

## Planung der Agrarproduktion unter Risiko

B. Krawice, Szczecin  
D. Markiewska, Szczecin

### 1. Einleitung

Das von uns entwickelte System wird zur Planung in bäuerlichen Familienbetrieben benutzt. Es ist für Berater und Unternehmer als Entscheider gedacht. Die Anwendung des Systems ist mit allen PC-Typen möglich.

Unser System ermöglicht die Jahresplanung in bäuerlichen Familienbetrieben unter Risiko. Es besteht aus einem Algorithmus der nichtlinearen Optimierung und aus Moduln für folgende Funktionen:

- Generierung des mathematischen Modells,
- Eingabe und Aktualisierung der Parameter des Modells,
- Editierung der Optimierungsergebnisse.

### 2. Mathematisches Modell

Die Planung der Produktion unter Risiko basiert auf dem Zweikriterienmodell der stochastischen Programmierung. Dieses Modell findet man in der Literatur des Überlebens (BADEWITZ, 1974; ROSA, 1987). Man kann es in folgender Weise angeben:

$$\begin{aligned} m^T x - k_\alpha x^T S x &\text{ ----> max!} & (1) \\ Ax &\leq b & (2) \\ x &\geq 0 & (3) \end{aligned}$$

- wobei: (1) - Zielfunktion, die den Gewinn ausdrückt,  
(2) - lineare Nebenbedingungen  
(3) - Nichtnegativitätsbedingungen.

Dieses Modell (1) - (3) berücksichtigt die Überlebenswahrscheinlichkeit des landwirtschaftlichen Betriebes.

Die Lösungsmethode ist "fractile approach".

Parameter des Modells:

- $x$  - Vektor der Aktivitätsniveaus, der Problemvariablen,
- $m$  - Vektor mit den Komponenten, die den Gewinn aus den Aktivitäten beschreiben,
- $S$  - Matrix der Varianz und Kovarianz des Gewinns,
- $k_\alpha$  - Faktor aus der Tafel der Normalverteilung  $N(0,1)$ ,
- $\alpha$  - Risikoniveau,
- $A$  - Matrix der technischen Koeffizienten,
- $b$  - Rechte-Seite-Vektor der Nebenbedingungen.

Nach dem Modell hat der planmäßige Gewinn die Normalverteilung  $N(m^T x, x^T S x)$ .

Zur Lösung des Modells (1) - (3) wurde der Algorithmus der nichtlinearen Programmierung nach Frank-Wolf von Kopec, Lasota (1989) weiterentwickelt.

Die Lösung des Modells "läuft" über die Sicherheitswahrscheinlichkeit  $\alpha$ , die im voraus bestimmt werden muß.

Die mit dem weiterentwickelten Algorithmus erzielbaren Lösungsergebnisse unterscheiden sich nach:

- der Struktur des Vektors der Problem- bzw. Entscheidungsvariablen,
- dem Erwartungswert des Gewinnes und
- dem Niveau des Gewinnes, bei dem das Überleben, die Existenz des landwirtschaftlichen Betriebes möglich ist.

Wenn man die Faktoren des Risikos zur Realisierung des Planes genügend dicht wählt, dann hat der Entscheider eine breite Übersicht über die Lösungsvarianten.

Er kann die Variante auswählen, die am besten den Bedingungen des betreffenden Landwirtschaftsbetriebes entspricht.

### 3. Empirisches Modell

Die Entscheidungsvariablen, die im empirischen Modell auftreten, wurden in die Aktivitäten der Pflanzen- und der Tierproduktion sowie in die Aktivitäten gegliedert, die mit dem Einkauf und Verkauf verbunden sind. Den Hauptteil des empirischen Modells bilden die linearen Nebenbedingungen und die Bilanzen, die in Modellen landwirtschaftlicher Betriebe üblicherweise formuliert sind.

In der Matrix  $A$  der technischen Koeffizienten kann man drei Untermatrizen unterscheiden: die der Pflanzenproduktion, die der Tierproduktion und die der Stoff-Transformation sowie der Produktströme.

In der Pflanzenproduktion wurden drei Gruppen von Böden unterschieden: sehr gute, mittlere und schlechte Böden. Die gebildeten Bodengruppen erleichtern die Auswahl der anbauwürdigen Fruchtarten. Sie begrenzen die Anzahl der Fruchtarten in der Anbaustruktur.

Auf sehr guten und guten sowie auf mittleren Böden ist es möglich, alle Fruchtarten anzubauen, die auf sehr guten Böden gedeihen.

Getreide kann maximal dreimal nach sich auf sehr guten und guten Böden, zweimal auf mittleren Böden und jedes zweite Jahr auf dem schlechten Böden angebaut werden.

In Verbindung mit der Tierproduktion wird eine positive Bilanz der Humusproduktion gesichert. Es wird unterstellt, daß die unerläßlichen sanitären Beschränkungen der Fruchtfolgen gemäß der Normen der Agrotechnik beachtet werden.

Die Pflanzenproduktion sichert das Rohfutter für die gesamte Tierproduktion und teilweise das Kraftfutter für die Schweine und das Geflügel.

Die Aktivitäten der Pflanzenproduktion umfassen alle wichtigen Fruchtarten der landwirtschaftlichen Betriebe.

Bezüglich der Tierproduktion sind alle grundlegenden Maßnahmen der Rinder-, Schweine- und Geflügelproduktion in entsprechenden Tierproduktionsaktivitäten abgebildet.

Die Fütterung des Tierbestandes basiert auf eigenem Grobfutter und auf zugekauftem Kraftfutter. Die Fütterung der Schweine ist in zwei Varianten erfaßt. Die erste Variante ist die Fütterung, die sich auf eigenes Grob- und Kraftfutter gründet. Die zweite Variante schließt zugekauftes Kraftfutter ein. Die Fütterung der Hühner basiert auf dem eigenen Futter. Die Einkaufs-Aktivitäten betreffen den Einkauf von Kraftfutter für die Tierproduktion und die Verkaufsaktivitäten, den Verkauf aller landwirtschaftlichen Erzeugnisse aus dem Betrieb. Die Aktivitäten der Tier- und der Pflanzenproduktion und der Stofftransformation sind mit den Futter- und den Stallungbilanzen sowie mit den Bilanzen des betriebsinternen Verbrauches und des Verkaufs von tierischen und pflanzlichen Erzeugnissen verbunden.

In die Matrix  $A$  wurden auch AKh-Bilanzen für wichtige agrotechnische Zeitspannen aufgenommen.

Der Recht-Seite-Vektor der Nebenbedingungen beschreibt die Faktorkapazitäten des landwirtschaftlichen Betriebes: die Fläche der verschiedenen Böden, die Fläche der Wiesen und Weiden, die Arbeitskapazitäten, die maximale Zahl an Stallplätzen.

Die Parameter der Zielfunktion, die in der Formel (1) beschrieben sind, werden mit einem gesonderten Unterprogramm auf Grund der Information berechnet, die der Nutzer eingibt. Diese Informationen betreffen die vorgesehenen Erträge/Leistungen der Aktivitäten der Pflanzen- und der Tierproduktion sowie die Produktionskosten je Einheit dieser Aktivitäten im Betrieb und die Einkaufs- und die Verkaufspreise der landwirtschaftlichen Erzeugnisse.

Die Matrix S der Varianz und Kovarianz der landwirtschaftlichen Produktion in der Formel (1) wurde auf Grund mehrjähriger Daten aus den landwirtschaftlichen Betrieben im nordwestlichen Polen geschätzt. Sie ist permanent im Computer gespeichert. Selbstverständlich ist sie nur für diese Region in Polen repräsentativ.

#### 4. Menü des Systems

Die Eingabe und die Aktualisierung der Informationen über den landwirtschaftlichen Betrieb, die Aktivitäten und die Preise findet man im Hauptmenü des Systems.

Das Hauptmenü besitzt folgende Punkte:

- Eingabe der Daten über die Faktorkapazitäten,
- Eingabe der Daten über die Aktivitäten,
- Start des Optimierungsprogramms,
- Aktualisierung der Datei der Normen,
- Editierung der Lösungsergebnisse.

Die Eingabe der Daten über die Aktivitäten erfolgt in drei Schritten: Im ersten Schritt werden die Erträge/Leistungen der ausgewählten Aktivitäten eingegeben, im zweiten die Kosten je Einheit dieser Aktivitäten und im dritten die Produktpreise.

Der Start des Optimierungsprogramms beginnt nach der Wahl des Niveaus des Risikos, für das die Optimierung ausgeführt wird. Im ersten Schritt wird stets die Produktionsstruktur des Betriebes mit Hilfe des Simplex-Algorithmus optimiert. Hierbei wird nur der erste lineare Teil des Kriteriums berücksichtigt, das mit der Formel (1) beschrieben wurde. Diese Situation liegt vor, wenn das Risiko des Erreichens des Gewinnes 50% beträgt. In den weiteren Schritten ist die Lösung des Modells für das Risikoniveau von 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5, 2, 5, 1% möglich.

Die Aktualisierung der Datei der Normen zielt auf die Kontrolle der Richtigkeit der eingegebenen Informationen ab. Wenn der Nutzer einen Fehler bei der Eingabe des Wertes der Erträge/Leistungen, der Preise, der Kosten außerhalb des zulässigen Bereiches macht, findet eine Signalisierung des Fehlers statt. Der Bereich der Variabilität der Normen ist in Abhängigkeit von eigenen Erwägungen des Nutzers zu ändern.

Im System wurden zwei Möglichkeiten der Edition der Ergebnisse vorgesehen. Die erste gibt die Möglichkeit des Editierens auf dem Bildschirm und die andere die Möglichkeit des Editierens der Lösungsergebnisse beim Druck.

#### 5. Zur Anwendung des Systems

Als Anwendungsbeispiel des Systems wird ein durchschnittlicher landwirtschaftlicher Betrieb in Westpommern gezeigt.

Der Betrieb besitzt 6,8 ha Ackerfläche, 0,7 ha Weide, 0,9 ha Wiesen. Der Bereich mit sehr guten und guten Böden hat 2,1 ha, der Bereich mit mittleren Böden 3,8 ha und der Bereich mit schlechten Böden 0,9 ha. Die maximale Stallplatzkapazität beträgt für Kühe 3 Plätze, für Jungrinder 4, für Mastschweine 50 und für Hühner 100 Plätze. Im Betrieb arbeiten eine Frau und ein Mann das ganze Jahr.

Die durchschnittlichen Erträge und die Leistungen in der Tierproduktion wurden ermittelt aus entsprechenden Daten der letzten acht Jahre. Die Preise und Kosten sind aus dem Jahre 1992. Das Modell wurde mit diesen Daten für die gewählten Risikoniveaus berechnet. Die Ergebnisse der Optimierung befinden sich in der Tabelle 1.

Das System erfüllt folgende Ansprüche:

- es ist leicht anzuwenden,
- die Parameter lassen sich leicht aktualisieren,
- die Aktivitäten sind aus einer breiten Palette auszuwählen, die durch das System vorgegeben werden,
- es bestimmt das Risiko des Gewinnes der verschiedenen Varianten unter Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Bedingungen.

Jetzt dient dieses System der Beratung der Landwirtschaftsbetriebe in Westpommern.

#### Literatur

1. BADEWITZ S., 1974: Zur Optimierung unter Unsicherheit mit ökonomisch-mathematischen Methoden. Tag.-Ber. der Akademie der Landwirtsch.-Wiss., Nr. 131, S. 17-55.
2. ROSA, F., 1987: Risiko ed incertezza nei modelli decisionali agricoli. Rivista di Economia agraria, 2.
3. KOPEC, J., LASOTA, J., 1989: Die Anwendung der Methode von Frank-Wolf in der Planung der Produktion des landwirtschaftlichen Betriebes. Erste staatliche Konferenz für Operationsforschung und Systemanalyse, Ksiaz - Polen.

Tab. 1: Varianten des Planes des landwirtschaftlichen Betriebes

	Aktivitäten	ME	50%	40%	30%	20%
1.	Winterroggen	ha	0.00	0.25	0.31	0.60
2.	Winterweizen	ha	2.00	2.00	2.00	2.00
3.	Sommergerste	ha	0.00	0.20	0.25	0.48
4.	Hafer	ha	0.00	0.00	0.00	0.00
5.	Getreidegemenge	ha	1.23	0.92	0.95	0.61
6.	Winterraps	ha	0.00	0.00	0.00	0.00
7.	Kartoffeln	ha	1.01	0.99	0.97	0.90
8.	Zuckerrüben	ha	0.50	0.50	0.50	0.52
9.	Futterrüben	ha	0.50	0.50	0.50	0.49
10.	Mais	ha	0.00	0.10	0.44	0.06
11.	Luzerne	ha	0.00	0.18	0.63	0.37
12.	Rotklee	ha	0.00	0.00	0.00	0.00
13.	Leguminosen	ha	0.00	0.00	0.00	0.00
14.	Feldweide	ha	1.55	1.16	0.25	0.77
15.	Dauerweide	ha	0.70	0.70	0.70	0.70
16.	Wiese	ha	0.90	0.90	0.90	0.90
17.	Kühe	St.	1.5	1.5	1.8	1.4
18.	Mastrinder	St.	4.00	4.00	4.00	4.00
19.	Mastschweine I'	St.	6.0	6.0	7.0	13.0
20.	Mastschweine II''	St.	29.0	29.0	24.0	17.0
21.	Hühner	St.	0.0	0.0	0.0	16.0
22.	Futterzukauf für Rinder	dt	16.5	16.5	17.4	16.3
23.	Futterzukauf für Schweine	dt	142	117	97	71
24.	Verkauf: Roggen	dt	0.0	0.0	0.0	0.0
25.	Weizen	dt	100	96	95	86
26.	Gerste	dt	0.0	0.0	0.0	0.0
27.	Hafer	dt	0.0	0.0	0.0	0.0
28.	Getreidemenge	dt	37	28	29	18
29.	Raps	dt	0.0	0.0	0.0	0.0
30.	Kartoffeln	dt	0.0	0.0	17	0.0
31.	Zuckerrüben	dt	135	135	135	139
32.	Milch	l	5290	5290	6350	5100
33.	Rind	kg	1000	1000	1000	1000
34.	Schwein	kg	4610	4520	4040	4010
35.	Eier	kg	0.0	0.0	0.0	2900
			16.18	16.11	16.03	15.87
				15.47	14.79	13.96