenz können zur Beurteilung entsprechender Messungen dienen.

Ist man nur an der dynamischen Arbeit bestimmter Körperteile, z.B. der Beine interessiert, so wird man die abgegebene Kraft (kp) oder Arbeit (m kp) äußerlich messen. Je größer die Maxi-

+) Dieses Verfahren kann in analoger Weise mit dem arbeitswissenschaftlichen Prinzip der 3-Frage-Methode bei Zeitstudien verglichen werden: 1. Warum überhaupt? (Kritik des Ist-Zustandes), 2. Wie anders? (Technologie), 3. Wie am zweckmäßigsten? (Optimale Arbeitsgestaltung) siehe Beitrag Hammer.

mal kraft ist, die aufgebracht werden kann, umso günstiger ist die betreffende Krafrichtung (Abbildung 2). Neben der Krafrichtung hat die Gelenkstellung entscheidende Bedeutung für die Größe der Kraftausübung, wie wir am Beispiel der Armkraft zeigen konnten. Auch kommt es darauf an, möglichst große Muskelgruppen einzusetzen, um bei gleicher Leistung mit weniger Energieaufwand auszukommen. Schließlich ist die Häufigkeit der Kraftausübung in der Zeiteinheit (Griffhäufigkeit) zu berücksichtigen.

Die bei jeder Muskelarbeit auftretenden besonderen physiologischen Veränderungen (Muskeltemperatur, Schweißproduktion, Anhäufung und Abbau von Stoffwechselprodukten) sind in der Praxis meßtechnisch nur schwierig zu erfassen, Durch Messung der Muskelaktionsströme läßt sich jedoch erkennen, welche Muskeln bei einer Tätigkeit beteiligt sind und evtl. auch die relative Stärke der Aktivität der Muskelgruppen vergleichen.

4.3 Statische Muskelarbeit.

Bei statischer Muskelarbeit (keine Muskelverkürzung) kommt es im Gegensatz zur dynamischen Arbeit nicht mehr zu einem Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung, sondern die Blutgefäße bleiben infolge des kontinuierlichen Muskelinnendruckes zusammengedrückt, so daß die Blutversorgung des Muskels behindert oder sogar unmöglich wird. Die Pulsfrequenz steigt stärker, als es dem Kalorienverbrauch entspricht.

Die Haltekraft ist geringer als die Kraft dynamischer Arbeit und vermindert sich mit zunehmender Haltedauer (Abbildung 3). Nur Haltearbeiten mit Kräften unter 15 % der Maximalkraft können praktisch ermüdungsfrei geleistet werden (18). Die statische Haltearbeit kann die ganze Körperstellung oder nur bestimmte Gliedmaßen betreffen.

Zwei Beispiele mögen die statische Arbeit der Körperstellung bei fahrbaren Arbeitsmaschinen aufzeigen. Der Fahrer eines Kettenschleppers mit Planierschild muß wegen der erforder-

lichen Sicht meist stark seitig geneigt sitzen. Falls eine Möglichkeit der Abstützung besteht, kann die statische Arbeit vermindert werden. Die Zwangsskoliose der Wirbelsäule wird jedoch bei längerer Einwirkung nachteilig sein. Bei dem Konstruktionsbeispiel des Arbeitsplatzes eines Graderfahrers lassen sich zwei Vorteile miteinander verbinden (Abbildung 4). Wegen der gelegentlich erforderlichen exakten Sichtmöglichkeit muß der Fahrer zeitweise stehen. Wird ihm das in dieser zweckmäßigen Weise im Wechsel mit einer ebenfalls physiologisch richtigen Sitzhaltung ermöglicht, dann kann eine wesentliche Verminderung der Beanspruchung erreicht werden. Denn jede Haltungsänderung bei der Arbeit beugt einer statischen Überlastung und vorzeitigen Ermüdung vor.

4.4 Psychische Beanspruchung.

Diese Form der Beanspruchung wird durch psychische Aktivität verschiedener Art hervorgerufen. Es wurde schon erwähnt, daß es sich dabei vorwiegend um nicht-muskuläre Tätigkeiten handelt. "Vorwiegend" schließt aber nicht aus, daß gewisse wechselnde Muskelspannungen durch die psychische Aktivität verursacht werden können. Durch Messung der Muskelaktionsströme und der Muskeldurchblutung (10) läßt sich nachweisen, daß jedes intensive Nachdenken und jede bewußte geistige Beschäftigung mit irgendeinem Gegenstand zu einer vergrößerten Muskeltätigkeit führt. Es kann auch als sicher gelten, daß der Stoffwechsel des Gehirns bei geistiger Arbeit regional bis zum Mehrfachen steigen kann, bezogen auf den Gesamt-Stoffwechsel des Körpers ist er aber so gering, daß seine Messung innerhalb der Fehlergrenzen unserer Meßmethoden für den Gesamtumsatz liegt. Wenn also eine meßbare Steigerung des Stoffwechsels bei psychischer Beanspruchung gelegentlich nachgewiesen werden kann, handelt es sich offenbar nicht um eine Umsatzsteigerung im Gehirn, sondern um reaktive unbewußte Muskelanspannungen, die als statische Muskelarbeit aufgefaßt werden müssen und als solche auch zu vorzeitiger Ermüdung führen können. Dabei ist die

muskuläre Anspannung um so größer, je mehr es sich um psychische Aktivität im Sinne des emotionalen Erlebens handelt.

Auch die Pulsfrequenz ist - neben dem arteriellen Blutdruck, der sich im praktischen Versuch auf unblutigem Wege bisher nicht kontinuierlich messen läßt - ein sehr sensibler Indikator für geistige Aktivitäten. Sie spricht, ebenfalls wie die Muskelspannung, auf emotionale Erlebnisse stärker an (17), als auf einfache Denkprozesse. So fand BARTENWERFER (1) mit steigender Schwierigkeit einer Zählstätigkeit in 3 Stufen nur mittlere Anstiege der Pulsfrequenz von 1,4 und 1,8 Pulsen/min. zwischen jeweils 2 Stufen. Wir konnten bei Bürotätigkeiten auch nur eine geringe Steigerung mit zunehmender geistiger Anforderung beobachten.

Drei Beispiele mögen den Pulsfrequenzverlauf bei emotionalem Erleben darstellen. Wir konnten vor 3 Jahren durch Pulsaufzeichnungen bei Kraftfahrern mit simultanen Filmaufnahmen der Fahrtsituation nachweisen, daß der Anstieg des Pulses durch Risikoerlebnisse bis zu 40 Mehrpulse während kurzer Zeit betragen kann (Abbildung 5) (7).

Am Beispiel dieses starken Affektes konnte aber auch aufgezeigt werden, daß der Umfang der hieraus resultierenden Beanspruchung nur mit einer solchen kurzzeitigen Integration des Pulses, also der direkten Pulsfrequenzkurve, erfaßt und dargestellt werden kann, während die minütliche Zählung der Pulse eine weit geringere Belastung ergeben hätte.

Auch andere starke Emotionen, wie die Aufregung und Begeisterung eines Fernsehzuschauers während des Fußballweltmeisterschaftsspieles 1966 äußern sich in starker Pulserhöhung, wenn es zu entscheidenden Szenen oder gar zum Fallen eines Tores kommt. (Abbildung 6) Insbesondere die aktiven Sportler sind gegen solche psychischen Belastungen nicht gefeit, wie ROBKAMM (19) am Beispiel des Fallschirmspringers und Segelfliegers zeigen konnte. Auch der Skiabfahrtsläufer ist einer solchen starken psychischen Belastung ausgesetzt, wenn

auch der Pulsanstieg zwischen Start und Ziel zweifellos zu einem Großteil auf seine außerordentlich starke physische Belastung zurückzuführen ist.

Mit diesen Beispielen physiologischer Untersuchungsmethoden sollte aufgezeigt werden, daß je nach dem Schwerpunkt der Beanspruchungsart das eine oder andere Verfahren geeigneter sein kann und dann vorgezogen werden sollte. "Rein geistige" Arbeiten gibt es aber ebenso wenig wie "rein körperliche". Es bestehen vielmehr sehr enge Wechselbeziehungen zwischen diesen beiden Hauptarten von Aktivitäten.

4.5 Passive Beanspruchung durch verschiedene exogene Faktoren.

Bei der dritten Hauptgruppe der Beanspruchungsformen handelt es sich durchweg um Belastungen des Menschen, die im Sinne des Arbeitserfolges völlig unnütz, ja sinnlos sind. Die Beanspruchung kann dann noch in Grenzen gehalten werden, wenn der Körper sich gegenüber solchen Einflüssen aktiv zur Wehr setzen, also anpassen kann. Das ist z.B. in einem weiteren Bereich für die klimatischen Einflüsse möglich. Das komplizierte System der Wärmeregulation sorgt dafür, daß der Körper in bestimmten Grenzen bei einer physiologisch optimalen Temperatur gehalten wird und somit ökonomisch arbeiten kann, wie wir das z.B. von einem thermostatisch geregelten Kühlsystem eines Motors auch erwarten.

Gegen andere technische Belastungsformen, wie sie z.B. Staub, Chemikalien, akustische und mechanische Schwingungen darstellen, hat der Mensch jedoch kein wirksames Regelsystem, das ihn vor schädigenden Einflüssen schützen würde.

Die physiologischen und psychologischen Wirkungen des Lärmes sind in den letzten 10 Jahren sehr eingehend studiert worden. Sie sind außerordentlich vielfältig, so daß auch sehr unterschiedliche meßbare Kriterien herangezogen werden können. Neben der subjektiven Belästigung, die individuell sehr unter-

schiedlich sein kann, finden wir eine Beeinflussung des vegetativen Nervensystemes mit Änderungen im Kreislaufverhalten, insbesondere mit einer signifikant meßbaren Herabsetzung der peripheren Durchblutung. So läßt sich bei Personen an Lärm-Arbeitsplätzen gelegentlich schon äußerlich ein Weißwerden der Hände beobachten. Wir konnten ebenfalls eine Verminderung der Hautdurchblutung der Finger bei Lärmeinwirkung durch eine Motorsäge messen (Abbildung 7). Sehr wesentlich bei der Betrachtung dieser Lärmwirkungen ist die Tatsache, daß der Mensch keine Möglichkeit hat, sich hiergegen zur Wehr zu setzen. Es würde nichts nützen, die Ohren einfach zuzuhalten. Daß solche Reaktionen unabhängig von der subjektiven Einstellung zum Lärm, also der empfundenen Belästigung, auftreten, bewies JANSEN (12) in Schlafversuchen. Es zeigte sich, daß auch die Versuchspersonen, die durch den Lärm nicht aufgeweckt wurden, dieselben physiologischen Reaktionen durchmachten, so daß die Erholungswirkung des Schlafes bei Lärm als geringer angesehen werden muß. Weiterhin wurde mit zunehmender Lärmeinwirkung eine Pupillenvergrößerung nachgewiesen, die eine verminderte Tiefensehschärfe bedeutet.

Es ist daher verständlich, daß Lärm die Leistung im negativen Sinne sehr stark beeinflussen kann. Bei Dauereinwirkung von Geräuschen mit mehr als 90 Dezibel, z.B. täglich über mehrere Stunden und das über einige Jahre hin, ist mit irreversibler Lärmschwerhörigkeit zu rechnen.

Da die Erkenntnisse der Lärmforschung schon sehr weit fortgeschritten sind, genügt es in den meisten praktischen Fällen, den Lärm am Arbeitsplatz mit physikalischen Geräten zu messen und vorhandene Richtlinien zur Bewertung heranzuziehen.

Auf die Wirkungen mechanischer Schwingungen auf den menschlichen Körper wird an anderer Stelle ausführlich eingegangen.+) Wie dort erwähnt, wird man methodisch bei der Untersuchung dieser Frage so vorgehen, daß man zunächst an den Maschinen und Fahrzeugen, an denen die stärksten Schwingungen in der

+) siehe Beitrag Dupuis - Broicher

Praxis beobachtet wurden, diese meßtechnisch erfaßt. Im zweiten Schritt der Untersuchung kommt es darauf an, Art und Umfang der Wirkungen solcher Schwingungen auf den Menschen zu ermitteln, da hierüber noch weit weniger Kenntnisse vorliegen, als es z.B. beim Lärmeinfluß der Fall ist.

Wenn man erkannt hat, daß eine beträchtliche Beanspruchung des Menschen durch solche Schwingungen hervorgerufen werden kann, die sich schließlich sogar in dauernden Gesundheitsschädigungen äußern kann, ist es notwendig, im Rahmen des dritten Untersuchungsabschnittes nach Abhilfen zu suchen. Solche Maßnahmen beginnen mit Eignungsuntersuchungen und gehen weiter bis zu Empfehlungen hinsichtlich der Essens- und Arbeitsgewohnheiten. Am wichtigsten und wirkungsvollsten sind aber alle technischen Maßnahmen, die zu einer Schwingungsisolierung des Menschen führen.

5. Anthropotechnische Arbeitsplatzgestaltung.

Die bisher behandelten Untersuchungsmethoden sollen dazu dienen, Schwerpunkte der menschlichen Beanspruchung aufzuzeigen und nach Möglichkeit bereits Hinweise zur Beseitigung von Ursachen einer Überforderung zu geben. In den meisten Fällen wird es notwendig sein, die Arbeitsplätze an Maschinen nach anthropotechnischen Grundsätzen neu zu konstruieren.

Hierfür sind die vorausgegangenen Untersuchungen von großem Nutzen. Im Sinne der oben genannten Drei-Stufen-Methode wird es dazu aber auch erforderlich sein, die vorhandenen Arbeitsplätze mit dem Greifraum und allen Bedienteilen graphisch darzustellen und auf ihre anthropometrische Anpassung zu überprüfen (5). Dabei stellen sich zumeist beträchtliche Fehler heraus, die nicht nur Personen mit extremen Körpergrößen, sondern auch mittelgroßen Personen (bei Männern etwa 1,75 m) keine optimale Arbeit ermöglichen. (15)

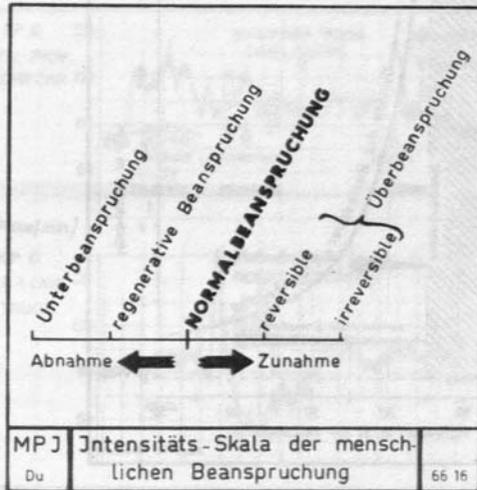
Für eine konstruktive Bestgestaltung der Arbeitsplätze an Maschinen (13) und Fahrzeugen (8, 14) sind daher anthropometrische (6, 9), arbeitsphysiologische (16, 21) und arbeits-

psychologische (4, 20) Grundsätze in gleicher Weise zu berücksichtigen. In vielen praktischen Fällen wird es sich nicht vermeiden lassen, aus technischen oder ökonomischen Gründen Kompromisse einzugehen. Es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß jede Abweichung von der arbeitsphysiologischen Bestgestaltung die Arbeit des Menschen erschweren, seine Leistung herabsetzen und Ursache für Fehlhandlungen sein kann. Es ist auch auf lange Sicht gesehen wirtschaftlicher, eine Maschine den Voraussetzungen des Menschen anzupassen, als vom arbeitenden Menschen eine unphysiologische Adaption an unzweckmäßig gestaltete Maschinen zu verlangen.

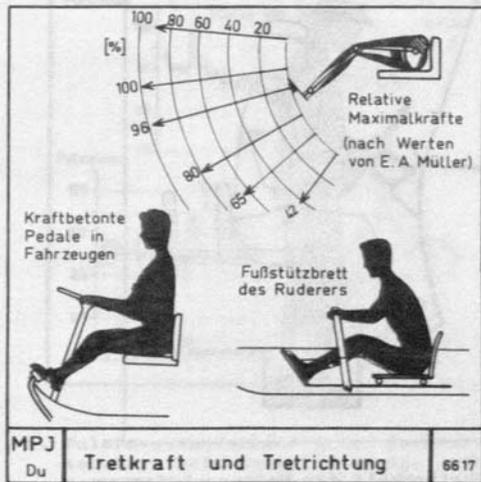
Zusammenfassung.

Die Anthropotechnik untersucht das zweckmäßige Zusammenwirken zwischen dem arbeitenden Menschen und der Maschine. Da das Ausmaß der menschlichen Beanspruchung ein Kriterium für den Erfolg der Anpassung der Maschine an den Menschen darstellt, werden die Arten solcher Beanspruchung aufgeführt und geeignete Untersuchungsmethoden genannt. Diese Darstellung von Meßverfahren kann aus methodischer Sicht nur Beispiele bringen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Obgleich die Anthropotechnik auch neue Methoden entwickeln und verwenden muß, wird sie in vielen Fällen auf Untersuchungsverfahren der Arbeitsphysiologie und Arbeitspsychologie zurückgreifen.

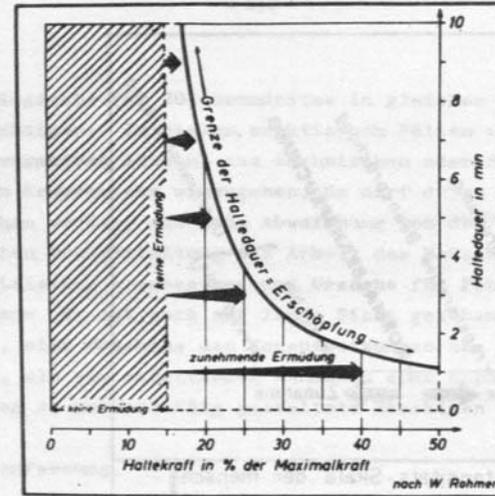
Die Drei-Stufen-Methode kann in vielen Fällen bei der Untersuchung anthropotechnischer Fragestellungen an Arbeitsplätzen angewendet werden. Dabei kommt es zunächst auf eine Untersuchung des Ist-Zustandes, dann der Beanspruchungsschwerpunkte und schließlich der Verbesserungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Arbeitsplatzgestaltung an. Es wird darauf verwiesen, daß die menschengerechte Gestaltung von Maschinen und Geräten auf die Dauer in jedem Falle auch ökonomisch richtig ist.



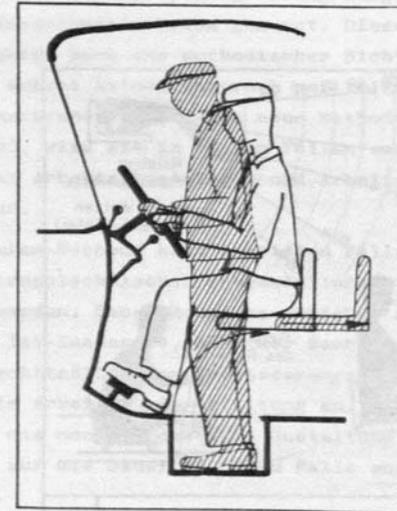
1. Intensitätsskala menschlicher Beanspruchung



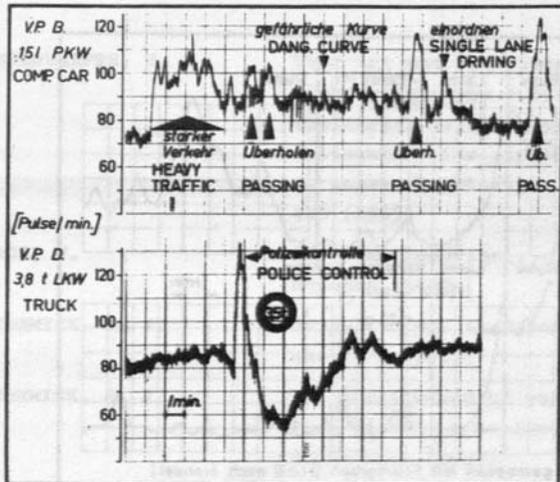
2. Tretkraft und Tretichtung



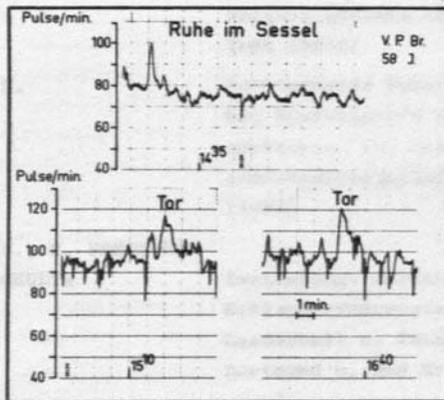
3. Muskelermüdung bei statischer Haltearbeit



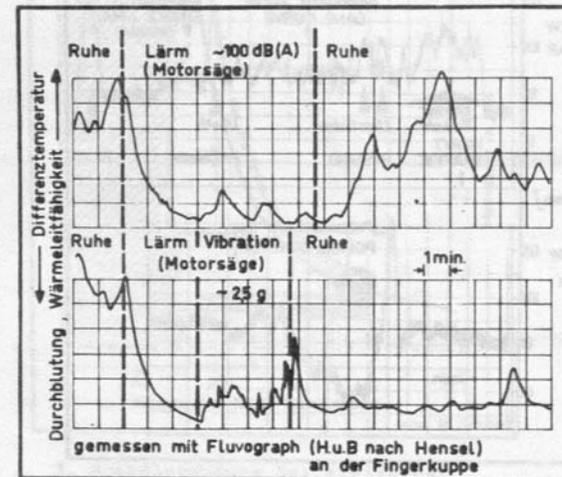
4. Möglichkeit der Haltungänderung (Stehen und Sitzen) für den Fahrer eines Graders



5. Pulsfrequenz und Fahr-situation



6. Pulsfrequenzverlauf eines Fernseh-zuschauers beim Endspiel um die Fußball-Weltmeisterschaften 1966 (nach Broicher)



7. Verminderung der Hautdurchblutung durch den Lärm einer Motorsäge

Literaturverzeichnis

1. BARTENVERFER, H. Über Art und Bedeutung der Beziehung zwischen Pulsfrequenz und skaliertes psychischer Anspannung. Zeitschrift für experimentelle u. angew. Psychologie 10, 3, 455-470 (1963)
2. BÜRCK, W. Die Schallmeßfibel. München (1960)
3. McCORMICK, E. J. Human factors engineering, 2. Aufl. New York (1957)
4. McCORMICK, E. J. The application of psychology to farm equipment design, ASAE-Paper (1957)
5. DAMON, A., H. W. STOUDT and R. A. McFARLAND The human body in equipment design. Harvard University Press, Cambridge/Mass. (1966)
6. DREYFUSS, Henry The measure of man. Whitney Library of Design, New York (1959)
7. DUPUIS, H. Fortlaufende Pulsfrequenzschreibung bei Kraftfahrern und ihre Interpretation. In: Beiheft 3 zur Arbeitswissenschaft, S. 78 - 83 (1965)
8. DUPUIS, H., R. PREUSCHEN und B. SCHULTE Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. Heft 20 Landarbeit u. Technik, 177 S. Dortmund u. Bad Kreuznach (1955)

9. McFARLAND, R. A., A. DAMON and H. W. STOUDT The application of human body size data to vehicular design. SAE-Paper SP-142, New York (1955)
10. GOLENHOFEN, K. und G. HILDEBRANDT Psychische Einflüsse auf die Muskeldurchblutung. Pflügers Archiv, 263, 637 - 646 (1957)
11. GÖPFERT, H. Gibt es "rein geistige" Arbeit? Die Umschau 57, 19, 589 - 592 (1957)
12. JANSEN, G. Psychosomatische Wirkungen des Lärms. Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft 5, 293-309 (1966)
13. KELLERMANN, E., P. van WELY und P. WILLEMS Mensch und Arbeit in der Industrie. Eindhoven (1963)
14. KROEMER, K. H. E. und R. COERMANN Die Gestaltung der Insassenkabine von Kraftfahrzeugen, "Prüfliste" und Bibliographie. Zentralblatt für Verkehrs-Medizin, Verkehrs-Psych., Luft-u. Raumfahrt-Medizin 11, 4, 213 - 223 (1965)
15. LAZET, A. Technische Menskunde. Soesterberg (o. Jahr)
16. LEHMANN, G. Praktische Arbeitsphysiologie. 2. Aufl. Stuttgart (1962)
17. LUFF, K. Untersuchungen über das Verhalten der Pulsfrequenz beim Kraftfahren. Deutsche Zeitschrift für gerichtliche Medizin 49, 441 - 459 (1960)

18. ROHMERT, W. und Th. HETTINGER Arbeitsgestaltung und Muskelermüdung.
RKW-Reihe Arbeitsphysiologie -
Arbeitspsychologie, Berlin,
Köln, Frankfurt (1963)
19. ROSKAMM, H. Die Herzfrequenz im Training
und im Wettkampf des Hoch-
leistungssportlers.
Sportarzt und Sportmedizin 12,
439 - 453 (1965)
20. SCHMIDTKE, H. Überwachungs-, Kontroll- und
Steuerungstätigkeiten.
RKW-Reihe, Arbeitsphysiologie -
Arbeitspsychologie, Berlin,
Köln, Frankfurt (1966)
21. SCHULTE, B. Physiologische Beziehungen
zwischen Mensch und Maschine.
Diss. TH Hannover (1951)
22. WOODSON, W. E. Human engineering guide for
equipment designers. University
of California Press, Berkeley/
California (1957)

Methoden zur Untersuchung der Schwingbeanspruchung des Menschen

H. Dupuis und H.A. Broicher

1. Problemstellung

Der Mensch der Gegenwart ist ein technisch gebildetes und mit der modernen Maschinenteknik vertrautes Wesen. Er erhofft und erwartet von der Technik nur Fortschritt und besseres Leben. Aber zweifellos bringt die Technik nicht nur Vorteile, sondern auch beträchtliche Nachteile mit sich. Hierzu gehören neben neuen sozialen Problemen auch physiologische Konsequenzen, vor allem die Auswirkung von akustischen und mechanischen Schwingungen auf den Menschen. Mit fortschreitender Leistungssteigerung neigen die meisten Maschinen dazu, Lärm und Vibrationen in stärkerem Maße zu erzeugen. An dieser Stelle sollen Lärmprobleme nicht behandelt werden.

Mechanische Schwingungen, denen der Mensch ausgesetzt ist, können eine ganze Skala von Wirkungen zur Folge haben, die von Entspannung über Lästigkeit, Arbeitsbehinderung und Leistungsverminderung bis zu gesundheitlichen Schädigungen reicht. Da bei bestimmten Fahrzeugen und Maschinen solche Vibrationen besonders intensiv auftreten können, lohnt es sich also, sich damit zu beschäftigen.

2. Begriffe und Definitionen

Wegen der speziellen Terminologie, die nicht unbedingt als allgemein bekannt gelten kann, sollen die hierfür wichtigsten Begriffe der Schwingbeanspruchung definiert werden.

Unter **S c h w i n g u n g** versteht man ganz allgemein zeitlich mehr oder weniger regelmäßige Schwankungen eines Körpers oder Zustandes um eine Ruhelage, wobei minimal gefordert wird, daß die Größe wenigstens einmal vom Steigen zum Fallen oder umgekehrt übergeht. Diese Zustandsänderungen

sind bei mechanischen Schwingungen Lageänderungen, während sie bei akustischen Schwingungen Druck- oder Dichteänderungen, bei elektromagnetischen Schwingungen Feldänderungen sind.

Die Schwingungen können rein sinusförmig, allgemein periodisch (aus Sinusschwingungen zusammengesetzt) der stochastisch (völlig regellos, dem Zufall unterworfen) sein. Wie am Beispiel eines Sinusverlaufes erläutert wird, wird jede Schwingung durch

1. die Amplitude (Schwingungsweite, Scheitelwert) und
2. die Schwingungsdauer (Periode) oder die Frequenz charakterisiert. Dabei ist der Kehrwert oder Schwingungsdauer T die Schwingungszahl oder Frequenz $f = \frac{1}{T}$, angegeben in Hertz Hz $\left[\frac{1}{s}\right]$. Sie besagt, wie oft sich ein Schwingungsvorgang in der Sekunde wiederholt. Schließlich darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß
3. jede schwingende Größe eine gerichtete Größe (Vektor) darstellt.

Bei der Beschreibung einer Schwingung darf daher die Angabe der Schwingungsrichtung nicht übersehen werden. Es lassen sich ein terrestrisches und ein auf den Menschen bezogenes Koordinatensystem unterscheiden. Das erstere soll mit den kleinen Buchstaben x, y und z, das letztere mit den großen Buchstaben X, Y und Z als Indizes bezeichnet werden. Für das auf den Menschen bezogene System (Abbildung 1) ist für die Schwingungen in der Richtung Brust - Rücken die Bezeichnung "ventro-dorsal" X, in der Richtung Schulter - Schulter "lateral" Y und in der Richtung der Wirbelsäule "caudo-cranial" Z vorläufig festgelegt⁺). Im erdfesten System bleibt es bei den bekannten Bezeichnungen "vertikal" und "horizontal". Für eine Horizontalschwingung muß die Richtung im jeweiligen Falle durch einen Zusatz, wie z.B. "längs oder quer zum

⁺) In Anlehnung an einen Vorschlag des VDI-Ausschusses "Schwingungseinwirkung auf den Menschen" 1965.

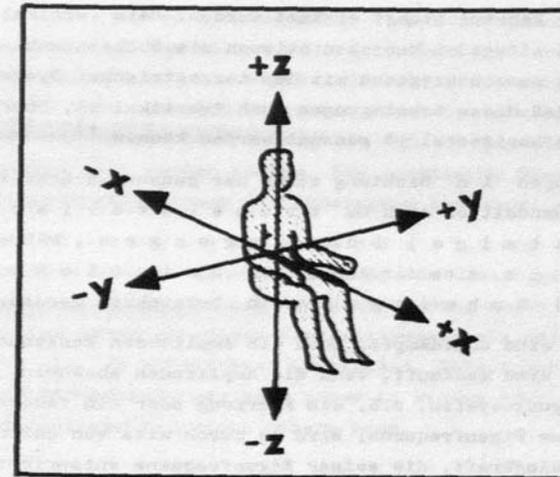


Abb. 1: Koordinatensystem (S. 242)

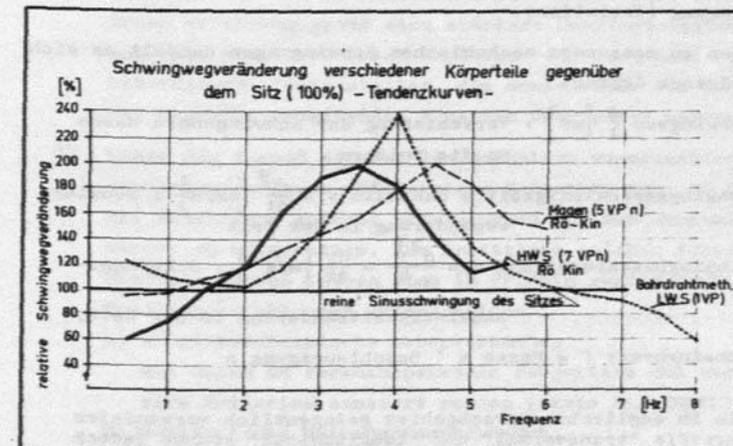


Abb. 2: Resonanzkurven HWS, LWS, Magen (S. 253)

Fahrzeug, zur Fahrtrichtung" ergänzt werden. Beim vertikal stehenden und sitzenden Menschen stimmen die Buchstabenbezeichnung des menschbezogenen mit dem terrestrischen System überein, so daß diese Schwingungen auch "vertikal z", "horizontal x" und "horizontal y" genannt werden können +).

Bei Schwingungen in Richtung einer der genannten Koordinatenachsen handelt es sich um translatorische (geradlinige) Schwingungen, während Schwingungen um eine der Achsen als Rotations- (Dreh-) Schwingungen bezeichnet werden.

Schwingungen sind ungedämpft, wenn die Amplituden konstant bleiben. Sie sind gedämpft, wenn die Amplituden abnehmen. Jedes Schwingungssystem, z.B. ein Fahrzeug oder ein federnder Sitz, hat eine Eigenfrequenz. Wird es durch eine von außen wirkende Schwingkraft, die seiner Eigenfrequenz entspricht, angeregt, gerät es in Resonanz, d.h. es schaukelt sich auf. Je nach dem, ob die Schwingung eines Systemes durch eine erregende Schwingung vergrößert oder verkleinert wird, spricht man von einer Schwingvergrößerung (Amplification) oder -verkleinerung (Isolation).

Bei den zu messenden mechanischen Schwingungen handelt es sich um folgende Größen:

1. Schwingweg ξ [mm] : Verschiebung der schwingenden Masse um die Nulllage
2. Schwinggeschwindigkeit = Schnelle $v = \frac{d\xi}{dt}$ [cm/s] : Schwingwegänderung in der Zeit
3. Schwingbeschleunigung $a = \frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{dv}{dt}$ [m/s²] : Schwinggeschwindigkeitsänderung in der Zeit.
4. Schwingkraft $F = \text{Masse } m \cdot \text{Beschleunigung } a$

+) Die im englischen Sprachgebiet gelegentlich verwendeten Begriffe "transversal" und "longitudinal" können jedoch nicht übernommen werden, da sie physikalisch bereits anderweitig festgelegt sind.

Im Prinzip ist es gleichgültig, welche der genannten Größen gemessen wird, da sich durch Differentiation aus Weg die Geschwindigkeit und aus Geschwindigkeit die Beschleunigung errechnen läßt, während umgekehrt durch Integration aus Beschleunigung die Geschwindigkeit und aus Geschwindigkeit der Weg berechnet werden können. Für praktische Messungen werden Schwingbeschleunigung und Schwingweg bevorzugt angewendet.

Unter Schwingbeanspruchung des Menschen verstehen wir die Auswirkung einer von außen auf den Menschen einwirkenden dynamischen Wechselbelastung durch Schwingkräfte, die sich unter günstigen Voraussetzungen als Entspannung, sonst aber in subjektiver Lästigkeit, Arbeitsbehinderung, Leistungsverminderung oder sogar in akuten oder chronischen Gesundheitsschädigungen äußern kann.

3. Methodik

Zur Untersuchung der gesamten Fragestellung der Schwingbeanspruchung des Menschen sollte man in 3 Schritten vorgehen.

- I. Zunächst ist bei den Maschinen und Fahrzeugen, von denen erfahrungsgemäß eine stärkere Schwingbelastung ausgeht, die Größe (nach Amplitude und Frequenz) der Schwingungen festzustellen, die unmittelbar auf den mit der Maschine arbeitenden Menschen übertragen werden.
- II. Liegt das Ausmaß der von den Maschinen verursachten Schwingungen durch umfangreiche Meßreihen vor, so ist die Auswirkung solcher Schwingungen auf den menschlichen Körper zu untersuchen. Zur Ermittlung solcher Schwingbeanspruchungen lassen sich im Prinzip zwei verschiedene Forschungsrichtungen unterscheiden.
 - a) arbeitsmedizinische Laborversuche, bei denen an Versuchspersonen subjektive und objektive Kriterien studiert werden (akute Wirkungen),
 - b) medizinische Reihenuntersuchungen an möglichst großen Personengruppen, die während ihrer

beruflichen Tätigkeit über längere Zeit solchen Schwingungen ausgesetzt sind (chronische Wirkungen).

III. Wenn Kenntnisse über die besondere Empfindlichkeit des menschlichen Körpers gegenüber bestimmten Schwingungsarten, Frequenzen und Amplituden vorliegen, sollten möglichst umgehend alle technischen Möglichkeiten geprüft werden, wie sich solche Schwingungen vermeiden oder wenigstens vermindern lassen. Davon bleiben die generell vom Konstrukteur zu fordernden Maßnahmen für eine Schwingungsisolation unberührt.

3.1 Messung mechanischer Schwingungen an Maschinen und Fahrzeugen.

Die Ermittlung der Schwingungen an den Maschinen ist einmal Voraussetzung für eine Bewertung der menschlichen Beanspruchung. Zum anderen ist die Schwingungsmessung aber auch für eine Kontrolle notwendig, ob eine schwingungstechnische Verbesserung, z.B. ein besser gefederter Sitz, wirklich zu einem Erfolg geführt hat. Schließlich gibt die Messung der Schwingungen, vor allem die Ermittlung der Frequenzen, sehr oft bereits wichtige Hinweise auf die in Frage kommenden Erreger an der Maschine.

3.1.1 Meßstelle

Die Schwingungen sollten im praktischen Einsatz der Maschine oder des Fahrzeuges gemessen werden. Da in diesem Falle die Beeinflussung des menschlichen Körpers interessiert, ist als Meßstelle der Ort der Übertragung von der Maschine auf den Menschen zu wählen. Bei einer Motorsäge sind das z.B. die beiden Handgriffe zum Halten des Gerätes. An einem Bagger würden die wichtigsten Schwingungen an den Handhebeln und Pedalen zu messen sein. Bei Fahrzeugsitzen werden die wesentlichsten Schwingungsanteile in vertikaler Richtung über die Sitzfläche übertragen, sind also zwischen Sitz und Gesäß (im Bereich der Sitzhöcker) zu erfassen; jedoch können auch

Schwingungswirkungen von der Rückenlehne ausgehen, die dann am besten zwischen der Lehne und dem Bereich der Schulterblätter gemessen werden müssen.

3.1.2 Meßverfahren

Es lassen sich zwei Meßprinzipien unterscheiden: Die Festpunktmessung und die seismische Messung.

Eine F e s t p u n k t m e s s u n g läßt sich nur durchführen, wenn ein geeigneter fester Bezugspunkt vorhanden ist. So läßt sich z.B. der Erdboden in der Umgebung eines Laborschwingtisches als feststehend annehmen und so die Relativbewegung der Plattform gegenüber dem Erdboden sehr einfach über ein Hebelsystem messen. Auch Lichtspuraufnahmen, die man an einem Fahrzeug bei kurzer Fahrstrecke im Dunkeln photographisch aufzeichnen kann, zählen hierzu, weil die Kamera zum schwingenden Fahrzeug relativ feststeht.

Sehr häufig, insbesondere bei vielen Versuchen in Fahrzeugen, sind keine festen Bezugspunkte für Festpunktmessungen vorhanden. Unter solchen Voraussetzungen muß man einen Bezugspunkt im freien Raum schaffen und die Schwingungen auf diesen beziehen.

Bei Schwingwegaufnehmern nach dem s e i s m i s c h e n P r i n z i p wird die Trägheit einer Messe dadurch ausgenutzt, daß man sie an sehr weichen Federn mit kleiner Dämpfung in einem Gehäuse aufhängt. Dieses z.B. an einem Fahrzeug angebrachte Gehäuse schwingt nunmehr mit, während die federnd aufgehängte Masse sich vergleichsweise ruhig verhält. Es ist zu fordern, daß die Eigenfrequenz f_0 ihres Masse-Feder-Systemes unter der zu messenden Schwingfrequenz f liegt ($\frac{f}{f_0} \geq 4$).

Handelt es sich jedoch um einen Beschleunigungsaufnehmer, so muß dessen Eigenfrequenz mindestens doppelt so groß wie die zu messende Frequenz sein. Läßt sich aus bestimmten Gründen (z.B. Baugröße des Aufnehmers) eine Schwingungsgröße nicht

unmittelbar messen, so kann sie durch Verwendung eines Integrations- bzw. Differentiationsgliedes aus einer anderen Schwingungsgröße kontinuierlich gewonnen werden (z.B. der Schwingweg aus der Schwingbeschleunigung in Verbindung mit einem Doppelintegrator).

Neben den einfachen mechanischen Meßgeräten werden heute in der Mehrzahl elektrische Meßvorrichtungen verwendet, die den Vorteil haben, daß der eigentliche Schwingungsaufnehmer von dem Verstärker und Registrierteil getrennt ist und somit leicht und klein gebaut werden kann. Das hat den Vorzug, daß das Meßgerät das zu untersuchende Schwingungssystem kaum beeinflußt. Die elektrische Meßtechnik ist weiterhin deshalb vorteilhaft, weil der Meßverlauf beliebig verstärkt und dargestellt sowie gespeichert werden kann. Störgrößen lassen sich weitgehend auf elektronischem Wege beseitigen.

3.1.3 Registrier- und Auswerteverfahren

Bei der oszillographischen Darstellung kommt es darauf an, möglichst massearme Schreibsysteme zu verwenden, damit auch höhere Frequenzen ohne Amplitudenverlust, also verzerrungsfrei, registriert werden können. Der Elektronenstrahl-Oszillograph erfüllt diese Anforderungen am besten. Er hat jedoch mehr für eine betrachtende Beobachtung Bedeutung, während die Registrierung eine photographische Aufnahme voraussetzt. Für kontinuierliche Aufzeichnungen sind daher Direktschreiber besser geeignet.

Sinusschwingungen und allgemein periodische Schwingungen lassen sich an Hand von Oszillogrammen nach Amplitude und Frequenz verhältnismäßig leicht auswerten. Die in der Praxis häufig vorhandenen stochastischen Schwingungen können jedoch auf diese Weise nur unvollkommen erfaßt werden, weil deren Größen regellos schwanken. Zu einer Analyse sind deshalb statistische Methoden erforderlich (39).

Hinsichtlich der Amplituden kommt es darauf an, den quadratischen Mittelwert (= Effektivwert) über der gesamten Meßzeit zu finden. Hierzu sind z.B. spezielle Integrationsgeräte geeignet, die die Amplituden über der Zeit aufsummieren (40). Weitere Möglichkeiten bietet die Verwendung von Klassiergeräten, die nach verschiedenen Verfahren arbeiten können (13, 21). Zur Berechnung des quadratischen Mittelwertes lassen sich beispielsweise Geräte verwenden, die nach dem Prinzip der Überschreitungshäufigkeit, der Verweildauer oder der Stichprobenahme (16, 17) arbeiten. Ist die Erfassung maximaler Amplituden erwünscht, so können diese durch Spitzenzählung erfaßt werden (19).

Da die menschliche Wahrnehmung und auch die mögliche Schädigung nicht nur von der Amplitude, sondern auch von der Frequenz abhängig sind, sollten zumindest die Grundfrequenzen ermittelt und nach Möglichkeit sogar eine vollständige Frequenzanalyse durchgeführt werden. Grundfrequenzen lassen sich durch Ausmessen des zeitlichen Abstandes der Null-Durchgänge in grober Annäherung feststellen (41). Die Frequenzanalyse erfordert einen größeren meßtechnischen Aufwand (31). Da die Genauigkeit der auf dem Markt befindlichen Frequenzanalytoren im allgemeinen unter 30 Hz zu gering, andererseits dieser Frequenzbereich für die menschliche Beanspruchung besonders wichtig ist, werden die gemessenen Schwingungen durch Geschwindigkeitsübersetzung in höhere Tonfrequenzen transponiert. Hierzu benötigt man einen frequenzmodulierten Magnetband-Speicher mit verschiedenen Bandgeschwindigkeiten. Die Speicherung des Schwingverlaufes erfolgt mit einer langsamen Bandgeschwindigkeit (z.B. 0,95 cm/s), während das Abspielen und die Eingabe in den Frequenzanalysator mit hoher Bandgeschwindigkeit (z.B. 95 cm/s, entsprechend einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 100) vorgenommen werden. Auf diese Weise wird z.B. eine gemessene Frequenz von 2 Hz in eine solche von 200 Hz transponiert und kann ohne Amplitudenverluste gemessen werden. Für die Frequenzanalyse werden der ge-

sante interessierende Frequenzbereich kontinuierlich durchgeführt und dabei die zugehörigen Amplituden aufgezeichnet.

3.2 Untersuchungen der Auswirkung mechanischer Schwingungen auf den menschlichen Körper.

Zunächst kann daran gedacht werden, daß Schwingungen bestimmter Art und bei bestimmten Voraussetzungen positive Wirkungen auf den Menschen haben können. Der Einfluß beruht offensichtlich immer darauf, daß eine Entspannung irgendeines verkrampften Zustandes hervorgerufen wird. Um jedoch nicht das Gegenteil des Erstrebtens zu erreichen, müssen die eingeleiteten Beschleunigungen sehr gering und die Einwirkzeit kurz gehalten werden. Beispiele hierfür sind Vibrations- und Massagegeräte, die die Durchblutung fördern und somit Ermüdungserscheinungen herabsetzen können. Die Babywiege führt durch die rhythmische langsame Bewegung in einen Monotoniezustand und fördert so das Einschlafen. Dagegen dürfte der Schaukelstuhl als Arbeits- oder Ruhesitz - der verstorbene Präsident Kennedy benutzte bekanntlich einen - in erster Linie einem ständigen Wechsel der Körperhaltung und insbesondere einer wechselnden Be- und Entlastung bestimmter Körperpartien, auch der Bandscheiben, dienen.

Neben diesen positiven Wirkungen dürften heute in weit größerem Umfange nachteilige Wirkungen durch Schwingungen zu erwarten sein. Bei Kenntnis des schwingungsmechanischen Verhaltens des menschlichen Körpers darf man wohl begründet annehmen, daß der Mensch von Natur aus nicht konstruiert war, Schwingungen standzuhalten, wie sie heute im technischen Zeitalter auf ihn einwirken. Zwar hat sich der Mensch in Jahrtausenden an periodische Schwingungen gewöhnt, wie sie beim Gehen und Reiten mit einem Hauptfrequenzbereich von 1 - 2 Hz entstehen. Beim Gehen kann es zu einem Aufschaukeln nicht kommen, da die Eigenfrequenzen des Gesamtkörpers sowie der meisten einzelnen Körperteile in einem höheren Frequenzbereich liegen. Außerdem haben die unteren Extremitäten mit Hilfe des veränderbaren

Muskeltonus ausgezeichnete Federungs- und Dämpfungseigenschaften. So kommt es, daß z.B. ein Skiläufer, der bei schneller Abfahrt über welliges, waschbrettartiges, jedoch keineswegs immer sinusförmiges Gelände mit dem Oberkörper in beinahe stabilisierter Stellung verharren kann. Selbst ein Omnibusfahrgast, der zu stehen gezwungen ist, ist in der Lage, die völlig regellosen Fahrzeugschwingungen mit den Kniegelenken weitgehend abzufangen.

Das gesamte Problem wird wesentlich schwieriger, wenn der Mensch - wie bei modernen Fahrzeugen - in sitzender Haltung mechanischen Schwingungen ausgesetzt ist oder wenn über das Hand-Arm-System mechanische Schwingungen in stärkerem Ausmaße einwirken. Will man hier Überbeanspruchungen oder sogar gesundheitliche Schädigungen vermeiden, so ist es notwendig, Kenntnisse von dem schwingungsmechanischen Verhalten des menschlichen Körpers, seiner wichtigsten Bauteile sowie von den physiologischen Wirkungen solcher Schwingungen zu gewinnen, die offensichtlich außerordentlich vielfältig sind. Schließlich ist auch die subjektive Stärke der Wahrnehmung ein wichtiger Indikator für die Bewertung der Schwingungen.

3.2.1 Schwingungsmechanische Eigenschaften des menschlichen Körpers

Der menschliche Körper ist nicht als starre Masse aufzufassen, sondern er stellt ein kompliziertes elastisches System mit verschiedenen wirksamen Massen, Federungs- und Dämpfungseigenschaften dar. Aus der dynamischen Sicht heraus werden gelegentlich theoretische Ersatzmodelle für den menschlichen Körper konstruiert (4, 7, 9, 37). Dabei werden die Hauptkörperteile als einfache Federmasse-Systeme mit Dämpfung dargestellt und zu einem komplexen System verbunden. Eine solche Betrachtungsweise hätte jedoch nur dann Bedeutung, wenn alle Massenteile und die dazugehörigen Federkonstanten genau bekannt sind, was nicht der Fall ist. Auch ließen sich gesicher-

te Ergebnisse bei einem solchen Rechenmodell nur dann ableiten, wenn es sich um erregende Sinusschwingungen handelt.

Wegen dieser Schwierigkeiten hat man es allgemein vorgezogen, die mechanisch-dynamischen Eigenschaften des menschlichen Körpers in experimentellen Laborversuchen zu ermitteln. Dabei ist es besonders wichtig, die Eigenfrequenzen der einzelnen Körperabschnitte sowie der inneren Organe kennenzulernen und die Übertragungsfunktion solcher Körperabschnitte für die verschiedenen Frequenzen zu ermitteln.

Methodisch gesehen gibt es 3 Möglichkeiten, Kenntnisse vom Schwingungsverhalten einzelner Körperteile zu gewinnen:

I. Messungen der Schwingbeschleunigungen oder Schwingwege an verschiedenen äußeren Körperstellen unter dem Einfluß verschiedener Schwingfrequenzen.

II. Beobachtung des Verhaltens innerer Körperteile unter Schwingungseinfluß mit Röntgenmethoden.

III. Ermittlung von äußerlich feststellbaren Reaktionen als Folge von Vorgängen, die im Körperinneren ablaufen.

In der Zusammenfassung solcher durchgeführter Untersuchungen lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

3.2.1.1 Körperschwingungen in vertikaler z-Achse

Für den stehenden Menschen hat DIECKMANN (11) eine für Vertikalschwingungen geltende Resonanzkurve ermittelt, die bei 4 - 5 Hz ein Maximum zeigt. Ein zweites kleineres Maximum liegt zwischen 10 und 13 Hz. Es ist jedoch verständlich, daß der Mensch im Stehen sein Schwingverhalten beeinflussen kann, wenn er die Federspannung und Dämpfung durch veränderten Tonus der Muskulatur ändert. Für den sitzenden Menschen gibt es bei vertikalen Ganzkörper-Schwingungen eine Grundresonanz, die zwischen 4 und 5 Hz liegt sowie eine weniger wichtig zu beurteilende Teilresonanz um 8 - 11 Hz (4). Im Frequenzbereich von 4 - 5 Hz kommt es in den Schulterpartien zu den vergleichsweise stärksten Resonanzerscheinungen (11, 12).

Nach Röntgenverfahren haben NICKERSON u.a. (33) bei Tierexperimenten an Hunden gearbeitet, denen Kontrastkörper implantiert wurden. Danach schwingen die inneren Organe des Abdomen und Thorax wie eine Masse mit einer Eigenfrequenz von 3 - 5 Hz, in einigen Fällen von 7 - 10 Hz.

Wir haben bei arbeitsmedizinischen Versuchen nach einem röntgenkinematographischen Verfahren gearbeitet (15) und dabei das Schwingverhalten der Halswirbelsäule (3) und des Magens (14) studiert. Zur Beurteilung der Biegeschwingungen der Lendenwirbelsäule war dieses Verfahren in seiner Auswertemöglichkeit jedoch unzureichend. Deshalb wurden hierfür bei einer Versuchsperson die Dornfortsätze der Lendenwirbel durch Einpflanzen von Bohrdrähten aus V2A-Stahl äußerlich markiert und deren Bewegungen im Realfilm festgehalten (3).

Unter dem Einfluß von vertikalen Sinusschwingungen entspricht das Verhalten der Halswirbelsäule einer Resonanzkurve zwischen 1,5 und 5 Hz mit einer maximalen Aufschaukelung von 200 % bei 3,5 Hz (Abbildung 2). Bei der Lendenwirbelsäule ist das Aufschaukeln zwischen 2 und 6 Hz ausgeprägt und zeigt eine Spitze bei 4 Hz, wobei der Schwingweg auf 240 % vergrößert wird. Damit ergibt sich eine Übereinstimmung mit Versuchen von LANGE (28), der zwischen 4 und 5 Hz die stärksten vertikalen Relativbewegungen zwischen den Lendenwirbeln feststellte.

Aufgrund der Mechanik der Wirbelsäule bewegt sich diese bei rein vertikaler Erregung keineswegs nur vertikal (Abbildung 3). Die Bewegungsformen, die nach dem Bohrdrahtverfahren ermittelt wurden, sind allgemein von der Senkrechten bis zu 35° nach vorn gerichtet (3). Unabhängig von der Richtung gehen die Schwingungsformen in der Sagittalebene von fast geraden Linien über Ellipsen zu kreisförmigen Bewegungen über. Mit zunehmender Entfernung vom Becken werden die Bewegungen mehr gerade gerichtet. Die Auswertung hat ergeben, daß die Biegeschwingungen bei etwa 4 Hz am stärksten sind.

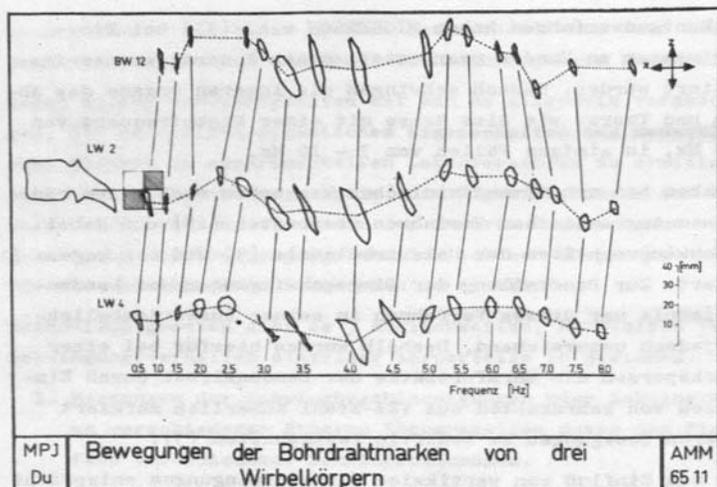


Abb. 3: LWS Bewegungsformen (S. 253)

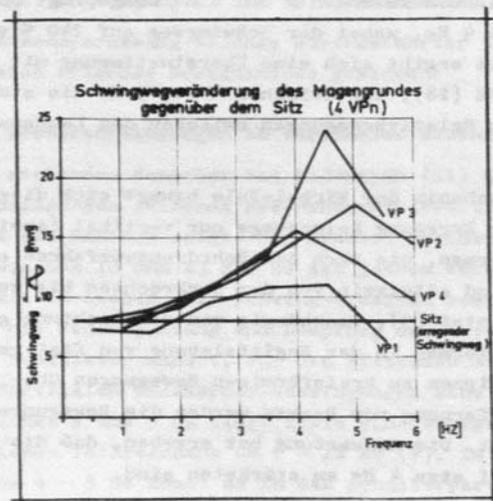


Abb. 4: Magen [4 x] (S.255)

Unter dem Einfluß von Sinusschwingungen ergab sich ein Resonanzverhalten des Magens mit Spitzen zwischen 4 und 5 Hz (Abbildung 4), wobei individuelle Unterschiede stärker im Hinblick auf die Höhe der Spitze als auf den Frequenzbereich auftraten (14). Die Ursachen hierfür dürften in dem unterschiedlichen Dämpfungsverhalten, den verschiedenen Magenformen sowie dem unterschiedlichen Muskeltonus zu suchen sein. Aufgenommene Ausschwingkurven lassen den Magen als stark gedämpftes Masse-Feder-System erkennen. Eine Füllung des Magens mit Flüssignahrung deutet gegenüber normaler fester Nahrung auf kein verändertes Schwingverhalten hin.

Die Grundresonanz der Eingeweide liegt nach COERMANN (4) je nach Muskelanspannung in der Bauchdecke und im Zwerchfell zwischen 3 und 7 Hz. Obgleich angenommen wird, daß es zwischen den einzelnen Organen der Bauchhöhle nur zu unbedeutenden Relativbewegungen kommt, können unter Umständen bei niedrigen Frequenzen Gewebzerrungen zwischen den einzelnen Organen auftreten. Stärkere Relativbewegungen zwischen Magen und Wirbelsäule konnten wir durch Röntgenkinoaufnahmen nachweisen. Für das Herz wurde ein Bereich der Eigenfrequenz zwischen 4 und 6 Hz ermittelt.

Für die Lunge, die ihren Füllungsstatus ständig ändert, konnte bisher keine Resonanzfrequenz nachgewiesen werden. Das komplexe Atmungssystem scheint im wesentlichen durch das Schwingverhalten des Zwerchfelles bestimmt zu sein, das jedoch bisher direkt noch nicht untersucht werden konnte. Es kann angenommen werden, daß die durch Schwingungen angeregten Eingeweide zwischen Bauchfell und Zwerchfell indirekt zu einer erhöhten Ventilation führen. Bereits vor 29 Jahren war von E.A. MÜLLER (32) festgestellt worden, daß bei Einwirkung von Schwingungen die Atmung sehr viel stärker als der Energieverbrauch vermehrt wird. Auch bei Ratten konnte in Abhängigkeit von der Schwingbelastung eine Erhöhung des metabolischen Gasaustausches beobachtet werden (2). Unge-

achtet dieser Feststellung fanden wir unter dem Einfluß schlepperähnlicher Schwingungen bei Fahrern auf schlechten Sitzen einen um das Dreifache erhöhten Energieumsatz gegenüber gut gefederten Fahrersitzen (20).

In neueren Untersuchungen haben wir bei neun Versuchspersonen Atemfrequenz und Atemvolumen unter der Einwirkung von Sinus-schwingungen mit einer Wahrnehmungsstärke $K = 25$ (nach VDI 2057) (42) im Bereich von 1,1 bis 10,0 Hz bestimmt. Es ist verständlich, daß bei solchen physiologischen Kriterien die individuelle Streuung verhältnismäßig groß ist. Im Mittel ergaben sich jedoch Kurvenverläufe, die dem Schwingverhalten der inneren Organe sehr ähnlich sind. Das Atemvolumen stieg bei über 2,5 Hz gegenüber dem Ruhewert an mit einer deutlich ausgeprägten Grundresonanz bei 5 Hz und einer Teilresonanz bei 8 Hz. Dagegen verminderte sich die Atemfrequenz bei Schwingungen über 2 Hz auf ungefähr 85 % des Ruhewertes mit einer relativen Spitze bei 5 Hz.

3.2.1.2 Körperschwingungen in den horizontalen x- und y-Achsen

Bei horizontal einwirkenden Schwingungen ändern sich die Verhältnisse wesentlich gegenüber vertikaler Beeinflussung. Hier spielt die Massenverteilung auf der Schwerelinie des Menschen eine große Rolle, weil die Schwingkräfte senkrecht zu dieser Linie angreifen. Es ergeben sich daher beträchtliche Unterschiede bei vertikal stehender und sitzender Körperhaltung. DIECKMANN (8) fand für erregende Schwingungen in horizontaler x-Richtung mit steigender Frequenz von 1 - 5 Hz beim Stehen eine Verminderung der horizontalen, jedoch eine Verstärkung der vertikalen Bewegungen des Kopfes. Höhere Frequenzen, die bis 25 Hz untersucht wurden, zeigen eine relative Abnahme der Schwingwege.

Im Sitzen kommt es bei horizontaler Erregung um 1 - 2 Hz zu besonders starken elliptischen Bewegungen mit nicht mehr horizontaler, sondern leicht nach vorn ansteigender Hauptachse. Es wird angenommen, daß solche elliptischen Schwing-

bewegungen über eine Störung des Vestibularapparates im Innenohr und Übertragung auf die vegetativen Rückenmarkszentren die Erscheinungen der sogenannten Seekrankheit hervorrufen können.

Über das Schwingverhalten in horizontaler y-Achse sind nur wenige Untersuchungsergebnisse bekannt geworden. Nach HORNICK (24) kommt es bei 1,5 Hz zu einem Aufschwingen um 14 % am Kopf, während bei höheren Frequenzen die Schwingungen vermindert werden.

3.2.1.3 Schwingungen des Hand-Arm-Systemes

Auch über das dynamische Verhalten des Hand-Arm-Systemes liegen erst wenige Kenntnisse vor. Unter der Voraussetzung einer Ellenbogenbeugung um $20 - 25^\circ$ und einer statischen Andruckkraft von 20 kp ermittelte DIECKMANN (11) eine Resonanzkurve, die eine besondere Empfindlichkeit des Armes und der Hand bei 5 Hz, vor allem aber bei 30 - 40 Hz zeigt. Es ist leicht einzusehen, daß für das Schwingverhalten von Hand und Arm bei aktiver Tätigkeit in erster Linie die Übertragungskraft zwischen Hand und Gerät sowie die Armstellung entscheidend sind. In der VDI-Richtlinie 2057 (42) wird daher vorgeschlagen, zur Bewertung solcher Schwingungen vorläufig nicht die Beschleunigung, sondern die Übertragungskraft heranzuziehen.

3.2.2 Akute physiologische Wirkungen mechanischer Schwingungen

3.2.2.1 Kreislauf

Die physiologischen Wirkungen mechanischer Schwingungen können außerordentlich vielfältig sein. Es liegt nahe, zunächst Indikatoren des Kreislaufes zu erfassen. Dabei hat sich gezeigt, daß erst bei Schwingungsbelastungen in der Nähe der Erträglichkeitsgrenze eine signifikante Pulserhöhung aufgrund vermehrter Muskeltätigkeit und psychischer

Beanspruchung eintritt. Der mögliche Anstieg des Atemvolumens und des Energieverbrauches wurde bereits in Abschnitt 3.2.1.1 erwähnt. Auch der Differenzblutdruck (Systole-Diastole) erhöht sich durch Schwingbeanspruchung (4), ist aber leider auf unblutigem Wege nicht kontinuierlich meßbar.

Die *p e r i p h e r e D u r c h b l u t u n g* wird bei Schwingungseinwirkung auf den Gesamtkörper - ebenso wie bei Lärmbelastungen - jedoch in weit geringerem Maße herabgesetzt. Nach Versuchen von COERMANN u.a. (6), bei denen die Fingerpuls-Amplitude gemessen wurden, ist mit besonderer Empfindlichkeit zwischen 3 und 6 Hz zu rechnen. Obgleich dadurch im allgemeinen keine chronischen Schädigungen des Kreislaufes zu erwarten sind, scheint eine gewisse Übereinstimmung des Durchblutungsverlaufes mit dem subjektiv empfundenen Lästigkeitsgrad gegeben zu sein.

Für die Beeinflussung des Hand-Arm-Systems durch mechanische Schwingungen, wie sie z.B. an Motorsägen vorkommen, deuten eigene Einzelversuche darauf hin, daß die Hautdurchblutung an der Fingerkuppe - gemessen über die Wärmeleitfähigkeit der Haut - wesentlich länger anhaltend herabgesetzt wird, als das bei ausschließlicher Lärmeinwirkung der Fall ist.

Über die Schwingungsauswirkung auf das *e n d o k r i n e S y s t e m* liegen bisher keine überzeugenden Resultate vor. Lediglich wurde bei Kaninchen ein Absinken der Blutzucker- und Glykogenspiegel festgestellt, wenn die Tiere Ganzkörper-schwingungen mit 50 Hz ausgesetzt waren (38).

3.2.2.2 Sinnesorgane

Bei Luftschallfeldern intensiver Art, wie sie z.B. durch Strahltriebwerke in der Nähe der Austrittsdüse mit ca. 150 dB entstehen, denen Monteure ausgesetzt sein können, werden durch den starken Luftschall im menschlichen Körper mechanische Schwingungen erregt. Zwar dringen wegen der hohen mechanischen Dämpfung der Körperoberfläche und der darunter

liegenden Schichten hochfrequente Schwingungen nicht tief ein, sondern werden schnell absorbiert. Da jedoch sowohl solche Dauergeräusche als auch kurzzeitige Knalle, etwa beim Abfeuern von Munition oder Raketen, oder sogenannte Überschall-Knalle in ihrem Frequenzspektrum auch hohe Energien im tieffrequenten Gebiet (Infraschallgebiet) enthalten, ist mit mechanischer Schwingungseinwirkung auf den Menschen zu rechnen.

Die Schädigungen sind zeitabhängig. Bei Einwirkungen von wenigen Minuten wird das Wohlbefinden beeinträchtigt. Schallpegel > 140 dB können akute Gesundheitsschädigungen wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen hervorrufen. Es wird angenommen, daß durch Knochenleitung die mechanischen Schwingungen auf das Innenohr bzw. andere Sinnesorgane übertragen werden.

Wie bereits erwähnt, scheinen Rotationschwingungen in einem niederfrequenten Bereich zu einer Reizung des Vestibularapparates zu führen, während translatorische Schwingungen offensichtlich keine Stimulation der Bogengänge hervorrufen (10). Wenn es auch nicht in allen Fällen zu ausgesprochenen Kinetosen kommen muß, so muß doch eine erhebliche Herabsetzung der Leistungsfähigkeit erwartet werden. Bei Geländefahrten mit Kettenfahrzeugen konnten wir unter dem Einfluß von Nickschwingungen eine physiologische Überbelastung mit Übelkeit und Bewußtseinsstörung beobachten. Schlepperfahrer, die Sitze mit starken Nickbewegungen benutzten, empfanden diese Schwingungen weit unangenehmer als bei reiner Vertikal-schwingung (20).

Von den Sinnesorganen scheinen die *A u g e n* besonders empfindlich im Hinblick auf mechanische Schwingungen zu sein. COERMANN (5) hat bei 12 gesunden Versuchspersonen festgestellt, daß bei Frequenzen über 4 Hz eine Verminderung der Sehschärfe zu erwarten ist. Als Ursache wird ein Oszillieren des Bildes auf der Retina angesehen, so daß es zu einem "Verwackeln" kommt. Über 20 Hz tritt bei vielen Menschen eine

Resonanz der Augäpfel innerhalb der Augenhöhle ein. Bei eigenen Versuchen konnten wir eine signifikante Abnahme der optischen Verschmelzungsfrequenz durch Schwingungseinwirkung nachweisen.

Auch ist durch mechanische Schwingungen eine Auswirkung auf die Sprechorgane zu erwarten. Nach MAGID (29) geben Versuchspersonen im Frequenzbereich von 13 - 20 Hz allgemeine Sprachschwierigkeiten an, während es zwischen 6 und 8 Hz zur Unterkieferresonanz und zwischen 12 und 16 Hz zu Kehlkopfstörungen kommen kann.

3.2.3 Chronische Wirkungen mechanischer Schwingungen.

Während die akute Beeinflussung des Körpers durch mechanische Schwingungen sich unmittelbar in physiologischen Veränderungen oder wenigstens in der subjektiven Wahrnehmung äußert, sind chronische Wirkungen erst nach längerer Zeit feststellbar. Es handelt sich hierbei vor allem um Gesundheitsschädigungen, die vorübergehender Natur oder aber irreparabel sein können. Nicht mehr heilbare Schädigungen werden - technisch gesprochen - als Verschleiß bezeichnet. Die Bedeutung dieser Wirkungen liegt darin, daß es, wenn sie erkannt werden, im allgemeinen schon zu spät ist, um ihren negativen Einfluß wiedergutzumachen.

Für eine Untersuchung solcher Dauereinflüsse lassen sich Labormethoden meistens nicht anwenden, es sei denn, man würde versuchen, in Modellexperimenten an Präparaten oder Versuchstieren bestimmte Verschleißerscheinungen zu erzeugen und zu studieren. Das ist jedoch wegen methodischer Schwierigkeiten bisher noch nicht erfolgt.

Aus diesem Grunde wird von einigen Autoren vorgezogen, medizinische Reihenuntersuchungen bei einer größeren Zahl von Personen durchzuführen, die erfahrungsgemäß stärkeren Schwingbelastungen während ihrer beruflichen Tätigkeit ausgesetzt sind. Es liegen bisher nur Ergebnisse solcher Untersuchungen bei Lastkraftwagenfahrern,

vor allem aber bei Schlepperfahrern, vor. Sie betreffen in erster Linie die Feststellung von pathologischen Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule und des Magens, die gegenüber der Dauereinwirkung mechanischer Schwingungen besonders empfindlich sind.

Bei der Versuchsanstellung und Wertung solcher Untersuchungen ist jedoch besondere Sorgfalt am Platze, weil einmal die Schädigungen in den genannten Bereichen von ärztlicher Seite nicht immer in gleicher Weise beurteilt werden. Zum anderen können pathologische Veränderungen des Magens und der Wirbelsäule auch durch andere Einflüsse (Magen: z.B. Essensgewohnheiten, Rauchen, nervöse Zustände; Wirbelsäule: Schwerarbeit, einseitiger Sport) als nur durch mechanische Schwingungen hervorgerufen werden. Schließlich ist gerade bei den Schäden im Bereich der Wirbelsäule zu berücksichtigen, daß angeborene oder in der Jugend erworbene Aufbaustörungen endogen bedingt und von exogen - z.B. durch Schwingungen - verursachten Schäden zu trennen sind. Ebenso ist ein natürlicher altersbedingter Verschleiß der Wirbelsäule - die meisten Degenerationserscheinungen nehmen mit steigendem Alter zu - in die Wertung solcher Ergebnisse mit einzubeziehen.

Aus den genannten Gründen ist die Signifikanz der quantitativen Aussageergebnisse solcher medizinischer Reihenuntersuchungen nicht sehr hoch, weil oft die Vergleichbarkeit mit Arbeiten anderer Autoren einfach nicht gegeben ist, bzw. keine Ausgangsuntersuchungen bei denselben Personen vor Beginn ihrer Tätigkeit als Fahrer vorliegen. Trotzdem läßt sich aus allen derartigen Reihenuntersuchungen dieselbe Tendenz ableiten, nämlich die Feststellung, daß Fahrer von Schleppern und Lastwagen besonders stark durch mechanische Schwingungen beansprucht werden.

So fand ROSEGGER (36) bei 71,3 % von über 300 Traktoristen der Maschinen- und Traktorenstationen pathologische Veränderungen der Wirbelsäule, ein Prozentsatz, der wesentlich höher als bei

Handwerkern (29 %), Fabrikarbeitern (43 %), Bauern (55 %), Bergleuten (70 %) angesehen und nur noch von Lastwagenfahrern (80 %) und Lastträgern (98 %) übertroffen wird.

ZIMMERMANN (45) stellte bei 80 % seiner 137 untersuchten Schlepperfahrer degenerative Wirbelsäulenveränderungen fest, bei Betrachtung der unter 30-jährigen allein 74 %.

Im Bereich des Magens fand ROSEGGER (36) unter den Traktoristen bei 76,1 % nachweisbare Magenveränderungen, wobei atonische Gastropse besonders gehäuft auftrat. Von RENTSCH (35) wurde ein etwas häufigeres Vorkommen von Ulkuserkrankheiten bei Schlepperfahrern als bei anderen in der Landwirtschaft tätigen Berufsgruppen ermittelt. Nach Reihenuntersuchungen von PETRY (34) hat die Ulkuserkrankheit bei Straßenbahnern eine erkennbare Rolle, die zur Quittierung des Verkehrsdienstes führt. 20 % von 400 Traktoristen klagten in einer Untersuchung von KUBIC (27) über gastrointestinale Beschwerden. Gastropse trat jedoch nach röntgenologischen Befunden nicht häufiger als bei der normalen Bevölkerung auf.

Gegenüber solchen Untersuchungen sind wir in unseren Reihenuntersuchungen (18) anders vorgegangen, weil wir Wert darauf legten, nur Personen zu erfassen, die am Anfang ihres Berufslebens stehen und bis dahin noch gar nicht oder nur wenig Schlepper gefahren hatten. Sie wurden daher mit einem Durchschnittsalter von 17,4 Jahren im Winter 1960/61 erstmals medizinisch untersucht. Es ist beabsichtigt, diese Gruppe junger Landwirte über längere Zeit zu verfolgen. Die erste Nachuntersuchung fand 1966, also 5 Jahre nach der Ausgangsuntersuchung, statt, wobei noch 137 Personen erfaßt werden konnten. Dabei mußten wir eine Zunahme der mit Sicherheit ungünstigen Röntgenbefunde im Bereich der Wirbelsäule von 52,5 % (1960/61) auf 68,7 % (1966) bei derselben Personengruppe feststellen. Auch die klinischen Befunde deuten in dieselbe Richtung. Da es sich bei den gefundenen Anomalien nicht um typische Ver-

schleißerscheinungen, sondern nach der derzeitigen Lehrmeinung im wesentlichen um endogen bedingte Wachstumsstörungen handelt, können wir einen kausalen Zusammenhang mit dem Schlepperfahren z.Zt. noch nicht nachweisen.

Für die gegenüber 1960/61 jetzt festgestellten verschlimmerten Befunde - 26,3 % aufgrund der Röntgenuntersuchung, 35,8 % aufgrund der klinischen Untersuchung - kann ein solcher Zusammenhang jedoch nicht ausgeschlossen werden. Während vor 5 Jahren nur 20,4 % der Untersuchten gelegentlich Schmerzen im Bereich der Wirbelsäule angaben, meldeten jetzt 47 % unserer Landwirte solche Beschwerden an. Die Aufgliederung der gesamten Personengruppe nach dem Umfang der gefahrenen Schlepperstunden ergab eine deutlich stärkere Häufigkeit von Beschwerden und ungünstigen Röntgenbefunden im Bereich der Wirbelsäule sowie auch der Magenbeschwerden mit Zunahme des Schlepperfahrens (Abbildung 5).

Ohne schon jetzt einen schlüssigen Beweis liefern zu können, sehen wir aufgrund dieser Resultate einen begründeten Verdacht auf die Möglichkeit von Wirbelsäulenschädigungen durch starke mechanische Schwingungen als gegeben an. Es ist vorgesehen, unsere Population mit einem Durchschnittsalter von jetzt erst 23 Jahren nach weiteren 5 bzw. 10 Jahren wieder zu untersuchen. Dabei ist zu erwarten, daß dann auch Untersuchungsergebnisse von Personengruppen anderer Berufe vorliegen, die im Rahmen des Jugendarbeitsschutzgesetzes erfaßt wurden und als Vergleichspopulation dienen können.

Auch im Bereich des Hand-Arm-Systemes sind durch Einwirkung mechanischer Schwingungen, wie sie z.B. an Motorsägen oder Preßluftschlämmern vorkommen, chronische Schädigungen zu erwarten. KAMINSKY (26) stellte durch Umfrage in Forstämtern 101 pathologische Fälle von Vibrationschädigungen bei Waldarbeitern, die mit Motorsägen arbeiten, fest. Da von den mit Preßluftschlämmern arbeitenden Bergleuten nur etwa 1 % an Gelenkschäden erkrankten, ist neben der nachgewiesenen mechanischen Einwirkung eine konstitutionelle Bereitschaft der Betroffenen anzunehmen (1). Im Bereich des Hand-Arm-Systems

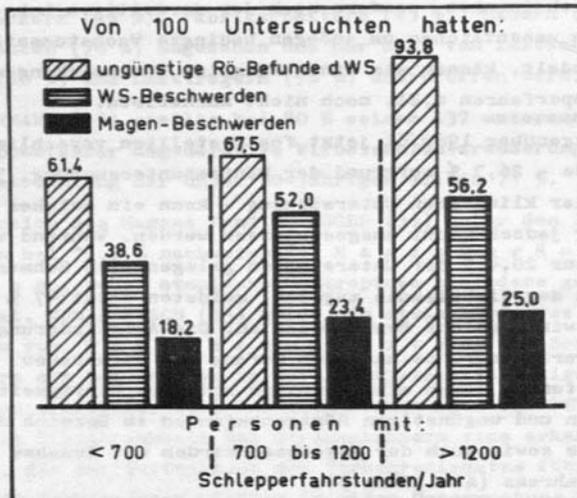


Abb. 5: Befunde und Umfang des Schlepperfahrens (S. 263)

ist das Ellbogengelenk mit 69,7 % am häufigsten betroffen (44). Es folgen das Mondbein mit 20 %, das Schultergelenk mit 4 %, das Kahnbein mit 3 %. Unter bestimmten Voraussetzungen - z.B. mindestens 3jähriger Dauer der schädigenden Einflüsse - werden solche nachgewiesenen Veränderungen, z.B. die Osteochondrosis dissecans des Ellbogengelenkes nach der Berufskrankheitenverordnung als Berufskrankheit anerkannt (43).

3.2.4 Subjektive Beurteilung mechanischer Schwingungen

Im vorigen Abschnitt wurde angeführt, daß Personen, die in stärkerem Maße mechanischen Schwingungen ausgesetzt sind, festgestellte gesundheitliche Beschwerden oft mit der Schwingbelastung in Zusammenhang bringen. Aber auch im Rahmen von experimentellen Laborversuchen ist man oft auf die subjektive Beurteilung der Schwingungen durch Versuchspersonen angewiesen, wenn keine geeigneten physiologischen Kriterien meßbar sind. Schließlich interessieren neben den meßbaren objektiven physiologischen Veränderungen, über deren praktische Bedeutung man sich, wie schon festgestellt, nicht in allen Fällen sicher ist, zweifellos die Stärke der subjektiven Wahrnehmung bzw. Erträglichkeit.

Von verschiedenen Forschern sind solche Versuchsreihen zur Bewertung von Sinusschwingungen verschiedener Frequenz und Amplitude mit dem Ziele angestellt worden, Kurven verschiedener Erträglichkeitsstufen für praktisch anwendbare Richtlinien zu ermitteln. Die Tatsache, daß die Ergebnisse verschiedener Autoren oft stark voneinander abweichen, liegt in grundsätzlichen Grenzen der Aussagekraft solcher subjektiver Urteile begründet, die bekannt sein müssen, wenn man entsprechende Versuche anstellt:

- I. Es gibt keinen speziellen Schwingungsrezeptor im menschlichen Körper, sondern eine Vielfalt von Wirkungen in den verschiedenen Körperbereichen, die individuell stark unterschiedlich gewertet werden. (So lassen sich z.B.

Personengruppen unterscheiden, die im Bereich des Kopfes und solche, die im Bereich der inneren Organe des Abdomen und Thorax besonders empfindlich sind).

II. Der Mensch hat nur ein sehr kurzes Schwingungsgedächtnis, mit dessen Hilfe er versuchen kann, zwei verschiedene Schwingungen miteinander zu vergleichen. Obwohl Einzelversuche, bei denen von den Versuchspersonen eine subjektive Beurteilung verlangt wird, nicht zu kurz sein dürfen, um einen ausreichenden Eindruck der Schwingungswirkung zu hinterlassen, dürfen sie daher auch nicht zu lang dauern, damit das "Schwingungsgedächtnis" nicht überfordert wird.

III. Wegen der schon schwierigen subjektiven Beurteilung mechanischer Schwingungen ist großer Wert darauf zu legen, daß andere Einflüsse (z.B. Lärm, Sitzzuordnung zu Fußstütze und Handgriffen) ausgeschaltet bzw. konstant gehalten werden.

Durch Versuche von MANDEL (30) wurde festgestellt, daß es noch verhältnismäßig einfach und mit Standardabweichungen von $\pm 10\%$ möglich ist, die obere Kurzzeittoleranz für Sinusschwingungen zu bestimmen. Das gilt für gesunde junge Männer, während weibliche und ältere Personen meist wesentlich weniger tolerant gegenüber Vibrationen sind. Bei Schwingungsstärken, die unterhalb der Kurzzeittoleranzgrenze liegen, muß man nach unseren Versuchsreihen mit Standardabweichungen von etwa 25% rechnen. Bei Ablenkung der Aufmerksamkeit der Versuchspersonen durch eine zusätzliche Aufgabe werden dem Schwingungsgedächtnis zu wenig Informationen zugeführt, so daß die Streuung der Versuchswerte noch erheblich vergrößert werden kann.

Es kann nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, die vielfältigen Untersuchungsergebnisse aufzuzeigen und zu interpretieren. An dieser Stelle mag es genügen, darauf hinzuweisen, daß für Deutschland die VDI-Richtlinie 2057 "Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen" (letzte Aus-

gabe vom Okt. 1963) (42) vorliegt. An den Grundlagen für diese Richtlinien haben 25 Fachleute aus Instituten und der Industrie mitgearbeitet. Wissenschaftliche Erkenntnisse der letzten 5 Jahre haben gezeigt, daß in dieser Richtlinie die besondere Empfindlichkeit des Menschen im Hauptresonanzbereich (3 - 6 Hz) noch zu wenig berücksichtigt wird. An einer Verbesserung der Richtlinie, allerdings in Übereinstimmung mit einem von der ISO ⁺ zu erwartenden international gültigen Vorschlag, wird z.Zt. gearbeitet. Über den Einfluß stochastischer Schwingungen, über den Zeiteinfluß sowie die Pausenwirkung liegen bisher kaum Kenntnisse vor, so daß diese Faktoren noch nicht in die Richtlinie eingearbeitet wurden.

3.2.5 Leistungsminderung

Abgesehen von einigen, anfangs angeführten Beispielen einer positiv zu wertenden Stimulation durch mechanische Schwingungen geringen Grades oder geringer Dauer muß angenommen werden, daß Erschütterungen, die von Maschinen oder Fahrzeugen auf den Menschen übertragen werden, bei längerer Einwirkung zu Leistungsminderung führen. Das ist auch aufgrund der diskutierten akuten und chronischen Wirkungen zu erwarten. Untersuchungen, die diese Fragestellung klären sollen, lassen sich bei praktischen Arbeiten kaum anstellen, weil hierbei neben der Schwingungseinwirkung unkontrollierbare belastende Einflüsse hinzukommen. Man ist daher auf Laborversuche angewiesen.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen den Folgen einer Beanspruchung durch die reaktive Muskelarbeit, also durch die passive Arbeit, und den indirekten psychischen Effekten, die die Leistung beeinflussen können. Nach DIECKMANN (10) wirken die mechanischen Schwingungen geringer Größe wie Narkotika, d.h. vorwiegend zentral und dann erst peripher. Psychische "Enthemmungen" wurden bei schwachen Erregungen beobachtet, begleitet von einem Abfall der Leistungsfähigkeit. Treten

⁺) Internationaler Normen-Ausschuß (ISO)

bei stärkerer Schwingungseinwirkung die Abwehrmaßnahmen des Körpers in Funktion, so ist häufig wieder eine Zunahme der Leistungsfähigkeit zu verzeichnen, die jedoch nur solange anhalten kann, bis die Ermüdung sich auswirkt.

Bei der Anwendung von Leistungstests für solche Untersuchungen ist davon abzugehen, daß die mechanischen Wirkungen sich unmittelbar nach Beginn der Schwingungen einstellen, während die indirekten psychischen Einflüsse sich oft erst später bemerkbar machen und meist erst nach Ende der Schwingbelastung allmählich abklingen.

Bei Untersuchungen dieser Art ist meist die Wirkung auf die *psychomotorische Funktion* studiert worden, weil diese für die Steuerung von Flugzeugen und Kraftfahrzeugen von ausschlaggebender Bedeutung sind. HUANG und SUGGS (25) stellten eine Zunahme der Steuerfehler mit steigender einwirkender Beschleunigung bei Schwingungen in lateraler Y-Richtung fest.

Dieselbe Tendenz zeigte sich in Versuchen von HORNICK (23) mit einem Fehlermaximum bei 1,5 Hz. Auch nach Ende der Schwingbelastung wurde noch eine verringerte Steuergenauigkeit gegenüber der Ruhelage vor dem Versuch festgestellt. Dagegen wurde der Grad der Fußdruckkonstanz, der sich unter Vibrationseinfluß besonders stark zwischen 1,5 und 3,5 Hz vermindert hatte, nach Versuchsende sehr schnell wieder normalisiert. Hinsichtlich der Reaktionszeit ergaben sich unter Schwingungseinfluß keine signifikanten Veränderungen.

3.3 Schutz gegenüber mechanischen Schwingungen

Die in den beiden ersten Abschnitten des methodischen Teiles aufgezeigten Schwingbelastungen und akuten und chronischen Schädigungsmöglichkeiten haben deutlich gemacht, daß in unserem technischen Zeitalter Schutzmaßnahmen für den Menschen erforderlich sind. Diese sind zum größten Teil rein *technischer Art*, können jedoch auch *vom Menschen* her getroffen werden.

Zu den zuletzt genannten Maßnahmen zählen z.B. die Eignungsuntersuchungen im Hinblick auf eine Disposition zur Erkrankung der Armgelenke bei Arbeiten mit Preßluftwerkzeugen (22), die prophylaktische Untersuchung der Wirbelsäule und des Magens bei künftigen Fernlastfahrern und Baumaschinisten sowie die richtige Verhaltensweise bei der Arbeit selbst. Bei Waldarbeit mit Motorsägen kann jede Änderung des Arbeitsablaufes, die den Mann zeitweise von der Bedienung der Säge freistellt, den schädigenden Einflüssen begegnen. Fahrer von Geländefahrzeugen, Baumaschinen und landwirtschaftlichen Schleppern sollten den Magen nicht durch zu reichliche und schwere Mahlzeiten unmittelbar vor dem Fahren zu stark belasten. Bei fahrbaren Arbeitsmaschinen kann ein zeitweises Fahren im Stehen während besonders starker Schwingbelastung die *menschliche Beanspruchung* wesentlich herabsetzen.

Weit wichtiger sind allerdings alle *technischen Maßnahmen*, die zu einer Schwingungsisolierung des Menschen führen. Hier gibt es zunächst die aktive Schwingungsisolierung und *Schwingungsentstörung*, die die Entstehung mechanischer Schwingungen überhaupt vermeidet oder deren Ausmaß vermindert. Das betrifft sehr vielfältige Bereiche, die von konstruktiven Maßnahmen zur Vermeidung von Unwuchten an Maschinen bis zur Kunst des unebenhheitsfreien Straßenbaues gehen.

Passive Schwingungsisolierung besteht darin, einmal entstandene Schwingungen an einer Maschine oder einem Fahrzeug in ihrer Übertragung auf den Menschen zu vermindern. Hierbei wird die Isolierwirkung um so besser, je tiefer die Eigenfrequenz des zu schützenden Systems gegenüber dem Erregungssystem liegt. Beispiele sind alle elastischen Lagerungen für Maschinen und Motoren auf der Basis von Metallgummielementen ("Gimetal" oder "Schwingmetall"). In Fahrzeugen kommt es darauf an, Resonanzschwingungen zu vermeiden. Da bei Straßen- und Geländefahrzeugen

immer mit der Entstehung von niederfrequenten Schwingungen im Bereich von 2 - 6 Hz gerechnet werden muß, sollte die Eigenfrequenz des Systemes Sitz - Mensch möglichst unter 2 Hz liegen. Es sind dann allerdings verhältnismäßig große Schwingwege zu erwarten, deren Zumutbarkeitsgrenze im allgemeinen ± 50 mm (abhängig von der Art des Fahrzeuges) wegen der starken Relativbewegungen zu allen Pedalen und Handhebeln nicht überschreiten sollte. Ein gut abgestimmter Stoßdämpfer kann jedoch dafür Sorge tragen, daß die Schwingwege schnell abklingen.

In besonders ungünstigen Fällen, wie sie bei schweren ungefederten Erdbaumaschinen (z.B. Schürfkübelwagen) auftreten, genügen diese Maßnahmen unter Umständen nicht mehr. Hier könnte ein Servostabilisationssystem des Sitzes oder ggf. der gesamten Fahrerkabine mit den Fuß- und Handhebeln den Fahrer völlig vor den Wirkungen mechanischer Schwingungen schützen. Ein solches System beruht darauf, daß die Bewegungen, die der Sitz eigentlich ausführen sollte, um zu "schweben", von einem Weggeber mit sehr weich aufgehängter Masse vorgegeben und einem Regelsystem zugeführt werden. Dieses steuert ein hydraulisches Ventil, durch das der am Fahrzeug sowieso vorhandene Öldruck dem Sitzführungszyylinder zugeleitet wird. Das Regelsystem sorgt also dafür, daß der Fahrersitz in vertikaler Richtung stabilisiert wird und keinerlei mechanische Schwingungen auf den Fahrer überträgt. Dieses System mag ein Beispiel dafür sein, wie man Nachteile der Technik mit Hilfe ihrer selbst wieder beseitigen kann.

4. Zusammenfassung

Mechanische Schwingungen, denen der Mensch ausgesetzt ist, können eine ganze Skala von Wirkungen zur Folge haben, die von Entspannung über Lästigkeit, Arbeitsbehinderung und Leistungsverminderung bis zu gesundheitlichen Schädigungen reicht. Da es für die Beurteilung der Schwingungseinwirkung notwendig ist, die in der Praxis bei Maschinen und Fahrzeu-

gen vorkommenden Schwingungen zu kennen, werden nach einer Definition der wichtigsten Schwingungsbegriffe zunächst die meisttechnischen Möglichkeiten diskutiert. Dann werden die Methoden zur Untersuchung der Schwingungsauswirkung auf den Menschen besprochen, wobei zwischen dem schwingungsmechanischen Verhalten des Körpers, akuten physiologischen Wirkungen, chronischen Dauereinwirkungen, subjektiver Wahrnehmung und Leistungsminderung unterschieden wird. Ein Schlußkapitel ist den Schutzmaßnahmen gegenüber mechanischen Schwingungen gewidmet.

Literaturverzeichnis

1. BÜRKLE de la CAMP, H. Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, Bd. I und III., 3. Auflage (1963)
2. CARTER, E.T., E.J. LARGENT und W.F. ASHE Tierexperimentell beobachtete Reaktionen auf mechanische Ganzkörperschwingung - Teil II: Metabolischer Gasaustausch. Archives of Environmental Health, Chicago, Ill. USA, 2, 4, 378-383 (1961)
3. CHRIST, W. und H. DUPUIS Über die Beanspruchung der Wirbelsäule unter dem Einfluß sinusförmiger und stochastischer Schwingungen. Int.Z.angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol. 22, 258-278 (1966)
4. COERMANN, R. Physiologische Schwingungsprobleme in Fahrzeugen. Zentralblatt für Verkehrs-Medizin, Verkehrs-Psychologie, Luft- u. Raumfahrt-Med. 11, 3 17 (1965)
5. COERMANN, R. und W.O. LANGE Visual acuity under vibration Human factors J. 4, 291-300 (1962)
6. COERMANN, R., A. OKADA und I. FRIELING Vegetative Reaktionen des Menschen bei niederfrequenter Schwingungsbelastung. Int.Z.angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol.,Bd. 21, 150-168 (1965)
7. DIECKMANN, D. Mechanische Modelle für den vertikal schwingenden menschlichen Körper. Int.Z.angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol., Bd. 17, 67-82 (1958)

8. DIECKMANN, D. Einfluß horizontaler mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Int.Z. angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol. Bd.17, 83-100 (1958)
9. DIECKMANN, D. Ein mechanisches Modell für das schwingungserregte Hand-Arm-System des Menschen Int.Z.angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol.,Bd. 17, 127-132 (1958)
10. DIECKMANN, D. Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. In: Handbuch der gesamten Arbeitsmed., Band I: Arbeitsphysiologie, S. 701-717, München (1961)
11. DIECKMANN, D. Über die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Arbeit und Leistung 17, 12, Fachbericht Nr. 3, F 29 - F 40 (1963)
12. DUPUIS, H. Schwingungsuntersuchungen bei Schlepfern auf einem Rollenprüfstand. Landtechn. Forschung 10, 6, 145-156 (1960)
13. DUPUIS, H. Statistische Erfassung von Schwingungen, die auf den Menschen einwirken. In: Beiheft 1 zur Arbeitswissenschaft, S.138-142 (1963)
14. DUPUIS, H. Über das Schwingverhalten des Magens unter dem Einfluß sinusförmiger und stochastischer Schwingungen. Int.Z.angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol.,22, 149-166 (1966)
15. DUPUIS, H. Arbeitsmedizinische Untersuchungen der Schwingungseinwirkung auf Wirbelsäule und Magen bei Kraftfahrern. 11. International.automobiltechn.Kongreß (FISITA) Dokumentation C 5 München (1966)

16. DUPUIS, H. und
H.A. BROICHER
Schwingungsuntersuchungen mit elektronischer Klassierung bei praktischen Fahrversuchen. Landtechn.Forschung 12, 2, 40 - 43 (1962)
17. DUPUIS, H. und
H.A. BROICHER
Elektronisch-statistische Meßmethode zur quantitativen Bewertung von Fahrzeugschwingungen ATZ 64, 3, 78-81 (1962)
18. DUPUIS, H. und
W. CHRIST
Untersuchung der Möglichkeiten von Gesundheitsschäden im Bereich der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern. Herausg. Max-Planck-Institut f.Landarbeit u. Landtechnik, Bad Kreuznach (1966)
19. DUPUIS, H. und
E. HARTUNG
Schleppersitzuntersuchungen mit Hilfe eines servo-hydraulischen Schwingungssimulators. Landtechn.Forschung 16, 5, 163-171 (1966)
20. DUPUIS, H.,
R. PREUSCHEN und
B. SCHULTE
Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. Heft 20. Landarbeit u. Technik, 177 S., Dortmund u.Bad Kreuznach (1955)
21. HAAS, T.
Loading statistics as a basis of structural and mechanical design. Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH, 14 S., Darmstadt (1962)
22. HETTINGER, Th.
Ein Test zur Erkennung der Disposition zu Sehnenscheidenentzündungen. Int.Z. angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol. Bd. 16, 472-479 (1957)

23. HORNICK, R.J.
The effects of tractor vibration upon operator work performance. ASAE-Paper No. 61-131, Agricultural Engineering 42, 12, 674-675 u. 696-697 (1961)
24. HORNICK, R.J.,
CH.A. BOETCHER and
A.K. SIMONS
The effect of low frequency high amplitude, whole body, longitudinal and transverse vibration upon human performance. Final Report, Contract No. DA-11-022-509-ORD-3300, Bostrom Research Laboratories, Milwaukee/Wis. (1961)
25. HUANG, B.K. and
C.W. SUGGS
Vibration studies of tractor operators ASAE-Paper No.65-610, St.Joseph/Mich. (1965)
26. KAMINSKY, G.
Auswirkung von Schwingungseinwirkungen über das Hand-Arm-Körper-System bei der Benutzung von Motorsägen. In: XV. Int.Kongreß für Arbeitsmedizin, Dokumentation Bd. IV, S. 201-204, Wien (1966)
27. KUBICK, S.
Gesundheitliche Schäden bei Traktoren. In: XV. Int.Kongreß für Arbeitsmedizin, Vortrag C II-7, Wien (1966)
28. LANGE, W. und
R. COERMANN
Relativbewegungen benachbarter Wirbel unter Schwingungsbelastung. Int.Z. angew.Physiol.einschl.Arbeitsphysiol. Bd. 21, 326-334 (1965)
29. MAGID, E.B.,
R.R. COERMANN and
G.H. ZIEGENRÜCKER
Human tolerance to whole body sinusoidal vibrations. Aerospace Medicine 31, 11, 915-924 (1960)

30. MANDEL, M.J. and R.D. LOWRY One-minute tolerance in man to vertical sinusoidal vibration in the sitting position AMRL-TDR-62-121, Dayton/Ohio/USA (1962)
31. MITSCHKE, M. Beitrag zur Untersuchung der Fahrzeugschwingungen (Theorie und Versuch) Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik, Heft 157, 70 S. (1962)
32. MÜLLER, E.A. Die Wirkung sinusförmiger Vertikal-schwingungen auf den sitzenden und stehenden Menschen, Arbeitsphysiologie 10, 5, 459-476 (1939)
33. NICKERSON, J. and R. COERMANN Internal body movements resulting from externally applied sinusoidal forces. AMRL-TDR-62-81 Dayton/Ohio/USA (1962)
34. PETRY, H. Untersuchungen über chronische Magen-erkrankungen in einem Nahverkehrsbe-trieb. XV. Int.Kongreß f.Arbeitsmedizin Vortrag C IV-9, Wien (1966)
35. RENTSCH, H.-J. Ulkuskrankheit und Landarbeit. S.53-70. Diss.Humboldt-Universität Berlin (1960)
36. ROSEGGER, R. and S. ROSEGGER Arbeitsmedizinische Erkenntnisse beim Schlepperfahren. Archiv f. Landtechnik, 2, 1, 3-65 (1960)
37. SASSOR, H.-J. und H. KRAUSE Auswirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, RKW-Reihe Arbeits-physiologie - Arbeitspsychologie S.13, Berlin, Köln, Frankfurt (1966)

38. SINICYN, S.N. und G.J. RUMJANVEC Untersuchungen der Wirkung von Ganz-körpervibrationen auf den Kohlehydrat-stoffwechsel und Adrenalinaktivität im Experiment. Gigiena truda i pro-fessional'nye zabolevanija 8, 3-7 (1964)
39. SÖHNE, W. Stand des Wissens auf dem Gebiet der Fahrzeugschwingungen unter besonderer Berücksichtigung landwirtschaftlicher Fahrzeuge. Grundlagen der Landtechnik 15, 1, 11-22 (1965)
40. STEINBRENNER, H. und K.W. DUGGE Ein einfaches Verfahren zum Vergleich der Schwingungsverhältnisse und des Fahrkomforts ähnlicher Fahrzeuge. ATZ 64, 3, 73 - 77 (1962)
41. UZ, E. Auf den Fahrer einwirkende Vertikal-schwingungen bei Schleppern und Land-maschinen (elektronische Beschleuni-gungsmessungen mit statistischer Aus-wertung bei prakt. Fahrversuchen) Diss. Justus Liebig- Univ. Gießen, 101 S. (1964)
42. VDI-Richtlinie 2057: Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Reuth-Vertrieb Berlin (1963)
43. WEIL, S. Die Osteochondrosis dissecans und die degenerativen Erkrankungen des Ellen-bogengelenkes. In: Handbuch der Ortho-pädie, Thieme Stuttgart (1959)
44. WITT, A.N. und H. RELTIG Berufs- und Arbeitsschäden. Handbuch der Orthopädie, Thieme Stuttgart (1959)
45. ZIMMERMANN, G. Gesundheitliche Schädigungen bei Trak-torfahrern mit besonderer Berücksichti-gung der Wirbelsäule, unveröff. Vortrags-manuskript, XV. Int. Kongreß f. Arbeits-medizin, Vortrag C II-10, Wien (1966)

Entwicklungen und Grenzen in der Mechanisierung der Landwirtschaft.

R. Engel

Die in der Landwirtschaft eingesetzten mechanischen Hilfsmittel haben bisher nicht nur die Abnahme der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft aufgefangen, sondern sie haben darüber hinaus auch die Arbeitsproduktivität der Betriebe steigern können, indem trotz Abwanderung der Arbeitskräfte der Produktionswert gesteigert wurde. Es erhebt sich die Frage, ob der Einsatz immer neuerer leistungsfähigerer und damit meist teurerer Maschinen dem Landwirt in jedem Fall eine bessere Arbeitsproduktivität und damit ein höheres Einkommen bringen wird, oder ob die Kostenbelastung durch stärkeren Maschineneinsatz die Landwirtschaft mit seinen Produktionsgebundenheiten und seinen strukturellen Gegebenheiten über Gebühr belastet.

Dazu muß zunächst festgestellt werden, daß in der Landwirtschaft grundsätzlich andere Produktionsbedingungen bestehen als in der Industrie. Die Frage nach der Rentabilität des Maschineneinsatzes ist sehr viel schwieriger zu beantworten und die Zusammenhänge sind komplexer.

1. Grenzen der Mechanisierung.

Wer in industriellen Maßstäben und Vorstellungen zu denken gewohnt ist, muß sich zunächst vorstellen, daß in der Landwirtschaft, also bei der Bearbeitung des Bodens und bei der Arbeit mit Tieren eine ständige Auseinandersetzung mit der Natur stattfindet. Trotz aller technischen Hilfsmittel wird diese Abhängigkeit bleiben.

11. Biologische Grenzen.

Die Abhängigkeit von der Natur gestattet z.B. nicht, die Produktion zeitlich in einen gleichbleibenden Fluß einzuordnen. Weiter erlaubt sie in den meisten Fällen keine Spezialisierung auf ein Produkt, sondern legt uns die Innehaltung gewisser Gesetzmäßigkeiten und Abhängigkeiten auf. So sind allen Bemühungen um eine Mechanisierung in der Landwirtschaft sehr viel engere Grenzen gesetzt als in der Industrie.

Der wesentliche Unterschied besteht jedoch darin, daß die Maschine in der Landwirtschaft keinen unmittelbaren Produktionseffekt besitzt, im Gegensatz zur Maschine in der Industrie, bei welcher ein direkter Zusammenhang zwischen Maschinenleistung und Produktion besteht. Wird die Leistung der Industriemaschine verdoppelt, so wird damit gewöhnlich auch eine Verdopplung der Produktion, z.B. der Stückzahl, erzielt.

12. Betriebsgrößen, Parzellengrößen.

Weiter setzen die Gegebenheiten der Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft den Bemühungen um eine Mechanisierung Grenzen. Begrenzenden Einfluß auf die Größe der Maschinen haben vor allem die Betriebsgröße, die Parzellengröße, die Herdengröße usw. Daneben fordern biologische Gegebenheiten ein Nacheinanderfolgen der Arbeiten in bestimmten Zeitintervallen, sie verhindern weiter aus Gründen der Fruchtfolge und aus wirtschaftlichen Gründen die Ausdehnung der Produktionsrichtungen über ein bestimmtes Maß. Die wesentlichste Bedeutung wird der Parzellengröße für den Effekt der Mechanisierung beigemessen, es wird immer wieder vermutet, je größer die einzelnen Flächen sind, umso rationeller ließen sich auch leistungsfähige Maschinen einsetzen. Wo liegt hier aber eine Grenze oder wo sind hier Schwellenwerte erkennbar? Bei der Wertmessung dieser Frage muß berücksichtigt werden, daß die

Arbeit auf dem Felde im bäuerlichen Familienbetrieb in Dorf-
lage und bei mäßiger Flurzersplitterung nur rund 45 % der
gesamten Arbeitszeit ohne Berücksichtigung des Aufgabenbe-
reichs der Landfrau beträgt (RÖHNER 6). Der Arbeitsaufwand
auf kleinen Parzellen wird im wesentlichen durch die Feld-
länge und der damit verbundenen größeren Anzahl von Wen-
dungen erhöht.

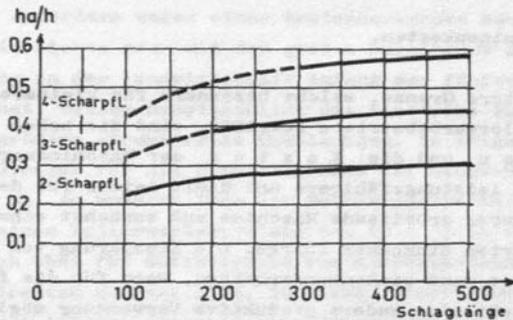


Abb.1 Stundenleistung beim Pflügen (ha/h) in
Abhängigkeit von der Schlaglänge

In der Abb. 1 wird die Stundenleistung in Abhängigkeit von
der Feldlänge bei 2-, 3- und 4-scharigen Pflügen dargestellt.
Es zeigt sich, daß bei Parzellenlänge von mehr als 200 m
nur noch unwesentliche Leistungssteigerungen eintreten. Der
Mehraufwand durch zu kleine Parzellen entsteht vielmehr immer
dann, wenn die Flächenleistung der Maschinen und Geräte je
Halbtag größer als das zu bearbeitende Feld ist, weil dann
beim Wechseln der Arbeit innerhalb des Halbtages zusätzliche
Rüstzeiten entstehen. Es ergeben sich dann bei mittleren Feld-
längen von 300 m für das Beispiel des Pflügens für den 2-, 3-
oder 4-scharigen Pflug Schlaggrößen von 1,4, 2,1 oder 2,8 ha.
Vergleicht man die Leistung anderer Arbeiten und Arbeitsver-
fahren, so muß man feststellen, daß nur wenige Arbeiten die
Grenze von 3 ha je Halbtag überschreiten. Es ist daraus zu
folgern, daß auch für leistungsstarke Arbeitsverfahren bei

Schlepperleistungen bis zu 60 PS Feldgrößen von z.B. 2 - 4 ha
ausreichend sind. Diese Feldgrößen sollten allerdings heute
für einen Vollerwerbsbetrieb vorhanden sein oder durch Flur-
bereinigung entstehen, da sonst die Stundenleistung stark ab-
fällt und damit die Kosten der Arbeitserledigung entsprechend
steigen.

13. Maschinenkosten.

Eine weitere Grenze, welche besonders für kleinere und mitt-
lere Vollerwerbsbetriebe zutrifft, sind die hohen *I n v e s t i -*
t i o n e n und die *K o s t e n* der Maschinenarbeit. Jede
größere, leistungsfähigere und damit leider für den Landwirt
immer teurer arbeitende Maschine muß zunächst einmal zu einem
verringerten Einkommen führen. Die Einsparung von Arbeitszeit
wirkt erst dann einkommenserhöhend, wenn für die freigewordene
Arbeitszeit eine andere produktive Verwendung möglich ist oder
eine freiwerdende Arbeitskraft aus dem Betrieb ausscheidet.
Sollen die Maschinenkosten für kleinere und mittlere Betrie-
be tragbar sein, so müssen sie vor allem mit einem geringen
Maschinenkapital auskommen, weil bei den meisten Landmaschi-
nen hauptsächlich die vom Anschaffungspreis abhängigen Ab-
schreibungen und Zinsen den größten Teil der jährlichen Kosten
einnehmen. Es ist deshalb bei einer Maschinenanschaffung
darauf zu achten, daß eine möglichst gute Ausnutzung der Ka-
azität in der Betriebsorganisation eingeplant wird, bzw.
daß Kosten und Leistung der Arbeitshilfsmittel im rechten
Verhältnis zum Arbeitsaufwand stehen. Das gilt im Prinzip
auch für einen relativ gut ausgenutzten Schlepper. Hier be-
tragen die Abschreibungen und Zinsen fast 40 % seiner jähr-
lichen Gesamtkosten, während durch sehr viel schlechter aus-
genutzte Maschinen im hochmechanisierten Betrieb im Durch-
schnitt über 60 % der jährlichen Maschinenkosten durch Ab-
schreibungs- und Zinskosten entstehen.

2. Strukturelle Charakteristik der landwirtschaftlichen Betriebe in der Bundesrepublik.

21. Betriebsgröße.

Die im ersten Abschnitt skizzierten Gegebenheiten in der Landwirtschaft erfordern wegen einer kostendeckenden Mechanisierung, die nichts mehr mit dem großen Durchbruch der Mechanisierung in der Landwirtschaft Anfang der fünfziger Jahre zu tun hat, welche hauptsächlich die tierische Zugkraft ersetzte, größere strukturelle Umwälzungen. So zeigen sich deutliche Grenzen für die Betriebsgrößen der deutschen Landwirtschaft ab. Am unteren Ende der Betriebsgrößenskala werden die kleinen Vollerwerbsbetriebe von 10 - 35 ha stehen, während nach oben für Gutsbetriebe von mehreren hundert Hektar keine Grenzen gesetzt sind. In diesem Bereich machen sich nach den letzten statistischen Erhebungen deutliche Verschiebungstendenzen bemerkbar. Die bisherige Tendenz, wonach sich bei einem Rückgang der Gesamtzahl der landwirtschaftlichen Betriebe eine Umschichtung von den unteren Größenklassen zum mittelbäuerlichen Bereich vollzieht, hielt auch 1965/66 an (8). Siehe auch Tabelle 1 und 2.

Wenn man von den Betrieben unter 10 ha absieht, von denen der größere Prozentsatz als Zuerwerbs- oder Nebenerwerbsbetrieb bewirtschaftet wird, so muß man erkennen, daß die Gruppe 10 - 20 ha LN die meisten Vollerwerbsstellen mit 240 535 Betrieben stellt. Auch hinsichtlich der LN in ha mit 4,0 Mill. steht diese Gruppe an der ersten Stelle vor der nächst höheren Gruppe von 20 - 50 ha mit 3,9 Mill. ha LN. Die Gruppe mit über 100 Hektar besitzt mit zahlenmäßig 2 745 Betrieben nicht die vorherrschende Bedeutung, so daß wir bei den weiteren Betrachtungen die Ansprüche dieser wenigen Großbetriebe an die Mechanisierung ausklammern möchten.

Tab. 1

Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe nach Größenklassen der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Bundesgebiet

Gliederung	0,5 bis 2 ha LN	2 bis 5 ha LN	5 bis 10 ha LN	10 bis 20 ha LN	20 bis 50 ha LN	50 bis 100 ha LN	100 und mehr ha LN	insgesamt
Zahl der Betriebe in 1000								
1949 *)	598,0	553,5	403,8	256,3	112,4	12,6	3,0	1 939,6
1960	462,8	387,1	343,0	286,5	122,0	13,7	2,6	1 617,7
1965	393,1	321,9	292,4	292,1	135,0	14,4	2,7	1 451,6
1966	386,4	309,9	281,4	290,9	138,0	14,5	2,8	1 423,9
Veränderung (± 1000)								
1966 zu 1949	-211,6	-243,6	-122,4	+ 34,6	+ 25,6	+ 1,9	- 0,2	- 515,7
1966 zu 1960	- 76,4	- 77,1	- 61,6	+ 4,4	+ 16,0	+ 0,8	+ 0,1	- 193,8
1966 zu 1965	- 6,7	- 11,9	- 11,0	- 1,2	+ 3,0	+ 0,1	+ 0,0	- 27,7
± in %								
1966 zu 1949	- 35,4	- 44,0	- 30,3	+ 13,5	+ 22,8	+14,7	- 7,0	- 26,6
1966 zu 1960	- 16,5	- 20,1	- 18,0	+ 1,5	+ 13,1	+ 5,9	+ 4,7	- 12,0
1966 zu 1965	- 1,7	- 3,7	- 3,8	- 0,4	+ 2,2	+ 0,8	+ 0,9	- 1,9

*) 1949 einschließlich Landwirtschaft außerhalb der Betriebe Quelle: Statistisches Bundesamt

Tabells 2

Landwirtschaftliche Nutzfläche nach Größenklassen im Bundesgebiet

Gliederung	0,5 bis 2 ha LN	2 bis 5 ha LN	5 bis 10 ha LN	10 bis 20 ha LN	20 bis 50 ha LN	50 bis 100 ha LN	100 und mehr ha LN	ins- gesamt
Landwirtschaftliche Nutzfläche in 1000 ha								
1949 *)	650,7	1 832,8	2 858,9	3 540,8	3 242,8	817,2	544,1	13 487,3
1960	497,5	1 290,2	2 483,2	3 990,5	3 504,5	884,5	450,1	13 100,5
1965	419,3	1 071,1	2 124,2	4 123,2	3 844,9	929,3	468,4	12 980,4
1966	411,8	1 031,7	2 048,5	4 122,0	3 922,9	935,2	1 70,1	12 942,2
Veränderung (± 1000 ha)								
1966 zu 1949	-238,9	- 801,1	- 810,4	+ 581,2	+ 680,1	+ 118,0	- 74,0	- 545,1
1966 zu 1960	- 85,7	- 258,4	- 424,8	+ 131,5	+ 418,4	+ 50,8	+ 19,9	- 158,3
1966 zu 1965	- 7,6	- 39,4	- 75,7	- 1,1	+ 78,0	+ 5,9	+ 1,7	- 38,2
± in %								
1966 zu 1949	- 36,7	- 43,7	- 28,3	+ 16,4	+ 21,0	+ 14,4	- 13,6	- 4,1
1966 zu 1960	- 17,2	- 20,0	- 17,5	+ 3,3	+ 11,9	+ 5,7	+ 4,4	- 1,2
1966 zu 1965	- 1,8	- 3,7	- 3,6	- 0,0	+ 2,0	+ 0,6	+ 0,4	- 0,3

*) 1949 einschließlich Landwirtschaft außerhalb der Betriebe

Quelle: Statistisches Bundesamt

Tabells 3

Zahl der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte¹⁾
in Betrieben mit 0,5 und mehr ha landwirtschaftlicher
Nutzfläche und ihren Haushaltungen

Vorkrieg, 1950/51 bis 1965/66
in 1000

Wirtschaftsjahr	Familien- arbeitskräfte		Lohn- arbeitskräfte	
	stän- dige	nicht- ständi- ge	stän- dige	nicht- ständi- ge
Vorkrieg	4 433	1 130	753	360
1950/51	4 380	1 180	766	450
1952/53	4 090	1 240	653	470
1954/55	3 760	1 360	579	500
1956/57	3 423	1 522	527	531
1958/59	3 201	1 419	440	454
1960/61	3 006	1 263	327	286
1962/63	2 806	1 275	277	245
1963/64	2 711	1 272	252	217
1964/65 ²⁾	2 359	960	232	189
1965/66 ³⁾	2 287	993	213	165

- 1) Bundesgebiet ohne Hamburg, Bremen und Berlin
- 2) ab 1964/65 in der Betriebsgrößenklasse 0,5 bis unter 2 ha LN ohne Arbeitskräfte in Betrieben, die nicht für den Markt produzieren (d.h. mit Verkaufserlösen unter 1000 DM je Jahr).
- 3) vorläufig

Quelle: Statistisches Bundesamt
und BML

22. Erwerbstätige in der Landwirtschaft.

Die Zahl der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft einschließlich Forstwirtschaft und Fischerei ging in den Jahren 1964/65 auf 1965/66 um etwa 3 % auf rund 2,88 Mill. zurück (8). Infolge der anhaltenden Abwanderung landwirtschaftlicher Arbeitskräfte stieg das Brutto-Inlandsprodukt je Erwerbstätigen in der Landwirtschaft weiter an (Tab. 3). Der Rückgang hat sich in den letzten Jahren überwiegend in den Betriebsgrößenklassen unter 10 ha vollzogen.

Die Zahl der ständigen Lohnarbeitskräfte ging im letzten Jahr um 19 000 oder 8 % zurück. Hier sind es fast ausschließlich Betriebe von 10 und mehr Hektar. Von 1950/51 bis 1964/65 ging die Zahl der landwirtschaftlichen Vollarbeitskräfte (AK) um 1,9 Millionen etwa auf die Hälfte zurück.

23. Bestand von Schleppern und Landmaschinen in der Bundesrepublik.

Als Folge der Abnahme der Erwerbstätigen muß ein Ersatz der menschlichen Arbeitskraft durch die Maschine eintreten.

Diese Entwicklung wird in der Bestandsveränderung des Schlepper- und Maschinenbestandes deutlich. Von 1949 bis 1965 hat sich die Zahl der in der Landwirtschaft eingesetzten Schlepper fast um das 13fache erhöht und erreicht heute einen Bestand von über 1,2 Millionen. Der Bestand an Mähreschern stieg von wenigen 100 Stück vor 1945 auf 140 000 im Jahre 1966.

Neben der zahlenmäßigen Zunahme der Landmaschinen haben sich vor allem in den letztjährigen Maschineninvestitionen die Maschinenarten und die Leistungsklassen verändert. Während in den Anfängen der Mechanisierung die Schlepperleistungen ziemlich hoch lagen, da nur wenige Großbetriebe Traktoren

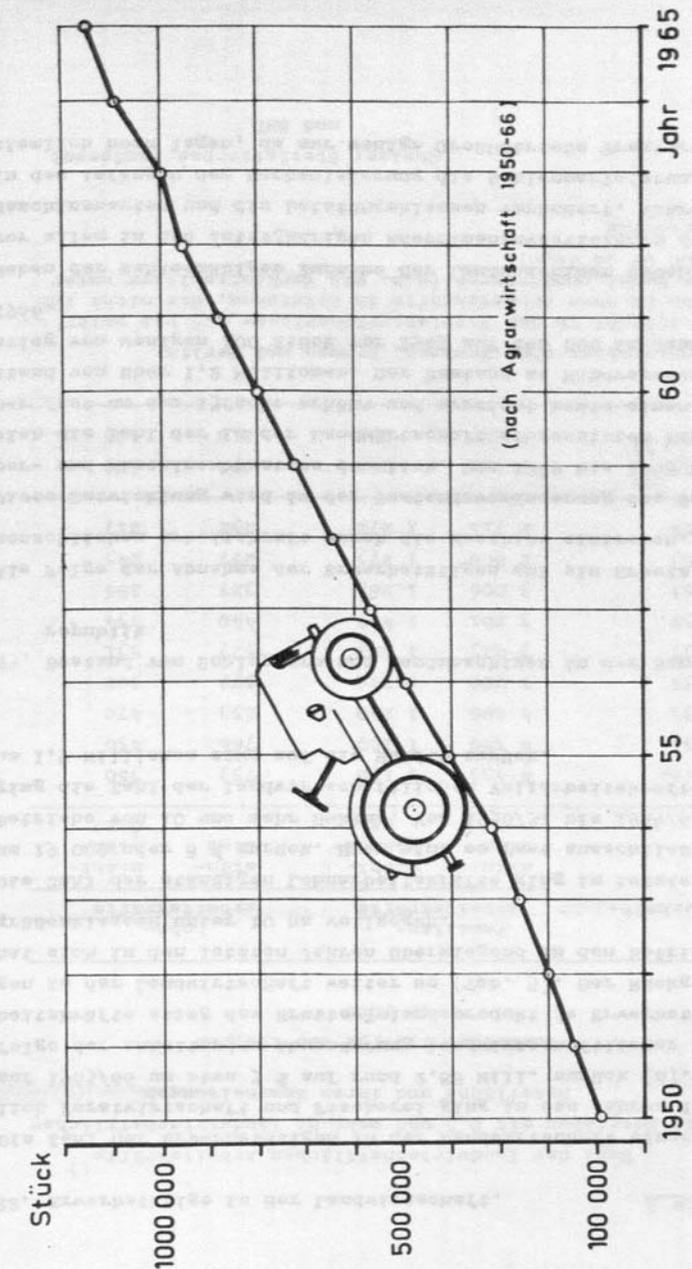
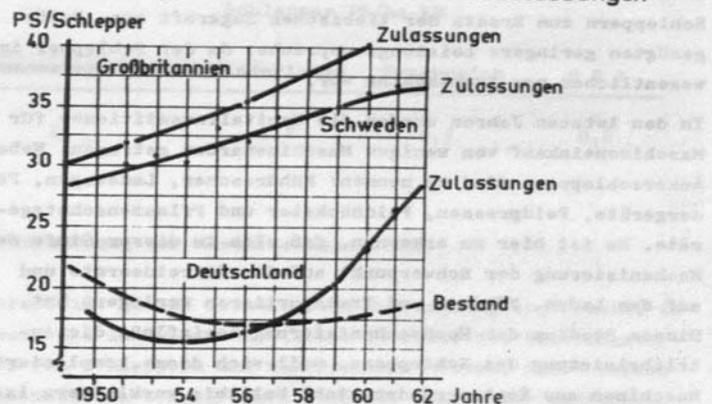
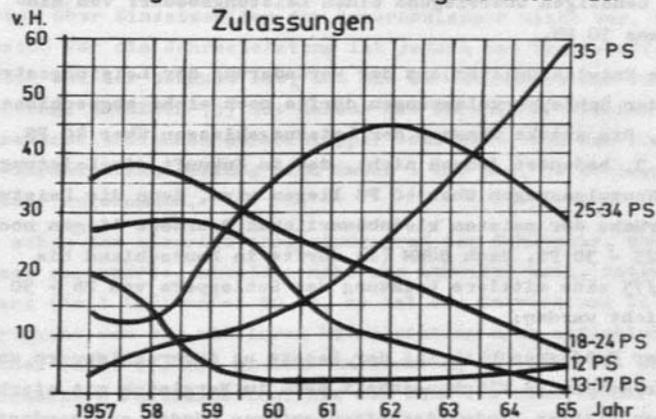


Abb.2 Schlepperbestand in der Bundesrepublik 1950 bis 1965

Abb.3 Entwicklung der mittleren Motorenleistung des Schlepperbestandes u. der Neuzulassungen



Entwicklungstendenz der Leistungsstruktur der Zulassungen



(nach Boehm)

mit entsprechender Ausnutzung verwendeten, rüsteten sich auch kleinere Betriebe mit zunehmender Motorisierung mit Schleppern zum Ersatz der tierischen Zugkraft aus. Dafür genügten geringere Leistungsansprüche, da der Schlepper im wesentlichen nur Zugmaschine war.

In den letzten Jahren wurden die Kapitalinvestitionen für Maschineneinkauf von wenigen Maschinenarten getragen. Neben Ackerschleppern sind zu nennen: Mähdrescher, Ladewagen, Fördergeräte, Feldpressen, Feldhäcksler und Pflanzenschutzgeräte. Es ist hier zu erkennen, daß sich in dieser Stufe der Mechanisierung der Schwerpunkt auf die Getreideernte und auf das Laden, Fördern und Transportieren verlagert hat. Dieses Stadium der Hochmechanisierung beeinflusst die Antriebsleistung des Schleppers, weil sich diese komplizierten Maschinen aus Kostengründen nicht beliebig verkleinern lassen und damit eine relativ hohe Antriebsleistung benötigen. Heute auf dem Markt befindliche Geräte der Hochmechanisierung benötigen überwiegend einen Leistungsbedarf von mindestens 30 PS.

Diese Entwicklungstendenz der Veränderung der Leistungsstruktur der Schlepperzulassungen dürfte noch nicht abgeschlossen sein. Die starke Zunahme der Leistungsklassen über 40 PS, Abb. 3, bedeutet jedoch nicht, daß in Zukunft die Leistung der Neuzulassungen über 40 PS liegen wird, denn die Leistungsansprüche der meisten kleinbäuerlichen Betriebe liegen noch bei 25 - 30 PS. Nach BÖHM (1) dürfte in Deutschland bis 1970/75 eine mittlere Leistung des Schleppers von 28 - 30 PS erreicht werden.

In der Bundesrepublik ist der Besatz an Ackerschleppern und Mähdreschern je Flächeneinheit auch im Vergleich mit stark mechanisierten Landwirtschaften anderer Länder außerordentlich hoch.

Tabelle 4

Schlepper PS/ha LN

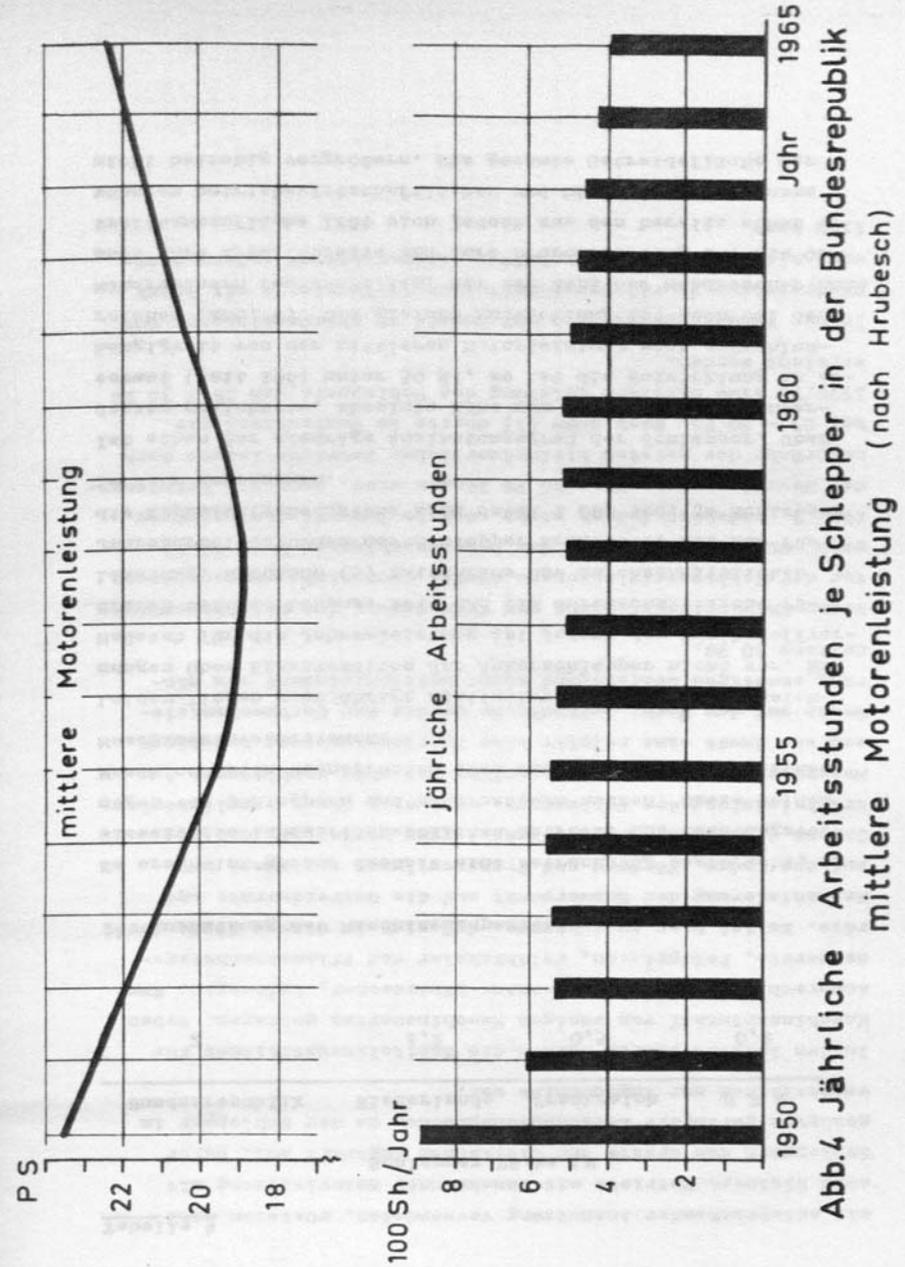
Bundesrepublik	Niederlande	Frankreich	U S A
2	1,2	0,5	0,2

24. Ausnutzung der Maschinenkapazität.

Es erscheint gerade deshalb eine Betrachtung angebracht, inwieweit die landwirtschaftlichen Betriebe das Leistungsvermögen von Schleppern und Mähdreschern nutzen. Diese beiden Maschinenarten beanspruchen etwa die Hälfte der jährlichen Maschineninvestitionen.

Leider liegen mehrjährige statistisch gesicherte Aufzeichnungen über Einsatzzeiten der Ackerschlepper nicht vor. Ein Maßstab für die Jahresleistung ist jedoch der Treibstoffverbrauch welcher bekannt ist, und die durchschnittliche PS-Leistung. HRUBESCH (5) hat daraus die durchschnittlichen Jahresarbeitsstunden der Schlepper ermittelt. Als Maß für die Kapazitätsauslastung sind dabei 1 000 Std. je Schlepper im Jahr angenommen.

Ist schon der niedrige Auslastungsgrad der Schlepper, über dessen gesicherte, absolute Höhe man streiten kann, interessant (seit 1961 unter 50 %), so ist die Entwicklung in Abhängigkeit von der mittleren Motorleistung noch aufschlußreicher (Abb. 4). Die gleiche Entwicklung ist auch bei den Mähdreschern festzustellen. Mit der Zahl der Mähdrescher nahm auch ihre Arbeitsbreite und ihre Druschleistung zu. Die Getreideanbaufläche läßt sich jedoch aus den bereits schon erwähnten betriebswirtschaftlichen und biologischen Grenzen nicht beliebig vergrößern. Die gesamte Getreidefläche der



Bundesrepublik beträgt heute etwa 4,6 Millionen ha. Bei einem Bestand von etwa 140 000 Mähdreschern würde je Maschine eine durchschnittliche Fläche von 33 ha abzuernten sein, wenn man voraussetzt, daß die gesamte Getreidefläche mit dem Mähdrescher geerntet wird. Da dies jedoch bisher noch nicht der Fall ist und außerdem eine große Reihe von gut ausgenutzten Mähdreschern, ähnlich wie bei der Schlepperauslastung, bei Großbetrieben und Lohnunternehmern vorhanden ist, muß man folgern, daß in vielen bäuerlichen Betrieben die Mähdrescher weniger als 15 ha abzuernten haben.

3. Kosten der Mechanisierung.

Wie wirkt sich nun diese an den Beispielen des Schleppers und des Mähdreschers skizzierte Entwicklung der Mechanisierung in der Landwirtschaft auf die Maschinenkosten aus? Zur Beurteilung dieser Frage ist es wichtig, einiges über die Aufteilung der Kosten bei Landmaschinen zu wissen. Sie gliedern sich in folgende Kostenarten:

1. Kapitalkosten
 - a) Abschreibung
 - b) Zinsanspruch
2. Instandhaltungskosten
 - a) Reparaturkosten
 - b) Wartungskosten
3. Betriebsstoffkosten
 - a) Kraft- und Schmierkosten
 - b) Hilfskosten
4. Unterbringungs- und Versicherungskosten

Nach ihrer Abhängigkeit unterscheidet man feste und veränderliche Kosten:

1. Die festen Kosten
 - a) Zinsanspruch des in der Maschine angelegten Kapitals
 - b) Unterbringungs- und Versicherungskosten

Die festen Kosten sind unabhängig von der Nutzung der Maschine. Der feste Jahresbetrag wird die Maschinen umso mehr belasten, je weniger die Maschine benutzt wird.

2. Bedingt veränderliche Kosten
 - a) Abschreibung
 - b) Reparaturkosten
3. Voll veränderliche Kosten
 - a) Betriebsstoffkosten
 - b) Wartungskosten

Die jährlichen Maschinenkosten hängen damit sehr stark vom Anschaffungspreis der Maschinen ab. Dieser erhöht sich mit der Vergrößerung ihrer Leistung nicht nur linear zu ihren Leistungseinheiten, sondern vielfach progressiv.

So ist z.B. beim Preis je Schlepper-PS, wenn man die Preise der führenden Hersteller zugrundelegt, folgende Tendenz festzustellen: Zunächst verringert sich der Anschaffungspreis des Schleppers je PS. In der Gruppe 20 PS kommt man auf einen durchschnittlichen Preis von 550.-- DM je PS. Dieser Preis je PS nimmt bis zur Gruppe von 60 - 75 PS auf etwa 420.-- DM/PS ab, um dann bei den stärkeren Schleppern von 100 - 130 PS auf 500.-- DM/PS anzusteigen.

Diese höheren Kosten bei Vergrößerung der Leistungseinheiten sind auch bei anderen Geräten festzustellen, wie beim Mähdrescher oder beim Pflug. Letzterer kostet pro Arbeitsbreite bei einem 6-Scharpflug mehr als bei einem 3-Scharpflug. Die-

se Erscheinung ist technisch bedingt, da man ein Gerät nicht beliebig vergrößern kann, ohne von der konventionellen Bauweise abzugehen. So ist beim Beispiel des Pfluges für den 6-Scharpflug eine größere Stabilität des Rahmens erforderlich. Weiter wird für die Aushebung und zur Tiefenregelung eine Zusatzhydraulik erforderlich. Der Schlepper über 75 PS erfordert in den meisten Fällen eine Reihe von Zusatzeinrichtungen, damit seine Motorleistung voll ausgenutzt werden kann. Zu nennen sind nur die erhöhten Anforderungen an das Triebwerk - in vielen Fällen wird der Allradantrieb notwendig - hydraulische Lenkung, Unterlenkerregelung, Zusatzhydraulik für Aufsattelgeräte und die Mehrkosten der entsprechenden Geräte.

Was ist von dieser Entwicklung der Mechanisierung für die Landwirtschaft zu erwarten? Es ist hier noch einmal festzustellen, daß jede leistungsfähigere und damit teure Maschine für den betreffenden Betrieb mit einem verringerten Einkommen verbunden ist. Dies gilt auch bei Einsparung von Arbeitszeit, sofern im Betrieb nicht eine volle Arbeitskraft eingespart werden kann oder die freiwerdende Arbeitskraft anderweitig produktiv eingesetzt wird.

31. Voraussetzung für wirtschaftlichen Maschineneinsatz.

Wegen der hohen Festkostenbelastung verlangt jede Maschine einen bestimmten Einsatzumfang, damit ihre Wirtschaftlichkeit sichergestellt ist. Sonst können die Kosten der Mechanisierung den eingesparten Lohn überschreiten, der bei familien-eigenen Arbeitskräften ohnehin nicht in Erscheinung tritt, so daß die Technik bei falscher Anwendung die Rentabilität der Landwirtschaft letzten Endes verschlechtern kann. Die Maschine hat in der Landwirtschaft im Gegensatz zur Industrie keine Produktionsfunktion, sondern diese ist vom Boden abhängig, dessen Größe für die Betriebe, wenn man von der Mög-

lichkeit des Zukaufes oder der Zupacht absieht, unveränderlich ist. Ebenfalls ist der Maschinenaufwand bei einer bestimmten Frucht und bei einem angenommenen Verfahren weitgehend konstant. Der Produktionsertrag läßt sich durch vermehrte Maschinenanwendung kaum verändern, sofern die pflanzenbaulichen Erfordernisse erfüllt werden.

In welcher Höhe die Kosten des Maschineneinsatzes durch eine unzureichende Auslastung der Maschine ansteigen können, soll am Beispiel des Mähreschers gezeigt werden und wir möchten dabei noch einmal an die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Feststellung aus der Statistik erinnern, aus welcher gefolgert wurde, daß ein großer Teil der bäuerlichen Mährescher weniger als 15 ha im Jahr abzuernten hat.

Tabelle 5

Kosten des Mähreschereinsatzes in DM/ha in Abhängigkeit vom Anbauumfang

	10 ha	20 ha	30 ha	50 ha
Eigenmaschine (24 000.-- DM)	492	252	172	108
Eigenmaschine (35 000.-- DM)	710	360	243	150
Lohnunternehmer	140	140	140	140

Die Kosten schließen den Arbeitslohn mit ein und setzen voraus, daß der Mährescher bar bezahlt wurde.

Beim Schlepper mit Allgemeinkosten-Charakter lassen sich nicht so klare Beziehungen zwischen Auslastung und Kosten wie beim fruchtspezifischen Verfahren des Mähreschers aufstellen. Hierzu wäre eine genaue Betriebskalkulation notwendig. Die Kosten des Schleppers je Betriebsstunde sind jedoch in gleicher Weise vom Anschaffungspreis und von der jährlichen Benutzungsdauer abhängig.

4. Bestimmungsgründe für die Vergrößerung der Maschinenleistung.

Ausschlaggebend für die Vergrößerung der Maschinenkapazität können für einen Betrieb eine ganze Reihe von Gründen sein, die nicht nur wirtschaftlicher Natur zu sein brauchen.

In erster Linie sollten wohl die wirtschaftlich bedingten stehen, wie Anpassung an den Arbeitsanfall, erhöhte Schlagkraft zur Brechung der Arbeitsspitzen, verringertes Risiko und der Ersatz von Arbeitskräften. Daneben spielen jedoch, besonders beim Schlepperkauf, psychologische Gründe, wie das Prestige dem Nachbarn gegenüber, eine Rolle. Aber auch die Arbeitserleichterung durch besseren Bedienungskomfort kann in diesem Fall zum berechtigten Kauf einer größeren Maschine beitragen.

Die Vergrößerung der Schlepperleistung ist durch die Entwicklung zur Hochmechanisierung bedingt, in welcher der Schlepper nicht mehr Zugmaschine, sondern Geräteträger für kombinierte Verfahren und Antriebsaggregat für komplizierte Erntegeräte ist. Auf einer höheren Mechanisierungsstufe wird die Antriebsleistung des Schleppers vom Pflügen, von kombinierten Geräten zur Bodenbearbeitung und von Erntemaschinen wie Mähdrescher, Fel dhäcksler und Feldpresse bestimmt. Letztere Geräte setzen eine Leistung von mindestens 30 PS voraus, da die Einheiten dieser komplizierten Geräte sich nicht beliebig verkleinern lassen.

5. Einfluß der Vergrößerung von Landmaschinen auf die Arbeitserledigung.

Für stärkere Schlepper (über 60 PS) und leistungsfähigere Geräte werden viele Gründe ins Feld geführt:

1. Mit dem stärkeren Schlepper kann die Arbeit zum günstigsten Zeitpunkt erledigt werden.
2. Mit dem stärkeren Schlepper lassen sich andere Arbeitsgänge kombinieren, man kann breitere Arbeitsgeräte verwenden, schneller fahren und damit eine bessere Arbeitsqualität erzielen.
3. Eine höhere Arbeitsproduktivität erzielen.
4. Die leistungsfähigere Maschine kann bei besserem Bedienungskomfort den Fahrer weniger ermüden und damit Arbeitsleistung und Qualität verbessern.

Ebenso lassen sich jedoch auch gegen den starken Schlepper Gründe anführen:

1. Stärkere Bodenverdichtung. VETTER (7) konnte nachweisen, daß der Raddruck schwerer Schlepper nicht nur in größere Bodentiefen hinein wirkt, sondern sich außerdem auf breitere Streifen erstreckt, die auf biologischem Wege nur langsamer wieder aufgelöst werden als schmale Bodenstreifen. Besonders negativ wirkt sich das Fahren mit breiten Reifen in der Furche aus.
2. Der praktische Einsatz von leistungsfähigeren Maschinen ist dadurch gekennzeichnet, daß sich bestimmte arbeitsbedingte Zeitelemente nicht beliebig verkürzen lassen, wie Rüstzeiten, Störzeiten, Verlustzeiten, Wendezeiten und Wegezeiten. Dadurch steigt die Gesamtleistung nicht proportional mit der Arbeitsleistung in der Hauptzeit.
3. Boden, Arbeitsqualität und arbeitsphysiologische Grenzen beschränken die Ausdehnung der Arbeitsgeschwindigkeit und begrenzen damit die Ausdehnung der Arbeitsleistung.
4. Große Kostenbelastung durch hohen Anschaffungspreis.

5. Schwierige ganzjährige Auslastung der vollen Leistungskapazität.

6. Folgerungen.

Durch die strukturelle Angleichung der Betriebsformen in der Landwirtschaft ist anzunehmen, daß die durchschnittliche Motorleistung in Deutschland und in den übrigen westeuropäischen Ländern weiterhin eine steigende Tendenz haben wird. Dies bedeutet jedoch nicht, daß in Zukunft die Leistung der Neuzulassungen allgemein über 40 PS liegen wird, denn die Leistungsansprüche der meisten kleinbäuerlichen Betriebe liegen noch bei 25 - 35 PS.

In Bezug auf konstruktive Entwicklungstendenzen sind in naher Zukunft wesentliche Änderungen vorwiegend bei den Triebwerken zu erwarten. Anzustreben sind stufenlose Antriebe. Als Übergangslösungen oder als preisgünstigere Alternative wird in den nächsten Jahren vorerst ein breites Angebot leicht- oder unter Last-schaltbarer Getriebe verfügbar sein.

Hinsichtlich des Schlepperantriebs sind bei der gegenwärtig erreichten Perfektion und Zuverlässigkeit des Kolbenmotors vorläufig keine Änderungen zu erwarten.

Die Großschlepper über 100 PS werden in der deutschen Landwirtschaft trotz ihrer Anziehungskraft auf Ausstellungen keine wirtschaftliche Anwendung auf 95 % der Vollerwerbsbetriebe finden können. Die Ausführungen zeigen, daß die kleineren und mittleren Betriebsgruppen sicher noch für lange Zeit sowohl zahlen- als auch flächemäßig den größten Teil des landwirtschaftlich genutzten Bodens bewirtschaften werden. Die 100 PS-Schlepper werden also bestenfalls in den 2 700 Betrieben über 100 ha oder auch von den 2 700 hauptberuflichen Lohnunternehmern wirtschaftlich eingesetzt werden können.

Für viele kleinere Betriebe werden die verschiedenen Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes die einzige wirtschaftliche Möglichkeit des Einsatzes moderner leistungsfähiger Arbeitsverfahren bieten.

7. Zusammenfassung.

Es werden wesentliche wirtschaftliche, biologische und technische Faktoren aufgeführt, die die Entwicklung von Großmaschinen in der Landwirtschaft begrenzen. Durch die strukturellen Gegebenheiten in der Bundesrepublik sind der Vergrößerung der Maschinenleistung Grenzen gesetzt, da in erster Linie die hiermit verbundenen Maschinenkosten die Produktion zu stark belasten und damit für viele Betriebe eine untragbare Schmälerung des Einkommens verbunden ist.

Literaturverzeichnis

1. BOEHM, H. Die zukünftige Ausrüstung mit Acker-
schleppern unter dem Einfluß agrar-
wirtschaftlicher und technischer Ent-
wicklungstendenzen.
Diss. Univ. Gießen (1964)
2. DENCKER, C.H. Grenzen der Mechanisierung in der Land-
wirtschaft. SA. aus: Heft 155, Veröffent-
lichungen der Arbeitsgemeinschaft für
Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen.
Köln und Opladen
3. FELDMANN, F. Der Schlepper betriebsgerecht ausgewählt.
Stuttgart (1963)
4. HESSELBACH, J. Der Einfluß der Parzellengröße, Feld-
länge und Feldentfernung auf den Ar-
beitsbedarf. Z.f. Kulturtechn. u. Flur-
bereinigung 5, 1, 1-8 (1964)
5. HRUBESCH, P. Zum Auslastungsgrad der Ackerschlepper
und Mähdrescher. Landtechnik 21, 22,
770-773 (1966)
6. RÖHNER, J. Die Lage der Familienbetriebe. In:
PREUSCHEN, G. u.a.: Der bäuerliche Fa-
milienbetrieb. Stuttgart (1959)
7. VETTER, H. Schwere Schlepper beim Pflügen. RKL-
Rationalisierungskartei, Lieferung
4.1.1.1.0, Schloß Bredeneek (1967)
8. Bundesrepublik Deutschland, Bun-
desregierung Grüner Bericht 1967, Bonn (1967)
9. KREHER, G. u.a. KTL-Kalkulationsunterlagen für Be-
triebswirtschaft, Band I, Arbeitsvor-
anschlag. Frankfurt (1964)

Grenzen der Automatisierung technischer Vorgänge in der

Landwirtschaft

R. Preuschen

Die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland hat in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg in nicht vorausschaubarer Weise an der Mechanisierung unserer gesamten Wirtschaft teilgenommen. Wenige Zahlen zeigen dies: Von 1950 bis 1966 haben die landwirtschaftlichen Schlepper von 139 000 auf 1 250 000 zugenommen. Die heutige Getreideerntemaschine ist auch für den kleinen bäuerlichen Betrieb der Mähdrescher geworden, deren Zahl heute 150 000 erreicht hat. Aber auch in der Innenwirtschaft haben unsere landwirtschaftlichen Betriebe, dank ihrer fast 100%igen Versorgung mit elektrischer Energie einen hohen Stand der Mechanisierung erreicht.

Die logische Weiterentwicklung mechanisierter Arbeitsverfahren ist die Automatisierung. Denn sie schafft "technische Anlagen, die so arbeiten, daß der Mensch weder ständig noch in einem festgelegten Rhythmus von ihnen in Anspruch genommen wird". Die Automatisierung "befreit den Menschen von der Durchführung immer wiederkehrender gleichartiger geistiger oder manueller Verrichtungen und löst ihn aus der zeitlichen Bindung an den Rhythmus der technischen Einrichtung". ⁺⁾ Insbesondere die geistige Befreiung, das "Nicht-mehr-daran-denken-müssen" ist für einen vielseitig beanspruchten Menschen eine große Erleichterung. Dadurch, daß der Landwirt als Unternehmer auch noch Arbeitsausführender ist, ist seine Beanspruchung ganz besonders vielseitig. Für ihn ist also die Automatisierung eine besonders dringliche Aufgabe. Hier dürfen wir einfügen, daß wir für den technischen Vorgang des Freisetzens eines Arbeitsablaufes vom Menschen das deutsche Wort "Automatisierung" im Folgenden verwenden und nicht die nur im englischen

^{+) nach Prof. M. Dolezalek, Stuttgart.}

Sprachgebrauch mögliche Abkürzung des englischen Ursprungswortes Automatisation = Automation. Diesem letzteren Wort wird neuerdings versucht, eine andere, mehr soziologische Bedeutung beizulegen, die uns aber bei der Betrachtung technischer Vorgänge, wie sie hier erfolgt, nicht interessieren soll.

Wenden wir uns nun der "Automatisierung technischer Produktionsabläufe" selbst zu, so können wir feststellen, daß diese keineswegs etwas derart Neues ist, wie es die Publizistik in den letzten Jahren glauben machen wollte. Da sie vom Menschen losgelöste Arbeiten ablaufen läßt, braucht sie in jedem Fall eine Fremdenergie. Dies muß nicht unbedingt die Elektrizität sein, wie man es häufig hören kann. Sie ist ja bekanntlich eine erst recht junge, wenn auch heute weit verbreitete Energie. Erinnern wir uns daran, daß gerade der Landwirt schon sehr früh die fremde Energie des Tieres, des Wassers oder des Windes für seine Zwecke verwendet hat. Sicherlich hat die elektrische Energie eine große Anzahl Vorzüge, weswegen sie bei der Automatisierung in der Industrie kaum noch wegzudenken ist. Denn sie kann durch ihren speziellen Zweig der Elektronik auch Entscheidungen fällen, die zwar vom Menschen vorgedacht "programmiert" der Maschine eingegeben wurden, aber im richtigen Moment zu dem "richtigen" Handeln der Maschine führen. Es sieht also so aus, als ob die Maschine "denken" könnte. Dies ist aber nach wie vor nur dem menschlichen Verstand vorbehalten. Allerdings hat er diesen schon frühzeitig dazu gebraucht, sich von schwerer oder lästiger Arbeit zu befreien und diese der Fremdenergie zu übertragen.

So kann man Beispiele automatisierter Vorgänge schon in der Antike und noch mehr im Mittelalter finden. Die großartigen über viele Kilometer unwegsamen Geländes mit exaktem Gefälle verlaufenden römischen Wasserleitungen sind ein noch heute unsere volle Bewunderung abnötigendes Beispiel einer automatisierten Wasserbevorratung. Leider haben diesen Vorteil

die Germanen nicht erkannt, haben die Anlagen vernachlässigt oder sogar zerstört und mußten nun mit der Kurbel oder dem Tretrad selbst das für das Leben notwendige Wasser herbeschaffen. Auch die wasser- oder windgetriebene Getreidemühle ist ein schon weitgehend automatisierter Verarbeitungsvorgang. Hier hat man häufig den zwischen einzelnen Arbeitsgängen liegenden Transportvorgang dadurch in einfachster Weise "automatisiert", daß man den freien Fall ausnutzte. Hintereinander ablaufende Arbeitsgänge wurden entsprechend übereinander angeordnet, so benötigte man keine besonderen Transportvorrichtungen.

Bei der intensiven Beschäftigung des Landwirts mit den Haustieren ist es kein Wunder, daß er sich schon recht frühzeitig diese "Fremdenenergie" zunutze machte, zumal sie ja auch ortsveränderlich war. Indem man die Intelligenz des Tieres ausnutzte, kam man zu "vom Menschen losgelösten Verrichtungen". Wenn wir heute in den großen Weidegebieten des nordwestdeutschen Grünlandes das Rindvieh die Weidepumpe bedienen sehen, so ist dies eine automatisierte Wasserversorgung, die die Fremdenergie "Tier" bedient und den Menschen nicht benötigt. Diese bisher erwähnten wenigen Beispiele zeigen, daß eine Automatisierung von Arbeitsvorgängen ohne die Fremdenergie Elektrizität möglich ist. Es ist aber ohne Zweifel, daß durch den Eingang der Elektrizität in die landwirtschaftlichen Betriebe und durch die Verwendung der Fremdenergie "Wärmekraft" im landwirtschaftlichen Schlepper, weitere starke Impulse für die Mechanisierung und Automatisierung der technischen Vorgänge in der Landwirtschaft eingetreten sind.

Wenn wir nun die landwirtschaftliche Produktion etwas näher beleuchten, stellen wir jedoch recht markante Unterschiede gegenüber der industriellen Produktion fest. Sie müssen wir herausstellen, denn sie sind es, die die Automatisierung im landwirtschaftlichen Bereich entscheidend begrenzen. Während die industrielle Produktion Gebrauchs- und Verbrauchsgüter

hervorbringt, werden von der Landwirtschaft praktisch nur Verbrauchsgüter produziert. Es sind im großen Umfang Rohstoffe, zum kleineren Teil werden Rohstoffe veredelt, das heißt verarbeitet. Die Rohstoffe sind nicht wie industrielle Rohstoffe in Vorratslagern vorhanden und müssen nur abgebaut werden, sondern es sind Rohstoffe, die durch biologische Vorgänge entstehen.

Die landwirtschaftliche Produktion erfolgt - und das ist das ganz besondere Merkmal dieser Produktion - durch zwei völlig verschiedene Produktionsmittel, nämlich den biologischen Ablauf und durch technische Vorgänge, die diesen biologischen Ablauf unterstützen, ihn vor Gefahren schützen und ihn evtl. auch unterbrechen, wenn dies notwendig ist. Der Mensch kann zwar diese biologischen Vorgänge etwas beeinflussen, sie lassen sich aber nicht regeln und daher auch nicht beliebig zeitlich verändern (z.B. beschleunigen zur Produktionserhöhung).

Wir können hier schon grundlegend festhalten: Die Produktion von Pflanze oder Tier im gesamten gesehen, ist nicht automatisierbar, denn der biologische Vorgang ist nicht regelbar. Wir werden dies bei der Einzelbesprechung der Beispiele sehen. In der Landwirtschaft müssen wir uns daher damit begnügen, nur einzelne technische Vorgänge zu automatisieren. Es handelt sich also grundsätzlich um Teilautomatisierungen der Produktion.

Damit eine Pflanze wachsen kann, benötigt sie den Boden, Luft, Wasser, Wärme usw. Das bedeutet, daß die Pflanzenproduktion auf Flächen stattfinden muß. Da die tierische Produktion die Pflanze als Nahrungsmittel notwendig hat, hängt sie also auch von Flächen ab, wenn sie auch nicht notwendigerweise auf großen Flächen betrieben werden muß. Unter den vielen weiteren Produktionsfaktoren der Pflanze wollen wir besonders die Klimafaktoren hervorheben, weil wir sie zwar im großen ganzen kennen, aber nur recht ungewiß vorausbestimmen und nur in ganz bescheidenem Maß beeinflussen oder korrigieren können. Außer diesen gibt es noch Produktionsfaktoren, die der Mensch je nach dem

Stand seiner Kenntnisse anwendet, wie z.B. die Düngung, d.h. die Versorgung des Bodens mit allen zum jeweiligen optimalen Pflanzenwachstum und dem Ziel der Produktion spezifisch notwendigen Chemikalien und Spurenelementen. Hierdurch und durch geeignete Züchtungen ist es der Landwirtschaft gelungen, die pro Fläche produzierte Menge ständig zu steigern, es ist aber vorzusehen, daß es hier Grenzen gibt. Wir sind in manchen Fällen heute an diese Grenzen angelangt, über die hinaus die Menge des Produktes auf die Fläche bezogen nicht mehr gesteigert werden kann. Hierin unterscheidet sich also die landwirtschaftliche Produktion ganz klar von der industriellen.

Ferner können wir feststellen, daß das Tempo der Pflanzenproduktion, das Wachstum, ebenfalls nicht vom Menschen oder der Maschine, sondern von den biologischen Vorgängen abhängt. Dies ist ebenfalls ein recht markanter Unterschied gegenüber der industriellen Produktion. Da das Wachstum Wochen, Monate oder Jahre dauert, ist dieser Produktion der Kurzzeit-Rhythmus genommen, den viele industrielle Produktionen besitzen. Dieser kurzzeitige rhythmische Vorgang ist ja, wie wir eingangs sahen, ein besonderes Merkmal für die Automatisierung solcher Vorgänge. Wir können also hier festhalten: Der langzeitliche Rhythmus aller landwirtschaftlichen Produktionsvorgänge erschwert oder begrenzt die Möglichkeit, diese Vorgänge zu automatisieren.

Führen wir uns nun einmal den Produktionsvorgang eines pflanzlichen Produktes, sagen wir einer Getreideart, für die menschliche Ernährung im einzelnen vor Augen: Einer gründlichen Bodenbearbeitung, wobei durch entsprechende geeignete Werkzeuge der Boden gekrümelt und mit einem großen Porenvolumen versehen, evtl. auch mit Humusmasse gemischt wurde, folgt nach einer gewissen Beruhigungszeit das Säen. Da das Saatkorn möglichst optimale Bedingungen zu seinem Keimen und Wachsen vorfinden soll, muß der Zeitpunkt der Saat von der menschlichen Entscheidung abhängen, denn nur seine Erfahrung gibt ihm diese Entscheidungsmöglichkeit. Das Keimen und Wachsen der Pflanze, das

Blühen, das Befruchten und endlich das Reifen des Getreidekorns kann der Mensch im Großen nicht beeinflussen. Lediglich, wenn Schädlinge oder Krankheiten das Getreide befallen oder Unkraut es zu unterdrücken droht, wird er eingreifen und mit den ihm zu Gebote stehenden chemischen oder mechanischen Mitteln zu verhindern suchen, daß der Ertrag der Ernte geschmälert wird. Mit der modernen Getreideerntemaschine - dem Mähdrescher - fällt das eigentliche Produkt, nämlich das Getreidekorn, bereits auf dem Feld an.

Diesen Produktionsablauf, wie er soeben beschrieben wurde, zeigt Schema 1, das auch die verwendeten maschinellen Einrichtungen angibt. Da der Gesamtablauf, wie bereits erwähnt, nicht automatisierbar ist, kommen nur die Arbeitsgänge Bodenbearbeitung, Säen, Ernten als Teilvorgänge für eine Automatisierung in Frage. Alle diese Vorgänge spielen sich auf der Fläche ab, die in bestimmter Beziehung zur Erntemenge steht, daher nicht beliebig verkleinert werden kann. Als Fremdenergie kommt wegen der großen Ausdehnungen nur die Wärmekraftmaschine in Frage, die möglichst exakt und lückenlos in vorgeschriebener Geschwindigkeit über diese Flächen geführt werden muß. Die exakte Steuerung eines selbstfahrenden und Zug- oder Triebkräfte abgebenden Fahrzeugs kann automatisiert werden. Sie erfordert aber technisch einen derart hohen Aufwand, daß der Mensch als Fahrer die wirtschaftlichere Lösung darstellt. Hier wird also die Teilautomatisierung durch die Wirtschaftlichkeit der automatisierten Lösung der Aufgabe begrenzt. Trotzdem kann es bei den Teilarbeiten vorteilhaft sein, einzelne begrenzte Aufgaben dem Menschen abzunehmen und zu automatisieren.

Die Getreide-Erntemaschine, der Mähdrescher, ist eine recht komplizierte Verarbeitungsmaschine, die früher als stationäre Dreschmaschine bereits die volle Aufmerksamkeit eines Maschinenmeisters in Anspruch nahm. Bei dem selbstfahrenden Einmann-Mähdrescher kommt zu diesen Überwachungsaufgaben des richtig verlaufenden Druschvorganges nun noch das Fahren und Mähen

hinzu. Es ist einleuchtend, daß durch die Konzentration auf das Fahren und Mähen die Überwachung und Regelung der Dresch- und Reinigungsvorgänge zu kurz kommen muß, da der Mensch überfordert ist. Man wird also Teilvorgänge automatisieren, wie z.B. die Fahrgeschwindigkeit von der aufgenommenen Erntegutmenge steuern lassen. Auch die Messerbalkenhöhe über dem Boden bzw. die richtige Höheneinstellung der Haspel kann automatisiert werden. Da man den Menschen aber zum Fahren und Steuern benötigt, kann man ihn auch entscheiden lassen, wie er das Feld befährt, wann er den Vorratsbunker entleert usw. Es wäre wenig sinnvoll, hierfür teure automatische Vorrichtungen zu erfinden und einzusetzen, wie es in Zukunftsbildern nicht sachverständiger Publizisten dargestellt wird: Durch einen Sender steuert der auf dem Feld oder sogar im Haus sich befindende Betriebsleiter die selbstfahrende Maschine. Ein Zwang, den Menschen von der Maschine herunter zu nehmen, würde doch nur dann bestehen, wenn man ihm auf der Maschine keinen erträglichen Arbeitsplatz schaffen könnte. Dies ist aber auf jeden Fall einfacher und billiger, als Automatisierung vieler Vorgänge, um den Menschen die Maschine fernlenken und fernbedienen lassen zu können.

Bei einer vernünftigen Aufgabenverteilung des Menschen findet also hier die Automatisierung ihre wirtschaftliche Grenze. Wir haben hier als Beispiel die Getreideproduktion dargestellt. Grundsätzlich gelten dieselben Überlegungen auch für die anderen landwirtschaftlichen Produktionen wie Zuckerrüben, Kartoffeln, Futterpflanzen usw. Bei den Hackfrüchten schließt sich an das Pflanzen (entsprechend dem Säen) noch eine mehr oder weniger intensive Pflegebearbeitung an, die dem Fahrer eine sehr große Aufmerksamkeit abverlangt, wenn er keinen Schaden anrichten soll. Es ist daher verständlich, daß man ihm durch eine Teilautomatisierung eine Erleichterung oder auch eine Steigerung seiner Leistungsfähigkeit verschaffen will. Eine von der Pflanzenreihe gesteuerte Hackvorrichtung soll dies erreichen. Bei der Lösung dieser Automatisierung kann man feststellen, daß einfache und dadurch billige Lösungen so

unvollkommen sind und so viel Verluste erzeugen, daß die teureren exakten Lösungen zum guten Ende wirtschaftlicher sind. Die tierische Produktion findet heute bei uns zum großen Teil in Gebäuden statt, hat also in dieser Hinsicht dieselben Voraussetzungen wie die industrielle Produktion, in dem sie unabhängig von den Klimafaktoren betrieben werden kann. Trotzdem unterscheidet sie sich, wie zu Anfang schon ausgeführt, dadurch wesentlich von der industriellen Produktion, daß auch sie biologisch gesteuert wird. Es ist daher nicht möglich, den gesamten Produktionsablauf zu automatisieren. Man muß sich, wie bei der pflanzlichen Produktion, mit Teilautomatisierungen zufrieden geben.

Die Arbeitsgänge bei der tierischen Produktion sind: Futterbereitung, Füttern, Produktgewinnung und Beseitigung der Exkreme, in gewissen Abständen noch Reinigung und Desinfektion. Wie das nachfolgende Beispiel zeigt, kann man diese Arbeitsgänge dem Tier selbst überlassen und sich nur mit der Produktgewinnung beschäftigen. Der Zwang, viele Menschen auf kleinem Raum zu ernähren, macht diese Produktionsform jedoch unmöglich, denn da man sich auch nicht um das Futter kümmert, sind besonders große Flächen notwendig. Nehmen wir als Beispiel die Fleischproduktion: Man kann sie, wie in vielen Ländern mit großen ungenutzten Flächen, noch heute ohne jede maschinelle Einrichtung betreiben, indem man die Tiere sich natürlich vermehren läßt und nur von Zeit zu Zeit die schlachtreifen Tiere aussondert, dem Schlachthof zuführt und schlachtet. In klimatisch ungünstigen Gebieten ist dies Jahr für Jahr auf denselben Flächen häufig nicht möglich, da das Futter, das die Tiere sich selbst suchen müssen, auf diesen Flächen nicht ausreichend wächst. Man muß die Flächen wechseln (Nomaden).

Das andere Extrem stellen die modernen Hähnchen-Mästereien dar, die das Tier fast wie ein industrielles Produkt behandeln. Allerdings muß es selbst fressen und trinken. Futter und Wasser lassen sich aber hier verhältnismäßig einfach automatisch bereitstellen. Der Mensch wird dazu nicht benötigt. Trotzdem

ist es notwendig, daß der Mensch einmal am Tag den Tierbestand ansieht, um evtl. Krankheiten oder andere Störungen zu erkennen und geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Schäden größeren Ausmaßes zu verhindern. Es ist einzusehen, daß es zwischen diesen beiden extremen Produktionsverläufen noch manche andere gibt. Hier sind schon frühzeitig Teilautomatisierungen entstanden, wovon nur einige erwähnt seien:

Die automatische Nachtstrommühle schrotet Getreidefutter völlig ohne Beaufsichtigung des Menschen. Das Hauswasserwerk versorgt über die Selbsttränke das Vieh ohne jedes Zutun des Menschen mit Wasser. Schaltuhren verlängern automatisch das Tageslicht des winterlich kurzen Tages, indem sie künstliche Beleuchtung einschalten, wobei sogenannte Dämmerungsschalter das Einschalten der Leuchten und die Uhr das Ausschalten bzw. das Vorschalten von Widerständen zur Abdunklung besorgen. Der Kot wird gespeichert und beim Wechsel der Tiere in einem Arbeitsgang mit der Stallreinigung und der Desinfektion beseitigt.

Die Entnahme der Milch von der Kuh aus dem Euter konnte durch die Melkmaschine dem Menschen abgenommen werden. Es ist aber nicht möglich, obwohl es immer wieder versucht wurde, die Entnahmezeit durch besondere Kniffe schneller zu gestalten. Da es sich um einen biologischen Vorgang handelt, läßt er sich nicht willkürlich durch den Menschen oder die Maschine ändern. Da dieser Arbeitsgang für die Erhaltung der Leistung des Tieres entscheidend ist, kann man den Menschen hier nicht entbehren. Es wird also niemals möglich sein, den gesamten Arbeitsablauf "Milchgewinnung" ohne Menschen durchzuführen. Dies ist also eine biologisch bedingte Begrenzung der Automatisierung, die auf der anderen Seite eine Begrenzung der Produktion pro Arbeitsperson nach sich zieht, weil ein Mensch nur eine ganz bestimmte Anzahl von Kühen melken kann. Andererseits ist es allerdings möglich, durch Züchtung und Auswahl die Milchleistung pro Kuh zu steigern, wie es die Zahlen der bundesdurchschnittlichen Milchmengen/pro Kuh in eklatanter Weise zeigen: Im Jahre 1950 war der Durchschnitt der gewonnenen Milchmenge pro Kuh 2560 Liter pro Jahr, im Jahre 1964 ist dieser Wert

auf 3571 ltr/Jahr und Kuh gestiegen. In Ausstellungen konnte man Kühe mit Spitzenleistungen von 8 000 ltr/Jahr bewundern. Es ist leicht einzusehen, daß eine derartige Leistung auch ein entsprechendes Futter verlangt. Dies muß nicht nur aus hochwertigen Komponenten zusammengesetzt, sondern auch in richtiger täglicher Menge verabreicht werden. Man hat bereits versucht, die Zuordnung Milchmenge zu Kraftfuttermenge zu automatisieren, um sie der willkürlichen Handhabung des Menschen zu entziehen. Wirtschaftlich tragbare Lösungen sind aber nur bei Vorzugs-Milch-Erzeugung entstanden.

Da, wie wir an den Beispielen gesehen haben, auch bei der tierischen Produktion der Mensch bei gewissen Arbeitsabläufen zur Beaufsichtigung und Entscheidung notwendig ist, kann man ihm auch Arbeiten übertragen, deren Mechanisierung oder Automatisierung einen hohen technischen Aufwand erfordern würde. Diese Tatsache setzt einer weiteren Automatisierung auf Seiten der tierischen Produktion ihre Grenzen.

Man macht sich heute in zunehmendem Maße Sorgen um die Ausbildung und Erziehung der Menschen, die in der automatisierten Wirtschaft einzusetzen sind. Denn dieser Einsatz geht zum größten Teil vom Hilfsarbeiter weg zum hochqualifizierten, selbst entscheidenden Arbeiter. Wir können für die Landwirtschaft feststellen, daß dieser sozialpolitische und bildungspolitische Vorgang schon nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges einsetzte, denn der ständig sich steigende Einsatz von Maschinen, die z.T. recht kompliziert sind, (siehe Mähdrescher und Kartoffelvollernter) verlangten hochqualifizierte Arbeitskräfte. Im bäuerlichen Bereich kam dazu noch die Forderung nach Unternehmer-Eigenschaften, die für den günstigen Absatz seiner Produkte notwendige Voraussetzung ist. Diesen Wandlungsprozeß kann man statistisch erkennen. 1950 waren noch 25 % aller Erwerbstätigen in Land- und Forstwirtschaft beschäftigt, 1964 waren es nur noch 11 %, also weniger als die Hälfte. Wir können also voraussetzen, daß die Landwirtschaft heute über

qualifizierte Arbeitskräfte verfügt, so daß die in ihrem Bereich vorgenommenen Automatisierungen vom Menschen her ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden können.

Auf der anderen Seite dürfen wir zusammenfassend feststellen, daß man im landwirtschaftlichen Arbeitsbereich nicht alles und jedes automatisieren kann. Die wichtigsten Grenzen ziehen die biologischen Vorgänge, die zu den landwirtschaftlichen Produkten führen.

Aber auch wirtschaftliche Überlegungen werden, wie in der Industrie, die Anwendung automatisierter Vorgänge nur dann zulassen, wenn dadurch die Produkte billiger erzeugt werden können. Die Besonderheit der landwirtschaftlichen Produktion, daß sie eine ständige eingehende Beobachtung durch den Menschen verlangt, wird in vielen Fällen eine Automatisierung nicht notwendig machen, da man dem Menschen bei der Beobachtung Arbeitsverrichtungen unschwer zumuten kann. Zum Teil unterstützen diese Arbeitsverrichtungen sogar die Beobachtungsmöglichkeit, wie z.B. das Füttern, das Melken u.ä.

So kann man abschließend feststellen, daß im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion zwar heute schon viele Beispiele automatischer Arbeitsabläufe zu finden sind, daß in der Zukunft auch sicherlich noch weitere Teilautomatisierungen die Arbeiten des Landwirts vereinfachen, verbessern oder erträglicher machen, eine größere Automatisierungswelle wird aber die Landwirtschaft nicht heimsuchen, da die Grenzen hier scharf gezogen sind.

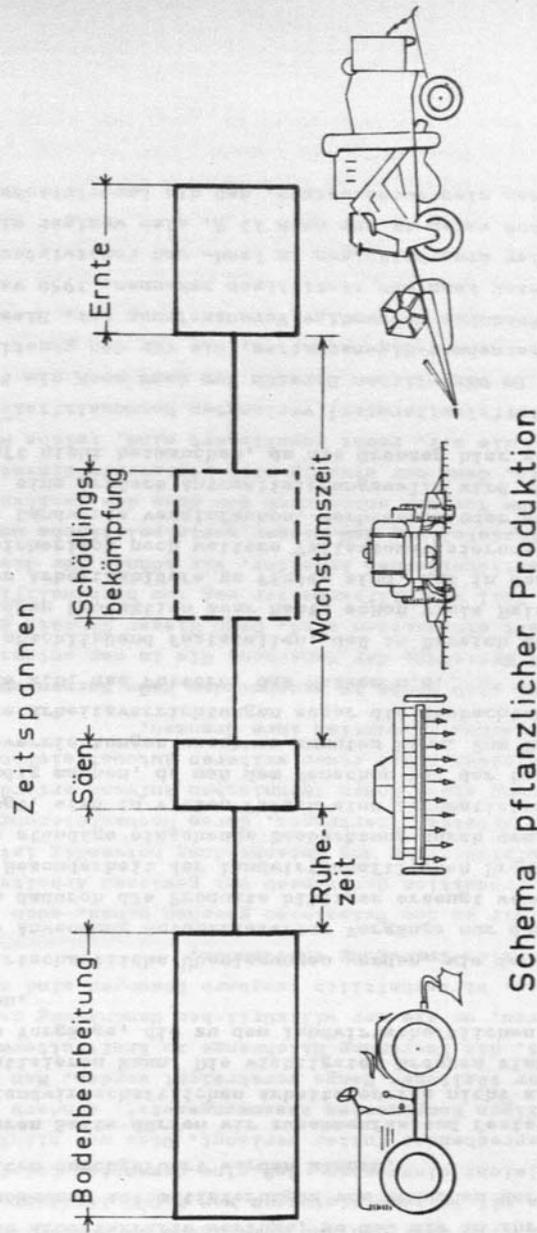
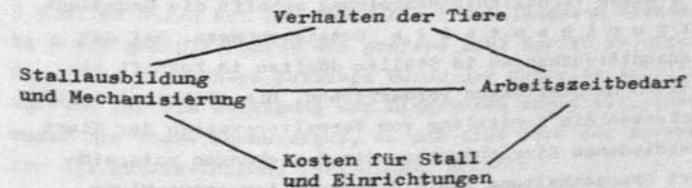
Methodische Fragen zur arbeitswirtschaftlichen
Beurteilung von Produktionsverfahren in Laufställen
für Rindvieh

W. Rüprich

In der Veredlungswirtschaft wird in zunehmendem Maße versucht, durch eine optimale Umweltgestaltung das Leistungspotential unserer Haustiere und den ökonomischen Erfolg aktiv zu beeinflussen. Nach der leistungsgerechten Fütterung ist die Stallausbildung von Bedeutung. Die Ausbildung und Einrichtung der Ställe und Anlagen wird im wesentlichen durch folgende Aufgaben bestimmt.

Den Tieren müssen gute Haltungsbedingungen gegeben werden. Die erbbedingten Leistungsanlagen in Verbindung mit der Fütterung sind durch entsprechende Haltungsformen zu unterstützen. Die Betreuung der Nutztiere erfordert einen hohen Arbeitszeitbedarf, so daß die Ställe in vielen Betrieben die häufigsten Arbeitsorte sind.

Für eine arbeitswirtschaftliche Beurteilung sind die Beziehungen zwischen dem Verhalten der Tiere, der Stallausbildung und Mechanisierung und dem Arbeitszeitbedarf wichtig.



Die Tiere können durch aktives Verhalten zur Umwelt Funktionen übernehmen, um Arbeit und Kosten zu sparen. Die Kenntnis von Verhaltensweisen der Tiere erlaubt wiederum Rückschlüsse auf die Gestaltung der Ställe und Einrichtungen. Während bei der bisher meist üblichen Anbindestallhaltung den Rindern wenig Spielraum für Verhaltensformen gegeben ist, bieten die Laufställe weitgehend Bewegungsfreiheit. Der Ermittlung von Standardzeiten für Arbeitszeitbedarfskalkulationen in modernen Laufställen müssen deshalb Verhaltensbeobachtungen vorausgehen. Erst bei Kenntnis der Verhaltensweisen der Tiere sind klare Rückschlüsse auf die Ausbildung der Ställe und Stalleinrichtungen zu ziehen. Die Stallausbildung und Mechanisierung sowie das Verhalten der Tiere in Laufställen bestimmen im höchsten Maße den Arbeitszeitbedarf.

Die Verhaltensforschung hat sich bisher nur sehr wenig mit landwirtschaftlichen Haustieren beschäftigt, wie auch ein Blick in das Sachregister von TEMBROCK, Verhaltensforschung (8) zeigt. Aus den Ergebnissen von Arbeiten über Verhaltensbeobachtungen bei Haustieren sind nur wenige gesicherte Schlußfolgerungen auf die kausalen Beziehungen zwischen Verhalten der Tiere, Stallausbildung und -anordnung und Arbeitszeitbedarf zu ziehen.

Die Ethologie (Ethologie - ethos = Sitte, Gewohnheit) benutzt bei den kausalanalytischen Untersuchungen des artspezifischen Verhaltens sowie bei der vergleichenden Verhaltensforschung an erster Stelle die **deskriptive Darstellung**. Diese Verhaltensbeschreibung schafft die Grundlage für **experimentelle** Untersuchungen. Bei den Verhaltensuntersuchungen in Ställen dürften in Zukunft die deskriptiven Darstellungen vorherrschen. Die wichtigsten Aufgaben umfassen die Ermittlung von Verhaltensweisen der Tiere bei verschiedenen Einrichtungen, die Beziehungen untereinander bei Gruppenhaltung sowie die Verhaltensentwicklung.

Für die speziellen Untersuchungen in Rindviehställen gelten

für die Verhaltensforschung folgende Grundsätze der Versuchsanstellung und -durchführung.

Eine **Erfassung und Beschreibung** der **Ställe** und der Einrichtungen mit Angaben über Abmessungen, Anordnung, Klima u.a. ist vorzunehmen. Hierbei müssen in der Regel auch die Details der Bau- und Einrichtungsteile aufgenommen werden.

Die in die Untersuchung einbezogenen **Tiere** sind nach Rasse, Größe, Alter, Anzahl, Eigenschaften u.a. zu registrieren. Die Körpermessungen stehen dabei im Vordergrund, da Abmessungen im Stehen, Liegen und Bewegen Rückschlüsse auf den Flächenbedarf zulassen. Die manuellen Messungen mit dem Meßstock stellen z.Zt. noch die wichtigsten Meßmethoden dar. Liegende Tiere sind leichter auf photographischem Wege zu messen, da die Tiere hierbei weniger gestört werden. Bei der Auswertung der Meßfotos sind die Maßstabverzerrungen zu berücksichtigen. Für bestimmte Fragestellungen sind auch bei Bewegungen die Größen zu ermitteln. Dies gilt besonders beim Koten und Harnen. Mittelrahmige Kühe verkürzen durch extreme Rückenkrümmung die Rumpflänge um 12 - 16 cm oder rund 9 %. Die Körpermessungen sind besonders wichtig für die Größe der Liegeplätze.

In unseren Untersuchungen wurde festgestellt, daß bei einer Verlängerung der Liegeboxen von 205 auf 210 cm von den Versuchstieren fast die dreifache Kotmenge in die Boxen abgesetzt wurde. Während bei der kürzeren Länge im Durchschnitt nur in 9 % aller Boxen Kot lag, wurden bei den längeren Ständen in 21 % Kot gezählt. Durch die größere Zahl der zu reinigenden Boxen und die höhere Kotmenge wurde der doppelte Arbeitszeitaufwand für die Reinigung der Liegeboxen ermittelt. Außerdem waren die Tiere schmutziger, so daß sich auch der Aufwand für die Euterreinigung geringfügig erhöhte.

Von OBER (3) wurde die Reichweite von Kühen der Höhenfleckviehrasse in einem Mittellangstand festgestellt. Die Auswer-

tung der Ergebnisse führte zur Entwicklung verschiedener Krippenformen. Eine Übertragung der Erkenntnisse für die Gestaltung der Krippen in Laufställen ist möglich. Die Reichweite bei Selbstfütterung von Heu und Silage aus dem Futterstapel ermittelte HANSSEN (2) in Laufställen für Kühe.

Die Bewegungs- und Aufenthaltsstudien sind für die arbeitswirtschaftliche Beurteilung der Laufställe von größter Bedeutung. Im Rahmen unserer arbeitswirtschaftlichen und technischen Untersuchungen wurden in den Jahren 1961/62 und 1966/67 Verhaltensstudien in verschiedenen Laufställen durchgeführt. Bei der Auswahl der in die Untersuchung einzubeziehenden Stallformen mußten wir uns beschränken, da die gleiche Tiergruppe beibehalten werden sollte. Mit dem Ziel, das Verhalten der Tiere in den Laufställen kennenzulernen und exaktere Unterlagen für die Stallplanungen zu erarbeiten, konzentrierten sich die Beobachtungen auf folgende Funktionen.

Die Ruhe- und Schlafstellung der Haustiere ist durch ein bequemes, genügend großes Lager, welches gut zu erreichen ist, zu unterstützen. Die Liegefläche soll trocken sein und ein leichtes Hinlegen und Aufstehen gestatten. Die Tiere sollen die Liegefläche nicht durch Kot und Urin verunreinigen. In zunehmendem Maße bevorzugen die Landwirte, Stallformen, die wenig oder keine Einstreu erfordern. Der Arbeitszeitbedarf für die Einstreu- und z.T. auch für die Entmistungsarbeit wird weitgehend von der eingestreuten Menge beeinflusst. Die Liegedauer je Tag in Verbindung mit dem Positionswechsel der Tiere sind Merkmale für die Bequemlichkeit der Liegeplätze.

Das Verhalten der Tiere beim Koten und Harnen in Verbindung mit den Stallreinrichtungen bestimmt den Arbeitszeitbedarf für die Dungbeseitigung und Reinigung. Die Transportmengen sind mit 20 - 25 kg Kot und 15 - 25 Liter Harn oder 35 - 50 kg Frischmist bei Einstreu je Kuh und Tag sehr hoch und erfordern im allgemeinen den höchsten Arbeitszeitbedarf an Transportarbeiten für die Tierbetreuung.

Die Nahrungsaufnahme ist von besonderer Bedeutung, da der Einfluß der Fütterung bei Haustieren auf die Leistung sehr groß ist. Untersuchungsaufgaben auf diesem Gebiet sind u.a. die Freßgewohnheiten und Freßdauer bei verschiedenen Futtermitteln, die Zahl der Freßstellen bei Vorrats- und Selbstfütterung mit wechselnden Futtermitteln sowie Anordnung und Ausbildung der Krippen und Raufen.

Das territoriale Verhalten der Tiere gibt in Verbindung mit Körpermessungen Aufschluß über die Größe und Anordnung der Laufflächen. Die Tiere dürfen sich nicht gegenseitig behindern. Schwächere Tiere sollten stärkeren ausweichen können. Zu große Laufflächen erfordern höhere Kosten für die Anlage und Bewirtschaftung.

Bei den domestizierten Haustieren ist die Beobachtung über die Verhaltensentwicklung für die Beurteilung von Produktionsverfahren wichtig. Es handelt sich dabei um das Erlernen von Verhaltensformen und die Reifung angeborener Elemente. Für die Durchführung von Arbeitszeitstudien in Ställen ergibt sich besonders die Fragestellung, wie schnell sich die Tiere an Ställe mit neuen Einrichtungen, z.B. Liegeboxen, gewöhnen.

Im Rahmen einer arbeitswirtschaftlichen Beurteilung der Laufställe ist das soziale Verhalten der Tiere zu erfassen. Unruhige, z.B. brünstige Tiere, können das Verhalten einer Gruppe sehr stark beeinflussen. Die Ergebnisse von Arbeitszeitstudien, die unter solchen Bedingungen durchgeführt werden, können zu falschen Schlußfolgerungen führen. Bei der Laufstallhaltung von Rindern spielt die Rangordnung eine große Rolle. Die in jeder Gruppe mehr oder weniger ausgeprägte Rangordnung ist keine feststehende Einstufung. Wenn ein Tier seine Rangstellung nicht mehr anerkennt, kommt es zu Rankämpfen, die meistens zu Veränderungen in der Rangfolge führen. Die Rangordnungskämpfe in einer Gruppe sind in der Regel nur von kurzer Dauer. Neueingliederungen

führen allerdings zu Kampfstimmungen, so daß Umgruppierungen von Tieren auf ein Mindestmaß zu beschränken sind. Die Tiere scheinen hier sehr gut zu beobachten, da Veränderungen im Phänotyp durch Abmagerung und Krankheit erkannt und solche Tiere bekämpft werden. Das Enthornen der Tiere bringt größere Ruhe und Sicherheit in die Gruppe und die Verletzungen sind geringer.

Die Beziehungen zwischen Verhalten und Vererbung soll hier nicht näher behandelt werden. Nach unseren Beobachtungen und Mitteilungen aus der landwirtschaftlichen Praxis werden in bestimmten Kuhfamilien besonders häufig bössartige Tiere festgestellt. Meist sind solche Tiere für die Laufstallhaltung eine Gefahr, so daß eine Selektion und Ausmerzung besonders bei Zuchtbullen unerlässlich ist.

Für die Beobachtung und Registrierung von Verhaltensabläufen in Ställen stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Je nach der Fragestellung bietet die eine oder andere Methode Vorteile. Durch den begrenzten Beobachtungsraum im Stall ist in der Regel eine klarere Übersicht gegeben, als in der freien Wildbahn.

Die Beobachtung in unregelmäßigen, besser in regelmäßigeren Abständen und dabei Aufschreibung bestimmter Zustände ist u.a. bei der Ermittlung von Liegezeiten in Laufställen mit Liegeboxen angewendet worden. Die Beobachtungen und Aufzeichnungen werden oft vom Stallpersonal übernommen. Die Beobachtungsabschnitte sind hierbei an den Beginn oder das Ende der Stallarbeitszeit sowie zu Kontrollgängen gelegt. Der erfaßte Situationsabschnitt ist kurz und bei unregelmäßiger Aufteilung im Tagesrhythmus ist der Aussagewert dieser Beobachtungen gering. Der Zeitaufwand für die eigentliche Beobachtung, Aufzeichnungen und Auswertung ist gering.

Die visuelle Dauerbeobachtung ist zeitaufwendig, da der jeweilige Beobachtungsabschnitt 24 Stunden betragen sollte. Für diese Dauerstudien ist auch nachts

eine ausreichende Beleuchtung erforderlich, um die Tiere oder Zeichen zu erkennen. Der Beobachter darf durch seinen Aufenthalt die Tiere nicht beeinflussen, so daß der Standort, die Beleuchtung und sein Verhalten entsprechend sein muß.

Der biologische Tagesrhythmus wird bei dieser Beobachtung am zweckmäßigsten grafisch protokolliert. Wir verwendeten einen Beobachtungsbogen, auf welchem die Zeitskala auf der Abszisse aufgetragen ist. Die Ordinate wird je nach Untersuchungszweck und Tierzahl in Zeilen aufgeteilt, in die die verschiedenen Verhaltensmerkmale, z.B. Tier 1: Stehen, Liegen, Fressen, Saufen, Koten usw. sowie die jeweilige Zone der Stallgrundfläche am besten durch Symbole eingetragen werden. Das Besprechen von Tonbändern ist möglich, wenn der Beobachtungsposten ausreichend isoliert ist.

Wir haben diese visuelle Dauerbeobachtung bei einer Gruppe von 6 und 7 Jungtieren mit 350 kg Gewicht bei verschiedenen Stallformen angewandt. Dabei wurden alle Tiere beobachtet und die Verhaltensmerkmale registriert. Der Vorteil bei diesen Dauerstudien liegt im wesentlichen darin, daß bei klarer Protokollführung ein hoher Aussagewert erzielt wird und auch Angaben über Ursache und Wirkung gemacht werden können. In Laufställen beeinflussen sich die Tiere oft gegenseitig.

Als Nachteil dieser visuellen Beobachtungen ist u.a. die unterschiedliche Beurteilung und Einschätzung einzelner Verhaltensweisen durch mehrere Beobachter zu nennen. Bei einer 24-Stunden-Beobachtung sollten 2 - 3 Personen eingesetzt werden, die möglichst nicht länger als 4 bis 6 Stunden hintereinander im Stall sind. Als technisches Hilfsmittel für die Beobachtungen können auch Fernsehkameras mit Bildspeicherung eingesetzt werden. Über Fernsichtsystem ist auch die Beobachtung mehrerer, räumlich getrennter Stallteile möglich.

Die visuelle Beobachtung von Gruppen mit mehr als etwa 10 Tieren durch eine Person ist nicht möglich, auch wenn nur die Registrierung von Ruhen, Stehen und Nahrungsaufnahme

Gegenstand der Untersuchung ist. Wenn eine Aufzeichnung weiterer Tätigkeiten wie z.B. Freßzeiten verschiedener Futtermittel an mehreren Plätzen, Wiederkaugen, vorgesehen ist, kann eine Person nur etwa 3 bis 6 Tiere ausreichend exakt beobachten. Bei größeren Einheiten müssen deshalb einige Tiere der Gruppe ausgewählt und gekennzeichnet werden. Diese Methode hat SCHOLZ (7) bei Untersuchungen mit Schweinen ab 90 Tieren je Gruppe angewendet. Dabei wurden 5 - 10 % der Tiergesamtheit markiert und beobachtungsmäßig in 5 Minuten-Intervallen protokollarisch erfaßt. Die Beobachtung in 5-Minuten-Intervallen ist einfacher und übersichtlicher als die kontinuierliche Aufzeichnung. Der Aussagewert dürfte aber für verschiedene Fragestellungen geringer sein.

Wegen des hohen Personalaufwandes bei diesen visuellen Beobachtungen und der subjektiven Einschätzung gewisser Verhaltensweisen ist der Einsatz von selbständig arbeitenden Registriereinrichtungen angebracht.

WANDER (10) hat im Anbindestall für die Verhaltensregistrierung mit gutem Erfolg mechanische Zeitschreiber eingesetzt. Diese Apparatur gestattet es, die vertikalen und horizontalen Positionsveränderungen des Tieres über Bauchgurt, Verbindungsschnüre und Schreibhebel auf einen Diagrammstreifen aufzutragen.

Der Einsatz automatisch gesteuerter Filmkammer erlaubt die fotografische Aufzeichnung von Verhaltenszuständen und ist z.B. geeignet für die Registrierung der Freß- und Liegezeiten und des territorialen Verhaltens der Tiere. Wir haben bei unseren Versuchen mit einer Siemens-Kassettenkamera mit Weitwinkelobjektiv Schneider Cinegon 1 : 1,8 bei 10 mm Brennweite, gearbeitet. Die Bildfolge betrug eine oder fünf Minuten. Verwendet wurden bisher hochempfindliche Filme, 16 mm Perutz U 27. Die hochempfindlichen Filme gestatten es,

mit Blende 2,8 bei gleichmäßiger Dauerbeleuchtung Tag und Nacht zu arbeiten. Die Helligkeit entspricht etwa den bei visuellen Beobachtungen erforderlichen Werten. Anstelle dieser Dauerbeleuchtung kann mit Blitzlicht gearbeitet werden. Technisch ist die erste Methode einfacher. Welche Beleuchtungsart die Tiere geringer beeinflusst, kann von uns vorläufig nicht beantwortet werden. Bei unseren bisherigen Untersuchungen zur Registrierung des territorialen Verhaltens, der Liege- und Freßzeiten hat sich die Bildfolge von 5 Minuten und 14tägiger Gesamtbeobachtungszeit am zweckmäßigsten erwiesen. In dieser Zeit wurden rund 3900 Einzelbilder aufgenommen.

Die entwickelten Filme werden mit einem Bildbetrachter ausgewertet und die entsprechenden Verhaltensmerkmale der Versuchstiere aufgezeichnet. Da bei dieser Methode nur jeweils Einzelbilder festgehalten werden, ist der Aussagewert für manche Verhaltensweise gegenüber visueller Dauerbeobachtung geringer. Für die Beurteilung der Liegezeiten in Laufställen ist diese Methode gut geeignet.

Auch mit Lichtschrankenanlagen mit Zählwerk oder Diagrammstreifen können die Aufenthalte der Versuchstiere in verschiedenen Stallbereichen registriert werden (9).

Die Versuchsplanung von Bewegungs- und Aufenthaltsstudien in Laufställen muß die komplexen Zusammenhänge der Verhaltensfunktionen der Tiere bei der Auswahl der Methoden berücksichtigen.

Der Aufwand für diese Studien an Beobachtungspersonal oder an technischen Einrichtungen für die Registrierung und Auswertung ist hoch. Die bisher im wesentlichen auf rein empirischem Wege vorgenommene Beurteilung von Ställen und Einrichtungen sollte durch exakte Verhaltensstudien ersetzt werden. Nur mit Hilfe verschiedenartiger Testmethoden sind die

kausalen Beziehungen zwischen Tier und der vielgestaltigen Umwelt im Stall zu erkennen und zu messen sowie Schlußfolgerungen für die Stallplanung und arbeitswirtschaftliche Beurteilung zu ziehen. Erst bei genügender Kenntnis des Normalverhaltens der Tiere bei den wechselnden Umweltbedingungen sollten Arbeitszeitstudien durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

1. EICHHORN, H. Die fotografische Aufzeichnung des Verhaltens von Milchvieh mit Hilfe von Reihenbildern, Referat, CIGR-Seminar vom 22.-25.8.1966 in Lund
2. HANSSEN, G. Voraussetzungen und Möglichkeiten der Selbstfütterung bei Milchvieh Diss. Univ. Kiel (1958)
3. OBER, J. Krippen im Rindviehstall. ALB-Schriftenreihe, Heft 7, Arbeitsgemeinschaft für landwirtsch. Bauwesen, Frankfurt (1957)
4. RÜPRICH, W. Untersuchungen zum Verhalten von Rindern in modernen Ställen, Referat, Symposium über Tierverhalten am 18.10.1965 in Lund
5. SCHICK, R.,
W. STOFFMEISTER
u. P. LAMPRECHT Die Einrichtung von Liegeboxen - eine Möglichkeit der einstreuarmer Haltung im Offenstall. Die deutsche Landwirtschaft 13, 10, 513-518 (1962)
6. SCHOLZ, K.,
U. HIMMEL u.
C. LIPS Problematik, Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen zum Verhalten der Rinder und Schweine in Großbeständen. Archiv für Tierzucht, 7, 1, 3-20 (1964)
7. SCHOLZ, K. Das Verhalten von Mastschweinen in großen Gruppen und dessen Einfluß auf die Gestaltung der Ställe. Referat, CIGR-Seminar vom 22.-25.8.1966 in Lund
8. TEMBROCK, G. Verhaltensforschung. Eine Einführung in die Tier-Ethologie. Jena (1961)
9. WANDER, J.-F. Methoden und Ergebnisse angewandter Verhaltensforschung in der Nutztviehhaltung. Landbauforschung Völknerode 15, 2, 145-152 (1965)

10. WANDER, J.-F. Verhaltensuntersuchungen auf Kurzständen
Die Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966)

Die Verhaltensuntersuchungen auf Kurzständen sind in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) veröffentlicht. In diesem Artikel wird über die Verhaltensuntersuchungen auf Kurzständen berichtet. Die Untersuchungen wurden in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) dargestellt. Die Untersuchungen wurden in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) dargestellt. Die Untersuchungen wurden in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Landarbeit 17, 1, 4-6 (1966) dargestellt.

Faktoren, die vermutlich die Hennenleistung bei Käfighaltung beeinflussen.

S. Wasmund

Wenige Jahre, nachdem die Legehennenhaltung von kleinen Tierbeständen mit Auslaufhaltung durch Fortschritte in der Zucht, Verbesserung des Futters, bessere Kenntnisse der hygienischen Anforderungen, der Ansprüche an die Umwelt usw. zur reinen Stallhaltung mit größeren Tierzahlen übergegangen ist, hat sich in zunehmendem Maße die Käfighaltung mit ihren verschiedenen Varianten eingeführt.

Die für eine Bodenhaltung von Legehennen mit großen Tierzahlen notwendige Mechanisierung und umfangreiche sonstige Stalleinrichtungen bei geringem Besatz pro Bodenfläche, machten den Einsatz von Käfigen auch von den Kosten pro Hennenplatz her interessant. Die Möglichkeit, jetzt große Hennenzahlen in Käfigen in einem Betrieb zu halten und der Trend zu großen Produktionseinheiten veranlaßte die Industrie zu einem reichen Angebot von Käfigtypen.

Die Entwicklung verlief von der Bodenhaltung direkt zur vollmechanisierten Etagenbatterie und erst später zurück zu den nicht- oder teilmechanisierten Stufenkäfigen. Es ist deshalb nicht sehr verwunderlich, daß man bisher im wesentlichen mit der Bewältigung des neuen veränderten Aufgabenbereichs, wie große Tierzahl, Vermarktungsfragen, Kotproblem, Störanfälligkeit der technischen Anlagen, Baufragen, Lüftung uws. ausgelastet und abgelenkt war. Dem einzelnen Käfig selbst, als unmittelbaren Lebensraum des Huhnes, widmete man jedoch nicht genügend Aufmerksamkeit. Der Eieranfall befriedigte größtenteils, die neuerbauten Ställe machten im Gegensatz zu den alten, oftmals schon durch Krankheitskeime verseuchten Ställe, hygienisch weniger Schwierigkeiten. Die langen, geraden Käfigstränge beeindruckten optisch durch Ordnung und Sauberkeit. Vergleichsversuche mit verschiedenen Käfigtypen wurden kaum angestellt. Der einzelne Betrieb hatte in der Regel wegen des Kundendienstes, der Ersatzteilbeschaffung usw. nur 1 Käfigfabrikat.

Waren wirklich einmal verschiedene Ställe mit einem jeweils anderen Käfigfabrikat ausgerüstet, wurden etwaige Leistungsunterschiede kaum dem Käfig selbst, sondern wie bei der Bodenhaltung in verschiedenen Ställen mit unterschiedlichen Leistungen, anderen Faktoren angelastet, in erster Linie dem Tiermaterial.

Die Käfighaltung verlangt für unsere Legehennen eine weitaus radikalere Umstellung in ihren natürlichen Lebensgewohnheiten als der Übergang von der Auslaufhaltung zur reinen Bodenintensivhaltung. Würde mit der auslauflosen Stallhaltung von Legehennen schon eine einschneidende Veränderung der natürlichen Umweltbedingungen im Leben der Tiere vorgenommen, so blieb mit Schlafplatz, Scharraum und Nest den Hennen noch ein verhältnismäßig weiter Lebensraum, in dem sie sich frei bewegen konnten. Der übliche Besatz mit 5 Hennen je m^2 war zwar eng, aber wiederum nicht so knapp bemessen, als daß die Tiere nicht noch ihren gewohnten Lebensäußerungen nachgehen konnten. Sie konnten herumlaufen, scharren, Staubbäder nehmen, sich lange und ausdauernd ihrem Federkleid widmen, sich ein angenehmeres Nest aussuchen und ihren im Rahmen der Sozialordnung zustehenden Schlafplatz einnehmen.

In dem Käfig wird der Henne der unmittelbarste Lebensraum zudiktieren, mit dem sie sich abzufinden hat. Bis zu 25 Hennen müssen auf $1 m^2$ Käfigbodenfläche leben. Selbst an reinem Schlafplatz bei der Bodenhaltung billigt man hingegen den Tieren noch rund $640 cm^2$ je Henne zu, d.h. 15 - 16 Tiere je m^2 . (1 lfdm Sitzstange für 5 bis 6 Hennen, 35 cm Sitzstangenabstand).

Im Käfig hat das Huhn praktisch keine Möglichkeit, sich irgendwie zu betätigen, außer Futter und Wasser aufzunehmen. Seine Umwelt, die zweifellos zu den leistungsbeeinflussenden Faktoren der Legehennenhaltung gehört, ist mit dem Käfig restlos vom Menschen gestaltet.

"Das moderne Huhn ist hoffnungslos eingeklemmt zwischen einer nur aus wirtschaftlichen Gründen bestimmten Halteweise und seinen ererbten Instinkten, die für eine ganz andere Lebensweise zuge-

schnitten sind. Mit diesem Dilemma ist man bisher noch nirgends fertig geworden. Ob das jemals gelingt, ist eine offene Frage, aber daß es nur dann gelingen kann, wenn man die Eigenart des Verhaltens kennt und darauf Rücksicht nimmt, das ist gewiß." (MEHNER 4, S. 113)

Die Verhaltensforschung hat sich bisher hauptsächlich auf die Wildtiere beschränkt. Wir müssen aber immer mehr erkennen, daß unsere domestizierten Legehennen unter den heutigen Haltebedingungen bereits ein weitgehend anderes Verhalten zeigen, als es noch bei den kleinen Hühnervölkern mit natürlicher Brut auf den Bauernhöfen zu erkennen war (BAEUMER 3). Zweifellos hat das Auswirkungen auf die Leistungen und das Durchhaltevermögen der Henne. Der Käfig ist genau so ein Produktionsfaktor wie erbliche Veranlagung, Futter, Klima usw. Mit Sicherheit können durch ungünstige Käfige hervorgerufene Leistungsdepressionen groß genug werden, um die Rentabilität infrage zu stellen.

Soweit die verschiedensten Merkmale des Käfigs die Leistungen der Tiere beeinflussen können, sind sie in der Größenordnung ihrer Einflüsse bisher noch nicht bekannt. Die nachfolgende Reihenfolge ist daher keine Rangfolge.

Bisherige Untersuchungen über die Besatzzahl je Einzelkäfig zeigten eine abnehmende Legeleistung von 1 Henne je Käfig zu 4 Hennen je Käfig. Hierbei wurde jedoch neben der Besatzzahl auch die der einzelnen Henne zur Verfügung stehende Grundfläche verändert (SCHOLTYSSSEK 6, SHARP 7). Der Leistungsabfall kann deshalb nicht lediglich der Tierzahl je Käfig angelastet werden. Wenn z.B. bei 1er Besetzung des Käfigs der Henne $1170 cm^2$ Grundfläche zur Verfügung stehen, bei der 4er Besetzung jedoch nur noch $450 cm^2$ Grundfläche je Henne, dann hat das sicherlich größeren Einfluß auf die Leistung, als die Zahl der Hennen je Käfig. Die günstigste Besatzzahl je Einzelkäfig dürfte vielmehr eine Sozialfrage sein.

Es spricht vieles dafür, daß in einer so kleinen Gruppe, wie in einem 3er oder 4er Käfig, nach Eingewöhnung der Tiere eine "stabile Rangordnung" unter den Tieren herrscht (BAEUMER 2). Von der Rangreihenfolge wird kaum mehr Gebrauch gemacht und

Änderungen der Rangordnung treten nur noch selten auf. Rangordnungsaueinanderetzungen unter den Tieren eines Käfigs und zum Teil auch zwischen den Hennen der Nachbarkäfige, sofern die Maschenweiten der Zwischenwände es zulassen, finden in den ersten Tagen nach dem Einsetzen in die Käfige statt. Bei Junghennen, denen Käfige bisher fremd waren, die also einer Bodenaufzucht entstammen, kann dabei das Bestreben aus dem ungewohnten Käfig zu entweichen und das schließliche Resignieren zu weniger auffälligen Machtkämpfen führen als bei käfiggewohnten Tieren. Die Rangordnung liegt schließlich eindeutig fest.

Interessant ist die Beobachtung, daß bei aneinander gewöhnten Hennen, auch dann wenn sie "auseinandergewachsen" sind, im Einzelkäfig - jedenfalls wenn die Troglänge es allen Tieren gestattet, gleichzeitig zu fressen - kaum ein Abpicken selbst schwacher Tiere zu beobachten ist; auch dann nicht, wenn man ihnen irgendwelche Leckerbissen anbietet. Man sieht dann zwar, daß jedes Tier bemüht ist, so schnell wie möglich recht viel davon aufzunehmen, ganz selten aber, daß von stärkeren Hennen ein offensichtlich schwächeres Tier abgepickt wird. Es entsteht also der Eindruck, als ob die Rangordnung nicht mehr ausgenutzt wird. Das ändert sich sofort, wenn eine fremde Henne in den Käfig gesetzt wird.

In den sog. Koloniekäfigen mit z.B. 15 oder mehr Hennen in einem Käfigabteil scheinen andere Verhältnisse vorzuliegen und die Rangordnung weniger stabil zu sein. Hier herrscht oftmals viel mehr Unruhe unter den Tieren, die wahrscheinlich durch die nicht mehr gradlinig verlaufende Rangordnung hervorgerufen wird. Mit größer werdender Tierzahl wird die Stabilität der Rangordnung durch "Dreiecksverhältnisse" gestört (SCHJELDERUP-EBBE 5).

Hierin muß vornehmlich die Ursache gesehen werden, daß sich Koloniekäfige bisher nie richtig durchsetzen konnten. Das würde dann auch bedeuten, daß zwischen den Tierzahlen 4 und 15 Hennen je Käfig irgendwo die Grenze im Tierbesatz zu suchen ist, die vom Sozialverhalten her gesetzt wird.

Enge Beziehungen zur Besatzzahl je Einzelkäfig hat die Grundfläche je Henne. Einer einzelnen Henne im Käfig muß, um ihr den gleichen Bewegungsraum zu bieten, wie z.B. einer Henne im 4er Käfig, eine größere Grundfläche zur Verfügung stehen. Die besten Leistungen je Tier sind zweifellos von einer einzelnen Henne im genügend großen Käfigabteil zu erwarten. Hier muß aber nach einem Kompromiß gesucht werden. Bei 1 Henne je Abteil werden die Kosten je Hennenplatz zu hoch und die Käfighaltung, jedenfalls unter den derzeitigen Preisverhältnissen, unwirtschaftlich. Andererseits tritt eine einzelne Henne im Abteil den Bodenrost nicht genügend sauber, d.h. es bleibt eher Kot am Draht hängen und es fallen mehr Schmutzeier an. Es muß daher ein Weg zu finden sein, der insgesamt die vertretbaren Kosten je Hennenplatz, die notwendige Bewegungsfreiheit der einzelnen Henne, das Sozialgefüge und die Vermeidung von Schmutzeiern berücksichtigt.

Der Mangel an Betätigungsmöglichkeit im engen Käfig führt zu Zwangsbewegungen des Huhnes und Reaktionen, wie sie bei der Bodenhaltung nicht zu beobachten waren. Gewohnheiten, wie z.B. die intensive Gefiederpflege mit dem Schnabel, unterbleibt weitgehend. Stattdessen beschäftigen sich die Tiere ausgiebig mit dem Futter (bei 18-stündiger Beleuchtungszeit wurden in der Summe z.B. bis zu 10 Stunden Herumpicken im Futter durch die einzelne Henne gemessen). Ob hier im Interesse einer besseren Eierleistung oder eines besseren Durchhaltevermögens Abhilfe geschaffen werden muß, oder kann, bleibt noch zu untersuchen. Da das Körpergewicht beim Platzbedarf der Henne eine Rolle spielt, würde sich bei der Angabe des Platzbedarfes an Stelle von Grundfläche je Henne die Bewertung Grundfläche je kg Henne anbieten.

Im Zusammenhang mit der Grundfläche je Henne steht die Troglänge je Tier. Auch hier stimmt die häufig anzutreffende Meinung, daß mit zunehmender Troglänge je Henne auch die Leistung steigt, nicht unbedingt. Mit der Steigerung der Troglänge je Henne vergrößert sich, jedenfalls im Rahmen der handelsüblichen Käfigtypen meistens gleichzeitig die Grundfläche je Tier.

Die Troglänge je Henne liegt bei den heute angebotenen Käfigen etwa zwischen 9 bis 12,5 cm je Tier. 10 cm nutzbare Troglänge je Tier dürfte ungefähr das Mindestmaß sein, das im Käfig allen Tieren gestattet, gleichzeitig zu fressen, wobei es sich bei der, wie bereits erwähnt, überraschend langen Zeit des Herumpickens im Futter bestimmt nicht um eine eigentliche Nahrungsaufnahme handelt, sondern mehr um eine Beschäftigung mangels anderer Möglichkeiten der Betätigung. Die den Hennen mit weniger als 10 cm Troglänge nachgesagte Leistungsminderung wäre demnach weniger eine Folge veränderter ausreichender Nahrungsaufnahme, sondern vielmehr der mangelnden Beschäftigungsmöglichkeit zuzuschreiben. Dadurch könnte das sog. "Wohlbefinden" der Tiere leiden, aber auch die Verträglichkeit, d.h. die Sozialordnung gestört werden. In der Bodenhaltung, wo also den Tieren noch weitgehende Betätigungsfreiheit geboten wird, betrachtet man bei Rundautomatenfütterung noch knapp 4,5 cm Troglänge je Henne als ausreichend. Hier kann also noch nicht die Hälfte der Tiere gleichzeitig, allerdings radial fressen, ohne daß ein Leistungsabfall befürchtet werden muß.

Die optimale Wasserversorgung der Legehennen ist einer der wichtigsten Faktoren sowohl für die Eizahl als auch für die Eigröße. Es muß den Hennen also jederzeit ausreichend Wasser gut erreichbar zur Verfügung stehen. Rinnentränken verschmutzen sehr schnell und sollen besonders in der warmen Jahreszeit möglichst mehrmals wöchentlich gereinigt werden. Je höher der Wasserstand in der Rinne ist, desto mehr Schlamm sammelt sich an. Die Angaben über den notwendigen Wasserstand liegen zwischen 1,5 bis 2,5 cm. In der Praxis findet man bei Rinnen mit Dreiecksprofil als Durchlauftränke mitunter eine Wasserhöhe von nur wenigen Millimetern, wobei die Hennen trotzdem in voller Leistung stehen. Hennen sind jedoch in der Lage, wie es bei Störungen des Wassernachflusses zu beobachten ist, auch noch die letzten Tropfen Wasser aufzunehmen. Das bedeutet demnach, daß z.B. ein Wasserstand von 5 bis 10 mm vollkommen ausreichen müßte, die Tiere mit Wasser zu versorgen, und daß Leistungsminderungen, die unter diesen Umständen mit zu knapper Wasseraufnahme begründet

werden, anderweitig verursacht sein müssen. Tatsächlich läßt sich vermuten, daß ein unbequemer Zugang zum Wasser der Grund für eine verminderte Eizahl oder für kleine Eier sein kann. Zu knapper Freiraum über der Tränke behindert die Henne in ihrer eigentlichen Kopfbewegung beim Trinken insbesondere dann, wenn sie beim Heben des Kopfes mit dem Kamm in einer Drahtquerstrebe hängenbleibt. Bei der Futteraufnahme hingegen kann die Henne fressen und schlucken, ohne den Kopf zwischendurch zurückziehen oder heben zu müssen. Es wäre also denkbar, bei Rinnentränken mit einem niedrigen Wasserstand von etwa 5 bis 10 mm auszukommen, wenn genügend Freiraum über der Rinne bleibt. Die Rinne verschlammmt bei niedrigem Wasserstand weniger, da die Hennen den Futtersatz mit aufnehmen. Das würde daher, wenn nicht gar eine ständige Reinigung überflüssig machen, so doch wenigstens die Zahl der notwendigen Säuberungen herabsetzen. Gegenüber Nippeltränken ist bei Rinnentränken die Funktionskontrolle erheblich erleichtert.

Bodenneigung, Drahtstärke und Maschenweite des Bodenrostes variieren bei den derzeit angebotenen Käfigtypen sehr stark, selbst bei gleichem Hersteller. Der Bodenrost erfüllt seine Aufgabe dann, wenn er den Tieren einen festen und bequemen Stand gewährt, der Kot sauber hindurchfallen kann bzw. getreten wird, die Eier bruchfrei und sauber abrollen können und Verletzungen der Tiere ausgeschlossen sind. Eine Neigung des Bodenrostes zum Abrollen der Eier ist notwendig. Je stärker der Boden geneigt ist, umso schneller rollen die Eier ab und umso weniger sind sie der Gefahr ausgesetzt, zertreten oder angepickt zu werden. Mit einer bestimmten Neigung wird jedoch der Reibungswinkel erreicht, an dem die Tiere anfangen zu rutschen. Dieser Reibungswinkel liegt bei etwa 11° . Die Hennen finden dann keinen festen Halt, werden unruhig und rutschen ständig zum Trog hin, wenn sie sich nicht mit den Zehen an einer Querstrebe des Bodenrostes festhalten. Bei sitzenden Tieren ist diese Erscheinung besonders deutlich zu erkennen. Da sich die Hennen mangels anderer Betätigungsmöglichkeiten im Käfig besonders lange, oft und intensiv mit dem Futter beschäftigen, werden sitzende Hennen, die sich endlich an der

Käfigvorderseite abstützen können, ständig von den anderen Hennen, die an das Futter wollen, gestört und so praktisch ebenfalls zum Stehen gezwungen. Es hat den Anschein, als ob Hennen in Käfigen mit starkem Bodenrostgefälle tagsüber, d.h. während der Beleuchtungszeit weniger häufig sitzend angetroffen werden, als Hennen in Käfigen mit weniger starkem Bodenrostgefälle.

Vielleicht ist in diesen beiden Erscheinungen, nämlich das unsichere, unruhige Stehen und die dauernde Störung beim Sitzen bzw. das Verhindern des Sitzens, die Ursache dafür zu suchen, daß sich im Versuch mit Käfigen und starker Boden­neigung eine niedrigere Legeleistung ergeben hat als in Käfigen mit schwächerer Boden­neigung. Eine Boden­neigung von 7 bis 8° scheint ausreichend zu sein, ein glattes Abrollen der Eier zu ermöglichen, ohne den Tieren schon unangenehm zu werden. Gewisse Wechselbeziehungen zwischen Gefälle, Drahtstärke und Maschenweite sind zu vermuten.

Ob die Drahtstärke des Bodenrostes den Tiefen ggf. so unbequem sein kann, daß es sich in verminderter Leistung ausdrückt, oder zu Erkrankungen der Fußknochen führt, ist nicht klar. Sicherlich ist eine Stärke von 3 mm und mehr für die Tiere angenehmer als eine Stärke von 2 mm und weniger. Hier sind jedoch von einer anderen Seite her Grenzen gesetzt. Weniger als 2 mm starker Draht des Bodenrostes biegt sich unter dem Gewicht der Hennen durch und diese können unter dem Trog entweichen. Außerdem leidet die gesamte Stabilität des Käfigs. Draht mit mehr als 3 mm Stärke federt zu schwach und bringt mehr Knickeier. Bedingt durch die größere Oberfläche haftet an ihm auch der Kot mehr und die Eier verschmutzen leichter. 2,5 mm Drahtstärke könnte ein optimales Maß sein. Draht mit guter Elastizität könnte auch mit 2 mm Stärke ausreichen.

In der Maschengröße des Bodenrostes gibt es unter den z.Zt. im Handel befindlichen Käfigen die meisten Unterschiede. Auch hier muß man nach einem Kompromiß suchen. Enge Maschen geben den Hennen einen sicheren Stand, lassen aber den Kot schlecht durchfallen bzw. durchtreten und haben so mehr Schmutzeier zur Folge. Größere Maschen bringen zwar saubere Eier, erschweren aber das

Stehen der Hennen und behindern oftmals das Abrollen der Eier, die sich wie in einer Mulde in den weiten Maschen festlegen können. Mitunter drücken sich bei sitzenden Hennen die Fersengelenke durch die Maschen, schwellen an und die Hennen können ohne menschliche Hilfe nicht mehr aufstehen.

Es ist nicht sicher, daß Blechtrennwände an Stelle von Drahtwänden zwischen den Käfigen merklich zu Ruhe und Verträglichkeit der Hennen untereinander beitragen. Hingegen wird durch diese Blechtrennwände eine gleichmäßige Belüftung schwieriger. Unterschiedliche Klimaverhältnisse können schon innerhalb der verschiedenen Etagen im Käfigstall sehr verschiedene Legeleistungen verursachen (ALEXANDRA 1). Andererseits wird Blechtrennwänden weniger Federabrieb nachgesagt (der größte Teil des Stallstaubes besteht aus Federabrieb), wobei wiederum noch nicht erwiesen ist, daß durch weniger Federverschleiß höhere Leistungen zu erwarten sind. Beobachtungen aus der Praxis deuten darauf hin, daß besonders die besten Hennen einen auffällig starken Federabrieb zeigen. Unabhängig davon, steht der Federabrieb in engem Zusammenhang mit der Grundfläche je Henne.

Das Federkleid der Käfighennen ist auffällig struppiger als das von Bodenhennen. Die bei Hennen in Bodenhaltung zu bemerkende ständige Pflege des Gefieders durch die Hennen selbst, die Sorgfalt und Ausdauer, die sie darauf verwenden, ist bei Käfighennen nur noch wenig zu beobachten. Ob der Grund hierfür ausschließlich in dem Platzmangel zu suchen ist, ist nicht sicher. Ebenfalls ist nicht sicher, ob das gepflegte Gefieder zum Wohlbefinden der Tiere und damit zur Leistungsbereitschaft gehört.

Die Käfighöhe, sie geht vereinzelt bis zu 29 cm herunter, kann in vielen Fällen als zu knapp angesehen werden, sie ist dann einer guten Legeleistung bestimmt nicht förderlich.

In der Käfighaltung gibt es Unterschiede in Leistung, Durchhaltevermögen und Verlusten, die in der Art der Käfige ihre Gründe haben. Es ist bekannt, daß in der Legehennenhaltung nur unter günstigen Umweltbedingungen zu einem Erfolg zu kommen ist.

Da man mit dem Käfig die Umwelt der Hennen restlos in der Hand hat, dem einzelnen Tier also keine Möglichkeit mehr bleibt, sich irgendwie ein bescheidenes Maß an individueller Freiheit auszuwählen, muß der Mensch alles tun, leistungshemmende Faktoren auszuschließen. Das setzt allerdings voraus, daß man um diese Faktoren weiß. Bisher liegen zu wenige Untersuchungen für eine eindeutige Klärung der vielfach ineinandergreifenden technologischen und soziologischen Probleme vor. So ist man noch weitgehend auf Vermutungen, bestärkt durch Beobachtungen, angewiesen. Sicher ist, daß die letzten Ursachen der Leistungsunterschiede bei der Käfighaltung im Verhalten der Tiere selbst zu suchen sind.

Literaturverzeichnis

1. ALEXANDRA, D. u.a. Einfluß der Haltungsbedingungen in mehrstufigen Käfigen auf den physiologischen Zustand und die Produktivität des Geflügels. In: 13. Weltkongreß f. Geflügelzucht, Publikationen, S. 502-506 Kiew/UdSSR (1966)
2. BÄUMER, E. Lebensart des Haushuhnes, dritter Teil - Über seine Laute und allgemeine Ergänzungen. Zeitschrift f. Tierpsychologie, 19, 394-416 (1962)
3. BÄUMER, E. Das dumme Huhn. Band 242. Kosmos-Bibliothek, Stuttgart (1964)
4. MEHNER, A. Verhaltensforschung. In: Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft, S. 110-120, Stuttgart (1967)
5. SCHJELDERUP-EBBE, Th. Beiträge zur Sozialpsychologie des Haushuhnes. Zeitschrift f. Psychologie, 88, 225-252 (1922)
6. SCHOLTYSSEK, S. u. KURMANN, B. Einfach- oder Mehrfachbesetzung von Legekäfigen. Deutsche Geflügelwirtschaft, 17, 14, 221-224 (1965)
7. SHARP, L. Study indicates how many hens should be kept per cage. Feedstuffs 37, 57 (1965)

Nachsatz der Redaktion:

Der in der Zwischenzeit veröffentlichte Beitrag von Prof. Dr. A. Mehner "Welchen Lebensraum braucht das Huhn" Deutsche Geflügelwirtschaft 39, 754-757 (1967) konnte in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt werden, da diese bereits in Druck war.

Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen beim Obstbaumschnitt

P. Wißkirchen

Durch den Schnitt der Obstgehölze wird die vegetative und reproduktive Phase des Baumes bewußt verändert, um ein physiologisches Gleichgewicht zwischen Wurzel und Krone mit einer erdnahen Krone und tragfähigem durchsonntem Astgerüst zu erzielen.

Die zunehmende Ausdehnung des Obstbaues in Plantagen und die damit verbundene Arbeitsbelastung erfordern eine Überprüfung der gegebenen, bzw. die Entwicklung neuer Arbeitsverfahren und Werkzeuge. Insbesondere ist zu untersuchen, ob und wie weit mechanisch, pneumatisch oder elektrisch betriebene Schnittwerkzeuge denen mit Muskelkraft betätigten überlegen sind.

Der Schnitt kann beginnen, wenn der Baum abgeerntet, eine genügende Holzausreife vorhanden ist und die termingebundenen Arbeiten erledigt sind. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Schnitt an Jungbäumen oder an solchen, die im Hauptertragsalter stehen, auszuführen ist.

1. Fragestellung.

Da in der Praxis über die zum Baumschnitt notwendigen Werkzeuge eine unterschiedliche Meinung herrscht, war es notwendig, die verschiedenartigen Modelle zu untersuchen und im Rahmen dieser Arbeit zu klären, ob durch eine Mechanisierung der Werkzeuge die Schnittzeit verkürzt werden kann. Gleichzeitig sollte der Kraftbedarf beim Handschnitt ermittelt

werden. Eine Untersuchung verschiedener Arbeitsverfahren sollte Aufschluß darüber geben, ob durch eine Arbeitsteilung eine Leistungssteigerung erreicht wird.

2. Plan und Versuchsdurchführung.

21. Aus der Vielzahl der im Gebrauch befindlichen Werkzeuge wurden die in Tabelle 1 aufgeführten ausgewählt, auf

Tabelle 1

Gerät	Gewicht kg	Länge mm	Luftverbr. L/min.	Betriebsdr. atü	max.Schnittl. in mm	Führung d. Werkzeuge	Schneid- form
1 pneumatische Handschere Star-Cut, Folibri	1,1	270	30 - 75	5 - 7	- 17	manuell	Doppel- schneide
2 pneumatische Handschere Modell: V 15	1,2	350	55 - 85	8 - 10	- 25	manuell	Scher- blatt
3 pneumatische Stangenschere Modell: E	2,5	150	85 - 140	8 - 10	- 25	manuell	Scher- blatt
4 pneumatische Säge Modell: RA 21	2,5	950	226 - 850	8 - 10	- 100	manuell	oszillie- rendes Sägeblatt Normalzah- nung
5 Handschere Falco II	0,270	210	-	-	- 25	manuell	Scher- blatt
6 Handbügel säge	0,800	490	-	-	- 150	manuell	Sägeblatt Typ Orsia 46, Hobel- zahnung

Anm.: Die pneumatischen Geräte der Fa. Miller-Robinson stellte die Fa. Meyer-Rellingen, Star-Cut die Fa. B. Longobardi, Lana-Südtirol und die Kompressor-Anlage die Fa. M. Jakoby, Hetzerath - Mosel, zur Verfügung.

ihre technischen Daten hin untersucht und die maximale Schnittleistung festgestellt.

22. Messungen an repräsentativen Beispielen waren notwendig, um Aufschluß über die Verteilung des Trieb-Zweig- und Aststärkenverhältnisses zu bekommen. Zur Durchführung dieser Arbeit wurden fünf Personen eingesetzt, die jeden geschnittenen Trieb mit einer Nummer kennzeichneten. Mit dem Stückzähler wurden die Gesamtschnitte/Baum erfaßt. Nach Durchgang der Versuchsparzelle wurden sämtliche Schnitte mit der Schieblehre durchgemessen und registriert.

23. Zur Ermittlung der reinen Schneidezeit in Abhängigkeit von den Holzquerschnitten wurde an einer Schere ein Kontaktgeber zwischen Klinge und Haken eingebaut, der die eigentliche Trennzeit beim Schnitt über einen Tongenerator auf ein Magnetbandgerät übertrug. Die registrierten Ergebnisse wurden mittels eines Oszillographen ausgewertet. Die auf dem Oszilloskript erscheinenden Ereignis-Zeiten wurden mit dem Centifix-Gerät - ein Gummiband mit aufgedruckter Dezimal-Einteilung, das bis zu 18 mm Länge gespannt werden kann und so die Umrechnung von mm auf cm in erübrigt - ausgewertet.

24. In Einzel-Baumschnittversuchen wurde der Zeitaufwand in Abhängigkeit von verschiedenen Baumformen ermittelt. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

25. Um den Kraftbedarf beim Schnitt zu ermitteln, wurden Messungen im Labor und am Baum beim Handschnitt durchgeführt. Als Kraftmeßinstrument wurde auf dem Fingergriffschenkel der Schere ein mit Flüssigkeit gefüllter dünner Schlauch befestigt, an dessen Ende sich ein geeichtes Manometer befand. Ein Schleppzeiger im Manometer gestattete dann die genaue Ablesung der ermittelten Höchstkraft. Diese sowie die Holzquerschnitte wurden vom Beobachter registriert.

26. Ein Verfahrensvergleich wurde bei verschiedenen Sorten auf gleicher Unterlagenkombination, gleicher Erziehungsform und gleichem Alter mit Hilfe von Zeitstudien durchgeführt.

Zur Ermittlung von Arbeitsbedarfswerten wurde in den Obstplantagen des Institutes für Obstbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, in Klein-Altendorf, des Betriebes Barbarastein/Stommel, Rheinland und des Max-Planck-Institutes für Landarbeit und Landtechnik in Bad Kreuznach an insgesamt 1000 Bäumen der

Apfelsorten:

Cox-Orange Renette	Unterlage M IX und IV
Golden Delicious	Unterlage M IX und IV
Goldparmäne	Unterlage M I
Ontarioapfel	Unterlage M IX

Birnensorten:

Williams Christbirne	Unterlage Sämling Zwischenveredlung
----------------------	-------------------------------------

Kirschensorten:

Schattenmorelle	Unterlage F 12/1
Fr. Ludwigskirsche	Unterlage Sämling

Arbeitszeitstudien durchgeführt.

Außerdem wurden als weitere Variante verschiedene Erziehungsformen (Spindelbusch, Busch, Hecke und Viertelstamm) in den Versuch einbezogen, um den Einfluß der von Hand betätigten und der pneumatisch betätigten Schneidwerkzeuge auf den Arbeitsaufwand zu untersuchen.

Beim Schneidverfahren mit handbetätigten Werkzeugen führte jede Arbeitsperson eine Leichtmetall-Schere mit Stahlklinge und eine Bügel-Baumsäge (Hebelspannung und Einschnappklappe), bestückt mit einem Sägeblatt mit Hobelblattzahnung (Orsia 46) mit sich. Zum Schnitt der vom Boden nicht erreichbaren Astpartien wurden noch zwei Dreibockleitern mitgeführt. Beim mechanischen Schneidverfahren hatte die erste Arbeitsperson eine pneumatische Säge und arbeitete später mit einer pneumatischen Handschere weiter. Eine zweite Arbeitsperson beschnitt mit einer pneumatischen Handschere die vom Standort erreichbaren und eine dritte Arbeitsperson mit einer

pneumatischen Stangenschere von 150 cm Länge die höheren Astpartien. Bei der Versuchsdurchführung mußte, bedingt durch den Gerätebesatz mit pneumatischen Schneidwerkzeugen (eine Säge, zwei Handscheren und eine Stangenschere), aus Vergleichsgründen die Arbeitskolonne beim Schnitt mit handbetätigten Werkzeugen ebenfalls aus drei Arbeitspersonen bestehen, obwohl es sinnvoller ist, an jedem Baum nur mit höchstens zwei Personen zu arbeiten.

3. Ergebnisse.

31. Anteil verschiedener Holzquerschnitte.

Zur Feststellung der einzelnen Trieb-, Ast- und Zweigstärken wurden an 24 Bäumen der Sorte Cox-Orange Renette, Spindelbusch, 10-jährig auf der Unterlage M IX sämtliche Schnitte gemessen. Es ergab sich dabei folgende Verteilung der einzelnen Durchmesser bei einer Gesamtzahl von 546 Schnitten:

Tabelle 2

bis 7 mm	94 Schnitte =	17,3 v.H.	einjähr. Holz
bis 10 mm	222 Schnitte =	40,6 v.H.	ein- u. mehrjähr. Holz
bis 13 mm	120 Schnitte =	22,0 v.H.	mehrjähriges Holz
bis 16 mm	56 Schnitte =	10,3 v.H.	mehrjähriges Holz
bis 19 mm	35 Schnitte =	6,4 v.H.	mehrjähriges Holz
bis 22 mm	16 Schnitte =	2,9 v.H.	mehrjähriges Holz
bis 24 mm	3 Schnitte =	0,5 v.H.	mehrjähriges Holz
Summe:	546 Schnitte =	100,0 %	

Die meisten der zu schneidenden Hölzer liegen in einem Stärkenbereich, der durchaus noch mit Muskelkraft betätigt werden kann. Die ermittelten Werte können nicht auf alle Sorten und Unterlagen-Kombinationen übertragen werden, geben

aber einen brauchbaren Anhalt über die Verteilung der Holzstärken beim Schnitt.

32. Anteil der reinen Schnittzeit an der Gesamtzeit.

Die ermittelten Werte ergaben, daß von der Gesamt-Schneidezeit auf den eigentlichen Schnitt - den Trennvorgang - bis zu einer Holzstärke von 16 mm ein Anteil von weniger als 10 v.H. entfällt. Die übrige Zeit teilt sich in dem Schnitt zugehörige einzelne Arbeitsabschnitte wie Beurteilung, Hin- und Wegführen der Arbeitshand und Bewegungen zu günstigeren Schnittstellen, auf. Bei Verwendung von Leitern zum Schnitt höherer Bäume wird der Anteil der reinen Schnittzeit an der Gesamtzeit noch geringer. Um genügend statistische Masse zu erhalten, war es notwendig, eine hundertfache Wiederholung in jedem Holzquerschnittbereich durchzuführen.

Tabelle 3

Anteil der reinen Schnittzeit an der Gesamtzeit bei n = 100

Holzstärken in mm	reine Schnittzeit in v.H. der Gesamt-Schneidezeit
bis 7	5,0
bis 10	6,0
bis 13	6,5
bis 16	8,8
bis 19	10,6
bis 22	10,4
bis 24	13,5

Der Anteil, der auf die reine Schnittzeit entfällt, nimmt mit zunehmendem Holzquerschnitt ebenfalls zu, ist aber, gemessen am Gesamtzeitbedarf je Schnitt, sehr gering. Der

reine Schnitt ist aber die Arbeit, die durch pneumatische Werkzeuge mechanisiert werden soll.

33. Vergleich von handbetätigten und pneumatisch betätigten Werkzeugen.

Aus Tabelle 4 geht hervor, daß der Zeitaufwand bei pneumatischen Schnittwerkzeugen bei Schattenmorelle und Cox-Orange Renette wesentlich höher ist, als beim Handschnittverfahren. Dies ist auf das umständliche Hantieren mit pneumatischen Werkzeugen bei Obstarten mit Neigung zur Bildung vorzeitlicher Triebe und reicher Verzweigung zurückzuführen. Der geringere Zeitaufwand bei Golden Delicious und Ontario dagegen auf die Unterlassung des bei diesen Sorten notwendigen Fruchtrutenschnittes, und daß die Säge nicht zum Einsatz kam.

Einen direkten Vergleich lassen nur die Sorten Cox-Orange M IV B, Cox-Orange M IX Spb. und Golden Delicious M IV B zu. Wäre bei Golden Delicious der Fruchtrutenschnitt mit ausgeführt worden, hätte sich die Gesamtschnittzahl erhöht und damit der Gesamtzeitaufwand.

Beim Vergleich der Zahl der Scherenschnitte zu den Sägeschnitten liegt der wesentliche Unterschied darin, daß mit den pneumatischen Schnittwerkzeugen ein höherer Anteil stärkerer Zweige und Äste geschnitten wurde als mit der Handschere und daher ein Absetzen der Äste mit der Säge nicht mehr nötig war. Die Säge wurde beim pneumatischen Schnittvorgang nur noch zum Wegschnitt störender Äste eingesetzt.

Der Vergleich der Zahl mechanischer Scherenschnitte mit Stangenschere und kurzer Schere zeigt, daß es möglich wäre, durch den Einsatz der Stangenschere auf ein Mitführen von Leitern zu verzichten. Die eingesparte Zeit könnte beträchtlich sein.

Tabelle 4

Einzelbaumchnittversuch
Alter der Bäume: 10 Jahre, 1 Arbeitsperson

Sorte Unterlage Baumform	Gesamtzeitaufwand Hand- schnitt AP-Min	Gesamtzeitaufwand Mech. Schnitt absolut in % AP-Min	Gesamtzeitaufwand Mech. Schnitt absolut in % v. Hand- schnitt	Anzahl Hand- schnitte	Anzahl Gesamtschnitte Mech. Schnitte absolut in % v. Hand- schnitt	Anzahl Scheren- schnitte Hand Mech.	Anzahl Säge- schnitte Hand Mech.	Anzahl Scheren- schnitte mit Langer kurzer Schere	Höhe der Blume in cm.				
Schatten- morelle F 12/1 B	10,30	12,70	123	97	73	75	86	66	11	7	45	21	375
Fr. Ludwige Saal. B	8,87	8,20	92	63	36	57	53	30	10	6	21	9	390
Cox-Orange E M IX IV B	7,07	10,53	149	75	75	100	64	68	11	7	57	11	345
Cox-Orange E M IX Spb.	2,44	3,67	150	45	45	100	43	44	2	1	-	44	225
Golden Del. E M IV B	8,58	5,57	65	72	72	100	63	72	9	-	52	20	310
Golden Del. E M IX Spb.	2,29	2,01	88	30	20	67	28	20	2	-	-	20	245
Ontario E M IX Spb.	1,82	1,31	72	20	13	65	16	13	4	-	-	13	255

♦ ohne Leitern
** bei Handschnitt mit Leiter
+++ bei mech. Schnitt ohne Fruchtrutenschnitt

Mit der pneumatischen Stangenschere lassen sich aber vor allem die oberen Kronenteile des Baumes nicht sachgerecht entfernen, so daß eine Nachbehandlung notwendig wird. Obwohl es richtig ist, die Baumkrone möglichst bodennahe aufzubauen, wurde bei diesem Vergleich festgestellt, daß beim Schnitt mit pneumatischen Werkzeugen (d.h. auch ohne Leitern) zu viel am starken Holz gearbeitet wurde.

34. Der Kraftbedarf beim Schnitt.

Bei der Ermittlung des einzelnen Trieb-, Zweig- und Aststärkenverhältnisses konnte festgestellt werden, daß die zu schneidenden Holzteile in 79,9 v.H. aller Fälle die 13 mm-Grenze nicht überschreiten. Holzstärken über 20 mm treten seltener auf und werden durch eine Biegespannung auf die Schnittstelle mit der bei der Schneidarbeit freien Hand leichter geschnitten und dadurch gleichzeitig die aufzuwendende Kraft herabgesetzt. Über 80 v.H. aller zu schneidenden Triebe, Zweige oder Äste haben eine Stärke unter 15 mm Durchmesser, zu deren Schnitt ein Kraftbedarf von maximal 23 - 25 kp benötigt wird. Der größte Anteil (62,6 %) der zu schneidenden Triebe, Zweige oder Äste liegt jedoch im Holzstärkenbereich von 7 - 13 mm. Zum Schnitt dieser am häufigsten auftretenden Holzstärken wird ein Kraftaufwand von 10 - 18 kp benötigt. Gewiß gibt es Obstanlagen, in denen, bedingt durch Umstellungsmaßnahmen, z.B. Verjüngungsschnitt oder starkes Absetzen zu hoher Kronen während einer Schnittsaison, ein größerer Anteil stärkeren Holzes zu schneiden ist. Wir sind aber bei unseren Untersuchungen bewußt von normalen Voraussetzungen ausgegangen und fanden in mehreren Wiederholungen die ermittelten Ergebnisse bestätigt (graphische Darstellung siehe Anhang). Weiterhin konnte eine Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt festgestellt werden. Lag der Kraftbedarf im Monat Februar für ein 7 mm Holz bei 12,8 kp und

für ein 13 mm Holz bei 20,8 kp, so konnte im Monat März festgestellt werden, daß für die gleichen Holzstärken nur noch 6,7 kp bzw. 17,5 kp aufzuwenden waren. Zur Begründung dieser Feststellung kann gegenwärtig noch keine exakte Aussage gemacht werden, sie soll aber in späteren Versuchsanstellungen geklärt werden. Es ist zu vermuten, daß diese Differenzen mit dem Saftanstieg im Holz in Zusammenhang gebracht werden können.

35. Verfahrensvergleich.

Die im Verfahrensvergleich ermittelten Ergebnisse sind aus Tabelle 5 ersichtlich und lassen folgende Aussagen zu. Eine geringfügige Arbeitszeiteinsparung durch pneumatische Geräte ist im Apfelanbau nur bei Sorten möglich, deren Habitus sich im Wuchs, in der Triebbildung und im Kronenaufbau von der Sorte Cox-Orange Renette unterscheidet. Sorten mit reicher Verzweigung und mittlerem bis langem Fruchtholz bedingen einen höheren Arbeitsaufwand. Der auffallend geringe Anteil an Sägeschnitten ist auf die schon erwähnten Gründe zurückzuführen. Bei diesem Versuch handelt es sich um einen sogenannten Instandhaltungsschnitt mit dem Ziel einer sorgfältigen Fruchtruten-Verjüngung, Entfernung von parallelführenden Ästen und einem mittellangen Absetzen der Zweige. Obwohl ein hoher Anteil an Sägearbeit notwendig war, ist doch festzustellen, daß die pneumatische Säge weniger zum Einsatz kam. Dies läßt zuerst vermuten, daß mit den pneumatischen Schnittwerkzeugen eine geringfügige Arbeitszeitverkürzung zu erreichen ist. Ähnlich war es bei der Sorte Golden Delicious, ein geringerer Aufwand mit der Säge und - so in einem Beispiel - auch eine nennenswerte Einsparung von über 25 v.H.. Diese Ergebnisse verlieren aber an Gewicht, wenn man berücksichtigt, daß bei beiden Sorten der Fruchtrutenchnitt stark vernachlässigt wurde und mit Handschnittwerkzeugen nachgeholt werden mußte.

Tabelle 5

Verfahrensvergleich beim Baueschnitt
mit 3 Arbeitspersonen

Ver- suchs- Nr.	Sorte	Unterl. u. Alter f. j.	Bau- form	Anzahl Bäume	Arbeits- verfahren	Zeit A? min	Zeit in v. H.	Anzahl Sägeschnitte	Temperatur
1	Goldpar- mäne	E N I 12	V-St.	48	Hand- schnitt	278,46	100	337	+ 1 ° C
				48	Mech.- Schnitt	241,75	87	227	
2	Golden Delicious	E N IV 12	Spb.	22	Hand- schnitt	149,37	100	195	- 1 ° C
				22	Mech.- Schnitt	109,79	73	68	
3	Golden Delicious	E N IV 12	Spb.	22	Hand- schnitt	119,70	100	169	- 8 ° C
				22	Mech.- Schnitt	114,89	96	97	
4	Cox - Orange	E N IV 10	Spb.	117	Hand- schnitt	373,46	100	357	+ 3 ° C
				117	Mech.- Schnitt	486,92	131	73	
5	Cox- Orange	E N IX 10	Spb.	92	Hand- schnitt	227,92	100	-	+ 7 ° C
				92	Mech.- Schnitt	281,55	124	-	

x) Außer dem Gesamtzeitaufwand konnte im Versuch nur die Zahl der Sägeschnitte ermittelt werden.

Im Beispiel 4 stehen 357 Handsägeschnitten nur 73 mit dem pneumatischen Gerät gegenüber. Die Ursache ist darin zu suchen, daß es mit der pneumatischen Säge nicht möglich war, mittlere Äste von 25 - 35 mm Stärke mit dem Ziel einer Fruchtrutenverjüngung abzusetzen, und sich die pneumatischen Scheren in diesem Stärkenbereich aber schon festbissen. Beim Zeitvergleich wird - bedingt durch die schon erwähnte Sorteneigenschaft, wie Neigung zu reicher Verzweigung - deutlich, daß bei der Sorte Cox-Orange Renette wie auch im Beispiel 5 keine Arbeitszeitverkürzung zu erreichen war.

36. Beobachtungen bei pneumatischen Werkzeugen.

Bei den Untersuchungen der pneumatischen Schnittwerkzeuge im praktischen Einsatz wurden folgende allgemeine Beobachtungen gemacht:

361. Die Geräte sind in ihren Eigengewichten für den einhändigen Einsatz noch zu schwer und unhandlich. Ein sachgerechtes Ansetzen in jedem Schnittwinkel ist nicht möglich, da der luftführende Schlauch besonders bei den Handscheren hindert. Man ist gezwungen, Fruchtholzschnitte mit Handgeräten nachzuholen.

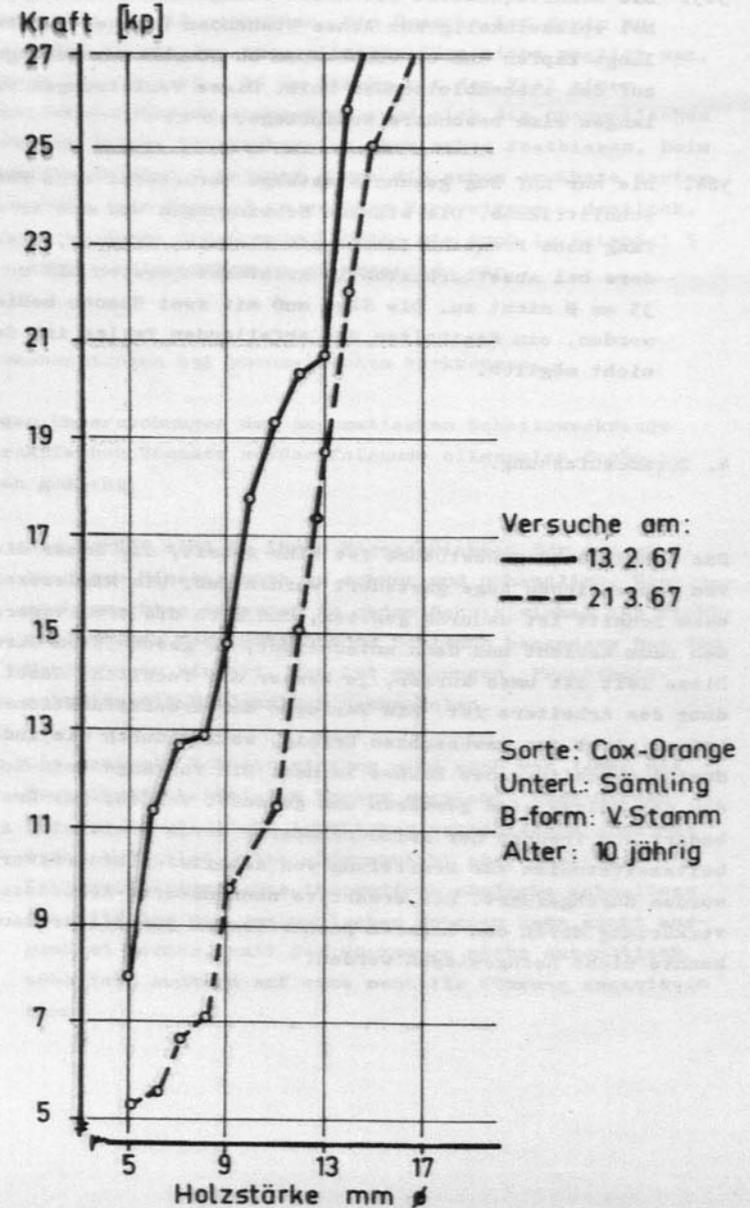
362. Die maximale Schnittleistung wird auch von jeder mit Muskelkraft betätigten Schere erreicht. Zwar werden für unterschiedliche Aststärken verschiedene Scherentypen empfohlen, dies widerspricht aber jeglicher Rationalisierung. Die theoretisch mögliche schnellere Schnittfolge der pneumatischen Scheren kann nicht ausgenutzt werden, weil die Werkzeuge nicht automatisch arbeiten, sondern auf eine manuelle Führung angewiesen sind.

363. Die Schnittqualität ist nicht sachgerecht. Besonders bei spitzwinkelig zur Achse stehenden Zweigen entstehen lange Zapfen und es verbleiben zu starke Quetschungen auf dem stehbleibenden Holz. Diese Verletzungen verlangen eine besondere Wundpflege.
364. Die nur auf Zug gezahnte Astsäge verursacht eine rauhe Schnittfläche. Die starken Schwingungen und die im Anfang hohe Frequenz lassen ein sauberes Trennen, besonders bei Absetzarbeiten im Aststärkenbereich bis zu 35 mm ϕ nicht zu. Die Säge muß mit zwei Händen bedient werden, ein Festhalten des abfallenden Teiles ist daher nicht möglich.

4. Zusammenfassung.

Das Schneiden der Obstbäume ist eine Arbeit, die immer direkt vom menschlichen Auge gesteuert werden muß. Die Mindestzeit beim Schnitt ist dadurch gegeben, daß sich die Arbeitsperson den Baum ansieht und dann entscheidet, wo geschnitten wird. Diese Zeit ist umso kürzer, je besser die fachliche Ausbildung des Arbeiters ist. Ein Zerlegen der Arbeitsfunktionen bringt nicht den gewünschten Erfolg, weil dadurch die individuelle Gestaltung des Baumes leidet. Die Vorgänge beim Schneiden des Holzes sind gemessen und gedeutet worden. Der Kraftbedarf zum Trennen der Holzdurchmesser wurde ermittelt. Arbeitszeitstudien zur Ermittlung von Arbeitszeitbedarfswerten wurden durchgeführt. Die erwartete nennenswerte Arbeitszeitverkürzung durch den Einsatz pneumatischer Schnittwerkzeuge konnte nicht nachgewiesen werden.

Kraftbedarf beim Obstbaumschnitt



LANDARBEIT UND TECHNIK

Eine Schriftenreihe des Max-Planck-Instituts für Landarbeit und Landtechnik
Herausgegeben von Prof. Dr. GERHARDT PREUSCHEN, Bad Kreuznach

- 17 **Leistungszahlen**
für Arbeitsvoranschläge. Der Arbeitsvoranschlag im Bauernhof. Von Dr. agr. G. KREHER. 2., unveränd. Aufl. / 1955 / 361 Seiten mit vielen Tab. im Text, in einem Anhang und auf 1 Falttafel / Kart. 9,40 DM
- 18 **Zweckmäßige und erprobte Handgeräte für die Landwirtschaft**
Von Dr. E. BIESALSKI u. Dr. E. FULDA. 1957 / 136 Seit. mit 101 Abb. / Kart. 2,- DM
- 19 **Holz, Kohle, Gas, Strom?**
Vergleichende Untersuchung über die Anwendung verschiedener Energieträger in bäuerlichen Betrieben. Bearb. von Dr. J. RÖHNER, unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. R. PREUSCHEN, Dipl.-Landw. F. BAUER, staatl. gepr. Landw. F. W. v. ROTENHAN. 1956 / 60 Seit. mit 23 Zeichn., 2 Übersicht. und 26 Tab. / Kart. 1,- DM
- 20 **Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes**
Ergebnisse einer arbeitstechnischen Untersuchung über die Bedienung von Schleppern. Von Dr. H. DUPUIS, Dipl.-Ing. R. PREUSCHEN, Dr.-Ing. B. SCHULTE. 1955 / 177 Seiten mit 55 Abbildungen und 22 Tabellen / Kartiert 3,10 DM
- 21 **Methoden und Verfahren in der Landarbeitswissenschaft**
Beiträge, hrsg. aus Anlaß des 15jährigen Bestehens des Institutes 6. 12. 1940 - 6. 12. 1955. 1956 / 276 Seiten mit 5 Abb., 26 Schaubildern, 5 Tab. sowie diversen Formblättern als Anhang / Kartiert 2,20 DM
- 22 **Kosten und Anwendungsbereiche von Arbeitsverfahren**
Teil I: Grünfütter, Weide u. Gärfütter. Von Priv.-Doz. Dr. H. SCHULZE LAMMERS. 1957 / 120 Seiten mit 18 Abb., 18 Schaubildern und 14 Tab. / Kart. 2,- DM
- 23 **Das Einkommen im bäuerlichen Familienbetrieb**
Dargestellt mit der Methode des Betriebsmodells. Ein Beitrag zur Bemessung der familiengerechten Betriebsgröße. Von Dr. D. KLAUER. 1957 / 97 Seiten mit 32 Übersichten und 13 Tabellen / Kartiert 1,30 DM
- 26 **Leistungszahlen**
2. Teil: Wein, Obst und Gemüse. Von Priv.-Doz. Dr. H. SCHULZE LAMMERS, unter Mitarb. von O. NORD, G. HARNECKER, R. MEINHOLD. 1958 / 89 Seiten mit 4 Übersichten und 42 Tabellen / Kartiert 5,- DM
- 30 **Arbeitstechnik und Arbeitsverfahren der Milchgewinnung im landwirtschaftlichen Betrieb**
Von Dr. J. HESSELBACH. 1963 / 98 Seit. m. 50 Abb. u. 52 Übersicht. / Kt. 10,80 DM
- 31 **Arbeitsverfahren der Futterernte**
Zusammengestellt von G. BAREISS unter Mitarbeit von W. RATZ. 1964 / 139 Seiten mit 33 Abbildungen und 66 Übersichten / Kartiert 15,60 DM
- 32 **Terminologie der Landarbeitswissenschaft**
Deutsch - français - english. Herausg. von Dr. E. BIESALSKI. 5., erweiterte Auflage 1964 / 68 Seiten / Kartiert 6,80 DM
- 33 **Arbeitsverfahren des Getreide- und Maisbaus**
Zusammengestellt von G. BAREISS unter Mitarbeit von W. RATZ. 1964 / 128 Seiten mit 24 Abbildungen und 43 Übersichten / Kartiert 14,80 DM
- 34 **Körperliche Leistungsfähigkeit und menschliches Verhalten in der Landwirtschaft**
Leitfaden für Unterricht, Studium und Praxis. Von Prof. Dr. Dr. h. c. L.-W. RIES
Anleitung für Zeitstudien in der Landwirtschaft
Von Dr. V. KRAUSE. 1964 / Zusammen 84 Seiten mit insgesamt 7 Abb. und 7 Formularbeispielen / Kart. 9,80 DM

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN

Die Arbeitswirtschaft ist in der modernen Wirtschaftswelt immer mehr zum Zentralproblem geworden, an dem sich die weitere Entwicklung zu orientieren hat. In der Landwirtschaft muß der Arbeitsanspruch der pflanzlichen und tierischen Erzeugung mit den vorhandenen Arbeitskräften in Einklang gebracht werden, deren Zahl durch den Sog industrieller Vollbeschäftigung sich weiter vermindern wird. Das erfordert eine fortgesetzte Anpassung der Arbeitsorganisation, der Arbeitsverfahren und der hierin eingesetzten technischen Mittel. Dabei muß berücksichtigt werden, daß der Mechanisierung Grenzen gesetzt sind, die durch die organische Welt bestimmt werden und sich weitgehend der Einflußnahme des menschlichen Willens entziehen.

Der jungen Arbeitswissenschaft obliegt hier die Aufgabe, neue Methoden und Verfahren zu entwickeln, mit denen es möglich ist, die Vielfalt der landwirtschaftlichen Arbeitswelt und deren Aufgaben zu erforschen und Unterlagen für Schulung, Beratung und Praxis zu schaffen, die bei der Lösung von Arbeitsproblemen helfen können. Diesem Ziel sollen die Beiträge dienen, die in diesem Heft aus Anlaß des 60. Geburtstages von Professor Dr. GERHARDT PREUSCHEN, Direktor des Max-Planck-Institutes für Landarbeit und Landtechnik in Bad Kreuznach, von seinen Mitarbeitern verfaßt wurden.