

(Aus dem Institut für Agrarökonomik der Universität für Bodenkultur, Vorstand: o. Univ.-Prof. Dr. W. Schneeberger)

Risikoanalyse mit Hilfe der stochastischen Dominanz Fallbeispiel mit Versuchsdaten ausgewählter Marktfrüchte

Von M. EDER

(Mit 3 Abbildungen)

Zusammenfassung

Für einen risikoneutralen Betriebsleiter ist der Anbau einer „neuen“ Frucht dann betriebswirtschaftlich von Vorteil, wenn der erwartete Deckungsbeitrag höher als der erwartete Deckungsbeitrag der Konkurrenzfrucht ist. Für einen risikoscheuen Betriebsleiter spielt neben der Höhe jedoch die Schwankungsbreite des zu erwartenden Deckungsbeitrages und damit das Risiko eine große Rolle. Unter der Annahme gewisser Präferenzen des Entscheidungsträgers bietet die Risikoanalyse die Möglichkeit, Früchte in bezug auf deren Risiko zu beurteilen. Die stochastische Dominanz ist die in dieser Untersuchung verwendete Methode zur Risikoanalyse. Die Ergebnisse dieser Methode werden mit jenen unter Anwendung der Bayes-Regel und der μ - σ -Regel verglichen. Die Grundlage für die Berechnungen bilden Ertragsergebnisse der Versuchsanstalt Fuchsenbigl über einen Zeitraum von elf Jahren (1981 bis 1991). Untersucht werden vier „konventionelle“ (Körnermais, Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen) und zwei „neue“ Früchte (Sonnenblume und Sojabohne).

In der vorliegenden Untersuchung sind, unter Preis- und Kostenrelationen von 1992, die Sonnenblume und die Sojabohne stochastisch dominant ersten Grades bzw. sie erzielen auf jedem Wahrscheinlichkeitsniveau einen höheren Deckungsbeitrag als die anderen vier Früchte. Bei Anwendung der Kriterien der stochastischen Dominanz zweiten Grades wird die Sonnenblume von der Sojabohne dominiert. Unter der Annahme, daß bei der Sojabohne die Flächenprämie zugunsten des Produkterlöses bei gleichbleibendem Gesamterlös auf 3500 S/ha gesenkt wird, erhöht sich die Anzahl der Früchte in den einzelnen Sets effizienter Lösungen. Wird keine Flächenprämie bezahlt, kommt es erst bei der Anwendung der Kriterien der stochastischen Dominanz dritten Grades zu einer starken Selektion, wobei Winterweizen alle anderen Früchte dominiert.

Beim Vergleich von zehn hypothetischen Fruchtfolgen erweisen sich — bei Annahme einer Flächenprämie von 7000 S/ha bei Sojabohne und 6600 S/ha bei Sonnenblume — jene mit Anteilen von Sojabohne und/oder Sonnenblume als vorteilhaft. Die Selektion nach Kriterien der stochastischen Dominanz ersten Grades, bei der der Entscheidungsträger auf jedem Wahrscheinlichkeitsniveau ein Mehr einem Weniger an Deckungsbeitrag vorzieht, resultiert in einem Set

effizienter Lösungen, das nur Fruchtfolgen mit Sojabohne und/oder Sonnenblume enthält. Der Selektionsvorgang nach Kriterien der stochastischen Dominanz zweiten Grades, bei dem Risikoaversion des Entscheidungsträgers unterstellt wird, hat nur mehr geringen eliminierenden Charakter. Die Prüfung auf stochastische Dominanz dritten Grades führt zu keiner weiteren Eliminierung von Fruchtfolgen.

Schlüsselworte: Risikoanalyse, Stochastische Dominanz, Entscheidungslehre, Risiko-Management.

Risk analysis based on stochastic dominance A case study with selected cash crops

Summary

A "new" crop is favourable for a risk-neutral decision maker (farmer) if its expected gross margin is higher than the expected gross margin of an competitive crop. A decision maker who is averse to risk is interested additionally in the range of the expected gross margins. Assuming specified restrictions on the decision maker's preferences the risk efficiency analysis offers a possibility to examine the risk of planting a crop. In this study the stochastic efficiency criteria is applied. The results of this technique are compared with those using Bayes theorem und μ - σ -criterion. The yields for calculating the cross revenue of the various crops are obtained from Bundesanstalt für Pflanzenbau based on field trials carried out in Fuchsenbigl (Lower Austria) over a period of eleven years (1981 to 1991). Prices and costs are based on the 1992 farm level. Four conventional crops (corn, winter wheat, winter barley und winter rye) and two "new" crops (soybeans and sunflowers) are examined in this study.

Assuming prices and costs on the 1992 level, the "new" crops — specially soybeans — are competitive regarding expected gross margin as well as risk efficiency using the techniques named above. In this case the contribution of the area based premium, the so called "Flächenprämie", to the gross margin is a decisive factor for the risk of planting a "new" crop, which means that the risk decreases by increasing contribution of the "Flächenprämie".

The rotations including soybeans and sunflowers turn out to be favourable in comparison of ten hypothetical crop rotations. The analysis using criteria of first-degree stochastic dominance, where the decision makers prefer more to less at all outcome levels, results in an efficient set which contains rotations including soybeans and/or sunflowers. A further procedure assuming decision makers to be averse to risk (second-degree stochastic dominance) identifies only a slightly smaller efficient set. The analysis using criteria of third-degree stochastic dominance does not reduce the number of rotations in the efficient set.

Key-words: risk efficiency analysis, stochastic dominance, decision analysis, risk management.

1. Einleitung

In Österreich konnten durch gezielte finanzielle Förderung die Anbauflächen von Sojabohne und Sonnenblume, die bis in die achtziger Jahre nur eine unbedeutende Rolle spielten, auf ca. 82 000 ha im Jahr 1992 gesteigert werden. Die Sojabohne nimmt dabei einen flächenmäßigen Anteil von ca. 65 % in Anspruch, die Sonnenblume ca. 35 % (PRÄSIDENTENKONFERENZ DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN ÖSTERREICHS 1993). Für 1993 ist nun eine Flächenausweitung geplant, wobei für

Sonnenblume 40 000 ha und für Sojabohne 55 000 ha veranschlagt sind (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1992 a).

Laut MÜLLER-MEHRBACH (1976) werden unternehmerische Entscheidungen in allen Fällen, in denen die Information nicht vollkommen ist, nicht nur vom ökonomischen Prinzip beherrscht, sondern auch vom Sicherheitsprinzip oder Risikosmälierungsprinzip. Diese weitere Maxime dürfte auch auf die Handlungen eines Landwirtes im Zusammenhang mit der Aufnahme einer „neuen“ Frucht in das Produktionsprogramm zutreffen. Speziell in den ersten Anbaujahren muß als Folge mangelnden Know-hows und dadurch bedingter Kulturfehler bei den „neuen“ Früchten mit größeren Ertragsschwankungen als bei schon etablierten Früchten gerechnet werden. Eine Befragung von Landwirten zum Sojabohnenanbau aus dem Jahr 1990 zeigte eine erhebliche Ertragsunsicherheit, wobei die Ernteerträge von 0 dt/ha (Totalausfall) bis 42 dt/ha reichten (SCHNEEBERGER et al. 1992).

Die Gewährung ertragsunabhängiger Flächenprämien, wie es im Rahmen der Kontraktaktion des BMLF geschieht, bietet einerseits die Möglichkeit, den Deckungsbeitrag auf ein konkurrenzfähiges Niveau anzuheben und andererseits die ertragsbedingte Schwankungsbreite der Deckungsbeiträge bzw. das Risiko zu verringern.

In der vorliegenden Untersuchung wird eine Risikoanalyse sechs verschiedener Früchte durchgeführt, bei der unterschiedliche Entscheidungsregeln — mit Schwerpunkt auf der stochastischen Dominanz — zur Anwendung gelangen. In einem ersten Schritt werden die Deckungsbeiträge von Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Körnermais, Sonnenblume und Sojabohne unter Preis- und Kostenverhältnissen, wie sie 1992 herrschten, auf ihre relative Vorzüglichkeit überprüft. In weiterer Folge sollen bei der Sojabohne c. p. die Auswirkungen einer erlösneutralen Änderung der Flächenprämie auf das Ergebnis der Risikoanalyse gezeigt werden. Im dritten Teil folgt eine Risikoanalyse hypothetischer Fruchtfolgen.

2. Datenbasis und Berechnungsgrundlagen

Da Sojabohnen und Sonnenblumen in Österreich erst seit ca. 1988 in größerem Umfang angebaut werden, stehen keine einzelbetrieblichen Ertragsdaten über einen längeren Zeitraum aus der Praxis zur Verfügung. Die Risikoanalyse erfolgt daher mit Ergebnissen der Versuchsanstalt Fuchsenbigl aus den Jahren 1981 bis 1991, die dankenswerterweise von der Bundesanstalt für Pflanzenbau zur Verfügung gestellt wurden. Fuchsenbigl liegt im pannonischen Gebiet und weist eine durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von 519 mm auf. In die Analyse gingen Winterweizen (WW), Wintergerste (WG), Winterroggen (WR), Körnermais (KM), Sojabohne (SOJA) und Sonnenblume (SOBL) ein.

Die in Tabelle 1 ausgewiesenen statistischen Kennzahlen beruhen auf den Versuchsergebnissen eines Standortes und sind daher nur für ein begrenztes Gebiet zutreffend. In der Regel liegen die Erträge, die im Versuchsbetrieb erzielt werden, etwas höher als in der Praxis. Es wird unterstellt, daß keine Bewässerungsmöglichkeit besteht. Um den Effekt der Bewässerung der Sojabohne in den Jahren 1982 und 1988 zu eliminieren, wurden die Erträge dieser Jahre mit Faktoren korrigiert. Diese Faktoren beruhen auf einer Untersuchung der Bewässerungseffizienz bei Sojabohne in Groß-Enzersdorf in den Jahren 1982 bis 1989 (GRETZMACHER und WOLFSBERGER 1990).

Die Erträge „neuer“ Früchte — in der vorliegenden Arbeit sind dies die Sojabohne und die Sonnenblume — schwanken erfahrungsgemäß stärker als die

Erträge konventioneller Früchte. Aus den Ertragsdaten der Versuchsanstalt Fuchsenbigl errechnet sich im Zeitraum 1981 bis 1991 für diese beiden Früchte ein Variationskoeffizient — als Maßstab für die Schwankungsbreite der Erträge — der um das eineinhalb- bis dreifache höher liegt als die betreffenden Werte für WW, WR, WG und KM.

Tabelle 1

Durchschnittsertrag, Minimum, Maximum, Standardabweichung und Variationskoeffizient der ausgewählten Früchte im Zeitraum 1981 bis 1991

Frucht	Ø-Ertrag in dt/ha	Minimum	Maximum	Standard- abweichung	Variations- koeffizient
Körnermais	90,0	76,6	104,0	8,88	9,9 %
Winterweizen	64,8	52,7	78,5	7,86	12,1 %
Wintergerste	71,9	48,6	88,0	11,52	16,0 %
Winterroggen	55,9	38,5	71,5	10,22	18,3 %
Sojabohne ¹	22,6	14,8	35,1	6,30	27,9 %
Sonnenblume	28,7	13,8	37,4	8,00	27,9 %

¹ Die Erträge für 1982 (41,4 dt/ha) und 1988 (42,7 dt/ha) wurden durch den Faktor 1,52 bzw. 2,4 dividiert, um den Effekt der Bewässerung zu eliminieren.

Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten der Bundesanstalt für Pflanzenbau

Mit Hilfe dieser Erträge können für den genannten Zeitraum die Deckungsbeiträge errechnet werden. Dabei werden die jährlichen Schwankungen der Produkterlöse bzw. Flächenprämien und der Faktorpreise nicht berücksichtigt, sondern es werden für alle elf Jahre dieselben Größen, wie sie für das Jahr 1992 zutreffen, verwendet. Die einzige variierende Einflußgröße auf den Deckungsbeitrag stellt der Ertrag dar.

Die Berechnung der Deckungsbeiträge erfolgt anhand von Daten aus dem Standarddeckungsbeitragskatalog 1991/92 (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1992b). Die Flächenprämien sind mit 7000 S/ha bei der Sojabohne und 6600 S/ha bei der Sonnenblume festgesetzt. Die Kosten für Saatgut und Lohnernte werden je ha als ertragsunabhängig, die Kosten für Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Maschinenkosten, Hagelversicherung und Trocknung je ha als ertragsabhängig angenommen. Abweichend vom Standarddeckungsbeitragskatalog wird ein Zinsansatz (8 % auf ein halbes Jahr) für Saatgut, Düngemittel und Pflanzenschutzmittel bei den variablen Kosten berücksichtigt. Bei der Sojabohne wird eine eventuelle Stickstofflieferung für die Folgefrucht nicht bewertet. Die kalkulierten Deckungsbeiträge bilden im weiteren die Grundlage für die Risikoanalyse.

3. Die stochastische Dominanz

Eine Entscheidungsregel unter Unsicherheit ist die Risikoanalyse mit Hilfe der stochastischen Dominanz. Diese Methode kann sowohl auf stetig verteilte als auch auf diskret verteilte Variablen angewendet werden. Im Fall der vorliegenden Untersuchung werden auf der Grundlage von diskret verteilten Variablen, den Erträgen der ausgewählten Früchte über einen Zeitraum von elf Jahren, Rückschlüsse auf die relative Vorzüglichkeit unter Berücksichtigung gewisser Präferenzen gezogen. Die Vorzüge der stochastischen Dominanz liegen in der Anwendung auf Lösungsproblemen mit einer großen Anzahl von Alternativen. Dem Entscheidungsträger werden die Alternativen in ihrer gesamten,

wahrscheinlichkeitsverteilten Ausprägung dargelegt. Es bleibt ihm dadurch eine explizite Angabe seiner Risikopräferenzen erspart. Während bei einer geringen Anzahl von Alternativen die Selektion graphisch erfolgen kann, ist bei einer großen Anzahl von Alternativen eine Lösung des Problems mittels Errechnen notwendig. Das Prinzip beruht auf der Selektion dominanter Alternativen und somit einer Verringerung der Lösungen, aus denen der Entscheidungsträger seine Auswahl treffen kann. Soll aus einem Set mit mehreren Alternativen eine ausgewählt werden, so muß die Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers bekannt sein.

Den Ausgangspunkt der Risikoanalyse mit Hilfe der stochastischen Dominanz bildet eine Rangreihung der untersuchten Zielgrößen. Zu diesem Zweck werden die mit den Hektarerträgen der elf Jahre errechneten Deckungsbeiträge für jede einzelne Frucht — beginnend mit dem niedrigsten Wert — gereiht. Analog zu ANDERSON et al. (1977) wird angenommen, daß jeder Wert vom nächsten Nachbarwert durch die gleiche Wahrscheinlichkeit getrennt ist und es keine Wahrscheinlichkeit für den Eintritt eines höheren als den höchsten Wert gibt. Dies bedeutet im vorliegenden Fall (Anzahl der Jahre $n=11$) folgendes: Ein Deckungsbeitrag \leq dem niedrigsten Deckungsbeitrag tritt mit einer Wahrscheinlichkeit von 9,09 %, ein Deckungsbeitrag \leq dem zweitniedrigsten Deckungsbeitrag mit 18,18 % auf usw. Durch Summierung der einzelnen Wahrscheinlichkeiten gelangt man zu einer kumulativen Wahrscheinlichkeitsfunktion (CDF=cumulative distribution function). Die Selektion nach Gesichtspunkten der stochastischen Dominanz ersten Grades erfolgt durch paarweisen Vergleich der CDF's der einzelnen Alternativen. Es wird dabei die simple Annahme einer monoton steigenden Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers getroffen, das heißt er zieht auf jedem Niveau den höheren Deckungsbeitrag einem niedrigeren vor.

Eine Frucht dominiert eine andere Frucht im Sinne der stochastischen Dominanz ersten Grades (FSD=first-degree stochastic dominance) dann, und nur dann, wenn die CDF der dominanten Verteilung F gänzlich zur Rechten der dominierten Verteilung G liegt. FSD besitzt in der Regel nur eine geringe eliminierende Wirkung und resultiert meist in einem großen „Effizienz-Set“ (FSE-Set = first-degree stochastic efficient set). Die Gleichung 1 definiert die CDF für den diskreten Fall (ANDERSON et al. 1977), wobei x_i nur eine endliche Anzahl von Werten ($i=1, \dots, n$; alle im Intervall $[a, b]$) annimmt.

$$F_1(R) = P(x_i \leq R) = \sum_{\text{alle } x_i \leq R} f(x_i) \quad (1)$$

Die Alternative F dominiert G im Sinne von FSD, wenn die Ungleichung $F_1(R) \leq G_1(R)$ für alle Niveaus von x_i mit zumindest einer Ungleichheit bei einem Wert von x_i zutrifft.

Die stochastische Dominanz zweiten Grades (SSD=second-degree stochastic dominance) bietet eine weitere Möglichkeit, Verteilungen zu eliminieren. Die Regel zur Identifizierung dominanter Alternativen beruht dabei auf der zusätzlichen Verhaltensannahme einer monoton steigenden, strikt konkaven Nutzenfunktion (HANF 1986). Der Entscheidungsträger verhält sich demnach risikoavers (FISHBURN 1964, HANOCH und LEVY 1969, HADAR und RUSSELL 1969, HAMMOND 1968). Graphisch gesehen werden bei SSD die Flächen unter jeder CDF verglichen. Eine Alternative dominiert die andere im Sinne von SSD, wenn die Fläche unter ihrer CDF kleiner als die Fläche unter der CDF der dominierten Verteilung ist, wobei der niedrigste Wert der zu untersuchenden Zielgröße (entspricht im vorliegenden Fall dem niedrigsten Deckungsbeitrag) der dominanten Alternative zumindest gleich groß dem niedrigsten Wert der dominierten sein muß. Die Gleichung

chung 2 zeigt eine abgewandelte Version der SSD-Regel, die bei einer diskreten Verteilung anwendbar ist (ANDERSON et al. 1977).

$$\begin{aligned} F_2(x_r) &= \sum_{i=2}^r F_1(x_{i-1}) \Delta x_i & r = 2, \dots, n \\ F_2(x_1) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$
 $x_n =$ höchster Wert für x

Die Verteilung F dominiert G im Sinne von SSD, wenn $F_2(x_r) \leq G_2(x_r)$ für alle $r \leq n$ mit zumindest einer strikten Ungleichheit Gültigkeit hat. Es werden also die Flächen unter den beiden CDF's verglichen, wobei die Werte — beginnend mit dem niedrigsten — akkumuliert werden. Laut ANDERSON et al. (1977) ergeben sich zwei notwendige Voraussetzungen, die eine Verteilung erfüllen muß, um eine andere zu dominieren. Erstens darf der Mittelwert einer dominanten Verteilung nicht kleiner sein als der Mittelwert der dominierten Verteilung. Die zweite notwendige Bedingung ist, daß der kleinste Wert der Zielgröße der dominanten Verteilung größer oder gleich dem kleinsten Wert der Zielgröße der dominierten Verteilung ist. Wird eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so sind beide Verteilungen im Sinne von SSD effizient. Die nach der Prüfung auf SSD dominanten Verteilungen bilden dann das SSE-Set (SSE-Set=second-degree stochastic efficient set).

Bei der stochastischen Dominanz dritten Grades (TSD=third-degree stochastic dominance) kommt zu den spezifizierten Bedingungen die zusätzliche Restriktion, daß mit zunehmendem Wohlstand ein abnehmendes risikoaverses Verhalten einhergeht. Bezogen auf die Nutzenfunktion bedeutet das, daß die dritte Ableitung positiv ist. Es sei diesbezüglich auf den Artikel von HANF (1986), in dem die formalen Annahmen bezüglich des Verlaufes der Nutzenfunktion wiedergegeben ist, hingewiesen. Das Dominanzkriterium geht im Prinzip davon aus, daß der untere „Schwanz“ der Verteilung stärker gewichtet wird als der obere Schwanz (HANF 1986). Die Gleichung 3 beschreibt die Rangregel für TSD, die eine neue diskrete kumulative Wahrscheinlichkeitsfunktion erfordert (PORTER et al. 1973).

$$\begin{aligned} F_3(x_r) &= \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{i=2}^r [F_2(x_i) + F_2(x_{i-1})] \Delta x_i & r = 2, \dots, n \\ F_3(x_1) &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Die Verteilung F dominiert G im Sinne von TSD, wenn $F_3(x_r) \leq G_3(x_r)$ für alle $r \leq n$ mit zumindest einer strikten Ungleichheit und der Bedingung, daß $F_2(x_{n-1}) \leq G_2(x_{n-1})$ Gültigkeit hat. Das TSE-Set (TSE-Set=third-degree stochastic efficient set) setzt sich aus den im Sinne von TSD dominanten Verteilungen zusammen.

4. Risikoanalyse der ausgewählten Früchte

Die Sojabohne weist während des Betrachtungszeitraumes mit 10950 S/ha den höchsten Erwartungswert der sechs Früchte auf. An zweiter Stelle folgt mit einer Differenz von ca. 1300 S/ha die Sonnenblume. Der niedrigste Wert ergibt sich für den Körnermais mit 6773 S/ha, das entspricht ca. 62 % des Erwartungswertes der Sojabohne (Tab. 2). Bei der Betrachtung der Variationskoeffizienten der ausgewählten Früchte schneidet der Winterweizen mit rund 11 % am besten ab. Auch der Körnermais zeigt einen ähnlich günstigen Wert (14 %).

Tabelle 2

Erwartungswert, Minimum, Maximum, Standardabweichung und Variationskoeffizient der ausgewählten Früchte im Zeitraum 1981 bis 1991

Frucht	Erwartungswert in S/ha	Minimum	Maximum	Standardabweichung	Variationskoeffizient
Körnermais	6773	5341	8262	946	14,0 %
Winterweizen	8271	6862	9857	912	11,0 %
Wintergerste	8734	5169	11188	1760	20,2 %
Winterroggen	7369	4879	9596	1461	19,8 %
Sonnenbl. (6600 FP)	9663	4618	12624	2714	28,1 %
Sojabohne (7000 FP)	10950	7241	16931	2870	25,7 %
Sojabohne (3500 FP)	10950	6036	18874	3987	36,4 %
Sojabohne (keine FP)	10950	4831	20817	4965	45,3 %

Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten der Bundesanstalt für Pflanzenbau

Wie schon eingangs erwähnt, übt bei diesen Überlegungen die Höhe der Flächenprämie, die unabhängig vom Ertrag bezahlt wird, einen großen Einfluß auf die Streuung der Deckungsbeiträge und somit auf das Risiko aus. Zur Illustration wird der Anteil der Flächenprämie am Deckungsbeitrag für den Zeitraum 1981 bis 1991 mit den Kosten- und Preisverhältnissen von 1992 errechnet. Bei der Sonnenblume (6600 S/ha Flächenprämie) bewegt sich dieser Anteil zwischen 52 und 143 %. Der Wert für die Sojabohne (7000 S/ha Flächenprämie) beträgt für den genannten Zeitraum 41 bis 97 %.

Obwohl bei Sojabohne und Sonnenblume die Flächenprämie mit 7000 bzw. 6600 S/ha einen hohen Anteil am Deckungsbeitrag ausmacht, liegt bei beiden Früchten der Variationskoeffizient über den Werten der „konventionellen“ Früchte. Mit der Abnahme des Anteils der Flächenprämie am Deckungsbeitrag — bei gleichbleibendem Deckungsbeitrag für den Durchschnittsertrag der elf Jahre — steigt der Variationskoeffizient stark an. Unter der Annahme, daß keine Flächenprämie bezahlt wird, ergibt sich bei der Sojabohne ein Variationskoeffizient von 45 % (Tab. 2).

Anhand dieser Ergebnisse lassen sich vorerst einige Schlüsse in bezug auf die relative Vorzüglichkeit einer Frucht ziehen. So übertrifft z. B. der Erwartungswert des Winterweizens die betreffenden Werte für Körnermais und Winterroggen bei gleichzeitig niedrigerem Variationskoeffizienten. Demgemäß ist Winterweizen — nach diesen beiden Kriterien beurteilt — gegenüber Körnermais und Winterroggen vorteilhaft. Unzureichend erweist sich diese Entscheidungsregel z. B. beim Vergleich von Sonnenblume und Wintergerste. Die Sonnenblume erzielt zwar einen höheren Erwartungswert, hat jedoch einen ungünstigeren Variationskoeffizienten und das Minimum liegt unter jenem der Wintergerste. Ist das Risikoverhalten des Entscheidungsträgers nicht bekannt, so kann in diesem Fall keine Entscheidung für eine der beiden Früchte getroffen werden.

Bei der Risikoanalyse mit Hilfe der stochastischen Dominanz wird dem Entscheidungsträger das Entscheidungskriterium — im vorliegenden Fall der Deckungsbeitrag — mit dem ganzen Spektrum seiner unsicheren Ausprägung umschrieben, und es werden nach den oben genannten Regeln nicht effiziente Alternativen ausgeschlossen. Werden dabei Preis- und Kostenverhältnisse von 1992 unterstellt, verbleiben die Sonnenblume und die Sojabohne im FSE-Set. Diese beiden Früchte werden demnach nicht von anderen im Sinne von FSD dominiert (Abb. 1). Die Sojabohne liefert unter den gegebenen Bedingungen

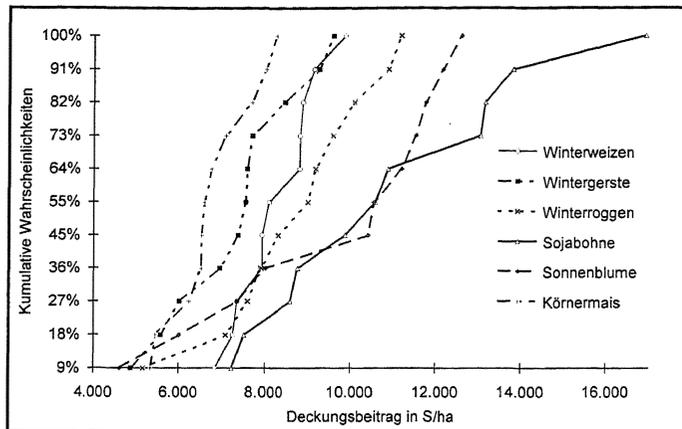


Abb. 1: Kumulative Wahrscheinlichkeitsfunktionen der untersuchten Früchte

gegenüber allen Früchten mit Ausnahme der Sonnenblume auf jedem Wahrscheinlichkeitsniveau ein besseres Ergebnis als die anderen zur Wahl stehenden Früchte. Nach Prüfung auf SSD (Abb. 2) verbleibt die Sojabohne als einzige Frucht im SSE-Set.

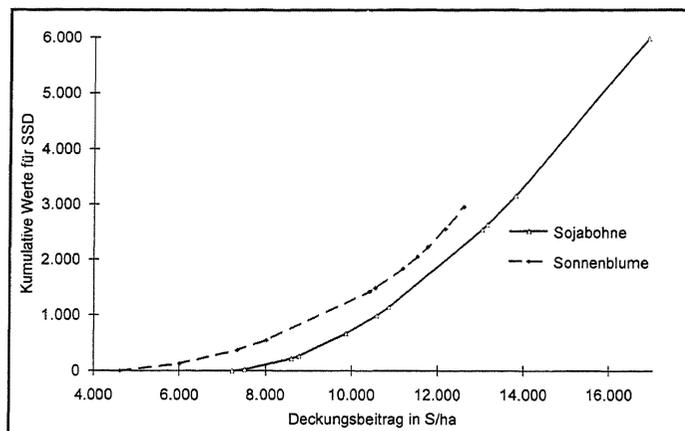


Abb. 2: Darstellung der SSD der im FSE-Set verbliebenen Früchte

5. Einfluß der Höhe der Flächenprämie für die Sojabohne auf das Ergebnis der Risikoanalyse

Im folgenden wird bei Sojabohne der Einfluß einer Veränderung von Flächenprämie und Produktpreis auf das Ergebnis der Risikoanalyse untersucht. Es wird dabei eine über den Untersuchungszeitraum für den Durchschnittsertrag erlösneutrale Änderung der Flächenprämie zugrunde gelegt. Als Basis wird der Durchschnittsertrag der elf Jahre herangezogen sowie der Produktpreis und die Flächenprämie (7000 S/ha) aus dem Jahr 1992. Anschließend werden auf der Grundlage dieser Werte erlösneutrale Varianten von Produktpreis und Flächenprämie errechnet, wobei die Flächenprämie um jeweils 3500 S/ha verringert wird. Die Abbildung 3 zeigt den Verlauf der CDF's von WW, WG, WR, KM, Sonnenblume und die Varianten bei Sojabohne mit 3500 S/ha bzw. keiner Flächenprämie. Es ist ersichtlich, daß mit abnehmender Flächenprämie der Deckungsbeitrag breiter streut.

Abb. 3: Kumulative Verteilungsfunktion bei erlösneutraler Kombination von Flächenprämie und Produkterlös bei Sojabohne

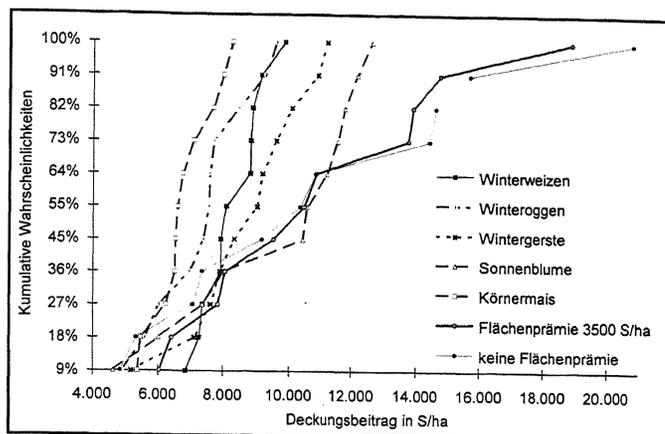


Tabelle 3

FSE-, SSE- und TSE-Set der untersuchten Früchte bei unterschiedlicher erlösneutraler Kombination von Flächenprämie und Produkterlös der Sojabohne

	Flächenprämie der Sojabohne in S/ha		
	7000	3500	keine
FSE-Set	SOBL SOJA	WW WG SOBL SOJA	WW WG WR KM SOBL SOJA
SSE-Set	SOJA	WW SOJA	WW WG SOBL SOJA
TSE-Set	— ¹	WW SOJA	WW

¹ Da die Sojabohne als einzige Frucht im SSE-Set verbleibt, erübrigt sich eine Prüfung auf TSD.

Während das FSE-Set — wie oben erwähnt — bei einer Flächenprämie von 7000 S/ha Sojabohne und Winterweizen enthält, werden bei 3500 S/ha nur mehr KM und WR dominiert. Unter der Annahme, daß keine Flächenprämie bezahlt wird, ist keine Frucht über eine andere im Sinne von FSD dominant. Erst bei der Prüfung auf SSD und TSD erhöht sich die Zahl der dominierten Früchte bzw. verbleiben weniger Früchte im SSE- bzw. TSE-Set (Tab. 3). Die Sojabohne ist außer in einem Set (TSE-Set bei keiner Flächenprämie für Sojabohne) in allen vertreten.

Dem Anteil der Flächenprämie am Deckungsbeitrag kommt demnach eine wesentliche Bedeutung in bezug auf das Risiko beim Anbau einer Frucht zu. So hat für den Fall, daß die Förderung nur über die Produktprämie erzielt wird, eine Prüfung auf TSD zur Folge, daß Sojabohne — wie oben erwähnt — aus dem TSE-Set eliminiert wird. In diesem Fall dominiert Winterweizen als einzige Frucht alle anderen.

6. Risikoanalyse von ausgewählten Fruchtfolgen

In einer Gesamtbetrachtung der Organisation eines Betriebes ergeben sich bestimmte Beschränkungen (Fruchtfolge, Produktionstechnik . . .) bezüglich des Umfangs, in dem eine einzelne Frucht angebaut werden kann. Daraus ergibt sich die Überlegung, diese Früchte nicht getrennt zu betrachten, sondern Fruchtfolgen auf ihre relative Vorzüglichkeit hinsichtlich ihres Risikos zu untersuchen. Da keine Versuchsdaten vorliegen, werden hypothetische Fruchtfolgen formuliert.

Laut BOEHLJE und EIDMANN (1984) kann die Varianz der untersuchten Größe — im vorliegenden Fall ist dies der Deckungsbeitrag — bei einer Betrachtung des gesamten Betriebes bzw. mehrerer Produktionsverfahren dadurch errechnet werden, daß die Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren als zufallsverteilt angenommen werden und die statistischen Eigenschaften von Zufallsvariablen, die durch die Verknüpfung mehrerer Variablen zustande gekommen sind, Berücksichtigung finden. Die Errechnung des Erwartungswertes $E(DB)$ erfolgt gemäß der Gleichung 4, wobei Y_j den Deckungsbeitrag des j -ten Produktionsverfahrens und K_j den Anteil des j -ten Produktionsverfahrens am Gesamtproduktionsprogramm darstellen. In der vorliegenden Arbeit ist die Summe der Anteile der einzelnen Produktionsverfahren mit einem Hektar festgelegt ($K_1 + K_2 + \dots + K_n = 1$).

$$E(DB) = K_1 E(Y_1) + K_2 E(Y_2) + \dots + K_n E(Y_n) \quad (4)$$

Die Varianz eines einzelnen Produktionsverfahrens Y_j ist durch die Gleichung 5 definiert. Die Variable K stellt dabei wiederum den Umfang des jeweiligen Produktionsverfahrens dar.

$$V(K_j Y_j) = K_j^2 \sigma_j^2 \quad (5)$$

Die Varianz der Summe mehrerer Produktionsverfahren ist in weiterer Folge durch die Gleichung 6 zu errechnen. Die Herleitung dieser Gleichung ist bei BOEHLJE und EIDMANN (1984) nachzulesen.

$$V(DB) = K_1^2 \sigma_1^2 + K_2^2 \sigma_2^2 + \dots + K_n^2 \sigma_n^2 + \sum_i \sum_j K_i K_j r_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (6)$$

Hohe positive Korrelationskoeffizienten zwischen zwei Früchten erhöhen die Varianz. Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wurden Deckungsbeiträge mit den im Untersuchungszeitraum erzielten Hektarerträgen errechnet und korreliert. Bei Betrachtung der Tabelle 4 fällt auf, daß die Sonnenblume mit Wintergerste und Sojabohne positive, auf dem 1-%-Niveau signifikante Korrelationskoeffizienten aufweist. Eine Kombination dieser Früchte in einer Fruchtfolge wird daher mit großer Wahrscheinlichkeit eine Ausweitung des Risikos bewirken. Bei der Auswahl und den prozentuellen Anteilen der Fruchtfolgeglieder werden die für das Gebiet bestehenden produktionstechnischen Beschränkungen berücksichtigt. Da die Richtlinien für den Kontraktanbau und die Fruchtfolgeprämie laufend Änderungen unterliegen, werden diese bei den folgenden Überlegungen und Berechnungen nicht berücksichtigt, zumal der Schwerpunkt dieser Analyse im methodischen Bereich liegt.

Die Tabelle 5 enthält die Anteile der einzelnen Fruchtfolgeglieder in zehn hypothetischen Fruchtfolgen. Bei den Fruchtfolgen 1, 2 und 3 werden weder Sojabohne noch Sonnenblume angebaut. Der Getreideanteil beträgt 50 bzw. 75 %. Die restlichen sieben Fruchtfolgen beinhalten jeweils einen Anteil an Sojabohne und/oder Sonnenblume von bis zu 50 % bei variierendem Getreide- und

Tabelle 4

Korrelationskoeffizienten zwischen den Deckungsbeiträgen ausgewählter Früchte im Zeitraum 1981 bis 1991

Frucht	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen	Sojabohne	Sonnenblume
Körnermais	-0,163	-0,238	-0,441	0,071	0,061
Winterweizen		0,434	0,526*	0,128	0,380
Wintergerste			0,493	0,587*	0,762**
Winterroggen				0,117	0,335
Sojabohne					0,687**

* Korrelationskoeffizient signifikant auf dem 5%-Niveau

** Korrelationskoeffizient signifikant auf dem 1%-Niveau

Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten der Bundesanstalt für Pflanzenbau

Körnermaisanteil. Mangels vorhandener Daten wird unterstellt, daß bei diesen Formulierungen der Ertrag der einzelnen Früchte unabhängig von deren Anteil in der Fruchtfolge ist. Es werden somit keine möglichen Wechselwirkungen (Vorfrucht-, Nachfruchtwirkung) berücksichtigt. Weiters muß betont werden, daß diese Fruchtfolgen eine subjektive Auswahl der mit den verfügbaren Daten möglichen Fruchtfolgen darstellen.

Tabelle 5

Prozentuelle Anteile der einzelnen Fruchtfolgeglieder in den hypothetischen Fruchtfolgen

Fruchtfolge	Fruchtfolgeglieder	Körnermais	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen	Sojabohne	Sonnenblume
FF 1	KM – WW	50	50	—	—	—	—
FF 2	KM – KM – WW – WG	50	25	25	—	—	—
FF 3	KM – WW – WR – WG	25	25	25	25	—	—
FF 4	KM – WW – WG – SOJA/SOBL	25	25	25	—	12,5	12,5
FF 5	KM – WW – SOJA – WW	25	50	—	—	25	—
FF 6	KM – SOBL – WW – WR – WG	20	20	20	20	—	20
FF 7	KM/SOBL – WW – WG/SOJA – WW	12,5	50	12,5	—	12,5	12,5
FF 8	SOJA – WW – WR – WG	—	25	25	25	25	—
FF 9	SOJA – WW – SOBL – WW	—	50	—	—	25	25
FF 10	SOJA – WW – WG – SOBL – WW	—	40	20	—	20	20

Auf Grundlage der Erträge der einzelnen Früchte in den Jahren 1981 bis 1991 wurde der Erwartungswert des Deckungsbeitrages für jede Fruchtfolge errechnet. Bei einer Entscheidung nach dem Erwartungswert (Bayes-Regel) wird die Verteilung lediglich auf den Mittelwert verdichtet. Das heißt, es wird diejenige Fruchtfolge gewählt, die den höchsten Erwartungswert erreicht, unbeachtet der Schwankungsbreite und des Verteilungsverlaufes. Eine Reihung nach diesen Gesichtspunkten und nach der Höhe des Variationskoeffizienten als Maß für die Schwankungsbreite ist in Tabelle 6 dargestellt. Die Fruchtfolge 9 ist mit einem Erwartungswert von 9289 S/ha nach der Entscheidungsregel von Bayes die vorteilhafteste. Die Fruchtfolge 1 weist den niedrigsten Variationskoeffizienten auf, erreicht aber bei der Reihung der Erwartungswerte nur den letzten Rang mit 7522 S/ha.

Nachfolgend werden diese hypothetischen Fruchtfolgen einer Risikoanalyse mit Hilfe der stochastischen Dominanz unterzogen. Grundlage dafür bildet wieder die Erstellung einer CDF für jede Fruchtfolge unter Einhaltung der oben genannten Gesetzmäßigkeiten für die Reihung der einzelnen Werte. Anschließend können diese CDF's auf FSD, SSD und TSD untersucht werden.

Tabelle 6

Erwartungswert und Variationskoeffizient der hypothetischen Fruchtfolgen im Zeitraum 1981 bis 1991 (Angaben in S/ha)

Fruchtfolge	Erwartungswert in S/ha	Rangreihung ¹	Standardabweichung	Varianzkoeffizient	Rangreihung ²
FF1	7522	10	601	7,99 %	1
FF2	7637	9	650	8,51 %	2
FF3	7787	8	791	10,15 %	3
FF4	8521	6	1120	13,14 %	6
FF5	8566	5	926	10,81 %	4
FF6	8162	7	1086	13,31 %	7
FF7	8650	4	1063	12,29 %	5
FF8	8831	3	1333	15,09 %	8
FF9	9298	1	1503	16,18 %	9
FF10	9178	2	1490	16,24 %	10

¹ gereiht nach fallendem Erwartungswert

² gereiht nach steigendem Variationskoeffizienten

Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten der Bundesanstalt für Pflanzenbau

Tabelle 7

Ergebnisse der Kalkulationen hypothetischer Fruchtfolgen bei verschiedenen Entscheidungsregeln

	Bayes-Regel	μ - σ -Regel	FSE-Set	SSE-Set	TSE-Set
Ergebnis	FF9	FF9 ¹ FF5 ²	FF4, FF5, FF7, FF8, FF9, FF10	FF4, FF7, FF8, FF9, FF10	FF4, FF7, FF8, FF9, FF10

¹ $N = \mu - \sigma$

² $N = \mu - 2\sigma$

Zum Vergleich der Ergebnisse der stochastischen Dominanz kommt neben der oben erwähnten Bayes-Regel noch eine weitere Entscheidungsregel, die μ - σ -Regel, zur Anwendung. Auf diese Weise kann eine gewisse Risiko- bzw. -abneigung des Entscheidungsträgers ausgedrückt werden. Im vorliegenden Fall wird Risikoaversion unterstellt. Dies kommt darin zum Ausdruck, daß die Standardabweichung den Nutzwert negativ beeinflußt (z. B. $N = \mu - \sigma$ bzw. $N = \mu - 2\sigma$). In der Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Risikoanalyse der hypothetischen Fruchtfolgen bei unterschiedlichen Entscheidungskriterien gegenübergestellt.

Jene Fruchtfolgen, die weder Sonnenblume noch Sojabohne enthalten (FF1, FF2, FF3) bleiben nicht im FSE-Set. Hinzu kommt noch die fünfschlägige Fruchtfolge FF6, die sich aus jeweils 20%igen Anteilen von KW, WW, WG, WR und SOBL zusammensetzt. Nach den Kriterien von SSD (risikoaverses Verhalten) wird die FF5 (25 % KM, 50 % WW und 25 % Sojabohne) von den im FSE-Set verbliebenen Fruchtfolgen dominiert, das SSE-Set setzt sich somit aus den Fruchtfolgen FF4, FF7, FF8, FF9 und FF10 zusammen. Eine weitere Prüfung auf TSD bringt keine weitere Eliminierung mit sich. Das TSE-Set enthält demnach ebenfalls fünf Fruchtfolgen. Die Entscheidung nach der Bayes-Regel favorisiert FF9, dasselbe Ergebnis bringt die Auswahl nach der μ - σ -Regel, wenn der Nutzwert mit $N = \mu - \sigma$ festgelegt wird. Unter der Annahme einer stärkeren Risikoaversion des Entscheidungsträgers ($N = \mu - 2\sigma$) erzielt FF5 den höchsten Nutzwert.

7. Diskussion der Ergebnisse

Die Gewährung ertragsunabhängiger Flächenprämien bewirkt den Effekt einer Risikoschmälerung. Unter Preis- und Kostenverhältnissen von 1992 und den Flächenprämien für Sojabohne von 7000 S/ha und für Sonnenblume von 6600 S/ha kann sowohl für die Sojabohne als auch für die Sonnenblume ein höherer Deckungsbeitrag erwartet werden als für die übrigen untersuchten Früchte, jedoch mit einem merklich höheren Variationskoeffizienten.

Im vorliegenden Fall bilden die Sonnenblume und die Sojabohne zusammen auch das FSE-Set, das heißt sie sind stochastisch dominant ersten Grades bzw. sie erzielen auf jedem Wahrscheinlichkeitsniveau einen höheren Deckungsbeitrag als die anderen vier Früchte. Bei Anwendung von SSD wird die Sonnenblume von der Sojabohne dominiert, die somit als einzige Frucht im SSE-Set verbleibt.

Unter der Annahme, daß bei der Sojabohne die Flächenprämie zugunsten des Produkterlöses bei gleichbleibendem Gesamterlös gesenkt wird, steigt die Anzahl der im FSE- bzw. SSE-Set verbleibenden Früchte mit der Abnahme des Anteils der Flächenprämie an. Wird keine Flächenprämie bezahlt, dominiert Winterweizen nach den Kriterien von TSD alle anderen Früchte, somit auch die Sojabohne. Die Gewährung ertragsunabhängiger Flächenprämien erweist sich somit als wirksames Instrument zur Risikoschmälerung.

Eine Risikoanalyse zehn hypothetischer Fruchtfolgen, die die oben genannten Früchte in verschiedenen Anbauverhältnissen berücksichtigt, führt zu dem Ergebnis, daß die Fruchtfolgen ohne Sojabohne und Sonnenblume im Sinne von FSD (somit auch im Sinne von SSD und TSD) dominiert werden. Das FSE-Set enthält insgesamt fünf der zehn hypothetischen Fruchtfolgen. Die Prüfung auf FSD brachte somit eine Reduzierung der Fruchtfolgen auf 60 % der Ausgangslösungen. Das SSE-Set besteht aus fünf Fruchtfolgen, die alle zumindest 25 % Sonnenblume und/oder Sojabohne enthalten. Das Ergebnis der Selektion nach der Bayes-Regel favorisiert FF 9 (50 % WW, 25 % SOBL und 25 % SOJA). Dasselbe Ergebnis liefert die Entscheidung nach der μ - σ -Regel, wenn der Nutzwert mit $N = \mu - \sigma$ angenommen wird. Bei stärkerer Risikoaversion ($N = \mu - 2\sigma$) ist FF 5 am vorteilhaftesten.

Literatur

- ANDERSON, J. R., J. L. DILLON and B. HARDAKER, 1977: Agricultural Decision Analysis. Ames, Iowa, Iowa State University Press.
- BOEHLJE, M. D. and R. EIDMANN, 1984: Farm Management. New York, John Wiley & Sons.
- BUNDESANSTALT FÜR PFLANZENBAU: Sortenversuche, Wien, div. Jahrgänge.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1992a: Marktordnungspaket 1992, Wien.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1992b: Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 1991/92, Wien.
- FISHBURN, P. C., 1964: Decision and Value Theory. New York, Wiley.
- GRETZMACHER, R. und T. WOLFSBERGER, 1990: Die Bewässerungseffizienz bei Sojabohne (*Glycine max.* [L.] Merr.), untersucht in Groß-Enzersdorf an der Sorte Evans in den Jahren 1980 bis 1989. Die Bodenkultur 41, 125–135.
- HADAR, J. and W. R. RUSSELL, 1969: Rules for ordering uncertain prospects. American Economic Review 59, 25–34.
- HAMMOND, J. S., 1968: Towards simplifying the analysis of decisions under uncertainty where preference is unlinear. Harvard University D.B.A. thesis. Ann Arbor, Univ. Microfilms.
- HANF, C., 1986: Entscheidungslehre: Einführung in Informationsbeschaffung, Planung und Entscheidung unter Unsicherheit. München – Wien, Oldenbourg.
- HANOCH, G. and LEVY, H., 1969: The efficiency analysis of choices involving risk. Review of Economic Studies 36, 335–346.

- MÜLLER-MEHRBACH, N., 1976: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Verlag Franz Vahlen, München, 14.
- PORTER, R. B., J. R. WART and D. L. FERGUSON, 1973: Efficient algorithms for conducting stochastic dominance tests of large numbers of portfolios. J. Financ. Quant. Anal 8, 71—81.
- PRÄSIDENTENKONFERENZ DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN ÖSTERREICHS, 1993: Marktbericht 1/93, Wien.
- SCHNEEBERGER, W., R. LEITGEB und E. BERGHOFER, 1992: Einsatz von Sojabohne im Futtermittelbereich. In: „Der Förderungsdienst/Beratungsservice“, 40. Jahrgang, Heft 8/1992, 57, BMLF, Wien.

(Manuskript eingelangt am 13. Mai 1993, angenommen am 7. Juni 1993)

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Michael EDER, Institut für Agrarökonomik der Universität für Bodenkultur Wien,
Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien