

## Arbeitszeitbedarfskalkulation

WILFRIED HAMMER

Institut für Betriebstechnik

### 1 Ziele der Arbeitszeitkalkulation

Über den Zeitbedarf landwirtschaftlicher Arbeiten werden geeignete Daten als Kalkulations- und Planungsunterlagen vor allem zur Arbeitsorganisation, für Betriebsplanungen und Investitionsentscheidungen benötigt. Im einzelnen handelt es sich hierbei um folgende Aufgaben:

- Kurzfristige Arbeitsplanung und -disposition, z.B. für alle Arbeiten ein oder mehrerer Tage bis zu einer Woche;
- Langfristige Planung der Arbeit ganzer Betriebe oder Betriebszweige unter Beachtung jahreszeitlicher Veränderungen (= Arbeitsvoranschlag);
- Arbeitszeitkontrolle durch Soll-Ist-Vergleich, d.h. durch Vergleich von
  - a) Arbeitszeitbedarf (berechnet z.B. im Arbeitsvoranschlag) und
  - b) Arbeitszeitaufwand (aufgezeichnet z.B. im Arbeitstagebuch);
- Schaffen von Unterlagen für leistungsgerechte Entlohnung;
- Vergleich bestehender Arbeitsverfahren;
- Beurteilen von neuen Arbeitsverfahren vor oder während ihrer Entwicklung durch Vorausberechnen und Schätzen ihres wahrscheinlichen Arbeitszeitbedarfes;
- Überbetriebliche oder volkswirtschaftliche Prognosen, wie Änderungen der Rahmenbedingungen, die auf den Arbeitszeitbedarf der Landwirte wirken können. Beispiele veränderter Rahmenbedingungen sind z.B. Maßnahmen zur Flurbereinigung, Infrastruktur, zum Umwelt- oder Tierchutz.

Diese genannten Aufgaben sind sehr vielfältig und unterscheiden sich vor allem in dem Grad der Auflösung, mit dem Einzelheiten berücksichtigt werden. Eine einheitliche, allgemeine Methode, die für möglichst viele Zwecke anzuwenden ist, sollte deshalb sowohl ins einzelne gehende betriebsspezifische als auch umfassende überbetriebliche Berechnungen erlauben; sei es auch nur für die sichere Feststellung, daß eine bestimmte Änderung nur unbedeutende Wirkungen verursachen würde. Auch solch eine Aussage muß mit genügender methodischer Zuverlässigkeit möglich sein.

### 2 Grundzüge der Methode

Es wäre zu aufwendig, den Arbeitszeitaufwand an jedem für die o.g. Aufgaben wichtigen Einzelarbeitsplatz zu messen. Wir brauchen deshalb verallgemeinerungsfähige, überbetrieblich nutzbare Kalkulations- und Planungsunterlagen, sog. Planzeiten. Arbeitsermittlungen in beispielartig ausgewählten Betrieben kommen dafür nicht in Frage, weil sie doch nur Sonder-

fälle darstellen und daher wenig verallgemeinerungsfähig sein würden. Deshalb wird in mathematischen Modellen die Wirklichkeit simuliert (= abgebildet) und die in der Praxis vorkommende Variabilität durch Erhebung der Bedingungen und Einflußgrößen berücksichtigt. Damit können Arbeitszeitfunktionen gebildet werden, die den Arbeitszeitbedarf  $t$  in Abhängigkeit von den im Einzelfall wesentlichen Einflußgrößen  $x_i$  angeben:

$$t = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Um den Arbeitszeitbedarf in der Form dieser Arbeitszeitfunktionen ermitteln zu können, sind folgende Untersuchungsschritte notwendig:

1. Schaffen einer systematischen Übersicht über die Arbeitsverfahren, die für den jeweiligen Untersuchungszweck wesentlich sind.
2. Arbeitsablaufstudie, Erhebung der Bedingungen und Einflußgrößen sowie eine erste (überschlägige) Zeitstudie zum Feststellen des Ist-Zustandes der ausgewählten Arbeitsverfahren.
3. Kritik dieses Ist-Zustandes.
4. Darauf aufbauend, Arbeitsgestaltung zum Entwickeln des Soll-Zustandes und dessen Beschreibung in qualitativer Form.
5. Analyse des gesamten Arbeitsablaufes in Abschnitte. Dabei umfaßt ein Arbeitsablaufabschnitt alle Tätigkeiten und Vorgänge, die mit dem mathematischen Modell einer Arbeitszeitfunktion und den jeweils zugehörigen Einflußgrößen beschrieben werden können. Er bildet damit einen Teilvorgang. Zwei aufeinanderfolgende Teilvorgänge sind jeweils dort zu trennen, wo sich die Einflußgrößen ändern.
6. Datenermittlung für den Soll-Zustand durch Arbeitszeitstudien bei Arbeitsbeobachtungen am realen Arbeitsplatz in praktischen Betrieben oder bei Arbeitsversuchen am simulierten Arbeitsplatz im Versuchsbetrieb. Dabei werden die Stopp-Punkte gemäß der vorausgegangenen Analyse (s. Punkt 5) gesetzt.
7. Auswertung der Daten für die einzelnen Teilvorgänge i.d.R. mit statistischen Verfahren und Formulieren der zugehörigen Arbeitszeitfunktionen  $t_i$  (s. z.B.:  $t_1$  bis  $t_7$  in Tabelle 1). Dabei genügen häufig Funktionen mit jeweils nur einer Einflußgröße, wie in Tabelle 2 beispielsweise dargestellt. Grundsätzlich können jedoch auch mehrere Einflußgrößen simultan in einer Funktion enthalten sein. Dazu sind multiple Regressionsanalysen notwendig. Der Ansatz multipler Modelle ist immer dann zu empfehlen, wenn man der Ganzheitlichkeit wegen die Analyse in Teilvorgänge nicht zu weit treiben will. Physiologisch, psychologisch oder technisch bedingte Wechselwirkungen innerhalb des Arbeits- und Produktionsablaufs können diese

ganzheitliche Vorgehensweise erfordern. - Darüber hinaus muß jede dieser Funktionen ggf. durch Zuschläge z.B. für Erholung, persönliche Bedürfnisse, Störungen ergänzt werden.

8. Synthese aller Teilvorgänge und zugehörige t-Funktionen  $t_i$  eines Arbeitsverfahrens gemäß deren Arbeitsablauf und damit Formulierung von Arbeitszeitfunktionen T (= "T-Funktionen"), die sich auf den Bereich ganzer Arbeitsvorgänge erstrecken (Tabelle 1):

$$T = \sum_{i=1}^n t_i$$

Dazu ist in Tabelle 1 ein vereinfachtes Beispiel für ein Arbeitsverfahren dargestellt.

9. Synthese aller "T-Funktionen"  $T_j$  eines Produktionsverfahrens zum Gesamt-Zeitbedarf des Produktionszweiges  $T_p$ :

$$T_p = \sum_{j=1}^n T_j$$

Endergebnis dieser einzelnen Schritte ist eine systematische Aggregation von mathematischen Modellen für den Arbeitszeitbedarf aller wesentlichen Produktionsverfahren mit deren zugehörigen und wahlweise einzusetzenden Arbeitsverfahren. Dabei muß die Abhängigkeit von allen wesentlichen Einflußgrößen und Bedingungen beschrieben werden.

Diese Methode ist nicht auf Arbeiten in der Tierproduktion beschränkt, sondern ist in gleicher Weise auf die Pflanzenproduktion anwendbar. Jäger (1991) hat dies eingehend dargestellt und um sog. Phasenmodelle ergänzt. Damit werden Arbeitsabläufe behandelt, bei denen mehrere Arbeitsvorgänge organisatorisch untereinander zusammenhängen. Dies gilt z.B. für Zutransporte von Betriebsmitteln bei Verteilprozessen oder die Abfuhr von Körnern beim Mähdrusch.

Außerdem ist zu bemerken, daß Jäger im allgemeinen nur einfaktorielle Modelle in den einzelnen t-Funktionen verwendet und auf konstante Glieder darin verzichtet, wie sie z.B. mit der Konstanten a in Tabelle 2 empfohlen werden. An Stelle dessen wird lediglich der Quotient Zeit/Arbeitsmenge, z.B. 1,4 min/100 m Weg, gebildet. Dazu sind keine Regressionsrechnungen notwendig. Diese Vorgehensweise ist jedoch nicht an Arbeitszeitmodelle für die Pflanzenproduktion gebunden, sondern auch für andere Betriebszweige möglich. Sicher erleichtert diese Vereinfachung die Akzeptanz der Methode. Im Einzelfall hat aber jeder Autor zu prüfen, wie stark er dadurch vergrößert. Natürlich nimmt die Bedeutung des konstanten Gliedes innerhalb der einzelnen Funktion im Vergleich zu den variablen Komponenten um so mehr ab, je größer der Arbeitsumfang ist.

Grundsätzlich können alle Arbeiten in der Landwirtschaft nach einheitlicher Methode bewertet werden. Dazu wird im Kapitel 5 beispielhaft gezeigt, daß diese Methode sowohl für umfassendere als auch für ins einzelne gehende Aufgaben geeignet ist. So kann z. B. ein Modell für alle Arbeiten eines ganzen Betriebes weniger detaillierte Einflußgrößen enthalten als eines nur für einen Arbeitsvorgang. Dabei setzt man für weniger bedeutsame Variable Standard- oder häufigste Werte ein, die als voreingestellte Daten in den Simulationsprogrammen enthalten sein müssen. Allerdings bedarf es dazu objektiv belegter Kenntnis über die relative Bedeutsamkeit oder die Rangfolge dieser Variablen, wie sie u. a. H a m m e r

(1983b) festgestellt hat. Entscheidend ist letztlich, daß die stets knappen wissenschaftlichen Kapazitäten nicht für mehrere Methoden verzettelt, sondern für eine einheitliche Vorgehensweise gebündelt werden, die für unterschiedliche Aufgaben angepaßt werden kann. Besonders mit Hilfe von rechnergestützten Programmen ist dies durchaus möglich.

Tabelle 1: **Beispiel für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfes (Tabelle 2 zeigt dazu ein Beispiel für eine Regressionsanalyse)**

<b>Arbeitsvorgang:</b> Rationsfüttern von mehlförmigem Kraftfutter an Mastschweine
<b>Arbeitsverfahren:</b> Handschaufeln aus Behälterwagen in Längströge
<b>Berechnung des Arbeitszeitbedarfes/Arbeitsvorgang T nach Formel (1):</b>
$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7$ (1)
durch Synthese der Arbeitszeitfunktionen $t_i$ für die einzelnen Teilvorgänge
$t_1$ (für Rüst und Vorbereitungsarbeiten am Anfang) = 48,5
$t_2$ (für Befüllen des Behälterwagens aus Silo) = 8,0 + 0,12 m
$t_3$ (für Lastweg von Silo zum 1. Trog) = 9,6 + 1,71 l
$t_4$ (für Futterverteilen in die Tröge) = 2,6 + 2,90 m
$t_5$ (für Lastweg von Trog zu Trog) = (3,5 + 1,55 b) n
$t_6$ (für Leerweg zurück zum Silo) = 3,0 + 1,45 (nb + 1)
$t_7$ (für Rüst und Vorbereitungsarbeiten am Ende) = 37,7
Setzt man $t_1$ bis $t_7$ in Formel (1) ein, so erhält man:
$T = 109,4 + n(3,5 + 3,02 m + 3,0 b) + 3,16 l$ (2)
<b>Erläuterung der Variablen:</b>
T bzw. t = Arbeitszeit/Arbeitsvorgang bzw./Teilvorgang (1/100 min)
b = Länge eines Troges (m) l = Weglänge: Silo..1. Trog (m) m = Futtermenge/Trog (kg) n = Anz. Tröge/Wagenfüllung
<b>Anwendungsbeispiel:</b>
Setzt man in Formel (2)
b = 3,3 m, l = 10,0 m, m = 25,0 kg und n = 10,
so kann man berechnen:
$T = 109,4 + 10(3,5 + 3,02 \cdot 25,0 + 3,0 \cdot 3,3) + 3,16 \cdot 10,0$ = 1030,0 1/100 min = 10,03 min

In jüngster Zeit lebte die alte Diskussion erneut auf, ob es für die Arbeitszeitkalkulation notwendig oder fördernd ist, eine durch Konvention systematisch festgelegte Zeitgliederung einzuführen (Schwarzbach et al., 1991). Selbstverständlich muß jeder längere Arbeitsablauf zu seiner Untersuchung aus pragmatischen Gründen in Abschnitte un-

tergliedert werden. Solange man bei solchen Analysen bis zur Mitte der 50er Jahre von finaler Betrachtung ausging (Röhner, 1956) und damit z.B. zu Haupt-, Neben- oder Rüstzeiten kam, erschien dieses Vorgehen nützlich. Mit Übergang zur kausal bestimmten Analyse und der darauf aufbauenden Bildung von Arbeitszeitfunktionen (Hammer, 1956 und E. Fleischer, 1969) erwies sich die final ausgerichtete Gliederung als wenig zweckdienlich. Denn danach erstreckt sich ein Arbeitsablaufabschnitt auf alle Tätigkeiten und Vorgänge, die mit dem mathematischen Modell einer Arbeitszeitfunktion und den jeweils zugehörigen Einflußgrößen beschrieben werden können (s.o. Kapitel 2, Punkt 5). Eine vorher durchgeführte Kritik des Ist-Arbeitsablaufs und des damit verbundenen Arbeitsaufwandes (s.o. Punkt 3) sorgt für die Auswahl der wirklich notwendigen Teile und zur Definition des Arbeitszeitbedarfs. Jeder Teilvorgang ist danach für die Erledigung der Arbeitsaufgabe unerlässlich und gleich wichtig, unabhängig davon, ob er dem Arbeitszweck unmittelbar oder nur mittelbar dient. Unbeschadet von diesen Überlegungen braucht man für jede mathematische Behandlung eines Phänomens bestimmte Zeichen, z.B.  $t_i$  wie in Tabelle 1. Sie können deshalb im wesentlichen unter rechentechnischen Gesichtspunkten ohne inhaltlich-systematischen Bezug ausgewählt werden.

Tabelle 2: Beispiel zur Berechnung von Arbeitszeitfunktionen\*)

$t_2$  (für Lastweg von Silo zum 1. Trog)  
= 9,6 + 1,71 l (siehe Tabelle 1)

mit einer linearen, schrittweisen Regressionsanalyse nach dem Programm "NEW REGRESSION" im Statistik-Programmpaket SPSS mit folgenden 29 Datenpaaren für l und t

l	t	l	t	l	t	l	t
9	16	18	52	36	79	45	94
10	20	21	37	37	78	46	93
12	21	23	36	39	70	47	86
13	49	24	36	39	65	48	85
14	40	30	55	40	66	50	87
15	36	30	56	41	95		
16	50	32	56	44	95		
18	51	35	78	44	94		

Ergebnis der MULTIPLEN REGRESSION

ABHÄNGIGE VARIABLE: ZEITAUFWAND t (in 1/100 min)  
UNABHÄNGIGE VARIABLE: WEGLÄNGE l (in m)

MULTIPLES R = 0,92<sup>1)</sup>  
R-QUADRAT = 0,846<sup>2)</sup>  
STANDARDFEHLER = 9,893

VARIABLE IM MODELL:  $t = a + b \cdot \text{WEGLÄNGE}$  (a = KONSTANTE)

VARIABLE	b <sup>3)</sup>	SE b <sup>4)</sup>	95% VERTRAUENS-INTERVALL von b	T-WERT	SIG T <sup>5)</sup> (p-Wert)
WEGLÄNGE	1,709	0,140	1,421 1,997	12,172	0,000
KONSTANTE	9,628	4,621	0,146 19,110	2,083	0,047

\*) Gleichartige Regressionsanalysen sind für  $t_2$  bis  $t_6$  anzuwenden. Für  $t_1$  und  $t_7$  genügen Mittelwertberechnungen.

1) MULTIPLES R = multipler Korrelationskoeffizient  
2) R-QUADRAT = multiples Bestimmtheitsmaß  
3) b = Regressionskoeffizient  
4) SE b = Standardfehler von b  
5) SIG T = Signifikanz von b

### 3 Entstehung dieser Methode

Diese im vorangegangenen Kapitel beschriebene Methode zur mathematischen Simulation des Arbeitszeitbedarfes mit Hilfe von deterministischen Arbeitszeitfunktionen hat einen weitgehend ausgereiften Stand erreicht. Ihre Entwicklung geht wohl in hohem Maße auf Arbeiten im ehemaligen Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik in Bad Kreuznach (Hammer, 1956 und Röhner, 1956) und auf E. Fleischer (1969) zurück. Sie knüpfte folgerichtig an das Gedankengut von Ries, Preuschen, Kreher und Blechstein an, die bald nach 1945 versuchten, die qualitativ bekannten funktionalen Zusammenhänge innerhalb der Gesamtheit eines landwirtschaftlichen Betriebes mit mathematischen Modellen zu quantifizieren. In ähnlicher Richtung bemühte man sich in anderen Instituten und Ländern. Ein lebhafter Gedankenaustausch während der CIOSTA-Kongresse klärte und bereicherte die Methode. In dem niederländischen Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG) in Wageningen wurde die ETA-Methode (Liem, 1966) entwickelt. Sie eröffnete den Zugang zu den Systemen vorbestimmter Zeiten (SvZ), die in den USA entstanden.

Alle Beteiligten hatten erkannt, daß die notwendigen Zeitbedarfsdaten zur Bewertung der sehr vielfältigen Landarbeit außerordentlich zahlreich sind. Die schnelle Entwicklung von Produktionstechnik, Betriebsmitteln und Rahmenbedingungen zwingt ferner, diese Daten ständig fortzuschreiben. Kein einzelnes Institut und kein einzelnes Land können diese Aufgaben allein bewältigen. Deshalb traf sich ein CIOSTA-Arbeitskreis, bestehend aus Vertretern mehrerer europäischer Institute, mehrfach in der Zeit um 1970 unter der Federführung von Gerritsen vom IMAG. Diese Gruppe von Arbeitswissenschaftlern trug wesentlich zur Vereinheitlichung der Methode bei. Sie vermittelte die Erkenntnis, daß Teilergebnisse, die

- a) aus Arbeitsbeobachtungen oder -versuchen des Untersuchungsanstellers selbst stammen oder
- b) aus entsprechenden Studien anderer Autoren herrühren oder
- c) durch Anwendung der SvZ, speziell vom ETA entstehen, als Planzeiten definiert und in einem Gesamtmodell z.B. für einen Arbeitsvorgang bausteinartig zusammengefügt werden

können. Dazu müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Eine Planzeit bezieht sich auf einen Abschnitt des Arbeitsablaufes, während dessen die kausale Beziehung zwischen Arbeitsverfahren und Einflußgrößen einerseits und Arbeitsergebnis und Arbeitszeit andererseits mit dem mathematischen Modell einer Funktion simuliert und formuliert werden können (s. dazu Beispiel in Tabelle 1).
2. Der Geltungsbereich und folgende Merkmale der Planzeiten sollten eindeutig beschrieben werden: Arbeitsaufgabe, Arbeitsinhalt mit Anfangs und Endpunkt innerhalb des Arbeitsablaufs, Arbeitsperson, Arbeitsverfahren und ggf. Arbeitsweise, Arbeitsmittel, Arbeitsgegenstand und Arbeitsbedingungen.
3. Angaben, die in der Regel aus statistischen Analysen stammen, sollten Auskunft über Stichprobenumfang, Streuung und Signifikanz geben.

Nach diesen Prinzipien entstanden Planzeitsammlungen, die zunächst als Kartei mit handschriftlich ausgefüllten "Dokumentationsbögen" (s. z.B. H a m m e r (1976), S. 47) geführt wurden. Später legte man für den gleichen Zweck Datenbanken an, die mit Hilfe von Computern verwaltet werden (mehrere Autoren).

Die seit langem notwendige und grundsätzlich mögliche Zusammenfassung aller vorhandenen Daten in einer Gesamtdatenbank scheint sich anzubahnen; denn das Institut für Landtechnik der TU München in Weihenstephan, die Eidgenössische Forschungsanstalt in Tänikon und das KTBL bemühen sich z. Z. um eine einheitliche Datenbasis und erstellen eine entsprechende Datenbank (J ä g e r 1992).

#### 4 Arbeitszeitbedarfsrechnung in den östlichen Bundesländern

Der bisherige Text bezieht sich auf die einschlägigen wissenschaftlichen Aktivitäten in den westlichen Bundesländern. Erfreulicherweise ist aber festzustellen, daß in der ehemaligen DDR und in den östlichen Bundesländern sehr ähnliche Entwicklungen abgelaufen sind. Die dort vorhandene umfangreiche Substanz an Daten und Methoden bereichert unser gemeinsames Repertoire wesentlich.

Auf den frühen und innovativ wirkenden Beitrag von E. F l e i s c h e r (1968, 1969) wurde oben bereits hingewiesen. - In jüngerer Zeit haben Autorenkollektive (1980, 1987, 1989) alle Daten und Kalkulationsverfahren zur rechnergestützten Arbeitsnormung in der Pflanzen- und Tierproduktion zusammengestellt. S c h w a r z b a c h et al. (1980) sowie S c h m i d t

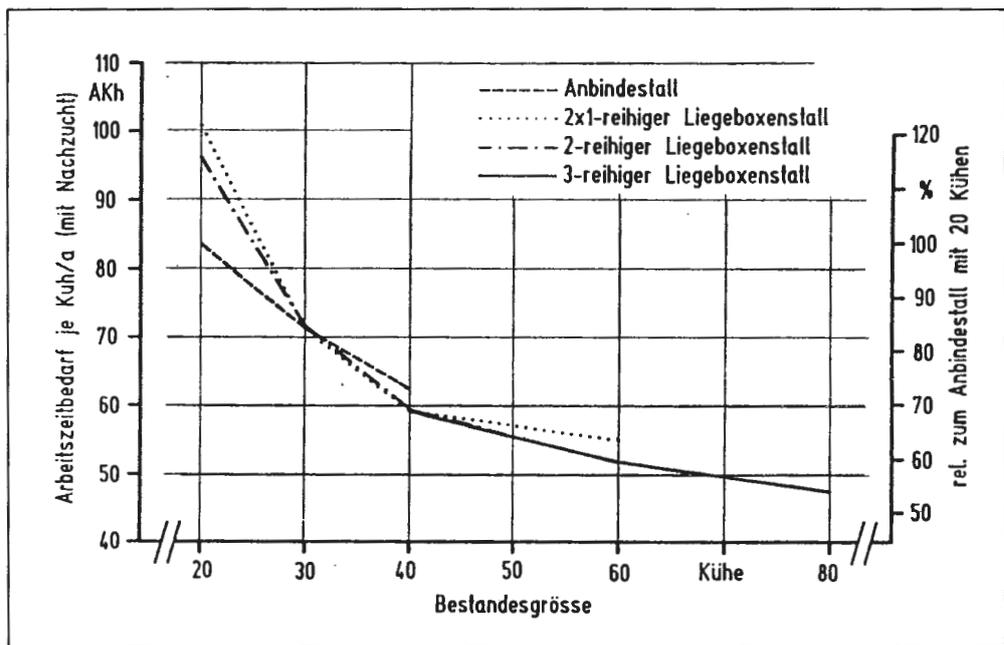


Abbildung 1: Arbeitszeitbedarf für die Stallsysteme der Milchviehhaltung in Abhängigkeit von der Bestandesgröße (A u e r n h a m m e r, 1990)

und K r ü p p e r (1992) stützten sich auf derartige Quellen bei ihren Berichten zur Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung. Die dabei beschriebenen PC-Programme gestatteten einerseits gesamtbetriebliche Kalkulationen im Sinne des klassischen Arbeitsvoranschlags über die Auswirkungen von Planungsalternativen. Zum anderen können aber auch Arbeitsaufträge und Arbeitsnachweise schlag- und bedingungsbezogen für

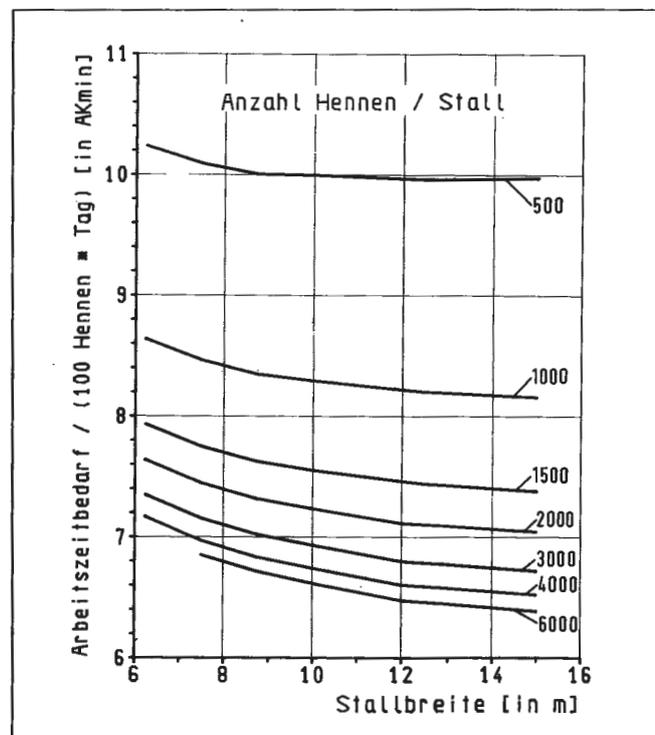


Abbildung 2: Einfluß von Stallbreite und Hennenzahl/Stall auf den Arbeitszeitbedarf der Bodenhaltung von Legehennen

die tägliche Arbeitsdisposition einzelner Mitarbeiter oder Gruppen derselben berechnet und ausgedruckt werden. Das ist für größere Betriebe vor allem mit Lohnarbeitsverfassung von wesentlicher Bedeutung.

In solchen Großbetrieben laufen oft mehrere produktions-technisch verknüpfte Arbeitsvorgänge neben und nacheinander ab. Sie müssen gut koordiniert werden und die dabei zusammenwirkenden Arbeitskräfte und -mittel sind während günstiger Zeitspannen optimal einzusetzen. Diese Aufgabe lösen Papesch et al. (1992) mit Hilfe der Netzplantechnik. Damit lassen sich alle zeitabhängigen Vorhaben planen, die sich aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen Teilprozessen zusammensetzen. Dies gilt insbesondere für die Planung des Bedarfs und Einsatzes von Arbeitskräften und Maschinen sowie für deren zeitliche Be- und Auslastung.

Die Industrie bemüht sich seit einigen Jahren, durch Bildung von selbständigen oder autonomen Arbeitsgruppen die Leistungsbereitschaft und Arbeitsqualität zu verbessern und organisatorische Schwierigkeiten zu mindern. Es ist daher an

der Zeit zu prüfen, ob dieses Prinzip nicht auch in der Landwirtschaft und insbesondere bei der Umwandlung von ehemaligen LPGen in privat- und marktwirtschaftlich ausgerichtete Großbetriebe angewendet werden sollte. K. Fleischer et al. (1992) untersuchen deshalb die verschiedenen Arbeitssysteme mit Hilfe von Anforderungs- und Belastungsanalysen, um Entscheidungs- und Gestaltungshilfen bereitzustellen.

### 5 Arbeitszeitkalkulation für wissenschaftliche Untersuchungen

Derartige Untersuchungen verfolgen im allgemeinen das Ziel, verschiedene Arbeits- und Produktionsverfahren oder bestimmte Bedingungen nach ihrer Wirkung auf den Arbeitszeitbedarf zu bewerten und untereinander zu vergleichen. Zwei ausgewählte Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Am Institut für Landtechnik in Weihenstephan wurde die Rindviehhaltung eingehend untersucht (Auernhammer, 1976 - 1990 und Sauer et al., 1982).

Eines der Ergebnisse ist in Abbildung 1 dargestellt. Es veranschaulicht, daß nach Aggregation des Zeitbedarfs für alle Arbeiten zur Betreuung der Kühe eine umfassende Aussage über ganze Produktionsverfahren und zugehörige Stallsysteme möglich ist.

Abbildung 2 zeigt dagegen an einem Beispiel aus der Legehennenhaltung (Hammer, 1982), daß man auch sehr detaillierten Fragestellungen z.B. über zweckmäßigste Stallmaße nachgehen kann. Dazu wurden die Wirkung und das Zusammenspiel von zwei Einflußgrößen untersucht.

### 6 Arbeitszeitkalkulation für Planung und Beratung

#### 6.1 Art, die Information bereitzustellen

Daten und Kalkulationsverfahren sollen planenden Landwirten und Beratern zur sachgerechten und gut zu handhabenden Entscheidungshilfe zugänglich gemacht werden. Dabei ist die Form ihrer Darstellung wichtig. Auernhammer (1981) hat mit Abbildung 3 eine vergleichende Übersicht veröffentlicht.

Tabellen sind bisher am häufigsten, Histo- und Nomogramme selten angewendet worden. Mit Zeitformeln (s. z.B. Tabelle 1) werden in der Regel die Ergebnisse arbeitswirtschaftlicher Untersuchungen dokumentiert (mehrere Autoren). EDV-Systeme anzuwenden, hat sich nicht nur in Instituten und Beratungsstellen durchgesetzt, sondern kommt auch zunehmend für Einzelbetriebe infrage.

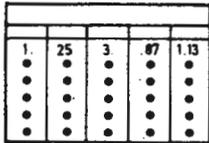
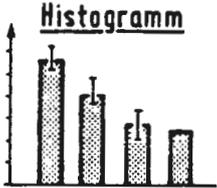
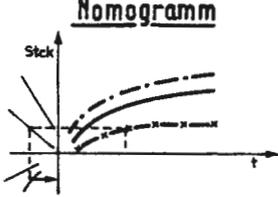
	Darstellungsform	Vorteile	Nachteile
fertig berechnete Werte	<b>Tabelle</b> 	Einfach Einzelwert leicht auffindbar Nachschlagecharakter	Interpolation schwierig keine optische Information
	<b>Histogramm</b> 	Gute Einzelinformation, evtl. mit Streuung Optischer Vergleich	Stark begrenzter Umfang Nur eine Einflußgröße zu berücksichtigen
	<b>Nomogramm</b> 	Umfassend Jede Interpolation möglich Hervorragende optische Vergleichsmöglichkeit	Keine Einzelwerte in Ziffernform Übung für Anwendung erforderlich
offene Systeme	<b>Zeitformel</b> $t = 12,4 + 3,6 \text{ Weglänge} + \dots$	Offen für jede betriebsspezifische Kalkulation Gewicht der Einflußgröße dargestellt Für Kleincomputer ideale Verarbeitungsform	Jeden Wert vor Gebrauch errechnen Keine Streuung Problematisch bei nichtlinearen Abhängigkeiten und manueller Berechnung
	<b>EDV-Programmsystem</b> 	An alle Forderungen anzupassen Detaillierte Informationen Anteilsermittlung (Streuung jederzeit verfügbar)	An EDV gebunden Spezialisten für Pflege erforderlich

Abbildung 3: Darstellungsformen für Planzeiten, ihre Vor- und Nachteile (Auernhammer, 1981)

## 6.2 Bisherige Kalkulationsunterlagen

1955 veröffentlichte Kreher umfassende Daten über den Arbeitszeitbedarf. Damit konnten Landwirte und Berater Arbeitsvoranschläge für ihre Betriebe aufstellen. Bis 1963 wurden diese Planungsdaten durch Mitarbeit anderer Autoren wesentlich erweitert und erstmalig vom KTBL<sup>1)</sup> herausgegeben (Kreher et al., 1963). 1972 gründete das KTBL eine Arbeitsgemeinschaft, der Mitarbeiter aus zahlreichen Institutionen angehörten und baute eine rechnerunterstützte Datenbank auf. Darin sind vielfältige Daten über den Arbeitszeitbedarf und außerdem über den Raum-, Kapital- und Betriebsmittelbedarf abgespeichert. Diese Kalkulationsunterlagen beziehen sich auf alle wesentlichen Produktionszweige von Landwirtschaft, Garten-, Obst- und Weinbau sowie auf die Hauswirtschaft.

Auf diese Basisdaten greifen mehrere Datenverarbeitungsprogramme (s. Abb. 4) zu, um

- für Standardbedingungen allgemeine, d.h. nicht speziell auf einen Einzelbetrieb ausgerichtete Modelle zu berechnen und
- für die spezifischen Bedingungen eines Einzelbetriebes beliebige Planungsalternativen zu kalkulieren.

<sup>1)</sup> KTBL = Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Bartningstraße 49, D6100 Darmstadt 12

Die Ergebnisse der unter a) genannten allgemeinen Modellrechnungen werden laufend in Taschenbüchern für Landwirtschaft (KTBL, 1990a) und für Gartenbau (KTBL, 1990b) sowie in verschiedenen Datensammlungen veröffentlicht (Weiershäuser, 1992)<sup>2)</sup>. Jäger (1992) kündigte an, daß die bisher auf Großrechnern laufenden Programme zur Zeit auf Personal-Computer umgestellt werden. Damit wären sie für jeden interessierten Anwender zugänglich.

Wesentlich ist die laufende Fortschreibung, Ergänzung und Anpassung an neue produktions- und arbeitstechnische sowie strukturelle Entwicklungen. Dies sollte nach einer einheitlichen Methode geschehen (Abbildung 5). Ein leider z.Z. vergriffenes KTBL-Arbeitspapier (Brundke et al., 1977) mit mehreren Formblättern enthält ins einzelne gehende Anleitungen über die dazu notwendige Vorgehensweise.

## 7 Schwierigkeiten und Empfehlungen zur Abhilfe

Die Bewertung und Optimierung der Arbeit vor allem nach ihrem Arbeitszeitbedarf und mit Hilfe des Arbeitsvoranschlags ist eine klassische Aufgabe. Schaut man sich jedoch in der Praxis, Beratung und in den benachbarten wissenschaftlichen Disziplinen der alten deutschen Bundesländer um, so stellt man bald fest, daß die vorhandenen Daten und Planungsverfahren zwar in der Ausbildung, kaum aber in der einzel- und überbetrieblichen Planung verwendet werden. Nach Aussage dieser Zielgruppen seien sie zu ungenau, betriebsspezifisch nicht angepaßt und berücksichtigen Störungen und Verlustzeiten sowie die neuesten Betriebsmittel und Verfahren in unzureichendem Maße. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß fast allen diesen Kritikern nur die Daten in den KTBL-Taschenbüchern, also keine Computerprogramme bekannt waren. Erfreulicherweise ist die Lage in der Schweiz günstiger. Luder (1990) berichtet von 1000 bis 1500 Arbeitsvoranschlägen, die pro Jahr in enger Zusammenarbeit mit zwei regionalen Beratungszentralen erstellt werden. Wie ist dann die ungünstige Situation in der Bundesrepublik Deutschland zu erklären?

### 7.1 Engpässe bei der wissenschaftlichen Bearbeitung

Arbeitsverfahren sind ein vielfältig zusammengesetztes System. Dementsprechend zahlreich und komplex sind die Bestandteile der zu simulierenden Arbeitszeitfunktionen. Es bedarf deshalb eines umfassenden Überblicks und realer Anschauung über alle Einzelheiten und Produktionsvorgänge, um Modelle zu formulieren, die die Wirklichkeit befriedigend abbilden. Dem eingeweihten Sachbearbeiter bereitet die Umsetzung einer ausreichend guten gedanklichen Vorstellung von einem Arbeitsablauf in ein mathematisches Modell in der Regel keine unüberwindlichen Schwierigkeiten. Dieses Wissen jedoch anderen zu

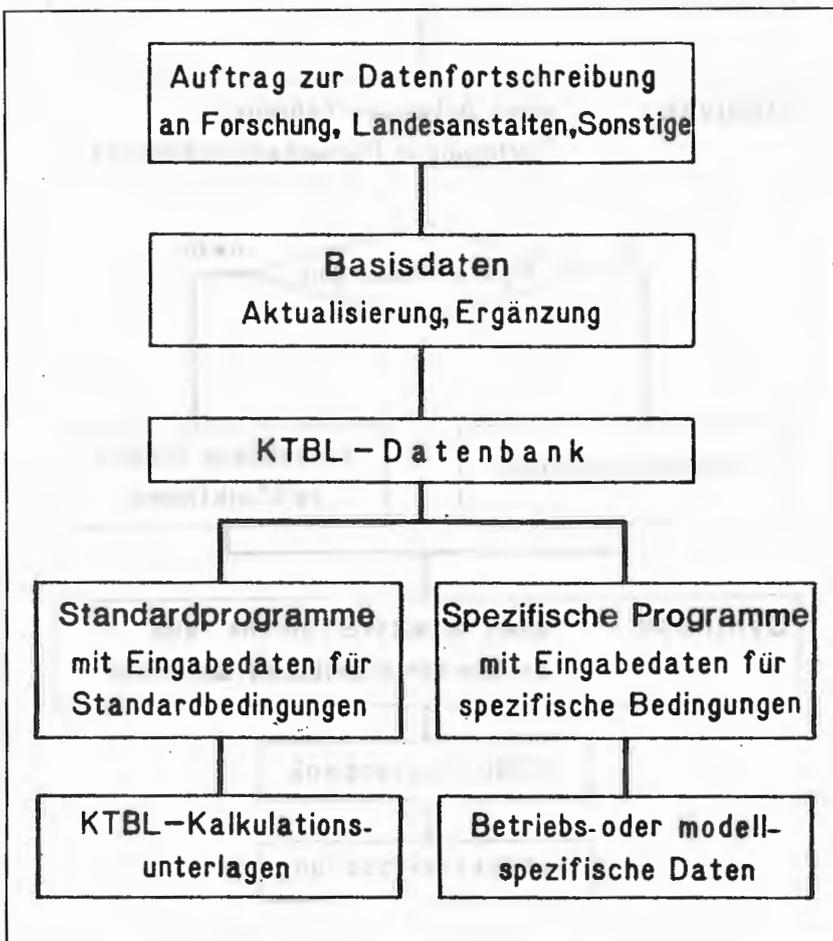


Abbildung 4: Aufbau und Anwendung der KTBL-Datenbank (Brundke, 1981)

<sup>2)</sup> siehe dazu jeweils aktualisierte Veröffentlichungsverzeichnisse des KTBL.

vermitteln, stößt erfahrungsgemäß auf Schwierigkeiten. Es kommt noch hinzu, daß die verfügbare hochentwickelte Informationstechnologie zu ihrer angemessenen Nutzung Informatik-Fachkenntnisse erfordert. Landwirte werden dafür auf Universitäten und Fachschulen im allgemeinen nicht ausgebildet. Die unerlässliche Mathematisierung der Verfahren zur Datenermittlung, statistischen Auswertung sowie zur Bewertung und Simulation ist für viele befremdend oder sogar abschreckend und verhindert daher den Zugang.

Besonders zeitraubend und kostenaufwendig, für die ermittelnden Personen auch unangenehm, ist die Sammlung der notwendigen empirischen Daten auf Praxisbetrieben. Eine repräsentative Stichprobennahme ist nicht realisierbar und eine statistische Sicherung der Daten demzufolge nur beschränkt möglich. Die Streuung der gemessenen Arbeitszeiten ist groß und sollte in das Kalkulationssystem einbezogen werden.

Wegen dieser Schwierigkeiten bei der Datenermittlung sollte vermieden werden, umfassende, ggf. vergrößernde Untersuchungseinheiten zu bilden. Vielmehr wird empfohlen, beim Formulieren der mathematischen Modelle ins einzelne zu gehen und sie mit zahlreichen Variablen auszustatten. Damit sollte eine gute systematische Anpassung an einzelbetriebliche Bedingungen erreicht werden. Zum anderen ist wohl der Fehlerausgleich um so besser, je mehr voneinander unabhängige Elemente aggregiert werden und zum Gesamtergebnis beitragen.

## 7.2 Akzeptanz bei Benutzern

Es muß ein geschlossenes Paket von Methoden und Verfahren, Daten und Ergebnissen zustande kommen, das im Kreis der benachbarten Wissenschaftler und der praktischen Landwirte geachtet und angewendet wird. Notwendige Kompatibilität und Schnittstellen zu angrenzenden Planungsverfahren müssen gewährleistet sein.

Für die Brauchbarkeit im Einzelbetrieb muß außerdem eine ganz wesentliche Voraussetzung erfüllt sein: Die Simulationsprogramme dürfen trotz hohen informationstechnischen Niveaus für den Landwirt oder seinen Berater kein "Schwarzer Kasten" bleiben. Natürlich ist es unmöglich, ihre innere Struktur allgemeinverständlich bekannt zu geben.

Der Benutzer muß aber durch gezielte Fragen (= Eingaben in die Programme) Antworten (= Ausgaben) für seinen spezifischen Betrieb und seinen Vorstellungsbereich bekommen können, die er nachvollziehen und damit vertrauensvoll übernehmen kann. Diese wichtigen "vertrauensbildenden Maßnahmen" können vielleicht noch dadurch unterstützt werden, daß betriebsspezifische Planungsrechnungen für die verschiedenen Verfahrensalternativen innerhalb einzelner Betriebszweige nicht nur mit Computern ausgeführt werden können. Als Vorstufe sind dazu vereinfachte Berechnungen des Arbeitszeitbedarfs mit Formblatt und Bleistift nach dem Beispiel von Hammer

(1983a) durchaus möglich. Dazu muß man sich natürlich auf die wichtigsten Einflußgrößen in den Arbeitszeitbedarfsfunktionen beschränken, ohne wesentlichen Verlust an Informationen und Genauigkeit in Kauf zu nehmen. Untersuchungen über deren Rangfolge sind dazu Voraussetzung (Hammer, 1983b).

## Zusammenfassung

Arbeitszeitkalkulationen werden vielfältig verwendet, von der Arbeitsvorbereitung für den einzelnen Arbeitstag über die gesamtbetriebliche und ganzjährige Planung bis zu volkswirtschaftlichen Prognosen. Mit einer einheitlichen Methode, nämlich mit mathematischen Modellen in der Form von Arbeitszeitfunktionen kann man den Arbeitszeitbedarf simulieren und damit dieser vielseitigen Anwendung entsprechen.

Bis etwa 1970 wurden die Kalkulationen ausschließlich mit schriftlichen Unterlagen und Hilfsmitteln zum Handrechnen durchgeführt. Das ist auch heute und in Zukunft durchaus noch möglich.

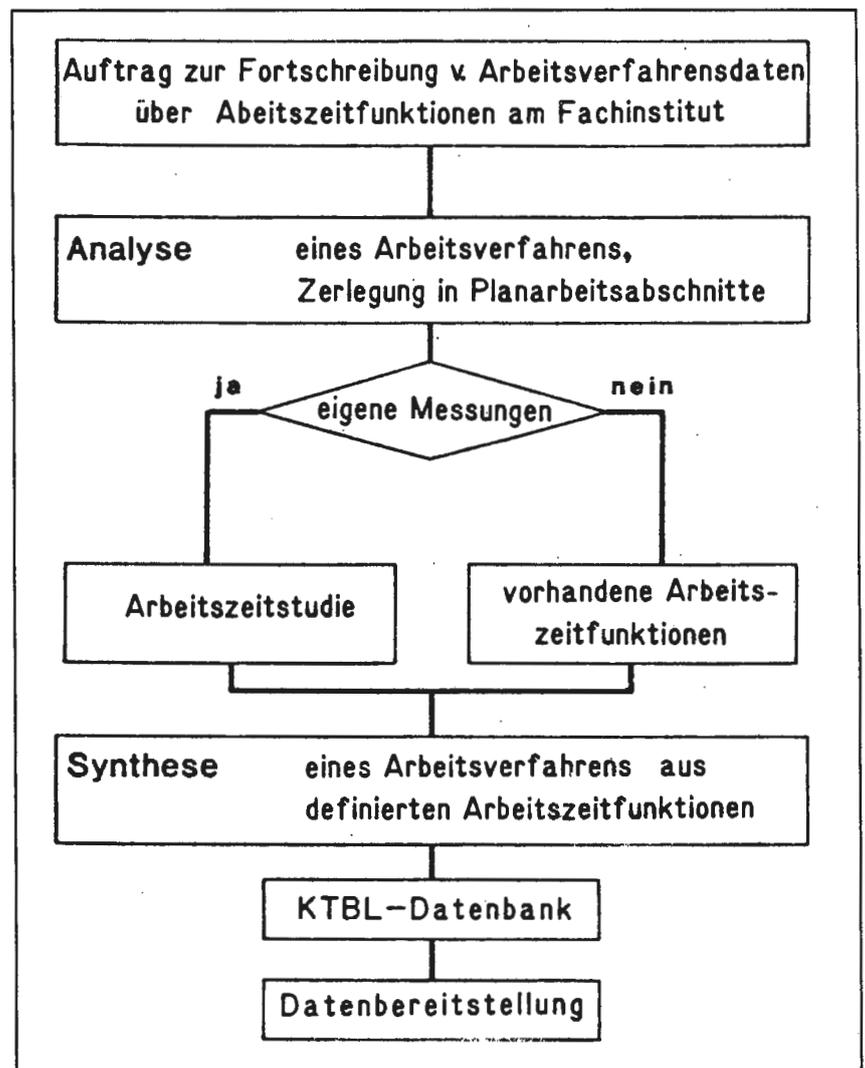


Abbildung 5: Schema der Fortschreibung des Arbeitszeitbedarfs von Arbeitsverfahren (Brundke, 1981)

Computer werden jedoch zur Datenanalyse, -speicherung und -verwaltung, zur Kalkulation und zur Planungssimulation zunehmend eingesetzt. Trotz langjähriger Entwicklung der Methode gibt es noch Schwierigkeiten. Zu deren Behebung werden Empfehlungen gegeben.

### Calculation of work time requirement

Calculations of the work time required in farming are applied for many purposes such as planning the work of a particular day, of a whole farm all over the year or for general prognoses of the total farming industry. This multiple use can be achieved by one universal simulation method with mathematical models called work time functions.

Until about 1970 these calculations were done by hand using written or printed data basis. This technique is still applicable.

Computers, however, are used increasingly for analysis, storing and administration of data, for calculation and simulation in farm planning. In spite of long term development of this method difficulties still exist. Recommendations are given to overcome these obstacles.

### Literatur

- Auernhammer, H.: Eine integrierte Methode zur Arbeitsanalyse, Planzeiterstellung und Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der Bullenmast. - KTBL-Schrift 203, KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup (1976).
- Auernhammer, H.: Aufbau und Struktur eines Kalkulationssystems für die Arbeitszeitbedarfsermittlung landwirtschaftlicher Arbeiten. - Schriftenr. Landtechnik Weihenstephan (1981), H. 8, S. 3-45.
- Auernhammer, H.: Arbeitswirtschaftliche Auswirkungen moderner Fütterungstechnologien in der Rinderhaltung. - Landtechnik 37 (1982), H. 2, S. 82-86.
- Auernhammer, H.: Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskriptvordruck zur Vorlesung. - Selbstverlag des Instituts für Landtechnik der TU München/Weihenstephan (1986), S. 175-205.
- Auernhammer, H.: Stallsysteme für die Milchviehhaltung im Vergleich. - Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der MEG, Nr. 182 (1990).
- Auernhammer, H., Zäh, H.: Arbeitszeitbedarf bei der Bullenmast und Milchviehhaltung. - Landtechnik 34 (1979), H. 7/8, S. 375-376.
- Autorenkollektiv: Katalog zur Arbeitsnormung in der Pflanzenproduktion (2. überarbeitete und ergänzte Auflage). - Landwirtschaftsausstellung der DDR, agra-Buch (1980).
- Autorenkollektiv: Rechnergestützte Arbeitsnormung in der Tierproduktion, Teil I: Methodische Ableitung; Teil IIa: Zeitnormativkatalog für die Rinderproduktion; Teil IIb: Zeitnormativkatalog für die Schweineproduktion. - Landwirtschaftsausstellung der DDR, agra-Buch (1987).
- Autorenkollektiv: Rechnergestützte Arbeitsnormung in der Pflanzenproduktion, Anwenderdokumentation. - Landwirtschaftsausstellung der DDR, agra-Buch (1989).
- Autorenkollektiv: Anwenderdokumentation zum DV-Programm "Arbeitsnormung in der Pflanzenproduktion ANORM P" (2. Stufe). - Böhlitz-Ehrenberg/Halle/Albersroda/Meißen (1989).
- Blechstein, K.: Die institutsinterne Datenbank DOKARB, ein Hilfsmittel zum Erstellen von Verfahrensinformationen. - Arbeiten aus dem MPI für Landarbeit und Landtechnik, Heft C73/13, Bad Kreuznach (1973).
- Brundke, M.: Datenfortschreibung in den 80er Jahren. - Schriftenr. Landtechnik Weihenstephan (1981), H. 8, S. 137ff.
- Brundke, M., Jäger, P., Siegel, F.: Zur Ermittlung und Fortschreibung von Daten des Arbeitsbedarfs - Anleitung für die Zusammenstellung neuer Arbeitsverfahren für die KTBL-Datenbank. - KTBL-Arbeitspapier, Darmstadt (1977) (z.Z. vergriffen).
- Fleischer, E.: Untersuchungen zur Anwendung von Arbeitszeitfunktionen und ihrer partiellen Differentiale auf die vergleichende Analyse des Arbeitszeitbedarfs transportverbundener landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren unter besonderer Berücksichtigung der vollmechanisierten Stallung- und Gülleausbringung. - Dissertation Halle/Saale (1968).
- Fleischer, E.: Arbeitszeitfunktionen - eine weiterentwickelte Methode analytisch-kalkulatorischer Leistungsnormung (Teil 1). - Deutsche Agrartechnik 19 (1969), H. 9, S. 432-435.
- Fleischer, K., Reichel, A., Spieth, F.: Untersuchungen zur Entwicklung von Arbeitsgruppen unter besonderer Berücksichtigung der Gestaltung von Arbeitssystemen. - Referat zum 9. Arbeitswissenschaftlichen Seminar des AKAL/MEG am 26. und 27.3.1992 in Halle (Saale).
- Hammer, W.: Anwendung von Arbeitsgang und Stallmodellen bei der Bewertung der Stallarbeit. - Schriftenreihe Landarbeit und Technik, Bad Kreuznach (1956), H. 21, S. 94-107.
- Hammer, W.: Arbeitszeit- und Beanspruchungsfunktionen Grundlage für landwirtschaftliche Planungsdaten. - KTBL-Schrift 202, KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup (1976).
- Hammer, W.: Anwendung des Datenbanksystems FIDAS zur Dokumentation und Verwaltung von Daten für Einflußgrößen, Planzeiten und Arbeitsverfahren. - Schriftenr. Landtechnik Weihenstephan (1981), H. 8, S. 89ff.
- Hammer, W.: Rangfolgen von Einflußgrößen in Arbeitszeit- und Kapitalbedarfsfunktionen der Legehennenhaltung. - Landbauforschung Völktenrode 33 (1983b), H. 4, S. 237-242.
- Hammer, W., Meyer, E.: Bewertung von Produktionsverfahren der Legehennenhaltung nach ihrem Arbeitszeitbedarf. - Landbauforschung Völktenrode 32 (1982), H. 4, S. 215-228.
- Hammer, W., Meyer, E.: Vereinfachte Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die Legehennenhaltung. - Landtechnik 38 (1983a), H. 7/8, S. 335-338.
- Jäger, P.: Zeitbedarf von Feldarbeiten - Teil 1: Daten zur Berechnung des Zeitbedarfs - Teil 2: Berechnung der Teilzeiten

- auf dem Feld - Teil 3: Berechnung des Gesamtarbeitszeitbedarfs nach dem Phasenmodell. - Landtechnik 46 (1991) H. 1/2, S. 69-71; H. 3, S. 123-128; H. 4, S. 188-190.
- Jäger, P.: Rechnergestützte Verfahren und Daten des KTBL für die arbeitswirtschaftliche Planung im landwirtschaftlichen Unternehmen. - Referat zum 9. Arbeitswissenschaftlichen Seminar des AKAL/MEG am 26. und 27.3.1992 in Halle (Saale).
- Krause, V.: Der Mikro-Computer als Beratungsmittel. - Schriftenr. Landtechnik Weihenstephan (1981), H. 8, S. 171ff.
- Kreher, G.: Leistungszahlen für Arbeitsvoranschläge und der Arbeitsvoranschlag auf dem Bauernhof. - 2. Auflage Schriftenreihe des Max-Planck-Instituts für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach (1955), H. 17.
- Kreher, G. et al.: Die Kalkulation der Arbeitszeit für Arbeits- und Zugkräfte im landwirtschaftlichen Betrieb. - KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Bd. 1 Wolftratshausen (1963).
- KTBL: KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft. - KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup (1990a), 15. Auflage.
- KTBL: KTBL-Taschenbuch Gartenbau. - KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup (1990b), 3. Auflage.
- KTBL: Datensammlung für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. - Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup (1991), 12. Auflage.
- Liem, T.L., Gerritsen, J.G.C.: ETA - Elemental Times in Agriculture. Prinzip und Entwicklung eines Zeitnormenverfahrens. - Landbouwkundig Tijdschrift, Niederlande (November 1966).
- Luder, W.: Arbeitswirtschaftliche Forschung, Überblick und Schwerpunkte. - Festschrift für Prof. Vallat, Zürich (1990), S. 161-166.
- Papesch, J., Gersonde, J.: Zur Entwicklung des EDV-Projektes NPT-92, seine Einsatzmöglichkeiten für die Planung arbeitswirtschaftlicher und verfahrenstechnischer Aufgaben. - Referat zum 9. Arbeitswissenschaftlichen Seminar des AKAL/MEG am 26. und 27.3.1992 in Halle (Saale).
- Röhner, J.: Zur Methodik der Zeitstudie in der Landwirtschaft. - Schriftenreihe Landarbeit und Technik, Bad Kreuznach (1956), H. 21, S. 29-76.
- Sauer, H., Auernhammer, H.: Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes in der Milchviehhaltung durch Modellkalkulationen. - Landtechnik 37(1982), H. 3, S. 141-146.
- Sauer, H., Auernhammer, H.: Arbeitszeitbedarf für die Milchviehhaltung in Anbinde und Laufställen. - Landtechnik 37 (1982), H. 4, S. 198-202.
- Sauer, H., Wagner, M., Auernhammer, H.: Arbeitszeitbedarf für die Kälberaufzucht und für die spezialisierte Färsenhaltung. - Landtechnik 37 (1982), H. 5, S. 266-268; H. 6, S. 305-306.
- Schmidt, A., Krüpper, H.: Methoden und Instrumente zur Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung. - Referat zum 9. Arbeitswissenschaftlichen Seminar des AKAL/MEG am 26. und 27.3.1992 in Halle (Saale).
- Schwarzbach, R., Jalaß, G.: Zeitbedarf von Feldarbeiten. - Landtechnik 46 (1991), H. 5, S. 237-238.
- Schwarzbach, R., Jalaß, G., Gust, J.: Zur Anwendung der rechnergestützten Arbeitsvorbereitung in Pflanzenproduktionsbetrieben. - Wiss. Z. Universität Rostock, N-Reihe 39(1990), H. 2, S. 67-70.
- Weiershäuser, L.: Daten zur Arbeiterledigung in Kalkulationsunterlagen des KTBL. - Darstellung, Anwendung und Probleme. - Referat zum 9. Arbeitswissenschaftlichen Seminar des AKAL/MEG am 26. und 27.3.1992 in Halle (Saale).
- Verfasser: Hammer, Wilfried, Prof. Dr. agr., Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), komm. Leiter: Professor Dr. Joachim Piotrowski.