

Neuere Methoden der Behandlung von Risiko in der Agrarplanung der Tropen und Subtropen

Recent developments in agricultural planning methods for the tropics and subtropics with special reference to the risk aspect

von Ulrich März¹

1 Einführung

Unter Agrarplanung soll die systematische Vorbereitung und Begründung von Entscheidungen für Lösungen von Agrarproblemen auf nationaler, regionaler und einzelbetrieblicher Ebene verstanden werden. Dies erfolgt durch die Ermittlung einer nutzenoptimalen Allokation von Ressourcen. Planen ist damit zielgerichtet und gibt Antwort auf die Frage, wie die zukünftige Situation sein soll.

Wesensmerkmal der Planung ist, daß sie vor dem Handeln steht und zukunftsbezogen ist. Die Zukunft erschließt sich dem Menschen grundsätzlich nur beschränkt. Daraus ergibt sich, daß die Planung nicht mit tatsächlichen Werten erfolgen kann, sondern nur mit deren Erwartungswerten. Ökonomische Erwartungen sind mit unterschiedlicher Sicherheit gehegte Vorstellungen über relevante zukünftige Daten und Zusammenhänge (HANF, 1969). Damit ist Planung stets mit unvollkommener Information behaftet, die auf allen Stufen des Planungs- und Entscheidungsprozesses bedeutend ist:

- a) Information: das ist das Sammeln von Wissen über relevante Tatbestände der Vergangenheit, um darauf aufbauende Aussagen über die zukünftige Entwicklung machen zu können.
- b) Planung und Beurteilung: das ist die Ermittlung von alternativen Lösungen zur Erreichung der Ziele und die Aussage über die im Hinblick auf definierte Ziele nutzenoptimale Lösung.
- c) Entscheidung: das ist die Auswahl einer Problemlösung.

¹ Dr. Ulrich März, Nikolaus-Singeisenweg 4, 7860 Schopfheim

- d) Unsicherheit: es bestehen formalisierbare Gesetze über das Eintreffen von Ereignissen; nicht jedoch über die Wahrscheinlichkeiten, die den einzelnen Ereignissen zukommen.
- e) Risiko: es bestehen formalisierbare Gesetze über das Eintreffen von Ereignissen und über die Wahrscheinlichkeiten, die den einzelnen Ereignissen zukommen.

Gegenstand der Behandlung im Rahmen der Agrarplanung sind die so definierten Sicherheitsgrade »Risiko« und »Unsicherheit«. Da die den Begriffen zugrunde liegenden Verteilungen als Mutmaßungen über die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ergebnisses anzusehen sind, gibt es zwischen Risiko- und Unsicherheitssituationen fließende Übergänge. Eine methodisch gleiche Behandlung wie in diesem Beitrag ist daher in vielen Entscheidungssituationen möglich und sinnvoll.

Voraussetzung rationaler Planung ist ein (Denk)–Modell, aus dem u.a. hervorgeht, in welcher Weise eine Entscheidung den Grad der Zielerreichung beeinflusst. Lösungen aus der Modellanwendung sind stets nur optimal in Bezug auf das zugrundegelegte (Denk)–Modell. Bei mangelnder Information entsteht die Schwierigkeit, die Modellstruktur der gewünschten Aussagegenauigkeit anzupassen. Damit lassen sich zwei Hauptprobleme der Agrarplanung zusammenfassen:

- Die aus mangelnder Information resultierende Nicht-Sicherheit.
- Die Eignung der Methoden zur Planung und Entscheidung bei Nichtsicherheit.

Das Entscheidungsverhalten insbesondere von Kleinbetrieben in den Tropen und Subtropen ist dadurch gekennzeichnet, daß im allgemeinen Betriebsorganisationen, die mit höherer Sicherheit und langfristiger Stabilität einen relativ niedrigen Lebensstandard erwarten lassen, häufig solchen vorgezogen werden, die einen höheren Lebensstandard erwarten lassen, aber gleichzeitig Risiko bedingen (BINSWANGER, 1980; DILLON und SCANDIZZO, 1978).

Die Änderung der betrieblichen Organisation, etwa durch die Einführung technischer Neuerungen, kann zu Veränderungen der Risikosituation des Gesamtbetriebes führen. Zur Abschätzung der Akzeptanz von Innovationen ist der Einfluß von Innovationen auf die gesamtbetriebliche Risikosituation zu berücksichtigen. In diesem Beitrag werden neuere Methoden der Berücksichtigung von Risiko in der Planung landwirtschaftlicher Betriebe der Tropen und Subtropen diskutiert. An ausgewählten Beispielen zur Anwendung des Bernoulli–Prinzips, der diskret-stochastischen und stochastischen Programmierung wird erläutert, wie der Einfluß technischer Neuerungen auf die betriebliche Risikosituation quantitativ geschätzt werden kann. Ein Vergleich der Ansätze soll zeigen, in welchen Situationen welcher Ansatz angewendet werden kann und welche Vor- und Nachteile sich hieraus ergeben.

2 Methodische Behandlung von Risiko in der Agrarplanung

Die methodischen Möglichkeiten der Berücksichtigung von Risiko in der Agrarplanung reichen von den klassischen Entscheidungsregeln über die Einbeziehung von Wahrschein-

lichkeiten, die Verwendung von Nutzenfunktionen bis zu den verschiedensten Formen bei der Anwendung von Prozeßanalysemodellen (SCHNEEWEISS, 1966; HANF, 1986).

2.1 Grundlagen der Entscheidung

Dem Entscheidenden stehen eine endliche Zahl von Handlungen zur Auswahl und Realisierung zur Verfügung. Die Handlungen sind Aktionen a_i , die den Aktionsraum A bilden.

Die einzelnen Aktionen können die Produktionsalternativen eines landwirtschaftlichen Betriebes sein. Besteht zwischen der Auswahl und Realisierung einer Aktion und dem Ergebnis aus dieser Aktion eine eindeutige Zuordnung, so ist die Zielrelation festzulegen und danach die optimale Aktion auszuwählen. Im allgemeinen ist eine eindeutige Zuordnung zwischen Aktion und Ergebnis nicht möglich. Unterschiedliche Umweltfaktoren beeinflussen die Ergebnisse und Aktionen.

Die vom Planenden nicht zu beeinflussende Umwelt kann sich in mehreren Zuständen s_j befinden. Die Zustände s_j der Umwelt sind derart aufgegliedert, daß jeder Aktion a_i beim Eintreffen des Umweltzustandes s_j ein eindeutiges Ergebnis e_{ij} zugeordnet wird. Diese Zuordnung impliziert, daß eine Zuordnungsvorschrift besteht, die jeder Kombination (a_i, s_j) ein Ergebnis e_{ij} zuordnet. Um eine Entscheidung unter diesen Umständen zu ermöglichen, muß für alle möglichen Ergebnisse e_{ij} eine Präferenzzuordnung definiert werden. Eine solche Präferenzzuordnung wird beispielsweise durch eine Nutzenfunktion $u(e_{ij})$ festgelegt. Damit wird jeder Aktivität a_i beim Eintreffen des Umweltzustandes s_j ein der Nutzenfunktion $u(e_{ij})$ entsprechendes Ergebnis e_{ij} eindeutig zugeordnet (HANF, 1969).

Eine Grundlage der modernen Auffassung von Entscheidungen bei Risiko ist die Existenz einer Nutzenfunktion $u(e_{ij})$ im Sinne des Bernoulli-Prinzips. Dieses besagt: Es gibt für den Entscheidenden eine subjektive Nutzenfunktion $u(e_{ij})$, so daß die Präferenzfunktion $(w) = E_w(u(e_{ij}))$ wird, wobei $E_w(u(e_{ij}))$ den erwarteten Nutzen darstellt, der aufgrund der Verteilung mit einer bestimmten Aktion a_i verknüpft ist. Die Entscheidung wird also zugunsten derjenigen Aktion getroffen, die den erwarteten Nutzen maximiert. Aus diesem Grunde werden Entscheidungen, die auf der Maximierung der Nutzenfunktion beruhen im Sinne des Bernoulli-Prinzips als rational bezeichnet (HANF, 1969; SCHNEEWEISS, 1967).

2.2 Programmierungsmodelle

Planungsmodelle dienen als Entscheidungshilfen für die Erreichung bestimmter Ziele. Die agrarökonomische Planungsrechnung versucht, das Entscheidungsverhalten von Landwirten durch die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens bestimmter Zielgrößen bei der Realisierung eines Planungsergebnisses zu berücksichtigen. Diese Modelle sind im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß sie um formale Entscheidungsregeln erweitert worden sind, deren Berücksichtigung bei der Modellrechnung zu Ergebnissen führt, die der Einstellung des Landwirts zum Risiko entsprechen (SCHIEFER, 1981).

Diskret stochastische Programmierung

Dieser Ansatz kann als Programmierungsmodell eines Entscheidungsbaumes angesehen werden. Der wichtigste Schritt bei dessen Formulierung stellt die Definition des Wahrscheinlichkeitsmodells dar. Es enthält die Bestimmung von Entscheidungszeitpunkten, was zu einer Unterteilung der betrachteten Zeitperiode führt. Für jede dieser Perioden sind alle möglichen Umweltzustände und deren Eintreffwahrscheinlichkeiten zusammen mit den Aktivitäten und Restriktionen im Modell zu formulieren. Die Zielfunktion kann sowohl linear als auch quadratisch sein, worin die Wahrscheinlichkeitsparameter Gewichte zwischen Teilmatrizen der Gesamtmatrix darstellen. Die Optimallösungen sind deterministisch und reflektieren die Ausnutzung der mit den Eintreffwahrscheinlichkeiten gewichteten Verfahren (RAE, 1971a; RAE, 1971b).

Stochastische Programmierung

Die Einbeziehung von kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen in lineare Planungsmodelle führt zum aktiven Ansatz der stochastischen Programmierung (TINTNER, 1960). Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Zielfunktions- und Aktivitätenwerten werden explizit ermittelt. Hierzu wird aus empirisch ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Ausgangsparameter wiederholt ein zufälliger Wert gezogen, in die Planungsmatrix eingesetzt und die Optimallösung errechnet. Jeder Parameter der Zielfunktion, Aktivitäten- oder Restriktionsmatrix kann dabei als Verteilung formuliert werden. Interaktionen zwischen den Parametern können als Korrelationen berücksichtigt werden. Die Anzahl der formulierbaren Verteilungen ist technisch unbegrenzt. Herkömmliche Algorithmen zur Lösung linearer Planungsmatrizen sind verwendbar. Nachfolgende Entscheidungsregeln basieren auf der Charakteristika der so erstellten Verteilungen der Zielfunktion und Aktivitäten und orientieren sich an Wahrscheinlichkeitstheorie und statistischen Testverfahren (MÄRZ, 1990).

3 Anwendungsbeispiele

3.1 Anwendung des Bernoulli-Prinzips im Pflanzenschutz

Die Entscheidung basiert hier gemäß dem Bernoulli-Prinzip auf

- dem Grad der Einschätzung des Auftretens bestimmter Ereignisse durch den Entscheidenden und
- der persönlichen Wertschätzung der Ereignisse als Konsequenz möglicher Entscheidungen.

Ein Landwirt, der eine Pflanzenschutzmaßnahme durchführen will, steht vor zwei Unsicherheiten, deren Größe er abschätzen muß. Die eine Unsicherheit bezieht sich auf die Höhe des Verlustes bei Nichtbehandlung. Die andere betrifft den Grad des Bekämpfungserfolges. Zum Zeitpunkt der Entscheidung über eine Bekämpfungsmaßnahme besteht für den Bauern eine Unsicherheit darüber, ob die Verhinderung von Verlusten das vermutete Ausmaß erreicht. Wird die Bekämpfungsmaßnahme durchgeführt, muß trotzdem damit gerechnet werden, daß

die mit der Bekämpfungsmaßnahme verbundenen Erwartungen nicht erfüllt werden. Das entsprechende Entscheidungsmodell stellt sich dann bei Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten bezüglich des Eintritts eines Bekämpfungserfolges grundsätzlich wie in Tab. 1 dar.

Tab. 1: Entscheidungsmodell im Pflanzenschutz

Ergebnis s	Wahrscheinlichkeit des Bekämpfungserfolges p	Nutzen der Handlungsalternative	
		Bekämpfen a ₁	Nichtbekämpfen a ₂
Bekämpfung ist erfolgreich: s ₁	p ₁	u(a ₁ /s ₁)	u(a ₂ /s ₁)
Bekämpfung ist nicht erfolgreich: s ₂	p ₂	u(a ₁ /s ₂)	u(a ₂ /s ₂)
Erwartungswert		E(a ₁)	E(a ₂)
erw. Nutzen „Bekämpfen“		$E(a_1) = p_1 \cdot u(a_1/s_1) + p_2 \cdot u(a_1/s_2)$	
erw. Nutzen „Nichtbekämpfen“		$E(a_2) = p_1 \cdot u(a_2/s_1) + p_2 \cdot u(a_2/s_2)$	

Quelle: CARLSON, 1970; modifiziert

Im Entscheidungsfall gibt es zwei Handlungsalternativen (Bekämpfen a₁ und Nichtbekämpfen a₂). Im Falle der Alternative a₁ ist der Erfolg einer Spritzung unsicher und tritt mit der Eintreffwahrscheinlichkeit p₁ ein. Mit der Wahrscheinlichkeit p₂ (p₂ = 1 - p₁) bleibt der Erfolg aus. Für jede Handlungsalternative kann eine Gewinnerwartung berechnet werden, die sich aus der Summe der mit den jeweiligen Wahrscheinlichkeiten gewichteten Gewinnerwartungen ergibt. Der Handlungsalternative, die den höheren Erwartungswert hat, ist der Vorzug zu geben.

Bei der Kalkulation des wirtschaftlichen Nutzens einer Pflanzenschutzmaßnahme wird zwischen dem Ertragsverlust ohne Bekämpfung und mit Bekämpfung unterschieden. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Verlust verhindert werden kann, wird im Anwendungsbeispiel (Tab. 2) auf ca. 50% geschätzt. Beträgt der Verlust des Naturalertrages ohne Bekämpfung 15% des Naturalertrages unter Ausschluß des Schädlings, dann ergibt sich ein erwarteter Nutzen von ca. 450 Pesos/ha (1 DM = 5.2 Pesos (1986)), dem Kosten in Höhe von ca. 360 Pesos/ha gegenüber stehen.

Werden nun Verlustniveau und Mittlkosten variiert, so lassen sich unterschiedliche Relationen zum Bekämpfungsgewinn ermitteln (Tab. 3). Beispielsweise ergibt sich bei einem Verlustniveau von 10% und Mittelkosten von 600 Pesos/ha eine Bekämpfungsmaßnahme, die aus ökonomischer Sicht nicht vorteilhaft erscheint (Es entstehen dabei Verluste in Höhe von ca. 494 Pesos/ha). Ein Ertragsverlust von 45% entspricht dabei den von Landwirten auf den Philippinen durchschnittlich erwarteten Ertragsverlusten (WAIBEL, 1983). Die tatsächlichen Verluste aus Feldversuchen liegen dagegen im Bereich von 10 – 15% (WAIBEL, 1983).

Tab. 2: Kalkulation der einzelbetrieblichen Wirtschaftlichkeit einer Pflanzenschutzmaßnahme (Philippinen, 1986)

Schadensfall:		
1 Wachstumsstadium		vegetatives Stadium
2 Schädling		Stengelbohrer
3 Ertragsverlust ohne Bekämpfung (v.H.)		15.0
Bekämpfung:		
4 Handelsname des Präparats		Monocrotophos
5 Konzentration (aktive Substanz/kg, v.H.)		20.0
6 Mittelkosten (Pesos/kg)		200.0
7 Kosten der aktiven Substanz (Pesos/kg)		995.0
8 empfohlene Dosierung (kg/ha)		0.3
9 Mittelkosten/Spritzung (Pesos/ha)		298.5
10 Arbeitskosten/Spritzung (Pesos/ha)		20.0
11 Nutzungskosten für Kapital (Zinsfaktor)		1.13
12 Gesamtkosten/Spritzung (Pesos/ha)		360.0
Ertrag:		
13 Loco-Hof-Preise des Produkts (Pesos/kg)		2.7
14 Grad des Bekämpfungserfolges (v.H.)		50.0
15 potentieller Erlös (pesos/ha)		4000.0
16 Verlust ohne Bekämpfung (kg/ha)		600.0
17 Wert Erlösverlust (Pesos/ha)		1620.0
18 Erwarteter Nutzen der Strategie (Pesos/ha)		450.0

Quelle: DOPPLER ET AL., 1986

In Tab. 3 sind für unterschiedliche Verlustniveau-, Mittelkostenkombinationen Bekämpfungserfolge errechnet, die eine Pflanzenschutzmaßnahme gerade noch rechtfertigen. Bei einem Verlustniveau von ca. 15% und Mittelkosten von 200 Pesos/ha ist ein Bekämpfungserfolg von mind. 22% erforderlich, um die Bekämpfungskosten abzudecken; bei einem Verlustniveau von 45%, das dem Erwartungswert der Bauern entspricht, jedoch nur von 7%. Aus diesen Berechnungen läßt sich folgern, daß eine Erhöhung der Mittelkosten, etwa durch Erhebung einer Steuer auf den Verkauf von Pestiziden, solange wenig Aussicht auf Erfolg hätte, wie die Landwirte an ihren hohen Verlusterwartungen festhalten.

Tab. 3: Bekämpfungserfolge bei unterschiedlichen Verlustniveaus und Mittelkosten die eine Pflanzenschutzmaßnahme gerade noch rechtfertigen

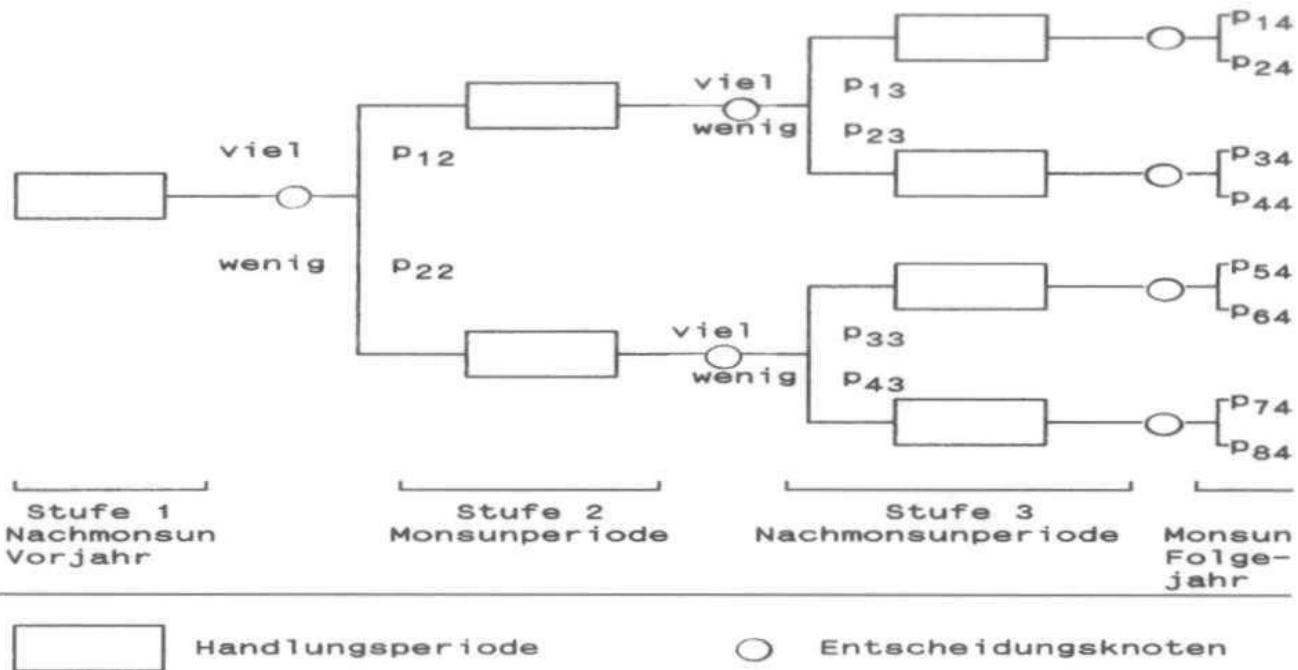
Verlustniveau (%)	Mittelkosten (P/ha)		
	200	400	600
10	0.33	–	–
15	0.22	0.43	–
45	0.07	0.14	0.21

Quelle: Autor

3.2 Anwendung der diskret stochastischen Programmierung an einem Bewässerungsbeispiel

Die Entscheidung basiert hier auf der LP-Formulierung eines Wahrscheinlichkeitsmodells, wie dieses in Tab. 4 als Entscheidungsbaum für die Bewirtschaftung eines Wassereinzugsgebietes in den semi-ariden Tropen Südindiens dargestellt ist.

Tab. 4: Wahrscheinlichkeitsmodell für Niederschlags erwartetung und betriebliche Entscheidung für Regen- und Bewässerungsfeldbau



Quelle: ENGELHARDT, 1984; verändert

Der gesamte Entscheidungszeitraum gliedert sich in drei Stufen:

Auf der ersten Stufe sind Entscheidungen zu treffen, ob Investitionen zur verstärkten Grundwasserbewirtschaftung, in diesem Falle der Bau von Versickerungsbecken zur besseren Rückführung des ablaufenden Oberflächenwassers an das Grundwasser, getätigt werden sollen. Die nötige Entscheidung und die Realisation der Entscheidung muß vor der Anbausaison durchgeführt werden.

Mit einer vom entscheidenden Landwirt zu schätzenden Wahrscheinlichkeit p fällt die darauffolgende Monsunzeit (Kharif-Season) »naß« oder »trocken« aus. Gemäß dieser Einschätzung werden die Entscheidungen über anzubauende Kulturen, Anbauintensität und Wasserverteilung in der Monsunzeit getroffen (Stufe 2). Ebenso wird aufgrund der subjektiven Einschätzung der Landwirte über die Höhe der Niederschläge in der Nachmonsunzeit (Rabi-Season) die Entscheidung über die dann anzubauenden Kulturen, die Anbauintensität und Wasserverteilung gefällt (Stufe 3). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer bestimmten Nieder-

schlagsmenge in der Nachmonsunzeit ist nicht unabhängig von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer bestimmten Niederschlagsmenge in der Hauptmonsunzeit.

Abgegrenzt nach ökologischen und ökonomischen Kriterien wird ein Kharif als trocken bezeichnet, wenn in der Zeit zwischen Juni und November weniger als 500 mm Niederschlag fallen; ein Rabi als trocken bezeichnet, wenn zwischen Oktober und November weniger als 100 mm Niederschlag fallen.

Tab. 5: Einfluß von Brunnenbewässerung auf Anbauorganisation und Einkommen im Wassereinzugsgebiet (2000 ha, Südindien, 1984)

Brunnendichte/100 ha	0	5	10	15
Flächenerlös Rs ¹ /ha	193	437	572	711
Anbauorganisation (% der Gesamtfläche)				
Kharif: Regenfeldbau	100	82	69	57
Zusatzbewässerung	0	18	31	43
Bewässerung	0	0	0	0
Rabi: Zusatzbewässerung	0	9	9	10
Bewässerung	0	1	1	1
Arbeitskraft (AKT ² /ha)				
Kharif	29	45	56	67
Rabi	0	10	11	11
Geförderte Wassermenge (1000 m ³ /ha)				
Kharif	0	49	68	88
Rabi	0	116	122	129
Produktion (to/100 ha)				
Sorghum/Millet	872	706	587	467
Ölsaat	0	301	506	711
Naßreis	0	52	55	58
Weizen	0	158	166	175

1 1 DM = 0.25 Rs

2 AKT = Arbeitskrafttag

Quelle: ENGELHARDT, 1984

Als Bewässerungswasser dient mit Brunnen gefördertes Grundwasser. Die Menge des entnehmbaren und für Bewässerungszwecke nutzbaren Grundwassers richtet sich im wesentlichen nach der Verteilung der Niederschläge, der Versickerungsrate und des Anteils oberflächlich ablaufenden Wassers. Fällt die Monsun- und Nachmonsunzeit mit der Wahrscheinlichkeit p »trocken« aus, so steht für Zusatzbewässerung weniger Grundwasser zur Verfügung, insbesondere dann, wenn die Anzahl der Förderbrunnen begrenzt ist, wengleich der potentielle Bedarf an Bewässerungswasser höher ist.

Für die Ausdehnung der Bewässerungs- und Zusatzbewässerungsfläche stellt somit die Anzahl der zur Verfügung stehenden Brunnen, als auch das verfügbare Grundwasser, die Begrenzung dar. Für ein Wassereinzugsgebiet von 2000 ha und der bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung der Niederschläge werden optimale Anbaupläne mit den zugehörigen Flächenerlösen für unterschiedliche Brunnendichten entwickelt und der Einfluß von Maßnahmen zur Förderung der Neubildung von Grundwasser und der damit verbundenen erhöhten Förderleistung auf die Betriebsorganisation und Flächenerlös geprüft. Die Ergebnisse der Ausdehnung der Bewässerungsmöglichkeiten auf die Anbauorganisation und Betriebseinkommen sind in der Tab. 5 dargestellt.

Verglichen mit ausschließlichem Regenfeldbau zeigt sich, je nach Brunnendichte und damit stark zunehmender Bewässerungsmöglichkeit, eine starke Steigerung des Flächenerlöses ebenso wie eine stärkere Auslastung von Arbeitskräften. Das meiste Bewässerungswasser wird in der Kharif-Zeit als Zusatzbewässerung für Weizenproduktion verwendet. Nur eine relativ kleine Fläche Naßreis wird mit Brunnenwasser in der Nachmonsunzeit voll bewässert.

3.3 Anwendung stochastischer Betriebsmodelle in der Impact Analyse technischer Neuerungen

Die Entscheidung basiert hier auf der wahrscheinlichkeitsorientierten Interpretation der Verteilungen der Zielfunktions- und Aktivitätenwerte der Optimallösungen linearer Planungsmodelle. Im Anwendungsbeispiel werden in einem linearen Prozeßanalysemodell die Auswirkungen der Einführung von technischem Fortschritt auf den Lebensstandard traditionell wirtschaftender landwirtschaftlicher Betriebe untersucht, wobei traditionelle Betriebe (Tab. 6) vor allem durch Fruchtfolgesysteme mit Brache gekennzeichnet sind und fortschrittliche Systeme die Brache durch den Anbau von Leguminosen ersetzen.

Als multivariate Normalverteilungen sind im Modell Weizenkornenertrag, Gerstenkornenertrag, Weizenstrohertrag, Gerstenstrohertrag, Weizenkornpreis, Gerstenkornpreis, Schafpreis und die Trockenmasseproduktion auf Brachland und auf kommunaler Weide formuliert. Fünf aufeinanderfolgende Perioden sind im Modell rekursiv miteinander verknüpft, wobei die rekursive Verknüpfung über die Schafhaltung und Schafnutzung erfolgt. Die Zielfunktion maximiert das Familien- und Kapitaleinkommen.

Die Ergebnisse der Betriebsorganisation und die zugehörigen Erfolgsgrößen für die zukünftige Entwicklung lassen sich folgendermaßen interpretieren:

Ein Vergleich der Entwicklung des Einkommensniveaus und der Sicherheit, mit der das Einkommen erreicht wird, ermöglicht eine differenzierte Beurteilung der Wirkung der Einführung einer neuen Technologie. Im Anwendungsbeispiel führt eine Fortsetzung der bisherigen Praxis nicht zu einer Einkommenssteigerung, jedoch zu einem stabilen Einkommensniveau. Die Einführung einer verbesserten Fruchtfolge führt zu steigendem Einkommen, bedingt aber ein höheres Risiko, dieses zu erreichen. Mit dem technischen Fortschritt kann im Mittelwert ein Einkommen von ca. 75122 S.P. erzielt werden, es kann aber auch der Fall eintreten, daß in

einem Jahr das Einkommen bei Null liegt. Ohne den technischen Fortschritt kann im Mittelwert ein Einkommen von 36037 S.P. erzielt werden, es kann aber im ungünstigsten Fall lediglich auf 15000 S.P. fallen.

Tab. 6: Empirische Kennzahlen traditioneller Durchschnittsbetriebe Nord-Syriens

Kenngrößen	\bar{x}	s
Betriebsgröße (ha)	25.0	18.8
Anbaufläche Gerste (ha)	16.0	12.0
Permanente Familien-AK ¹	5.3	2.8
Gesamtertrag Gerste (kg/Betrieb)	7040.0	5328.0
Gesamtverkauf Gerste (kg/Betrieb)	3920.0	2612.0
Gesamternte Stroh (kg/Betrieb)	1352.0	2548.0
Gesamtverkauf Stroh (kg/Betrieb)	0.0	-
Schafbestand (Stück)	26.0	25.0
Schafe, verkauft (Stück)	2.6	1.8
Schafe, zugekauft (Stück)	0.0	-
Lämmerbestand (Stück)	10.8	2.5
Familieneinkommen (S.P. ² /Jahr)	16289.0	14347.0
Familieneinkommen (S.P./AK)	2761.0	2183.0
Familieneinkommen/ha	1037.0	1038.0

1 AK = Arbeitskraft 2 S.P. = Syrische Pfund, 1 DM = 18 S.P. (1986)

Quelle: DOPPLER und MÄRZ, 1989

In den Tropen und Subtropen spielen Einkommensgrenzen zur Sicherung, daß Familien nicht unter das Existenzminimum absinken, eine zentrale Rolle. Die Errechnung von Wahrscheinlichkeiten soll Angaben darüber ermöglichen, in wie vielen Jahren das Einkommen einen bestimmten Wert (z.B. Existenzminimum) unterschreitet. Für das Anwendungsbeispiel sind die Wahrscheinlichkeiten (in %), daß das Familieneinkommen unter das Existenzminimum von 20000 S.P. pro Jahr und Familie fällt, in Tab. 7 dargestellt.

Vor der Einführung einer Neuerung steht die Frage nach dem Potential, das ein Betrieb für diese Neuerung besitzt. Zur Abschätzung des betrieblichen Entwicklungspotentials bei der Einführung technischer Fortschritte werden Wahrscheinlichkeiten ermittelt, die angeben, in wie vielen Jahren das derzeitige betriebliche Durchschnittseinkommen überschritten wird. Im Anwendungsbeispiel liegt das Durchschnittseinkommen der Betriebe bei 50000 S.P.. Die Wahrscheinlichkeit (in %), daß dieses Einkommen in der Zukunft überschritten wird, zeigt für Betriebe mit traditioneller und verbesserter Fruchtfolge Tab. 8.

Tab. 7: Wahrscheinlichkeiten (in %) daß das Familieneinkommen unter das Existenzminimum fällt für landwirtschaftliche Betriebe mit traditioneller und verbesserter Fruchtfolge

Jahr	traditionelle Fruchtfolge	verbesserte Fruchtfolge
1	0.4	4.7
2	1.8	6.9
3	1.1	5.1
4	4.1	3.2
5	7.8	1.4

Quelle: Autor

Tab. 8: Wahrscheinlichkeiten (in %) daß das regionale Durchschnittseinkommen von landwirtschaftlichen Betrieben mit traditioneller und verbesserter Fruchtfolge überschritten wird

Jahr	traditionelle Fruchtfolge	verbesserte Fruchtfolge
1	22.4	70.5
2	11.2	74.9
3	16.1	84.1
4	14.2	89.1
5	7.3	93.4

Quelle: Autor

Im Zeitablauf kann also damit gerechnet werden, daß in ca. 7 – 9 von 10 Jahren das derzeitige betriebliche Durchschnittseinkommen der Region in Betrieben mit Übernahme der verbesserten Fruchtfolge überschritten wird. In Betrieben, die bei der traditionellen Fruchtfolge bleiben, wird dies nur in 1 – 2 Jahren erreicht. Zur Entwicklungsrelevanz des technischen Fortschrittes ist die Aussage wesentlich, nach der im Zeitablauf von 5 Jahren das derzeitige betriebliche Durchschnittseinkommen von 70 – 90% der Betriebe mit verbesserter Fruchtfolge überschritten wird, während dies nur von 5 – 10% der Betriebe mit traditioneller Fruchtfolge erreicht wird.

Die Anwendung statistischer Testverfahren kann diese Wahrscheinlichkeitsaussagen untermauern. Mittelwerte von Ergebnisparametern bei zwei alternativen Betriebsorganisationen (z.B. Familieneinkommen bei traditioneller und verbesserter Fruchtfolge) werden mit t-Tests verglichen. Man untersucht, ob die Einführung einer verbesserten Fruchtfolge zu einer a-prozentigen Erhöhung des Familieneinkommens führt. Der Übergang von traditioneller zu verbesserter Fruchtfolge bewirkt eine zum Niveau $p = 0.90$ signifikante Erhöhung des Familieneinkommens von mind. 20% im ersten und von mind. 80% im dritten Jahr.

Ein Vergleich von Varianz- und Kovarianzmatrizen von Aktivitätenwerten kann für die Interpretation der Ergebnisse stochastischer Betriebsmodelle von besonderer Bedeutung sein. Transformiert in Korrelationsmatrizen können diese den Grad der Abhängigkeit einzelner Betriebszweige voneinander anzeigen. Im Anwendungsbeispiel wird untersucht, ob durch die Einführung der verbesserten Fruchtfolge die Abhängigkeit der Schafhaltung von der Pflanzenproduktion erhöht wird. Dies erfolgt mit Hilfe kanonischer Korrelationen. Es zeigt sich, daß durch die Einführung der verbesserten Fruchtfolge die gegenseitige Abhängigkeit von Pflanzen- und Tierproduktionen erhöht ($r_{\text{can., traditionell}} = 0.39$ und $r_{\text{can., verbessert}} = 0.92$) und damit die Integration wesentlicher Betriebszweige verstärkt wird.

4 Bewertung und Anwendbarkeit der vorgestellten Ansätze

In diesem Beitrag wurden drei Ansätze zur Behandlung von Risiko in der Agrarplanung beispielhaft vorgestellt. Diese Ansätze sind z.T. recht unterschiedlich in ihrem Datenbedarf, der Komplexität der Methodik und dem Interpretationspotential der Ergebnisse. Entsprechend unterschiedlich sind ihre Anwendungsgebiete:

Die Anwendung des Bernoulli-Prinzips stellt eine Erweiterung herkömmlicher Verfahrensvergleiche dar. Subjektive Schätzgrößen, die das Risiko der Anwendung einzelner Verfahren widerspiegeln, werden in die Kalkulation integriert und erweitern so die Interpretationsmöglichkeiten der Ergebnisse, ohne gleichzeitig die Anforderungen an die Datenbasis und Methodik wesentlich zu erhöhen.

Besonders für die Bewertung der Akzeptanz neuer Produktionstechniken oder auch partieller Politiken (z.B. Auswirkungen von Preisänderungen auf die Nachfrage) ist die Berücksichtigung persönlicher Risikoeinschätzungen bei Zielgruppen von besonderer Relevanz. Wie das Anwendungsbeispiel zeigt, liegen realen Entscheidungssituationen oftmals subjektive Einschätzungen zugrunde. Diese nicht zu berücksichtigen, kann eine krasse Fehleinschätzung von Entwicklungen zur Folge haben. Neben Anwendungen im Pflanzenschutz trifft dies auch für Maßnahmen im Düngungs- und veterinärmedizinischen Bereich zu. Die Schwächen dieses Ansatzes liegen in der partial-analytischen Betrachtungsweise. Auswirkungen auf den Gesamtbetrieb werden nicht berücksichtigt.

Planungsmodelle vermeiden diesen Nachteil. Stochastische Modelle beziehen zusätzlich Eintreffwahrscheinlichkeiten für bestimmte Parameter der Planungsmatrizen mit ein.

Diskret stochastische Modelle leiten sich aus dem in der Entscheidungslehre bekannten Entscheidungsbaumverfahren ab (HANF, 1986). Neben dem relativ hohen Datenbedarf für die Formulierung deterministischer Planungsmodelle besteht zusätzlich die Notwendigkeit, Wahrscheinlichkeiten für das Eintreffen bestimmter Ereignisse zu schätzen. Das Ergebnis der Modellrechnung ist deterministisch. Damit geht ein wesentliches Potential, das durch die Einbeziehung der Wahrscheinlichkeiten in die Planungsrechnung aufgebaut wurde, wieder verloren. Ähnliches gilt für die Nichtberücksichtigung von Interdependenzen, wie sie zwischen

Verfahren bestehen können. Im Anwendungsbeispiel werden die Zielfunktionswerte mit Wahrscheinlichkeiten gewichtet, die dann für alle Werte innerhalb einer Zeitperiode gelten.

In der Realität der Betriebe sind jedoch vielfältigere Prozeßaktivitäten möglich (z.B. Sorghum im Regenfeldbau, Reis im Bewässerungsfeldbau und Milchkuhhaltung). Die aus den Niederschlagsverteilungen abgeleiteten diskreten Wahrscheinlichkeiten können in den einzelnen Zuständen für verschiedene Prozeßaktivitäten unterschiedliches Gewicht haben (Dies ist dann der Fall, wenn der Zusammenhang zwischen Niederschlag und Naturalertrag bei Reis anders ist als der bei Sorghum). Mangelnde Möglichkeiten der Quantifizierung solcher Zusammenhänge führt bei der praktischen Anwendung zur Verwendung von gleichen Wahrscheinlichkeiten für alle Prozeßaktivitäten eines Zustandes. Dadurch lassen sich die Planungsergebnisse lediglich als grobe Näherungswerte der Realität interpretieren.

Stochastische Modelle berücksichtigen kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Parametern. Damit ist es möglich, zur Interpretation der Ergebnisse Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie und statistische Testverfahren anzuwenden.

Die Qualität und Zuverlässigkeit der Planungsergebnisse wird bei diesem Ansatz bestimmt von der Qualität und Zuverlässigkeit der Planungsdaten. Da die stochastische Information in Form von multivariaten Verteilungen in den Planungsmodellen verwendet wird, stehen Schwierigkeiten bei der Schätzung, Ableitung und Simulation der Verteilungen im Vordergrund (MÄRZ, 1987). Für wichtige Betriebsparameter stehen oftmals keine langjährigen Zeitreihen zur Verfügung, die die präzise und zuverlässige Ableitung der zugrunde liegenden Verteilungen zuließen. Es wird dann auf Hilfsverfahren zurückgegriffen, die auf der Annahme der multivariaten Normalverteilung beruhen (ANDERSON, 1974; MÄRZ, 1987).

Die geschätzten Verteilungen müssen in einem weiteren Schritt simuliert werden und Zufallswerte aus diesem n-dimensionalen Raum gezogen werden. Für diesen Schritt stehen zwar in Abhängigkeit der spezifischen Verteilung Verfahren zur Verfügung; – die Güte der so erzeugten Zufallszahlen ist abhängig vom verwendeten Simulations-Algorithmus und die Güte der nachgebildeten Verteilung von der Anzahl der Zufallsziehungen. Zum Einlesen und Generieren der Wahrscheinlichkeitsverteilungen ebenso wie zur Speicherung der Modellergebnisse müssen separate Computer-Routinen geschrieben werden. Dieser methodische Aufwand in der Anwendung stochastischer Modellrechnungen ist durch die wesentliche Erweiterung der Interpretationsmöglichkeiten von Betriebsplanungen grundsätzlich zu rechtfertigen. Voraussetzung der sinnvollen Anwendung ist jedoch eine verlässliche Datenbasis und Fragestellungen, die die Anwendung stochastischer Modelle notwendig machen. Dies trifft auf Fragen der Einführung neuer Technologien in Kleinbetrieben zu.

Auch wenn die Zuverlässigkeit von Informationen, die die Anwendung stochastischer Betriebsmodelle ermöglicht in der Regel gering ist, sind die Modellergebnisse dieses Ansatzes realitätsnäher, als deterministische und diskretstochastische Modelle.

5 Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden neuere Methoden der Behandlung von Risiko in der Agrarplanung der Tropen und Subtropen vorgestellt und in Hinblick auf ihre Anwendbarkeit und praktische Einsatzmöglichkeiten verglichen: Das Bernoulli-Prinzip in der Bewertung von Pflanzenschutzstrategien; die diskret stochastische Programmierung in einer Untersuchung zur optimalen Grundwasserbewirtschaftung und die stochastische Programmierung in der Analyse der Beeinflussung des gesamtbetrieblichen Risikos von Kleinbetrieben durch die Einführung technischer Neuerungen.

Das Bernoulli-Prinzip stellt eine Erweiterung herkömmlicher Verfahrensvergleiche dar. Subjektive Schätzgrößen, die das Risiko der Anwendung einzelner Verfahren widerspiegeln, werden in die Kalkulation integriert und erweitern so die Interpretationsmöglichkeiten der Ergebnisse, ohne gleichzeitig die Anforderungen an die Datenbasis und Methodik wesentlich zu erhöhen.

Diskret stochastische Modelle leiten sich aus Entscheidungsbaumverfahren ab. Der Datenbedarf für die Formulierung der Modelle ist hoch; Wahrscheinlichkeiten für das Eintreffen bestimmter Ereignisse sind zu schätzen. Das Ergebnis der Modellrechnung ist deterministisch. Damit geht für die Interpretation der Ergebnisse ein wesentliches Potential, das durch die Einbeziehung der Wahrscheinlichkeiten in die Planungsrechnung aufgebaut wurde, wieder verloren. Ähnliches gilt für die Nichtberücksichtigung von Interdependenzen, wie sie zwischen Verfahren bestehen können.

Stochastische Modelle berücksichtigen kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilung von Parametern. Damit ist es möglich, zur Interpretation der Ergebnisse Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie und statistische Testverfahren anzuwenden. Die Qualität und Zuverlässigkeit der Planungsergebnisse wird bestimmt von der Zuverlässigkeit der Planungsdaten. Da die stochastische Information in Form von multivariaten Verteilungen in den Modellen verwendet wird, stehen Schwierigkeiten bei der Schätzung, Ableitung und Simulation der Verteilungen im Vordergrund. Voraussetzung der sinnvollen Anwendung ist eine verlässliche Datenbasis und Fragenstellungen, die die Anwendung stochastischer Modelle notwendig machen. Dies trifft auf Fragen der Einführung neuer Technologien in Kleinbetrieben zu.

Abstract

This contribution concentrates on recent developments in agricultural planning methods for the tropics and subtropics with special reference to the risk aspect. The application of Bernoulli's principle, discrete stochastic and stochastic programming methods are discussed in detail and compared to each other with respect to their practical use.

The shown examples refer to the evaluation of plant protection strategies in the case of Bernoulli's principle, to the optimization of groundwater utilization in the case of discrete stochastic models and to an impact analysis of innovations on traditional small farms in the case of stochastic programming.

Bernoulli's principle can be regarded as an extension of common gross margin calculations. Specific risk parameters are integrated in the calculations and allow a more profound interpretation of the results without demanding for an extensive data base.

Discrete stochastic models can be seen as programming formulations of decision trees. For estimating such models, a highly qualified data base must be available, especially since discrete probability distributions for certain events have to be estimated. The results of the model calculations are deterministic. The advantage for interpreting the results, gained by using stochastic information in the model formulation is not fully used. Interrelationships between activities, as they frequently occur, cannot be considered.

Stochastic models use continuous distributions of model parameters. The results of the models can be interpreted by using probability theory and statistical tests. The quality and reliability of the results are determined by the stochastic information which is used in the models as multivariate distributions. Problems in estimating, derivation and simulation of distributions occur frequently. A basic precondition for using such sophisticated methods is therefore reliable planning information and questions which demand the application of such models. This is especially the case, when new techniques should be introduced to traditional farming systems and which will also change the farms' organization.

Literatur

1. ANDERSON, J.R., 1974: Sparse Data, Estimational Reliability and Risk Efficient Decisions. *Am. J. Agric. Econ.* 56/3, 564 – 572
2. BINSWANGER, H.P., 1980: Attitudes towards Risk: Experimental Measurements in Rural India. *Am. J. Agric. Econ.* 62, 395 – 407
3. CARLSON, G.A., 1970: A Decision Theoretic Approach to Crop Disease Prediction and Control. *Am. J. Agric. Econ.* 52, 216 – 223
4. DILLON, J., P.C. SCANDIZZO, 1978: Risk Attitudes of Subsistence Farmers in Northeast Brazil. A Sampling Approach. *Am. J. Agric. Econ.* 60, 425 – 435
5. DOPPLER, W., U. MÄRZ, 1989: Die Behandlung von Verteilungen in stochastischen Methoden der Betriebsplanung. Schriftenreihe der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftendes Landbaues, Bd. 25, 353 – 362
6. DOPPLER, W., H. PAG, J. THEUNISSEN, R. THIEL, H. STEINWANDTER, 1986: Förderung des Pflanzenschutzdienstes auf den Philippinen. Studie, Eschborn
7. ENGELHARDT, T., 1984: Economics of Traditional Smallholder Irrigation Systems in the Semi-arid Tropics of South India. Dissertation, Univ. Hohenheim
8. HANF, C.H., 1986: Entscheidungslehre, Oldenbourg Verlag, München
9. HANF, E., 1969: Über Entscheidungsregeln bei Unsicherheit. Dissertation, Univ. Hohenheim
10. MÄRZ, U., 1987: Methods to Simulate Distributions of Crop Yields based on Farmer Interviews. ICARDA – 117 En.

11. MÄRZ, U., 1990: Farm Classification and Impact Analysis of Mixed Farming Systems in Northern Syria. Vauk Verlag, Kiel
12. RAE, A.E., 1971a: Stochastic Programming, Utility and Sequential Decision Problems in Farm Management. Am. J. Agric. Econ. 53/3, 448 – 460
13. RAE, A.E., 1971b: An Empirical Application and Evaluation of Discrete Stochastic Programming in Farm Management. Am. J. Agric. Econ. 53/4, 625 – 638
14. SCHIEFER, G., 1981: LP-Modelle für alternative Entscheidungsregeln in Risikosituationen. Arbeitsbericht 81/2, Inst. f. landw. Betriebs- und Arbeitslehre, Univ. Kiel
15. SCHNEEWEISS, H., 1966: Entscheidungskriterien bei Risiko. Springer Verlag, Berlin
16. TINTNER, G., 1960: A Note on Stochastic Linear Programming. Econometrica 28/2, 490 – 495
17. WAIBEL, H., 1983: Die Ökonomik des chemischen Pflanzenschutzes im bewässerten Reisanbau der Philippinen. Dissertation, Univ. Hohenheim