



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

---

Hesselbach, J.: Betriebssimulation in der Landwirtschaft. In: Reisch, E.:  
Quantitative Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues.  
Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.,  
Band 4, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1967), S. 162-175.

---



# Betriebssimulation in der Landwirtschaft

Von Dr. J. HESSELBACH, Stuttgart-Hohenheim

1	Einleitung .....	162
2	Begriff der Simulation .....	162
3	Modell und Wirklichkeit .....	163
3.1	Begriff und Zweck von Modellen .....	163
3.2	Arten von Modellen .....	163
4	Simulationsmodelle .....	165
4.1	Formale Struktur von Simulationsmodellen .....	165
4.2	Zweck von Simulationsmodellen .....	166
5	Simulationsverfahren .....	166
5.1	Simulator und Simulationsprozess .....	166
5.2	Arten der Simulation .....	167
5.2.1	Kombinatorische Simulation .....	167
5.2.2	Stichproben-Simulation .....	168
5.2.2.1	Partiell kombinatorische Simulation .....	168
5.2.2.2	Zufalls-Stichproben-Simulation .....	169
5.2.2.3	Simulation mit der Methode des steilsten Anstieges .....	170
5.2.3	Heuristische Simulation .....	170
5.2.3.1	Informale heuristische Simulation .....	170
5.2.3.2	Formale und programmierte heuristische Simulation .....	170
6	Anwendung der Simulation .....	171
6.1	Synthetische oder taktische Simulation .....	171
6.2	Analytische oder strategische Simulation .....	171
7	Anwendungsbeispiele .....	171
7.1	Simulation in der Betriebsberatung .....	172
7.2	Simulation in der Forschung .....	172
7.3	Simulation von Teilbereichen des Betriebes .....	172
7.3.1	Simulation einzelner Betriebszweige .....	172
7.3.2	Simulation des Einsatzes einzelner Produktionsmittel .....	172
7.4	Simulation von landwirtschaftlichen Verarbeitungsbetrieben und makroökonomischen Zusammenhängen .....	173
8	Schlußfolgerungen .....	174
	Anhang .....	175

## 1 Einleitung

Die Volkswirtschaft hat sich seit geraumer Zeit mit dem Verhalten des Unternehmens befaßt. Der Teil der Volkswirtschaftstheorie, der sich mit dem Verhalten des Unternehmens befaßt, ist die „Theorie des Betriebes“. Diese Theorie des Betriebes wurde *vor allem* von der landwirtschaftlichen Betriebslehre übernommen, und sie wurde *ausschließlich* von der landwirtschaftlichen Betriebslehre mittels L. P. axiomatisiert, d. h. für die landwirtschaftliche Betriebslehre stellt L. P. eine axiomatisierte Theorie dar.

Jedoch die „Theorie des Betriebes“ der Volkswirte wurde in der Absicht entwickelt, das marktmäßige Verhalten, aber nicht das innerbetriebliche Verhalten zu charakterisieren.

Für den Volkswirt ist das Unternehmen als solches eine „Schwarze Schachtel“ mit unbekanntem Inhalt. Man weiß nur, daß gewisse Änderungen in der Umwelt auch gewisse Änderungen in dem hervorrufen werden, was aus der „schwarzen Schachtel“ herauskommt.

Diese Unzulänglichkeit der traditionellen Theorie des Betriebes für viele Situationen des Unternehmens hat dazu geführt, sie mittels Erkenntnissen aus der Psychologie, Soziologie, dem Rechtswesen, der kaufmännischen Lehre etc. zu erweitern. Diese Erweiterung führte wiederum zu einer Suche nach Modell- und Rechenmöglichkeiten, die dieser erweiterten Theorie Rechnung tragen würden. Hier hat nun die Simulation immer mehr an Bedeutung erlangt.

Doch liegt hier nicht der einzige Anwendungsbereich der Simulation, in der Tat nicht einmal ihr erster und häufigster. Denn Simulationsmethoden und -modelle werden überall dort eingesetzt, wo die Ausgangsbedingungen (d. h. die zu modellierende wirkliche Welt) so kompliziert sind, daß sie sich nicht analytisch formulieren lassen, oder — falls sie sich noch formulieren lassen, das Modell mit den gegebenen Möglichkeiten nicht analytisch gelöst werden kann.

## 2 Begriff der Simulation

Es ist nicht ganz leicht, den Begriff der Simulation in wenigen Worten so zu definieren, daß er alles umschließt, was heute in der Unternehmensforschung mit Simulation bezeichnet wird, und andererseits das alles ausgeschlossen wird, was auch offensichtlich aber unzutreffend in der Literatur gelegentlich schon mit Simulation bezeichnet wurde. Eine hinreichend gute Definition wurde kürzlich von KOLLER [10, 5. S 95] gegeben: „Unter *Simulation* wollen wir die Berechnung von alternativen möglichen Einzelfällen eines Entscheidungsmodelles verstehen. Im Gegensatz zu einem analytischen Verfahren besteht hier jedoch kein formaler Algorithmus, der zwangsläufig zu einer optimalen Lösung führt. In einer Reihe von Berechnungsexperimenten wird jeweils für einen bestimmten Satz von Koeffizienten der unabhängigen Variablen die zugehörige abhängige Variable als Ergebnis bestimmt. An die Stelle der direkten Frage nach der „besten“ Lösung bei analytischen Verfahren tritt hier die Frage, „Was ist, wenn?“

Es wird also nach den Auswirkungen alternativ möglicher Konstellationen der Aktionsvariablen gefragt. Die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsexperimente werden miteinander verglichen und im Hinblick auf die Zielvorstellung diskutiert. Aus diesen errechneten Einzelfällen wird die relativ beste Lösung ausgewählt. Da mit diesem Verfahren aber normalerweise nicht alle möglichen Alternativen erfaßt werden, läßt sich nur mit Sicherheit sagen, daß diese Lösung besser als alle anderen berechneten Fälle ist. Ob sie gleichzeitig auch die absolut beste Lösung des Modells ist, kann daraus nicht geschlossen werden.“

Ehe der Begriff „Simulation“ weiter verfolgt wird, soll zunächst der Begriff und der Zweck von Modellen näher erläutert werden und dabei der „Standort“ von Simulationsmodellen aufgezeigt werden.

### 3 Modell und Wirklichkeit

#### 3.1 Begriff und Zweck von Modellen

„Ein *Modell* ist eine durch isolierende Abstraktion gewonnene, vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit“.

Eine solche isolierende Abstraktion ist notwendig, denn erst „eine entsprechende Vereinfachung wird es uns ermöglichen, komplexe Zusammenhänge von Tatbeständen zu überblicken“ [10, S. 99f.].

Modelle werden als methodische Hilfsmittel in großem Maße — auch in der Praxis — eingesetzt.

Im Zusammenhang mit der Betriebssimulation in der Landwirtschaft interessiert uns die Verwendung von Modellen als Entscheidungsmodell. Abb. 1 soll dazu kurz den Kreislauf unternehmerischer Entscheidungen in einem landwirtschaftlichen Betrieb darstellen und dabei die Stellung und Funktion des Modelles und einige der wichtigsten Variablen aufzeigen.

Ausgehend von der Wirklichkeit vor einer Entscheidung, nämlich den Zielen eines Landwirtes und seiner Familie, dem Realitätszustand, seinen betrieblichen Gegebenheiten (Produktionskapazitäten) und institutionellen Fakten, kommt ein Landwirt unter Benutzung von Erwartungen, Denkschemen oder eben formalen Modellen zur Definition von Alternativen, dem Abwägen derselben und zu einer Entscheidung über die durchzuführende Alternative. Entscheidungen treten aber in der Folgezeit immer wieder auf und selbst gleichartige Entscheidungen können in der Zwischenzeit durch die Erfahrungen der Wirklichkeit, sich ändernden Zielen und durch Änderungen in sonstigen Variablen beeinflusst werden. Es wird später noch zu zeigen sein, inwieweit Simulationsmodelle diesen Entscheidungssituationen mit den dabei auftretenden Variablen gerecht werden können. Hier soll zunächst weiter auf die verschiedenen Arten von Modellen eingegangen werden.

#### 3.2 Arten von Modellen

In Abb. 2 wird ein Versuch gemacht, die Modelle zu klassifizieren um daraus den Standort von Simulationsmodellen angeben zu können.

Ausgehend von der Wirklichkeit kann man die Modelle in physische und symbolische Modelle gliedern. In der Betriebslehre und Praxis werden — von wenigen Ausnahmen abgesehen — überwiegend symbolische Modelle verwendet, die im allgemeinen schon einen höheren Abstraktionsgrad gegenüber der Wirklichkeit aufweisen als physische Modelle. Von den symbolischen Modellen interessieren uns wiederum verbale, vor allem aber mathematische Modelle. Mathematische Modelle lassen sich für unseren Zweck wiederum aufgliedern in analytisch-mathematische Modelle und Simulationsmodelle. Die Lineare Programmierung ist wohl einer der prominentesten Vertreter analytisch-mathematischer Modelle.

Der Unterschied zwischen analytisch-mathematischen und Simulationsmodellen soll wie folgt präzisiert werden. Ein Entscheidungsproblem liegt dann vor, wenn aus einer vorgegebenen Menge  $A$  von möglichen Aktionen  $a$  nach einer Vorschrift, nennen wir

sie  $V_A$ , eine Aktion  $a^*$  ausgewählt wird, die in einem gewissen Sinn optimal ist. Wir schreiben hierfür

$$a^* = V_A \langle A \rangle |a|, K$$

womit wir ausdrücken, daß die Aktion  $a^*$  nach der Vorschrift  $V_A$  aus  $A$  ausgewählt wurde [11].

Welche der Aktionen  $A$  als optimal gilt, d. h. als  $a^*$  vorgesehen werden kann, wird aufgrund des Entscheidungskriteriums „ $K$ “ bestimmt.

$$\text{Also } a^* = V_A \langle A \rangle, \sim K$$

Ist nun ein Entscheidungsproblem so geartet, daß ein Modell formuliert, ein Entscheidungskriterium und eine Zielfunktion aufgestellt werden kann, so spricht man von mathematischen Modellen. Ist dann weiterhin ein Algorithmus (= bestimmtes Rechenverfahren) für den eigentlichen Vorgang der Optimierung vorhanden, dann spricht man von einem analytischen Verfahren oder analytisch-mathematischen Modell. Das heißt, daß  $V_A$  bei analytischen Verfahren streng definiert ist und seine Benutzung zum Optimum führt, während bei Simulationsverfahren und -modellen  $V_A$  in der Regel nicht streng definiert ist und daher bei der Simulation kein Optimum garantiert ist.

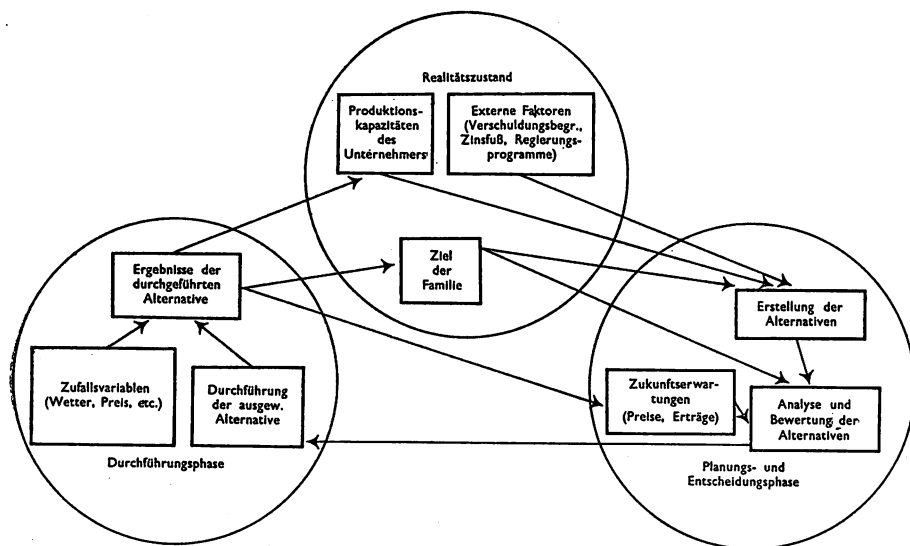


Abb. 1 Kreislauf unternehmerischer Entscheidungen

Die Tatsache, daß mathematische Modelle sehr präzise formuliert sind, und die vor allem für analytisch-mathematische Modelle zutreffende Tatsache, daß sich das „garantierte Optimum“ exakt ableiten läßt, bedeutet noch nicht, daß diese Methoden zu besseren Ergebnissen führen. Das rührt daher, daß — vor allem bei den analytisch mathematischen Modellen — eine oft recht gewaltige Abstraktion durchgeführt werden muß, um das Modell überhaupt formulieren zu können. Diese Forderung erwirkt zwar hohe *Präzision*, doch hohe Präzision ist nicht gleichbedeutend mit hoher *Isomorphie*. Darauf deutet vor allem FORRESTER [7, S. 57] hin, der sehr streng unterscheidet zwischen *Präzision* im Sinne von Exaktheit („precision“), Eindeutigkeit einerseits und

*Richtigkeit* („accuracy“) oder Übereinstimmung mit der Wirklichkeit andererseits. FORRESTER betont, daß Präzision zwar eine notwendige aber keine ausreichende Bedingung für die Brauchbarkeit eines Modells ist, sondern daß das Modell auch einen bestimmten Grad an „Richtigkeit“ haben muß. Die Bedeutung analytisch mathematischer Modelle liegt eindeutig auf ihrer „Präzision“ und nicht auf ihrer „Richtigkeit“.

## 4 Simulationsmodelle

### 4.1 Formale Struktur von Simulationsmodellen

Versucht man die Simulationsmodelle in sich noch zu gliedern, so kommt man zu verschiedenen Möglichkeiten je nach dem Zweck und dem Gliederungskriterium. Will man die Modelle nach der Berücksichtigung des Zeitablaufes charakterisieren, so lassen sich statische, kinetische und dynamische Modelle unterscheiden.

*Statische* Modelle sind immer nur auf einen Zeitpunkt bezogen, wobei alternativ mögliche Zustände des Modells zum gleichen Zeitpunkt betrachtet werden oder falls verschiedene Zeitpunkte gewählt werden, (komperativ-statisch) [1, S. 36] keine in der Wirklichkeit sicherlich gegebene Beziehung zwischen beiden Zeitpunkten berücksichtigt ist.

*Kinetische* Modelle beziehen gegenüber den statischen Modellen noch den Zeitablauf ein, wobei jedoch nur der Ablauf eines Systems oder Anfangszustandes verfolgt wird, ohne daß die durch den Zeitablauf veränderten Variablen nun ihrerseits wieder Berücksichtigung im Modell finden.

*Dynamische* Modelle schließlich beziehen nicht nur den Zeitablauf mit ein, sondern es besteht auch mindestens bei einer Variablen eine Verknüpfung von vor- und nachgelagerten Perioden derart, daß die Änderungen der Variablen ihrerseits einen Einfluß auf das Modellsystem nehmen.

Simulation ist grundsätzlich mit jedem der drei genannten Modellarten möglich. In der Praxis handelt es sich jedoch meist um dynamische zumindest aber um kinetische Modelle, weil für statische Modelle in der Regel analytisch-mathematische Verfahren existieren, die aus praktischen Überlegungen den Simulationsverfahren vorzuziehen sind, solange der Aufwand sich noch in vertretbaren Grenzen hält. Ein weiteres Gliederungskriterium, das unabhängig von dem eben behandelten und gleichzeitig mit diesem anzuwenden ist, bezieht sich auf die Frage, inwieweit die bei der Formulierung des Modellansatzes verwandten Daten dem Unsicherheitskalkül unterworfen sind [1, 5.35 ff.]. Danach kann man die Modelle ganz allgemein und auch die Simulationsmodelle als deterministisch oder stochastisch bezeichnen.

*Deterministisch* ist ein Modell dann, wenn die verwendeten Daten fixiert sind und somit auf eindeutigen Erwartungen beruhen und im Laufe der Berechnung über mehrere Perioden konstant bleiben. Die mehrmalige Durchrechnung eines Modellansatzes mit den gleichen unabhängigen Variablen führt immer zum gleichen eindeutigen Ergebnis.

*Stochastische* Modelle beruhen zum Teil auf Daten, die unsicher in ihren Erwartungen sind. Die Zufallsabhängigkeit der Daten kann dabei durch die Annahme einer bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung, durch die Einführung von Streuungsmaßen oder Regressionsfunktionen quantifiziert werden. Stochastische Modelle sind in ihrer Struktur komplizierter als deterministische. Die wiederholte Berechnung des gleichen Modellansatzes kann zu verschiedenen Ergebnissen führen, weil die Daten nicht mehr als Konstante zu betrachten sind, sondern im Rahmen der quantifizierten Zufallsabhängigkeit von der ersten Berechnungsperiode an variieren können. Ein Simulationsmodell muß, um in Entscheidungsproblemen Verwendung finden zu können, folgende Elemente besitzen [6, S. 60–70]:



- a) Eine Menge,  $A$ , aus  $a$  möglichen Alternativen,
- b) ein Entscheidungskriterium,  $K$ ,
- d) eine Vorschrift  $V_A$ , nach der die „optimale“ Alternative  $a^*$  auszuwählen ist. Diese Vorschrift  $V_A$  braucht nicht in Form eines straffen Algorithmus festgelegt sein.

## 4.2 Zweck von Simulationsmodellen

Zweck der Benutzung von Simulationsmodellen ist die Auswahl von  $a^*$  in Situationen, wo eine analytische Formulierung oder Lösung des Problems zur Zeit nicht möglich oder zu aufwendig ist.

Simulationsmodelle können durchaus dort Verwendung finden, wo auch analytische Modelle zur Verfügung stehen. Umgekehrt allerdings können nicht überall analytische Modelle eingesetzt werden, wo heute schon Simulationsmodelle vorhanden sind. Der Anwendungsbereich der Simulationsmodelle ist also größer als der analytisch mathematischer Modelle. Allerdings wird man überall dort analytisch mathematische Modelle sinnvoller einsetzen, wo Probleme vorhanden sind, für die analytische Verfahren mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden können.

KOLLER motiviert den Zweck von Simulationsmodellen gegenüber analytischen Modellen wie folgt [10, S. 99]:

„Während sich viele wirtschaftliche Entscheidungssituationen in den Grenzen formulieren lassen, die allen mathematischen Modellen im Bereich der Betriebswirtschaft gesetzt sind, stehen nicht für alle diese Modelle auch entsprechende analytische Verfahren zu ihrer Optimierung bereit. Nichtlineare Zusammenhänge, stochastische Elemente, die Forderungen nach Ganzzahligkeit und dynamische Gesichtspunkte können oft nicht, manchmal nur in relativ einfachen Spezialfällen durch sehr komplizierte mathematische Verfahren berücksichtigt werden. Gerade bei den Führungsentscheidungen in der Unternehmung treten diese Voraussetzungen aber fast immer auf. Durch entsprechende Vereinfachungen des Modells lassen sich wohl einige rechnerische Schwierigkeiten umgehen. Soll die Modellanalyse aber wirklich brauchbare Aussagen liefern, so ist in vielen Fällen sehr bald die Grenze der Übervereinfachung erreicht, von der an die Ergebnisse zwar auch noch formal richtig, aber sachlich wertlos werden.“

## 5 Simulationsverfahren

### 5.1 Simulator und Simulationsprozess

Als Simulator soll hier das Modell oder der Gesamtkomplex von Modellen verstanden werden, mit dem ein Problem simuliert werden kann.

Unter einem Simulationsprozess oder Simulation schlechthin, wollen wir die Berechnung von alternativ möglichen Einzelfällen eines Entscheidungsmodelles verstehen. Die Konstruktion des Simulators und der Simulationsprozess kann wie folgt schematisiert werden [4a]:

- a) Es wird eine Menge von Variablen  $\{X_i\}_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots$ ) erfaßt. Die Bewegung dieser Variablen im Raum und in der Zeit des Systems soll beobachtet werden.
- b) Geordnete Untermodelle  $\{M_k\}$  werden definiert. Diese Untermodelle bestimmen die Beziehung der Variablen,  $\{X_i\}_j$ 's, untereinander und zum Gesamtsystem.
- c) Die Untermodelle  $\{M_k\}$ 's, sind miteinander verknüpft. Bei jeder Simulation kann ein Untermodell Informationen von verschiedenen Quellen erhalten:

1. von außerhalb des Systems, 2. von anderen zum System gehörenden Untermodellen, 3. von den Variablen.
- d) Bei jeder Simulation werden die Untermodelle in einer ganz bestimmten Reihenfolge und nach ganz bestimmten logischen Regeln angewandt.
- e) Am Ende eines Zyklus werden die Ergebnisse aller Untermodelle zum Anfangspunkt des nächsten Zyklus weitergeführt. Die Variablen werden ebenfalls den Systemregeln entsprechend fortgeschrieben. Es kann dann ein neuer Zyklus beginnen.
- d) Der Zyklus kann für das gleiche Problem in der im System vorgesehenen Höchstzahl, praktisch jedoch beliebig oft, wiederholt werden.

## 5.2 Arten der Simulation

Nach der Auswahl der zu berechnenden Einzelfälle lassen sich drei Arten der Simulation unterscheiden

1. Kombinatorische Simulation
2. Stichproben-Simulation
3. Heuristische Simulation

### 5.2.1 Kombinatorische Simulation

Bei der *kombinatorischen* Simulation werden für alle möglichen Kombinationen aller Variablen (Elemente) Ergebnisse errechnet. Das „beste“ Ergebnis kann dann aus den vorhandenen Lösungen ausgewählt werden und in der Unternehmensführung als Entscheidungsgrundlage dienen. Für zwei Variablen kann dies in Form eines zweidimensionalen Gitters gezeigt werden.

	Kühe — — — — $\{x_i\}_1$				
Schweine $\{x_i\}_2$		1	2	3	4
	1	1,1	1,2	1,3	1,4
	2	2,1	2,2	2,3	2,4
	3	3,1	3,2	3,3	3,4

Es zeigt sich hier bereits, daß bei der Simulation „Ganzzahligkeit“ gegeben ist. Umgekehrt zur linearen Programmierung wird hier nicht „Ganzzahligkeit“, sondern eher „Kontinuierlichkeit“ zum Problem.

Für obiges Beispiel gilt

$$j = 1, 2; m_1 = 4; m_2 = 3; n = 2;$$

Es ergeben sich:

$$m_1 \cdot m_2 = 12 \text{ Kombinationen.}$$

Verallgemeinerung:  $\{x_i\}_j$ ;

$$j = 1, \dots, n$$

$$i = 1, \dots, m_j$$

Angenommen es werden  $n$  Variablen berücksichtigt und für die  $j$ -te Variable sollen  $m_j$  Stufen berücksichtigt werden, dann ist die Anzahl der Kombination gleich:

$$K_0 = \prod_{j=1}^n m_j$$

Haben wir nun ein Problem mit fünf Variablen die sich in folgenden Stufen ändern können:

$$m_1 = 5; m_2 = 10; m_3 = 15; m_4 = 10; m_5 = 25$$

dann ist 
$$K_0 = \prod_{j=1}^n m_j = 5 \times 10 \times 15 \times 10 \times 25 = 187\,500$$

Darin zeigt sich gleich die Schwäche der kombinatorischen Simulation. Wenn nämlich  $m_j$ 's und  $j$ 's sehr groß sind, wird dieses Verfahren schnell unpraktisch. Doch es führt garantiert zum Optimum und braucht nicht *immer* unpraktisch zu sein. Bei der kombinatorischen Simulation haben wir also den Fall, daß es ein  $V_a$  gibt, das uns wie bei analytisch-mathematischen Methoden ein Optimum garantiert.

### 5.2.2 Stichproben-Simulation

Bei der Stichproben-Simulation können wir drei Fälle unterscheiden:

1. partiell kombinatorische Simulation
2. zufällige Stichproben-Simulation
3. Simulation mit der Methode des steilsten Anstieges.

Bei der partiell kombinatorischen Simulation und der Simulation mit der Methode des steilsten Anstieges (Gradientenmethode) handelt es sich um systematische Stichprobenverfahren, während die Zufalls-Stichproben-Simulation als Wahrscheinlichkeitsstichproben gekennzeichnet werden können.

In einem bestimmten Fall kann auch die Verwendung einer Kombination von Stichproben-Simulationsverfahren, z. B. partiell kombinatorische Simulation und Simulation mit der Gradientenmethode, sinnvoll sein.

#### 2.2.1 Partiiell kombinatorische Simulation

Schaltet man auf Grund von a priori Überlegungen einen Teil der Kombinationsmöglichkeiten einer vollständigen kombinatorischen Simulation aus, so nimmt man gewissermaßen nur eine Stichprobe und man kann dies als partiell kombinatorische Simulation bezeichnen. Das oben gegebene Beispiel, in dem 5 Variablen über den gesamten Bereich betrachtet zu 187 500 Kombinationsmöglichkeiten führen, wird in der Zahl der Kombinationsmöglichkeiten auf 3 240 reduziert, wenn man sich bei den einzelnen Variablen jeweils auf nachstehende Teilbereiche beschränkt:

$$m_1 = 4,5 = 2$$

$$m_2 = 8,10 = 3$$

$$m_3 = 10,15 = 6$$

$$m_4 = 5,10 = 6$$

$$m_5 = 11,25 = 15$$

Eine weitere Reduzierung auf 357 Kombinationsmöglichkeiten wird erreicht, wenn man sich dafür entscheidet, daß nur Interaktionen erster Ordnung von Bedeutung sind. Die Anzahl der Kombinationen errechnet sich dann nach der Formel

$$K_0 = \sum_{j=1}^{n-1} \left( m_j \sum_{k=j+1}^n m_k \right)$$

Solche Überlegungen, vor allem der ersten Art, wo bestimmte Werte der Variablen einfach nicht vorkommen dürfen, sind durchaus praktisch. Das trifft vor allem dann zu, wenn zunächst die „Form“ der „Reaktionsoberfläche“ erforscht werden soll.

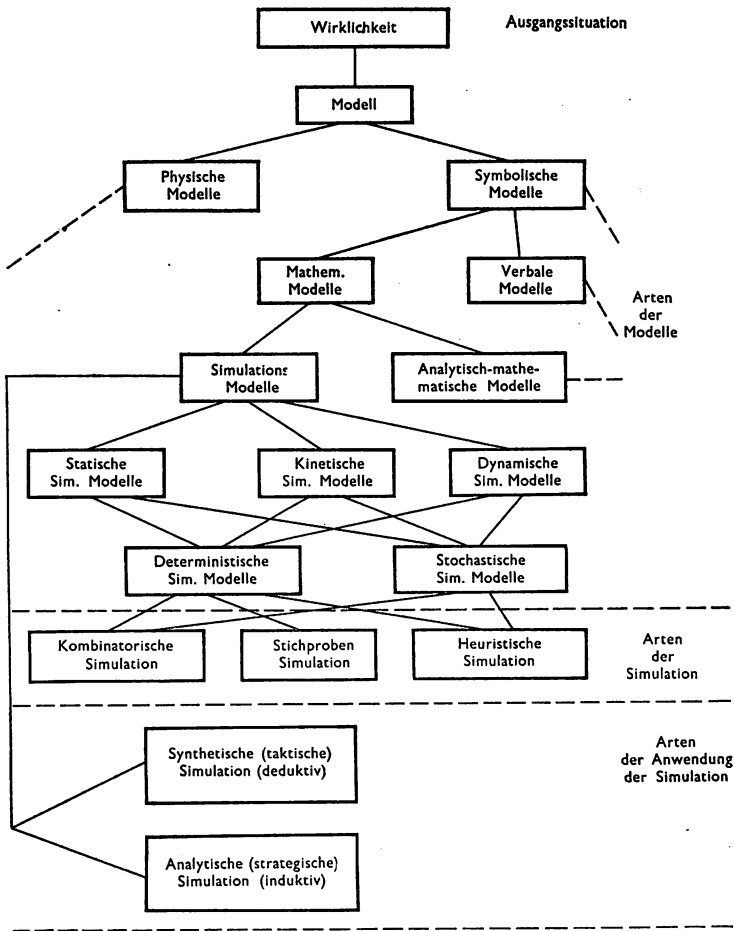


Abb. 2 Beziehung der Simulationsmodelle und Simulationsverfahren zu verschiedenen anderen Modellen

Die optimale Alternative „a\*“ kann nach Vollendung der Simulationsprozesse ausgewählt werden.

Wegen der Vorentscheidungen über die Auswahl des „Gitterteiles“, kann nur ein relatives Optimum erreicht werden.

#### 5.2.2.2 Zufalls-Stichproben-Simulation

Dieses Verfahren beruht darauf, daß man die im Simulationsprozess berücksichtigten Kombinationen von Variablen nicht systematisch auswählt, sondern sie mittels Zufallszahlen (z. B.) bestimmt.

Es ist möglich, sich mit diesem Verfahren sukzessiv an das „Optimum“ heranzutasten. Da die Annäherung statistischer Natur ist, ist das Ergebnis natürlich mit einem Fehler behaftet, der im allgemeinen durch den statistischen Maßstab für Abweichungen gemessen wird, der als Standardabweichung „ $\sigma$ “ bekannt ist.

Um diese Standardabweichungen so gering wie möglich zu halten, werden häufig so-

genannte „Varianzverringierungsmethoden“ benutzt. Wenn solche „Varianzverringierungsmethoden“ angewandt werden, dann spricht man von einem „Monte-Carlo-Verfahren“. Gelegentlich spricht man auch von einem „Monte-Carlo-Verfahren“, wenn keine Verringerungsmethode benutzt wird, d. h. man benutzt den Begriff „Monte-Carlo-Verfahren“ synonym mit „Zufalls-Stichproben-Simulation“.

Das Gebiet des Stichprobennennens kann eingeengt werden im selben Sinne, wie man die kombinatorische Simulation einengt, um zur partiellen kombinatorischen Simulation zu kommen. Das heißt, selbst wenn — aufgrund der Stichproben — eine gewisse Kombination von Variablen auftritt, dann wird diese Kombination nicht simuliert, weil man sie wegen a priori Überlegungen als nicht zulässig oder für nicht interessant hält.

Die Zufalls-Stichproben-Simulation kann das „garantierte Optimum“ hervorbringen, wenn eine genügend große Zahl von Stichproben durchgeführt wird. Die Anwendung der Zufalls-Stichproben-Simulation ist in gleicher Weise bei stochastischen und rein deterministischen Prozessen möglich. „Das Wort Zufall bezieht sich in diesem Zusammenhang nur auf die Art der Auswahl von Einzelfällen“ [10, S. 103].

#### 5.2.2.3 *Simulation mit der Methode des steilsten Anstieges*

Hier wird ausgehend von einer subjektiv als „gut“ empfundenen Situation mit verschieden möglichen Methoden [2, S. 258–265; 15, Nr. 1] des steilsten Anstieges die „Reaktionsoberfläche“ abgetastet und das relative Optimum ermittelt.

#### 5.2.3 *Heuristische Simulation*

Schließlich ist es naheliegend, daß die menschliche Urteilsfähigkeit dazu herangezogen wird, Einzelfälle herauszugreifen, die zu simulieren sind. Auch auf diese Weise erscheint eine schrittweise Annäherung an das Optimum zur Lösung des Problems möglich. In diesem Fall spricht man von heuristischer Simulation. Diese Art der Simulation ist im Augenblick wahrscheinlich sogar die häufigste, so daß man gelegentlich [17] Simulationsverfahren ganz allgemein als heuristische Verfahren im Gegensatz zu analytischen Verfahren der Unternehmensforschung bezeichnet.

##### 5.2.3.1 *Informale heuristische Simulation*

Als informale heuristische Simulation kann man den Fall bezeichnen, wenn der Unternehmer, sein Berater oder ein experimentierender Forscher selbst auf Grund seiner Erfahrung, seines Wissens über die Zusammenhänge einige bestimmte Einzelfälle berechnet und daraus wiederum lernt und gezielte Veränderungen der unabhängigen Variablen durchführt, um das Ergebnis weiter zu verbessern, wobei es offensichtlich ist, daß sehr leicht die verschiedensten auch nicht eindeutig quantifizierbaren Kriterien Berücksichtigung finden können.

##### 5.2.3.2 *Formale und programmierte heuristische Simulation*

Wird ein bestimmtes Schema des Vorgehens vorgeschlagen, oder bei den Unternehmern und Experimentierenden beobachtet, um zu alternativen Kombinationen der unabhängigen Variablen zu kommen, das aber mit keinem der bisher behandelten Arten der Simulation (Kombinatorische und Stichproben-Simulation) identisch ist, dem vielmehr das „lernende Suchen“ noch als Charakteristikum anhaftet, so kann man dies als formal heuristische Simulation bezeichnen.

Die Programmierung der Suchvorgänge bei der formal heuristischen Simulation ist auf Grund vorliegender Erfahrungen [14] für bestimmte typische Probleme durchaus möglich. Man hat dann den Fall der programmierten heuristischen Simulation, der in der Forschungspraxis und auch bei der normativen Beratung Bedeutung haben kann.

## 6 Anwendung der Simulation

Die Anwendung der Simulation ist sehr vielfältig, wenn man den Anwendungsbereich nach Simulationsobjekten gliedern wollte. In unserem Zusammenhang interessieren mehr grundsätzliche Gliederungskriterien, nach denen es zweckmäßig erscheint [10, S. 105; 16], Simulationen nach ihrer Anwendung zu unterteilen in

- a) Synthetische oder taktische Simulation
- b) Analytische oder strategische Simulation.

### 6.1 *Synthetische oder taktische Simulation*

Bei der synthetischen Simulation ist das Simulationsmodell relativ gut definiert, in der Regel sehr detailliert ausgearbeitet mit einem hohen Grad von Isomorphie mit der zu simulierenden Wirklichkeit. Dementsprechend ist das Verhalten eines solch komplexen Modelles unter den verschiedensten Datenkonstellationen Gegenstand von Untersuchungen und praktischer Anwendung. Es sollen mit einem solchen Modell die Auswirkungen alternativer Entscheidungen festgestellt werden, um daraus für reale Entscheidungsprobleme und -situationen Entscheidungshilfen zu geben.

Dieses Vorgehen kann auch als deduktiv gekennzeichnet werden. Dieser Anwendungsfall tritt in der Landwirtschaft sehr häufig in der Beratungspraxis auf, kann aber auch als Erkenntnisobjekt der angewandten Forschung dienen und das Experimentierfeld für agrarpolitische Entscheidungen sein, soweit sie sich in ihren Auswirkungen konkret auf den Einzelbetrieb beziehen.

### 6.2 *Analytische oder strategische Simulation*

Hier wird die Simulationstechnik dazu benutzt, ein zunächst unscharfes Modell so weit zu spezifizieren, daß es dann auch in der synthetischen Simulation Verwendung finden könnte oder gar, daß es daraufhin möglich ist, analytisch-mathematische Modelle zu definieren. Es wird also das Verhalten des Gesamtkomplexes beobachtet, daraufhin Hypothesen aufgestellt, die in ein Modell eingebaut und dann unter verschieden möglichen Datenkonstellationen getestet werden und so verifiziert, modifiziert oder zurückgewiesen werden und zu einer Verfeinerung der Modellstruktur führen können. Dieser Anwendungsfall, der auch als induktive Methode gekennzeichnet werden kann, liegt eindeutig auf dem Gebiet der betriebswirtschaftlichen Forschung. Insbesondere könnte das noch junge Gebiet der Verhaltensforschung und hier insbesondere das Verhalten in unternehmerischen Entscheidungssituationen von der Verwendung der Simulationstechnik profitieren.

## 7 Anwendungsbeispiele

Es wurde zwar inzwischen auch ein Simulationsmodell für die Verhältnisse der deutschen Landwirtschaft entwickelt. [5a, Heft 6, S. 257-266]. Umfangreiche Erfahrungen damit können zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht vorgelegt werden, da das Test-

stadium eben erst abgeschlossen wurde. Eine ausführliche Beschreibung dieses Simulators findet sich im Anhang. Hier kann daher nur auf Anwendungsbeispiele zurückgegriffen werden, die sich in der amerikanischen Literatur finden.

### 7.1 *Simulation in der Betriebsberatung*

Für die einzelbetriebliche Kalkulation im Rahmen der Wirtschaftsberatung ist wahrscheinlich die heuristische Simulation als dynamischer und determinierter oder auch stochastischer Prozess von größtem Interesse. Die Betriebssimulation bietet hier ein detailliertes produktionstechnisches Modell des Betriebes, das es erlaubt, die wesentlichen Maßnahmen der Betriebsorganisation rechnerisch nachzuprüfen und damit Entscheidungshilfen zu geben. Hier liegen zwar keine Veröffentlichungen vor. Die bekannten Simulatoren und auch der von uns entwickelte Simulator wurden schon vielfach in der Wirtschaftsberatung eingesetzt. Der Vorgang der einzelbetrieblichen Planung ist in Abb. 3 schematisch dargestellt.

### 7.2 *Simulation in der Forschung*

In der Forschung um den Einzelbetrieb gibt es eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere der kombinatorischen und Stichproben-Simulation, aber auch der heuristischen und hier besonders der programmierten heuristischen Simulation. Mit einem dem hier beschriebenen in der Struktur ähnlichen Modell [4] hat PATRICK [14] eine kombinatorische Simulation durchgeführt und damit einen Beitrag zum Entwicklungsprozess landwirtschaftlicher Betriebe bei unterschiedlicher Kapitalstruktur und Betriebsleiterfähigkeit geleistet.

ZUSMAN und AMIAD haben den Einsatz eines Simulators in der Betriebsplanung unter Berücksichtigung stochastischer Witterungseinflüsse aufgezeigt [18, S. 574–594].

### 7.3 *Simulation von Teilbereichen des Betriebes*

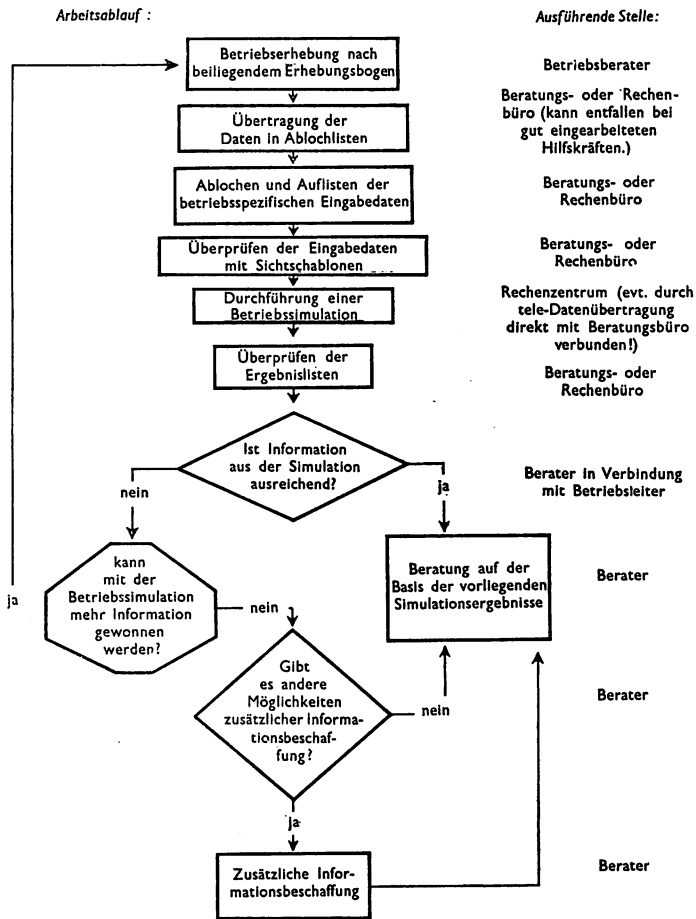
Simulation ist keineswegs nur auf gesamtbetrieblicher Ebene möglich. Die im Anhang beschriebenen Teilmodelle des Simulators könnten ohne große Schwierigkeiten selbstständig werden und dann auf Teilbereichen eingesetzt werden. Damit ist es natürlich möglich die Modelle, die jetzt teilweise durch die gegebene Computerkapazität beschränkt sein müssen, weiter zu verfeinern und die Entscheidungsbereiche auf ganz anderen Ebenen mit einzubeziehen. So könnte man dann in stärkerem Maße mittel- und kurzfristige Dispositionen einbauen und somit die Simulationstechnik auch zu einem Instrument der laufenden Betriebsführung entwickeln.

#### 7.3.1 *Simulation einzelner Betriebszweige*

In den U.S.A. wird die Simulation einzelner Betriebszweige durchaus auch in Angriff genommen. HUTTON hat einen Simulator entwickelt, der es erlaubt, die verschiedensten Möglichkeiten der Haltung und des Umtriebes von Milchviehherden zu simulieren [9]. HALTER und DEAN beschreiben einen Simulator und bringen Forschungsergebnisse für den Betriebszweig der Rindviehmast [8].

#### 7.3.2 *Simulation des Einsatzes einzelner Betriebsmittel*

Ein interessanter Teilbereich unter den Produktionsmitteln ist der Maschineneinsatz. Eine ganze Reihe von Elementen, wie das Ganzheitsproblem, die optimale Nutzungs-



**Abb. 3 Organisations- und Arbeitsablauf der Betriebssimulation bei der einzelbetrieblichen Planung**

dauer, die optimale Maschinenkapazität unter Berücksichtigung von stochastischen Witterungseinflüssen, das Zusammenspiel von Einzelmaschinen in einem Produktionsverfahren mit mehreren Maschinen bzw. Einrichtungen, die sich gegenseitig beeinflussen sind hier Probleme, die sich heute noch kaum mit analytischen Verfahren bearbeiten lassen. Für diesen Teilbereich sind daher auch bereits Simulationsmodelle in der Diskussion und im Entstehen, hier wie vor allem in den U.S.A.

#### 7.4 Simulation von Landhandels-, Verarbeitungsbetrieben und makroökonomischen Zusammenhängen

Die Simulationstechnik wurde auch bereits über den landwirtschaftlichen Betrieb hinaus auf verwandten Gebieten angewandt. BABB und EISGRUBER [3], beschreiben je einen Simulator für Landhandelsbetriebe, für Molkereien und Selbstbedienungsgroßläden. Dabei wird auch der Einsatz von Simulatoren in der Ausbildung berück-



sichtigt, denn es besteht eine enge Verbindung zwischen Simulatoren und Unternehmensplanspielen [5. S. 88–93] Mit kleinen zusätzlichen programmtechnischen Eingriffsmöglichkeiten lassen sich Simulationsprogramme zur Benutzung in einem Unternehmensplanspiel abändern. Näher kann hier jedoch darauf nicht eingegangen werden. Es erscheint aber wertvoll, diesen Gedanken weiter zu verfolgen, wenn auch Unternehmensplanspiele in der Landwirtschaft mit wesentlich anderen Problemstellungen als die bisher für Industriefirmen bekannten Planspiele operieren müßten. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß bereits eine Reihe von Anwendungsbeispielen der Simulationstechnik für makroökonomische Zusammenhänge vorliegen [12; 13; 15a].

## 8 Schlußfolgerungen

Das Konzept der Simulation ist nicht neu, jedoch verdient es wegen der immer leichter werdenden Zugänglichkeit zu Elektronenrechnern immer mehr Beachtung. Dies wird vor allem dann der Fall sein, wenn weitere wirkungsvolle Optimierungsmethoden entwickelt werden, die mit der Betriebssimulation gekoppelt werden können. Ein weiterer Vorteil ist aber der, daß man schon heute in der Lage ist, mit Simulationsverfahren Lösungen von Systemen zu berechnen, die mit den bislang vorhandenen analytischen Methoden nicht berechnet werden können.

Es ist also zu erwarten, daß Simulationsverfahren ihren Platz in der betriebs- und wirtschaftswissenschaftlichen Forschung und Praxis einnehmen werden. Darüber hinaus werden sie die Forschungsrichtung beeinflussen.

Von FALKENHAUSEN hat die Situation treffend gekennzeichnet, wenn er sagt [6a]: „Bei der Diskussion analytischer Methoden findet man überwiegend die Meinung, man *könnte* die besprochenen Algorithmen auch auf einige Probleme der Praxis *anwenden*, genauso wie es an einfachen Beispielen gezeigt worden sei. Veröffentlichungen über Simulationsprobleme behandeln meistens praktische Fälle, für die man durch Experimentieren befriedigende Lösungen *gefunden* hat.“

# Anhang

## *Beschreibung eines Simulationsmodelles für den landwirtschaftlichen Betrieb*

Für die Gesamtheit eines landwirtschaftlichen Betriebes wie auch für Teilbereiche wurden bereits eine Reihe von spezifischen Simulationsmodellen im hier aufgezeigten Sinne entwickelt. Charakteristisch ist auch für die hier behandelten Simulationsmodelle, daß sie in der Regel nur mit elektronischen Rechenanlagen berechnet werden können. Dies ist allerdings keine unbedingte Voraussetzung. Viele betriebswirtschaftliche Kalkulationen, die seit Jahrzehnten und auch heute noch durchgeführt werden, könnte man durchaus in das Schema der Simulationsmodelle einordnen, wenn auch die meisten der mit Bleistift und Papier, höchstens noch mit einfachen Rechenhilfsmitteln durchgeführten Kalkulationsmodelle zu den statischen deterministischen, also zu den einfachsten Modellarten zu zählen sind.

### 1 Die Modellstruktur

Für das hier zu beschreibende Simulationsmodell, wie wir es für einen landwirtschaftlichen Betrieb entwickelt haben [5a], ist der Elektronenrechner als Hilfsmittel notwendig.

Das Modell kann wahlweise für den statischen und komperativ-statischen Zustandsvergleich und auch für eine dynamische Betrachtungsweise eingesetzt werden. Es kann sowohl mit determinierten, jedoch funktional abhängigen, wie auch mit stochastisch und darüber hinaus funktional abhängigen Daten gearbeitet werden. Das Modell kann ferner für alle in Abb. 2 aufgezeigten Simulationsarten und den darüber hinaus diskutierten Varianten Verwendung finden. Bis jetzt wurde allerdings noch keine heuristische Simulation formalisiert, so daß sie auch hätte programmiert werden können.

In der Anwendung kann das Modell sehr gut in der synthetischen oder taktischen Simulation benutzt werden. Für die analytische Simulation eignet es sich insoweit, als dabei in der Hauptsache technologische Probleme zu klären sind, denn die Hauptstärke des Modells liegt gegenwärtig noch auf der umfassenden Berücksichtigung technologischer Zusammenhänge. Wenn es darum geht, mit der analytischen Simulation tiefer in das Verständnis von Entscheidungsprozessen beim Unternehmer einzudringen, so wären noch entsprechende Hypothesen aufzustellen, die zu einer Erweiterung des Modells führen könnten.

Der *dynamische* Charakter erlaubt es, daß

- a) große, zeitlich aufeinander aufbauende Modellreihen geschaffen werden, die mit dem Elektronenrechner nur wenig Zeitaufwand erfordern. Nach den bisherigen Erfahrungen braucht die Kalkulation mit einem Elektronenrechner von der Größenordnung IBM 7090 0,2 Minuten pro Jahr;
- b) saisonale und zyklische Preisänderungen eingebaut werden (z. B. für Schweine, Rindvieh usw.);
- c) Trends in der Naturalertrags- und Preisentwicklung berücksichtigt werden;
- d) die Fortschreibung von langlebigen Verbrauchsgütern (Maschinen und Gebäuden) vorgenommen wird, so daß der Zeitpunkt der Ersatzbeschaffung mit dem dann auftretenden Kapitalbedarf berücksichtigt wird;

- e) Die Veränderungen in der Kapitalbildung und Liquidität auf Jahre hinaus beobachtet und in ihrem Einfluß auf die Finanzgebarung des Betriebes berücksichtigt werden können.

Die stochastischen Einflüsse können wirksam gemacht werden

- a) bei allen Preisen,
- b) bei allen Naturalertrags- und Leistungsdaten,
- c) bei Aufwandsmengen (z. B. Futterbedarf, Arbeitsbedarf, Saatgut usw.),
- d) bei der Qualität von Produktionsmitteln (z. B. Nährstoffgehalt der Futtermittel),
- e) bei witterungsbestimmten Elementen (z. B. verfügbaren Feldarbeitstagen).

Dabei werden je nach der Natur der Variablen und den dafür eingegebenen Daten eine Normalverteilung oder eine zum positiven oder negativen hin verschobene Normalverteilung zugelassen.

## 2 Simulator und Simulationsprozess

Wir können bei der Simulationstechnik vier deutlich unterscheidbare Bereiche herausstellen:

- 1. Die Variablen als system- und betriebsspezifische Daten
- 2. Die Teilmodelle oder Unterprogramme
- 3. Die Berechnung
- 4. Das Simulationsergebnis

Den Benutzer der Betriebssimulation interessiert nur der letzte der vier genannten Bereiche, das Ergebnis. Er muß dafür allerdings dem Elektronenrechner die Eingabedaten liefern, die spezifisch für den zu untersuchenden Betrieb sind. Hier dürften jedoch auch einige Anmerkungen zum Programm selbst und zu dem system-spezifischen Daten interessieren.

### 2.1 Die Variablen

Die im Gesamtsystem verwendeten Variablen lassen sich untergliedern in system-spezifische und betriebsspezifische Variablen oder Daten. Die Grenze zwischen system- und betriebsspezifischen Daten, ist keineswegs als absolut zu betrachten. Im Prinzip können alle systemspezifischen Daten, soweit sie nicht mit den betrieblichen Gegebenheiten übereinstimmen und bessere Daten vorliegen, durch betriebsspezifische ersetzt werden. Dadurch wird lediglich der Vorbereitungs- und Kalkulationsaufwand erhöht, weil eben an sich vorhandene Daten durch andere ersetzt werden müssen, was einen mehr oder weniger beträchtlichen Aufwand nach sich zieht.

In den Tabellen 1 und 2 ist außerdem für alle Daten die Dimension angegeben. Es würde zu weit führen, hier zu allen Daten die Dimension zu erläutern. Es sollen lediglich einige Beispiele herausgegriffen werden: Unter laufender Nummer 3 in Tab. 1 sind Futterbedarfszahlen für Rauhfutterfresser aufgeführt mit einer dreifachen Dimension ( $3 \times 28 \times 12$ ) Diese Dimensionierung bedeutet z. B., daß für 12 verschiedene Arten von Rauhfutterfresser jeweils maximal 28 verschiedene Futterrationen je nach Leistung und Lebendgewicht und Fütterungsabschnitt in Frage kommen, und daß die Futterrationen durch die drei Kriterien Trockensubstanz, Stärkeeinheiten und Eiweiß gekennzeichnet sind. Als weiteres Beispiel seien die Arbeitsbedarfszahlen für die Feldwirtschaft herausgegriffen unter laufender Nummer 16, Tab. 1. Hier bedeuten die drei Dimensionen, daß 30 Betriebszweige in der Außenwirtschaft unterschieden werden, daß vier verschiedene Kombinationen von Arbeitsverfahren bereits im System vorgegeben sind und eine fünfte betriebsspezifisch eingelesen werden kann und schließlich, daß der Arbeitsbedarf für 8 Zeitspannen getrennt ausgewiesen wird.

### 2.1.1 Die systemspezifischen Daten

Unter systemspezifischen Daten sind diejenigen zu verstehen, die im gesamten Programmsystem miteingebaut sind, d. h. im Einzelfall nicht gesondert berechnet oder erhoben werden müssen. In Tab. 1 ist neben einer Aufzählung der wesentlichsten Variablen angegeben, ob die entsprechenden Daten durch Zufalls-, Trend- oder Zyklusercheinungen beeinflusst werden. Dementsprechend können diese Daten durch bestimmte Unterprogramme verändert werden. Somit wird es möglich, aus statischen, determinierten Modellen schließlich dynamische, stochastische Modelle zu erstellen.

### 2.1.2 Die betriebsspezifischen Daten

Die betriebsspezifischen Daten sind im wesentlichen die Vorentscheidungen des Betriebsleiters und Angaben über den Ist-Zustand des Betriebes. Ein Großteil dieser be-

TABELLE 1 Systemspezifische Kalkulationsdaten für die Betriebssimulation

Arten der Daten	Dimension	Mögliche Veränderungen durch		
		Zufall	Trend	Zyklus
1. Allg. Wirtschaftskosten (nach Betriebsgröße und -typ)	15			
2. Futterverbrauchscoeffizienten (für flächenunabhängige Viehhaltung)	120	x		
3. Futterbedarfszahlen (für Rauhfutter fresser)	3×28×12	x		
4. Nährstoffgehalt der Futtermittel	30×3	x		
5. Futtermittelpreise	30	x	x	x
6. Erzeugerpreise	50			
7. Vieheinkaufspreise	8	x	x	
8. Maschinen- und Gebäudeneupreise	50×3			
9. Zins für Maschinenkapital	50×3			
10. Unterbringung und Versicherung (für Maschinen, Gebäude)	50×3			
11. Nutzungsdauer der Maschinen nach Zeit und Arbeit	50×3			
12. Teilreparatursumme der Maschinen	50×3		x	
13. Verschleißdauer der Maschinen	50×3			
14. Betriebsstoffkosten der Maschinen	50×3		x	
15. Zinssätze für verschiedene Kreditformen	4			
16. Arbeits- und Zugkraftbedarfszahlen für Feldwirtschaft	8×5×30	x		
17. Arbeitsbedarfszahlen für Viehhaltung	4×5×20	x		
18. Nährstoffgehalt der Düngemittel	30×4			
19. Düngemittelpreise	30×4			
20. Düngerbedarf	30×4×3			
21. Düngeranfall	20×4			
22. Kostencoeffizienten (Saatgut, Kosten der Feldwirtschaft, Versicherungen)	50×8×4	x	x	
23. Trendcoeffizienten	60			
24. Zykluscoeffizienten	10			
25. Maschinen- und Gebäudebedarf	50×50×8			

TABELLE 2 Betriebsspezifische Kalkulationsdaten für die Betriebssimulation

Art der Daten	Dimension	Mögliche Veränderungen durch		
		Zufall	Trend	Zyklus
1. Steuerzahlen (Entscheidungen) über die Zulassung von Zufalls-, Trend- und Zykluserscheinungen	17			
2. Anbauflächen	30			
3. Erträge	30	x		x
4. Viehzahlen	20			
5. Futtertage für einzelne Vieharten	4			
6. Viehzukäufe	8			
7. Merkmale der Viehhaltung (z. B. Abkalbemonat, Kuhgewicht, Nutzungsdauer usw.)	32	x		x
8. Einstelltermine für Viehproduktionszweige	12×10			
9. Verfügbare Feldarbeitstage nach Zeitspannen	8	x		
10. Lohnsätze für Fremdarbeitskräfte	2			x
11. Arbeitskapazität der Familie nach Zeitspannen	8			
12. Festlegung der Arbeitsverfahren	32			
13. Zukauf von Düngemitteln	30			
14. Angaben zur Art der Düngung und Düngemiteleinkauf	10			
15. Anzahl der Maschinen und Gebäude	50×3×5			
16. Alter der Maschinen und Gebäude	50×3×5			
17. Angaben zur Maschinenbenutzung	27			
18. Angaben über den Vermögensstand und Liquidität	16			

triebspezifischen Daten dient dazu, die systemspezifischen Daten richtig anzusteuern, so daß aus einer großen Auswahl systemspezifischer Daten schließlich auch betriebsspezifische Kalkulationsdaten ausgewählt werden. In Tab. 2 ist ebenfalls neben einer Aufzählung der betriebsspezifischen Daten angegeben, ob diese Daten durch bestimmte Zufalls-, Trend- oder Zykluserscheinungen beeinflusst werden.

Die betriebsspezifischen Daten werden, wenn es sich um die Aufnahme des Ist-Zustandes eines praktischen Betriebes oder die Planungssituation ganz allgemein handelt, mit einem Erhebungsbogen erfaßt und über Lochkarten in bestimmtem Format dem Elektronenrechner eingegeben.

Der Erhebungsbogen erscheint sehr umfangreich (ca. 30 DIN A 4 Seiten), aber erfordert gerade deswegen nur wenig Zeitaufwand, weil weitgehend nur Alternativfragen abzuheben sind. Ein Unternehmer kann in der Regel alle Fragen aus dem Gedächtnis oder durch kurze überschlägige Berechnungen beantworten.

## 2.2 Die Teilmodelle oder Unterprogramme

Das Gesamtmodell läßt sich in mehrere Teilmodelle aufgliedern, denen im allgemeinen bei der Übersetzung in die Computer-Sprache Unterprogramme entsprechen. Aus rein computer-technischen Gründen entsprechen einzelnen Teilmodellen manchmal auch

zwei oder mehr Unterprogramme. Man könnte die Teilmodelle mit traditionellen Begriffen versehen wie Futtevoranschlag, Düngervoranschlag, Arbeitsvoranschlag, Maschinen- und Gebäudevoranschlag und Geldvoranschlag.

### 2.2.1 *Futtevoranschlag*

Beim Futtevoranschlag wird so vorgegangen, daß zunächst aus den Anbauflächen und den Hektarerträgen naturale Erntemengen errechnet werden. Dann werden für alle Tierarten, die in nur geringen Mengen Rauhfutter verzehren, der Bedarf an Rauhfutter und der eventuell notwendige Zukauf an Futtermitteln für diese Tiere berechnet. Es sind dies im wesentlichen Mastschweine, Mastkälber, Legehennen, Mastlämmer, Zuchtsauen und sonstige Geflügelarten. Wenn die Erntemengen auf diese Weise bereits korrigiert sind, wird der Futterbedarf für die Rauhfutterfresser nach den Kriterien, Trockensubstanz, Stärkeeinheiten und Eiweiß errechnet und den Vorräten an Rauhfuttermitteln ebenfalls nach den Kriterien Trockensubstanz, Stärkeeinheiten und Eiweiß gegenübergestellt. Es kann sich natürlich eine mehr oder weniger große Differenz zwischen Futtervorrat und Futterbedarf für die Rauhfutterfresser ergeben. Das Programm sieht dann selbständig einen Futterausgleich durch Futtermittel-Zu- und Verkäufe vor. Es sind hier je nach den Verhältnissen der Einzelkomponenten Trockenmasse, Stärkeeinheiten und Eiweiß eine Reihe von Kalkulationsschritten vorgesehen, die schließlich zum Futterausgleich führen sollen. Bei starkem Überschuß an Trockensubstanz gegenüber einem geringeren Überschuß an Stärkeeinheiten und Eiweiß in der Futterbilanz wird zunächst Stroh verkauft. Bei einem Überschuß an Trockensubstanz und einem gleichzeitigen Fehlbedarf von Eiweiß wird Stroh verkauft und Soja-schrot zugekauft. Sind die vorhandenen Futtervorräte relativ konzentriert, so werden zunächst Futtermittel wie Getreide, Trockenschnitzel, Futterrüben, Futterkartoffeln verkauft. Auf diese Weise werden immer wieder die Einzelkomponenten Trockensubstanz, Stärkeeinheiten und Eiweiß gegenübergestellt und dementsprechend das jeweils günstigste Futtermittel verkauft oder zugekauft.

### 2.2.2 *Düngervoranschlag*

Der Düngervoranschlag baut auf den Anbauplan auf. Es werden außerdem das Ertragsniveau, das erreicht bzw. angestrebt wird, und der Vorrat an Nährstoffen Kali und Phosphat berücksichtigt. Außerdem wird der durch die Viehhaltung gegebene Anfall an Reinnährstoffen bilanziert. Es ist anzugeben, ob und in welcher Menge bestimmte spezielle Düngersorten zugekauft werden sollen, wie Kalkstickstoff etwa für Zuckerrübenbau oder Bordünger für den Rübenbau oder Sulfatdünger für den Kartoffelbau. Diese angegebenen Zukaufsmengen spezieller Düngemittel werden zunächst in die Kalkulation eingesetzt. Es ist außerdem vorweg anzugeben, welche Kalkform zugekauft werden soll im Falle eines Fehlbedarfs an Kalzium, welche Düngerkombination zur Anwendung kommen soll, das heißt ob Einzeldünger, Kaliphosphat oder Volldünger. Im Falle der Einzeldüngeranwendung ist außerdem auszuwählen aus einigen Phosphat- und Kalidüngern, die jeweils unter gewissen örtlichen Verhältnissen günstiger in der Anwendung sind. Im Falle der Verwendung von Kaliphosphatdünger ist anzugeben, ob es sich um Thomaskali oder Phosphatkali handeln soll, bei der Verwendung von Volldünger ist vorweg anzugeben, ob niedrig- oder hochprozentige Volldünger eingesetzt werden sollen. Schließlich ist die Preisstaffel anzugeben, bei der die Düngemittel eingekauft werden. Alle die genannten bestimmenden Faktoren für den Düngervoranschlag sind Entscheidungen des Landwirtes aus seiner Situation heraus. Im allgemeinen hat er für die Wahl der einen oder anderen Düngerform

bestimmte Gründe, mit denen er das Abweichen von einer Minimalkostenkombination bei der Düngerversorgung seines Betriebes rechtfertigen kann. In der Sprache der modernen Ökonomen: es werden Beschränkungen festgelegt und A als reduzierter Satz an Alternativen wird aus der Gesamtmenge a durch Vorentscheidungen ausgewählt.

### 2.2.3 *Arbeitsvoranschlag*

Beim Arbeitsvoranschlag ist der Zeitspannenvoranschlag zugrunde gelegt. Die Errechnung des Gesamtarbeitsbedarfes nach Zeitspannen erfolgt aus den Anbauflächen, der Viehhaltung und den Normzahlen für die angegebene Kombination von Arbeitsverfahren. Es sind vier Kombinationen von Arbeitsverfahren für jeden Betriebszweig vorgegeben, aus denen die Auswahl getroffen werden kann, die die betriebspezifischen Verhältnisse widerspiegeln soll. Ist keine der vier vorgegebenen Kombinationen zutreffend, so ist die betriebspezifische Kombination von Arbeitsverfahren mit dem Zeitbedarf zusammenzustellen und als betriebspezifische Daten einzugeben.

Als betriebspezifisch eingegeben wird ebenfalls die Kapazität der vorhandenen ständigen Familienarbeitskräfte. Beim Arbeitsbedarf wird unterschieden zwischen Arbeiten, die von ständigen Arbeitskräften zu verrichten sind und solchen Arbeiten, die gegebenenfalls auch von Aushilfskräften verrichtet werden können. Der Bedarf an ständigen Arbeitskräften errechnet sich aus dem Zeitbedarf zur Erledigung der Viehpflegearbeiten und der Schlepperarbeiten. Es erfolgt sodann eine Gegenüberstellung des Arbeitsbedarfes nach Zeitspannen für ständige Arbeitskräfte und die vorhandene Kapazität der Familienarbeitskräfte. Der über die Familienkapazität hinausgehende Bedarf an ständigen Arbeitskräften wird in Arbeitspersonen umgerechnet, wobei 8 Stunden eine Arbeitsperson bilden. Der Berechnung des zusätzlichen Bedarfs an ständigen Fremdarbeitskräften wird Ganzzahligkeit zugrunde gelegt, d. h., wenn über die Familienkapazität hinaus z. B. 13 Stunden pro Tag in der Zeitspanne mit dem höchsten Arbeitsbedarf an ständigen Arbeitskräften gebraucht werden, so werden für diese 13 Arbeitskraft-Stunden 2 ständige Fremdarbeitskräfte eingesetzt. Die Berechnung der außerdem noch benötigten Aushilfskräfte nach Zeitspannen erfolgt erst nach der Festlegung des ständigen Arbeitskräftebesatzes, der sich gegebenenfalls aus den Familienarbeitskräften und einer Anzahl von Fremdarbeitskräften rekrutiert.

Bei der Aufstellung des Arbeitsvoranschlages werden betriebspezifische Gegebenheiten berücksichtigt, wie etwa der Anteil der Strohernte an der Gesamtstrohfläche, die Vergabe von gewissen Arbeiten an Lohnunternehmer und auch die Ausführung von Arbeiten in fremden Betrieben.

### 2.2.4 *Maschinen- und Gebäudevoranschlag*

Die Errechnung des Bedarfes an Maschinen und Gebäuden baut wiederum auf den Anbauplan, die Viehhaltung und den angegebenen Arbeitsverfahren auf. Es werden 50 Maschinen und Gebäudearten jeweils in drei Größen, insbesondere bei Maschinen, oder in drei Mechanisierungsformen, z. B. für die Futtererntemaschinen (Heuschwanz, Fuderlader, Presse) oder auch bei Gebäuden drei verschiedene Gebäudeformen unterschieden.

Als betriebspezifische Daten sind eingegeben die vorhandenen Maschinen und Gebäude. Im Maschinenvoranschlag wird dann diese Maschinen- und Gebäudekapazität dem Bedarf gegenübergestellt. Reicht der vorhandene Besatz an Maschinen und Gebäuden nicht aus, so ist ein Zukauf notwendig.

Ebenfalls ist ein Zukauf notwendig, wenn die Lebensdauer von vorhandenen Maschi-

nen und Gebäuden abgelaufen ist. In diesem Falle, also bei der Ersatzbeschaffung, und auch bei der Neubeschaffung wird, soweit nicht besonders angegeben, die gerade noch in der Größe ausreichende Maschine bzw. bei Gebäuden die höchste Mechanisierungsform zugekauft. Sollen also vorhandene Maschinen, etwa ein 20 PS-Schlepper, im Falle der Ersatzbeschaffung nicht mehr durch die gleiche Größe ersetzt werden, so ist dies besonders zu kennzeichnen.

### 2.2.5 Geldvoranschlag

Alle diese Natural-Voranschläge münden schließlich in den Geldvoranschlag, bei dem die gesamte Ertragsaufwandsrechnung zusammengefaßt und der Jahresabschluß erstellt wird. Zusätzlich zum Jahresabschluß in Kenndaten, die ja aus der Betriebsstatistik geläufig sind, wird ein Liquiditätsvergleich nach Zeitspannen unter terminlicher Berücksichtigung der laufenden Einnahmen und Ausgaben vorgenommen. Es ist außerdem möglich, eine Bilanz des Betriebes zu erstellen.

## 2.3 Das Simulationsergebnis

Vom Elektronenrechner werden als Ergebnis der Simulation die für einen Betriebsleiter interessanten Informationen aufgeführt. Tab. 3 zeigt das Beispiel eines solchen Ausdruckes. Hier werden zunächst die wichtigsten Eingabedaten für den Betrieb aufgeführt, nämlich die Betriebszweige der Feld- und Viehwirtschaft mit dem entsprechenden Umfang, die Naturalerträge und Viehleistungen für die aufgeführten Betriebszweige, die Preise, die im Geldvoranschlag zugrunde gelegt wurden.

Soweit handelt es sich nur um eine Wiedergabe von Daten, die als betriebsspezifische Eingabedaten verwendet werden oder, falls Preise nicht gesondert eingelesen wurden, als systemspezifische Daten bereits vorhanden waren. Es folgt dann eine Zusammenstellung des Ertrages nach den einzelnen Einnahmequellen und des Aufwandes nach den in der Betriebsstatistik üblichen Konten und Zusammenfassungen einzelner Konten. Aus den Ertrags- und Aufwandsdaten werden dann einige Erfolgskennzahlen berechnet wie Betriebseinkommen, Reineinkommen der Familie, Reinertrag und frei verfügbares Einkommen. Es wird die Verschuldung des Betriebes am Jahresende aufgegliedert, nach laufenden, kurzfristigen und langfristigen Schulden ausgewiesen und gegebenenfalls das Guthaben auf dem Sparkonto. Nach Zeitspannen aufgegliedert wird der Arbeitsbedarf, der Bedarf an Schlepperstunden, die laufenden Einnahmen, die laufenden Ausgaben, das Barkapital bzw. der Schuldenstand auf dem laufenden Konto angegeben. In naturalen Mengen werden Vieh-, Futtermittel- und Düngemittelzukäufe angegeben sowie eine Futterbilanz für Rauhfutterfresser nach den Kriterien Trockensubstanz, Stärkeeinheiten und Eiweiß aufgestellt. Schließlich wird der Zukauf an Maschinen und die Erstellung von Gebäuden nach Stückzahl und Wert ausgewiesen. Zweifellos ist es möglich, noch einen Großteil weiterer Informationen, die in der Simulation erzeugt bzw. verarbeitet werden, auszuweisen. Es ist dies lediglich eine Frage der Zweckmäßigkeit, d. h. welche Informationen sind für einen Betriebsleiter auf die Dauer von Nutzen. Es wäre z. B. denkbar eine Vermögensbilanz zu erstellen oder Angaben auszudrucken, die ein Unternehmer für eine Steuererklärung braucht usw.



**TABELLE 3 Betriebsplan für das Jahr 1966**

<b>Betriebszweige der Feldwirtschaft</b>		<b>Mastvieh</b>	<b>280,00 DM/dz</b>
	<b>Hektar</b>	<b>Mastkälber</b>	<b>300,00 DM/dz</b>
Winterweizen	3,39	<b>Mastschweine</b>	<b>250,00 DM/dz</b>
Sommergerste	5,00	<b>Ferkel</b>	<b>50,00 DM/Stck</b>
Zuckerrüben	2,07	<b>Altsauen</b>	<b>200,00 DM/dz</b>
Kartoffeln	0,60	<b>Jungsauen</b>	<b>400,00 DM/Stck</b>
Heu, 2 Schnitte	2,00	<b>Eier</b>	<b>0,20 DM/Stck</b>
Heu, 3 Schnitte	3,94	<b>Suppenhühner</b>	<b>3,00 DM/Stck</b>
<b>Betriebszweige der Viehwirtschaft</b>		<b>Ertrag</b>	<b>DM</b>
	<b>Stück</b>	<b>Heu</b>	<b>1840,16</b>
Mastschweine	130,00	<b>Stroh</b>	<b>784,53</b>
Milchvieh, Durchhaltebetr.	15,67	<b>Weizen</b>	<b>3369,76</b>
Magervieh	6,00	<b>Zuckerrüben</b>	<b>7286,40</b>
Intensivmast	6,00	<b>Milch</b>	<b>23818,40</b>
Kälbermast	8,00	<b>Altkühe</b>	<b>3760,80</b>
Zuchtsauen	2,00	<b>Mastvieh</b>	<b>8400,00</b>
Legehennen	250,00	<b>Mastkälber</b>	<b>2400,00</b>
Junghennen	200,00	<b>Mastschweine</b>	<b>35750,00</b>
<b>Naturalerträge</b>		<b>Altsauen</b>	<b>200,00</b>
		<b>Eier</b>	<b>11000,00</b>
Winterweizen	44,00 dz/ha	<b>Suppenhühner</b>	<b>637,50</b>
Sommergerste	40,00 dz/ha	<b>Einnahmen insgesamt</b>	<b>99247,55</b>
Wintergerste	42,00 dz/ha		
Hafer	36,00 dz/ha	<b>Aufwand</b>	<b>DM</b>
Zuckerrüben	440,00 dz/ha	<b>Saatgut</b>	<b>953,88</b>
Gehaltsrüben	525,00 dz/ha	<b>Viehzukauf</b>	<b>11540,80</b>
Kartoffeln	270,00 dz/ha	<b>Futtermittelzukauf</b>	<b>31259,61</b>
Silomais	600,00 dz/ha	<b>Zwischensumme</b>	
Heu, 2 Schnitte	60,00 dz/ha	<b>Zukauf landw. Erzeugnisse</b>	<b>43754,29</b>
Heu, 3 Schnitte	85,00 dz/ha	<b>Kosten der Tierhaltung</b>	<b>2729,22</b>
<b>Viehleistungen</b>		<b>Versicherung</b>	<b>2958,31</b>
		<b>Allgemeine Kosten</b>	<b>1530,00</b>
Zuwachs pro Mastschwein	90,00 kg	<b>Zwischensumme</b>	
Milchleistung, Durchhalt.	4000,00 kg	<b>Sonstige Wirtschaftskosten</b>	<b>7217,53</b>
Magervieh, Abgabegewicht	180,00 kg	<b>Kapitaldienst, Steuern,</b>	
Intensivmast, Zuwachs	320,00 kg	<b>Pachten</b>	<b>2293,23</b>
Mastkalb, Endgewicht	120,00 kg	<b>Düngemittel</b>	<b>4134,10</b>
Ferkel pro Jahr	18,00 Stck	<b>Pflanzenschutzmittel</b>	<b>502,30</b>
Eier pro Henne	220,00 Stck	<b>Zwischensumme</b>	
<b>Preise</b>		<b>Ertragssteig. Hilfsm.</b>	<b>4636,40</b>
		<b>Fremdlohn</b>	<b>419,33</b>
Heu	10,00 DM/dz	<b>Lohnanspr. d. Familie</b>	<b>20850,00</b>
Stroh	4,00 DM/dz	<b>Lohnunternehmer</b>	<b>0.</b>
Weizen	40,00 DM/dz	<b>Unterhaltung Masch.</b>	<b>2665,02</b>
Industriegetreide	38,00 DM/dz	<b>Abschreib. Maschinen</b>	<b>6239,75</b>
Zuckerrüben	8,00 DM/dz	<b>Betriebsstoffe</b>	<b>963,80</b>
Speisekartoffeln, spät	10,00 DM/dz	<b>Unterhaltung Gebäude</b>	<b>1849,27</b>
Milch	0,38 DM/dz	<b>Abschreibung Gebäude</b>	<b>4845,43</b>
Altkühe	200,00 DM/dz	<b>Zwischensumme</b>	
		<b>Arbeitskosten</b>	<b>37831,60</b>
		<b>Gesamtaufwand</b>	<b>95733,05</b>

	DM	Verschuldung (Jahresende)	
Betriebseinkommen	27077,06	Laufende Schulden	3148,20
Roheink. der Familie	26657,73	Kurzfristige Schulden	7000,00
Reinertrag	5807,73	Langfristige Schulden	39323,31
frei verfügbares Einkommen	24364,50		
		Entwicklung des Sparkontos	
		Guthaben	0

#### Arbeitsvoranschlag und Liquidität

Anzahl der ständigen Fremdarbeitskräfte					
Zeitspanne	AKh/Tag	Sh/Tag	Lauf. Einnahm.	Lauf. Ausg.	Lfd. Konto
1. Frühjahrsbestellung	13,69	3,33	14490,44	4429,41	—10563,45
2. Hackfruchtpflege, Heuernte	26,10	5,40	13707,24	12034,36	11689,25
3. Frühgetreideernte	13,00	2,64	11204,74	8641,00	15667,72
4. Hauptgetreideernte	17,15	4,83	8831,77	4526,35	19637,36
5. Kartoffelernte	17,61	1,81	13257,17	4674,37	28472,79
6. Rübenernte	18,08	5,57	8047,24	4836,83	32449,19
7. Spätherbstarbeiten	13,03	2,22	14907,94	18734,03	29730,72
8. Winter	11,36	1,00	14800,99	120749,01	— 3148,20

#### Viehzukäufe

Ferkel	Stück 98
Kühe	Stück 3
Hennenküken	Stück 210
Kälber, nüchtern	Stück 1

#### Futtermittelzukäufe

	Doppelz.
Trockenschnitzel	417,8
Futtergetreide	144,8
Sojaschrot	149,6
Magermilch Kilogramm	6613,3
Milchaufwertungsfutter	3,2
Legemehl	67,5
Fischmehl	30,6
Ferkelkorn	12,6
Junghennenfutter	17,4
Futtermehl	5,2
Futterrüben	20,0

#### Futterbilanz Rauhfutterfresser nach dem Ausgleich durch Zu- und Verkäufe

	Trockensubstanz	Stärkeeinheiten	Eiweiss
Futternvorrat Kg	81730	41287	7531
Futterbedarf Kg	81730	40413	6686
Überschuß bzw. Fehlmenge	0	874	845

<i>Düngemittelzukäufe</i>		Doppelz. insgesamt
Kalkammonsalpeter		95
Bor-Ammonsulfatsal		25
Hyperphosphat		19
50-er Kali		42

<i>Maschinenzukauf</i>	Wert (DM)	Anzahl
Frontlader, I	1736	1
Milchkühlung, 160 Ltr.	2352	1

<i>Gebäudezukauf</i>	Wert (DM)	Anzahl
Anbindestall, Deckenlast.	45663	12
Kälberbuchten, Einzel-	476	1
Geflügelstall qm	25704	63
Massivscheune rm	19414	571
Maschinenhalle qm	4284	70

### *Literatur*

1. ANGERMANN, A.: Entscheidungsmodelle. Frankfurt/M. 1963
2. ARROW, K. and L. HURWICZ: Gradient Methods for Constrained Maxima. Operations Research 5 258 (1957)
3. BABB, E. M. und L. M. EISGRUBER: Management Games for Teaching and Research. Chicago 1966
4. EISGRUBER, L. M.: Farm Operation Simulator and Farm Management Game. Research Progress Report 162, Indiana Agricultural Experiment Station, Lafayette, Februar 1965
- 4a. Ders.: Seminar über Planungsverfahren in der Betriebswirtschaft. Stgt.-Hohenheim 1966 (Vorlesungs manuskript)
5. Ders. und J. HESSELBACH: Möglichkeiten und Grenzen von Unternehmensplanspielen und Betriebssimulatoren in der landwirtschaftlichen Betriebslehre und Forschung. Agrarwirtschaft 13 3, 88 (1964)
- 5a. EISGRUBER, L. M. und J. HESSELBACH: Erweiterung der landwirtschaftlichen Betriebs- theorie und ihre Berücksichtigung in der Kalkulationstechnik. Agrarwirtschaft 14 H. 6, 257 (1965)
6. Ders. und J. NIELSEN: Decision Models in Farm Management. Can. J. Agric. Econ. 11, H. 1, 60
- 6a. FALKENHAUSEN, H. VON: Optimallösungen für Entscheidungsfolgen. IBM Fachbiblio- thek, Form 78015, Nov. 1963
7. FORRESTER, J. W.: Industrial Dynamics. New York 1961
8. HALTER, A. N. und G. W. DEAN: Simulation of a California Range-Feedlot Operation. Giannini Found. Res. Rep. No. 282, May 1965
9. HUTTON, R. F.: A Simulation Technique for Making Management Decisions in Dairy Farming. Agric. Econ. Rep. No. 87, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, February 1966
10. KOLLER, H.: Simulation als Methode in der Betriebswirtschaft. Z. Betriebswirtschaft 36 Nr. 2, 95 (1966)
11. MENGES, G.: Vorentscheidungen. In: Operations Research — Verfahren II, hrsg. von R. HENN. Meisenheim (Glan) 1965
12. ORCUTT, G. H.: Views on Simulation and Models of Social Systems. In: Symposium on Simulation Models Methodology and Applications to the Behavioral Sciences. Eds. HOGGAT, A. C. and F. E. BALDERSTON 1963
13. Ders., GREENBERGER, M., KORBEL, J., and A. M. RIVLIN: Microanalysis of Socioeconomic Systems-A Simulation Study, Harper, New York 1961

14. PATRICK, G.: The Impact of Managerial Ability and Capital Structure on Farm Firm Growth. MS Thesis, Purdue University, June 1966
15. ROSEN, J. B.: The Gradient Projection Method for Nonlinear Programming Part. 1, Linear Constraints. J. Soc. Ind. and Appl. Mathem. 8 No. 1 (1960)
- 15a. THORELLI, H. B., GRAVES, R. L. and L. T. HOWELLS: The International Operations Simulation (INTOP). New York 1963
16. SHUBIK, M.: Simulation of the Industry and the Firm. The American Economic Review 50, Nr. 5
17. WIESE, K. H.: Mathematische Simulationsverfahren. IBM. Fachbibliothek, Form 78102, Oktober 1963
18. ZUSMAN, P. and A. AMIAD: Simulation: A Tool for Farm Planning under Conditions of Wheater Uncertainty. J. Farm Econ. 47 574 (1965)