



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

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

*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.

Mohn, R.: Ergebnisse einer Prognose über technische Fortschritte in der
Landwirtschaft nach dem Delphi-Verfahren. In: Weinschenck, G.: Die zukünftige
Entwicklung der europäischen Landwirtschaft – Prognosen und Denkmodelle. Schriften der
Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 10,
Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1973), S. 89-100.

ERGEBNISSE EINER PROGNOSE ÜBER TECHNISCHE FORTSCHRITTE IN DER LANDWIRTSCHAFT NACH DEM DELPHI-VERFAHREN

von

Dipl.-Landw. R. M o h n , Stuttgart-Hohenheim

1	Einleitung	89
2	Die Delphi-Methode	90
3	Gegenstand und Gang der Untersuchung	90
4	Auswertungskriterien	91
5	Ergebnisse der Untersuchung	93
5.1	Zukünftige mögliche Energiearten und Kraftmaschinen in der Feldwirtschaft	93
5.2	Technische Fortschritte bei der Bodenbearbeitung, Bestellung und Pflege	93
5.3	Technische Fortschritte in der Kultur und Erntetechnik von Getreide und Hackfrüchten	96
5.4	Zukünftiger Arbeitsbedarf von Produktionsverfahren	98
6	Zusammenfassung	100

1 Einleitung

Für langfristige Voraussagen besteht eine Notwendigkeit, die sich aus der Tatsache ergibt, daß auch in der fernerer Zukunft liegende Ereignisse für heutige Entscheidungen wichtig sind. Statistische Methoden der Zukunftsvoraussage gehen von der Annahme aus, daß der Ursachenkomplex, der die Vergangenheit beeinflusste, in gleicher Weise auch in der Zukunft fortwirkt. Mit zunehmender Langfristigkeit der Betrachtungsweise ist jedoch mit Faktoren zu rechnen, die außerhalb der statistisch erfaßbaren Sphäre liegen (8). Das System kann nicht mehr als stabil betrachtet werden, sondern es muß mit dem Auftreten neuer qualitativer Sprünge gerechnet werden.

Die Delphi-Methode beruht auf der systematischen Ausnutzung von Expertenkenntnissen zur Voraussage bestimmter künftiger Entwicklungen. Dieses Prinzip ist keinesfalls neu, es sei hier nur an die Verwendung von Expertisen einzelner Fachleute erinnert. Die Delphi-Methode, die zu den sogenannten intuitiven Prognosemethoden zählt, versucht durch explizite Verwendung von Expertenurteilen, in denen die Intuition, Erfahrung und Sachinformation der Fachleute zusammenfließen, neue Ereignisse vorauszusagen und Informationen über die Zukunft zu beschaffen (2).

2 Die Delphi-Methode

Bei der Delphi-Methode, erstmals beschrieben 1959 (4) und in einer größeren Studie angewandt 1966 von HELMER (5), wird der Versuch unternommen, durch mehrere aufeinanderfolgende Umfragen zu einem Thema eine Konvergenz der Meinungen der beteiligten Fachleute herbeizuführen. Zur Ausschaltung unerwünschter soziopsychologischer Einflüsse der Gruppenarbeit wird die Untersuchung mit Hilfe von Fragebogen durchgeführt. Dadurch finden zwischen den einzelnen Experten keine direkten persönlichen Kontakte oder Konfrontationen und somit keine direkten Beeinflussungen statt.

Die positiven Konsequenzen einer Gruppenleistung können mit Hilfe der sukzessiven schriftlichen Befragung und Rückinformation der Zwischenergebnisse ausgenutzt werden. Auf diese Weise ist man gleichzeitig in die Lage versetzt, ohne nachteilige Auswirkungen von örtlicher Distanz und Terminproblemen, einen größeren Expertenkreis mit einbeziehen zu können.

Es werden jeweils die Ergebnisse der vorhergehenden Umfrage und teilweise die Argumente, insbesondere der extremen Meinungen den Teilnehmern als Information zur Verfügung gestellt. Diese Rückmeldung der Verteilung der Ergebnisse und der Argumente vor der nächsten Befragungsrunde dient zur Stimulierung weiteren Nachdenkens. Nach mehreren Runden, wenn die Experten entweder eine weitgehende Übereinstimmung in ihren individuellen Prognosen erreicht haben, oder nicht mehr bereit sind, ihre eigenen Prognosen zu ändern, liegt als Ergebnis das Gruppenurteil einschließlich der Streubreite der Einzelaussagen über das Prognosefeld vor.

Grundsätzlich läßt sich die Delphi-Methode aufgrund ihrer Flexibilität zur Lösung verschiedenartigster Prognoseprobleme einsetzen (9). Bisher liegen vor allem Untersuchungen und Anwendungen auf militärischen, technischen und gesamtwirtschaftlichen Gebieten vor. In letzter Zeit wird die Delphi-Methode auch von Großunternehmen zur Vorhersage der zukünftigen Geschäftsentwicklung und zur Lösung von Problemen im Forschungs- und Entwicklungsbereich eingesetzt.

In bisher durchgeführten Untersuchungen zeigte es sich, daß die mit Hilfe der Delphi-Methode gewonnenen Voraussagen von verschiedenen Expertengruppen konsistent sind (1, 7). Die Überprüfung der Voraussagen an Hand der Realität ist in vielen Fällen jedoch bisher dadurch begrenzt, daß sich der Untersuchungszeitraum sehr weit in die Zukunft erstreckt.

3 Gegenstand und Gang der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung 1) soll Informationen über die zukünftige Entwicklung des mechanisch-technischen Fortschritts in der Landwirtschaft erbringen. Es wird der Zeitraum bis zum Jahre 2000 und danach erfaßt. Dabei sollen sowohl die Entwicklungen bestimmter ausgewählter Leistungsgrößen als auch neue Ereignisse und deren Realisierung vorhergesagt werden.

Der ersten Delphi-Fragebogenrunde ging eine Diskussion mit einer kleinen Anzahl ausgewählter Experten verschiedener Fachgebiete voraus. Das Ergebnis bildete die Grundlage zur Formulierung des Fragebogens für die erste Delphi-Runde.

Der Gesamtfragebogen besteht aus den folgenden acht verschiedenen Fragekomplexen:

-
- 1) Ausführliche Darstellung der Problematik und der Ergebnisse in: MOHN, R.: Die Prognose technischer Fortschritte in der Landwirtschaft. Ergebnisse einer Expertenbefragung mit Hilfe der Delphi-Methode. Abteilung Planung der landwirtschaftlichen Produktion, Hohenheim 1972. Zur Veröffentlichung vorgesehenes Manuskript.

Zukünftig mögliche Energiearten und Kraftmaschinen in der Feldwirtschaft
Technische Fortschritte bei der Bodenbearbeitung, Bestellung und Pflege
Technische Fortschritte in der Körnerfruchternte
Technische Fortschritte in der Kartoffelernte
Technische Fortschritte in der Zuckerrübenernte
Technische Fortschritte in der Rauhfutterbereitung-Konservierung, Lagerung
Technische Fortschritte in der Milchkuhhaltung
Zukünftiger Arbeitsbedarf der Hauptproduktionsverfahren.

Den Experten wurden sowohl konkrete Fragen über Leistungszahlen von Arbeitsverfahren zu verschiedenen zukünftigen Zeitpunkten vorgelegt, als auch Fragen nach dem Zeitpunkt der Realisierung von sich heute schon abzeichnenden technischen Fortschritten. Daneben wurden die Experten gebeten, neue bedeutende Ereignisse aufzuführen, die sie für denkbar und möglich halten.

In den durchgeführten zwei Befragungsrunden beteiligten sich 110 bzw. 87 Experten aus Institutionen der landtechnischen Forschung und von Landmaschinenfirmen aus Europa und Übersee.

In Runde 2 erhielten alle 110 Experten neben dem neuen Fragebogen eine Kopie ihrer ersten Schätzung und die Gesamtergebnisse des Gruppenurteils von Runde 1. Das Ergebnis wurde für die einzelnen Ereignisse in Form der Anzahl positiver Urteile und bei den quantitativen Merkmalen in Form des Mittelwertes und des Streubereiches der Erwartung aller Experten mitgeteilt. In der ersten Runde wurde nach dem Zeitpunkt der potentiellen Realisierbarkeit der technischen Fortschritte gefragt. Diese Definition wurde in der zweiten Runde neu definiert und differenziert in:

1. Zeitpunkt der technischen Realisierbarkeit, d.h. der Zeitpunkt der Verfügbarkeit einer technisch sinnvollen Lösung.
2. Zeitpunkt der praktischen Realisierung, d.h. der Zeitpunkt der Verfügbarkeit auf dem Markt.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Experten eher bereit waren, ein Urteil über den Zeitpunkt der technischen Realisierbarkeit, als über den der praktischen Realisierung abzugeben.

In beiden Runden wurden von den Experten neue Vorschläge gemacht und eine Vielzahl von Bemerkungen und Anregungen abgegeben.

Die Ergebnisse aus dem zweiten Durchgang zeigen insgesamt deutlich eine Konzentration zum Mittelwert der Antworten aus der ersten Runde und eine geringere Streuung der Erwartungswerte.

4 Auswertungskriterien

Die Delphi-Studie weist Informationen über qualitative und quantitative Merkmale auf. Bei den qualitativen Merkmalen wird die subjektive Überzeugung der Experten über die Chance der Realisierung eines Ereignisses in Form ihrer positiven und negativen Urteile gegenübergestellt. Das Verhältnis der Anzahl von positiven Urteilen zur Gesamtzahl der Expertenurteile wird zur Charakterisierung der Wahrscheinlichkeit der Realisierung des Ereignisses benutzt. Als Zeitpunkt der Realisierung eines Ereignisses wird aus der zeitlichen Verteilung der positiven Urteile der Punkt unterstellt, zu dem 75 v.H. aller positiven Urteile erreicht sind. Aus der Form der Verteilung und dem Vergleich der zeitlichen Streuung der positiven Urteile aus beiden Runden wird das Ausmaß und die Veränderung der Übereinstimmung der Experten in bezug auf ein bestimmtes Ereignis abgeleitet.

Das Gruppenurteil der Experten über die quantitativen Merkmale wird in Form des arithmetischen Mittelwertes und der Standardabweichung der Expertenerwartungen dargestellt. Durch

Übersicht 1: Die Erwartungen der Experten von Runde 2 über Wahrscheinlichkeit und Zeitpunkt der Realisierung einiger Ereignisse

Kraftquellen in der Feldwirtschaft	Im Teilbereich anwendbar			Allgemein anwendbar		
	Zahl der Antworten	Wahrscheinlichkeit 1) d. Realisierung	Zeitpunkt 2) der techn. Realisierbarkeit	Zahl der Antworten	Wahrscheinlichkeit 1) d. Realisierung	Zeitpunkt 2) der techn. Realisierbarkeit
Wankelmotor	48	0,96	bis 1980	53	0,91	zw. 1980 u. 1990
Gasmotor	40	0,90	zw. 1980 u. 1990	51	0,74	bis 1990
Turbinenriebwerke	66	0,98	zw. 1980 u. 1990	50	0,85	um 1990
Elektroenergie	69	0,98	bis 1990	46	0,88	zw. 1990 u. 2000
Brennstoffzellen	52	0,98	zw. 1990 u. 2000	50	0,94	um 2000

1) Anteil der positiven Urteile an der Summe der positiven und negativen Urteile über das Ereignis.

2) 75 v. H. der positiven Urteile erwarten eine Realisierung des Ereignisses spätestens bis zu diesem Zeitpunkt.

Übersicht 2: Die Erwartungen der Experten von Runde 2 über die Anzahl der bis zur Ertreife verschiedener Kulturen notwendigen Arbeitsgänge (Technische Realisierbarkeit)

Zeitabschnitt	Getreide				Zuckerrüben				Kartoffel					
	Anzahl d. Antworten insgesamt	davon entfallen auf 1 2 3 Arbeitsgänge in v. H.			Anzahl d. Antworten insgesamt	davon entfallen auf 1 2 3 4 Arbeitsgänge in v. H.				Anzahl d. Antworten insgesamt	davon entfallen auf 1 2 3 4 Arbeitsgänge in v. H.			
bis 1980	77	16	58	26	75	4	24	56	16	73	5	21	59	15
bis 1990	75	52	45	3	73	8	58	33	1	72	11	54	32	3
bis 2000	72	72	28	0	72	25	69	6	0	70	27	63	10	0
nach 2000	70	89	11	0	69	51	46	3	0	68	51	46	3	0

Vergleich der Variationskoeffizienten verschiedener Runden kann die Veränderung der Übereinstimmung der Experten festgestellt werden.

5 Ergebnisse der Untersuchung

5.1 Zukünftig mögliche Energiearten und Kraftmaschinen in der Feldwirtschaft

An diesem Teilgebiet arbeiteten 100 und in der zweiten Runde 79 Experten mit, wobei in der zweiten Runde relativ mehr Urteile zu den einzelnen Ereignissen abgegeben wurden. Insgesamt wurden die Realisierungschancen 17 verschiedener Ereignisse untersucht, davon sind 13 Ereignisse von den Experten im Verlauf der ersten Runde vorgeschlagen worden.

Eine Auswahl der Ereignisse, deren Realisierung vor dem Jahr 2000 erwartet wird, ist in der Übersicht 1 zusammengestellt.

Neben den dort aufgeführten Ereignissen werden für weitere Energiearten, zumindest in Teilbereichen der Feldwirtschaft, hohe Realisierungschancen erwartet. Der Realisierungszeitpunkt liegt jedoch erst nach dem Jahr 2000. Dazu gehört die Verwendung von Sonnenenergie und Kernenergie, die Anwendung biologischer Kraftquellen und die Energie aus Feldrückständen.

Aus den Urteilen der Experten geht hervor, daß in dem Zeitraum bis zum Jahr 1990 Wankelmotoren, Gasmotoren und Turbinenriebwerke als neue Kraftquellen in der Feldwirtschaft eingesetzt werden und die Verwendung von Elektroenergie und Energie aus Brennstoffzellen erwartet wird. An Hand von Funktions- und Leistungsmerkmalen der vorausgesagten Ereignisse kann der Einfluß auf mögliche Entwicklungen zukünftiger Feldmaschinen abgeleitet werden.

5.2 Technische Fortschritte bei der Bodenbearbeitung, Bestellung und Pflege

Die Fragen dieses Gebietes betreffen sowohl qualitative als auch quantitative Merkmale und wurden von 96 bzw. 78 Experten bearbeitet.

Die Zahl der erforderlichen Arbeitsgänge von der Bestellung (einschließlich) bis zur Erntereife von Getreide und Hackfrüchten wird sich nach den Urteilen der Experten in Zukunft weiter verringern. Die Mehrzahl der Experten der zweiten Runde erwartet bis zum Jahr 1990 bei Getreide noch einen Arbeitsgang und bei den Hackfrüchten noch zwei Arbeitsgänge bis zur Ernte.

Eine Anzahl der verschiedensten Expertenvorschläge aus der ersten Runde über neue Techniken wurde zusammengefaßt und in Runde 2 zur Beurteilung vorgelegt. Die wahrscheinlichsten Ereignisse sind in der Übersicht 3 zusammengestellt. Diese Verfahren geben unter anderem näheren Aufschluß darüber, auf welche Weise die Experten eine weitere Reduzierung von Arbeitsgängen erwarten. Es werden Verfahren mit vollständigem Verzicht auf Bodenbearbeitung erwartet. Hauptsächlich sind dies Verfahren mit Elementen der Minimal-Bodenbearbeitung und die Substitution von Arbeitsgängen durch chemische und biologische Methoden. Besonders hervorzuheben ist die starke Beteiligung und die hohe Realisierungswahrscheinlichkeit bei der Frage über die Verwendung von automatischen, durch spezielle Leitsysteme gelenkten, Arbeitsgeräten zur Kultur von Feldfrüchten aller Art.

Um Informationen über die zukünftige Entwicklung der Arbeitsbreiten und Fahrgeschwindigkeit beim Pflügen zu erhalten, wurden den Experten entsprechende Fragen vorgelegt. Auch bei den von den Experten vorgeschlagenen neuen Arbeitsprinzipien von Bodenbearbeitungsgeräten mit rotierenden und schwingenden Werkzeugen, sowie von Geräten, die mit Hilfe von Schwingungen arbeiten, liegen Schätzungen über die zukünftige Leistung vor. Die Ergebnisse sind in der Übersicht 4 zusammengestellt.

Die Experten erwarten von Jahrzehnt zu Jahrzehnt eine Erhöhung der Breite und Geschwindigkeit bei der Pflugarbeit um etwa 15 v.H.. Das bedeutet, daß die theoretische Flächenleistung

Übersicht 3: Die Erwartungen der Experten von Runde 2 über Wahrscheinlichkeit und Zeitpunkt der Realisierung neuer Verfahren bei der Bodenbearbeitung und Pflege der Feldkulturen

Ereignis		Zahl d. Antworten	Wahrscheinlichkeit der Realisierung	Zeitpunkt der Realisierung
Realisierung von Verfahren mit flächenmäßig reduzierter Bodenbearbeitung	A	67	0,97	vor 1980
	B	32	1,00	bis 1985
Realisierung von Verfahren bei denen nicht in jeder Vegetationsperiode eine Bodenbearbeitung durchgeführt wird	A	68	0,96	zw. 1980 u. 1990
	B	30	0,97	zw. 1980 u. 1990
Realisierung von Verfahren bei denen die Pflege von Hackfrüchten überwiegend mit Hilfe von chemischen Methoden durchgeführt wird	A	63	0,90	zw. 1980 u. 1990
	B	24	1,00	zw. 1990 u. 2000
Realisierung von Verfahren bei denen die Pflege von Hackfrüchten überwiegend mit Hilfe von biologischen Methoden durchgeführt wird	A	54	0,78	nach 2000
	B	14	1,00	nach 2000
Verwendung von automatischen durch spezielle Leitsysteme gelenkte Arbeitsgeräte zur Kultur von Feldfrüchten aller Art	A	75	1,00	um 1990
	B	39	1,00	um 2000

A = Technische Realisierbarkeit
 B = Praktische Realisierung

Übersicht 4: Arithmetische Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) der Expertenerwartungen von Runde 2 über die in Zukunft mögliche Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und die davon abgeleitete theoretische Flächenleistung verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte. Technische Realisierbarkeit.

Leistungsmerkmal	Bodenbearbeitungsgerät	Zeitabschnitt			
		bis 1980 \bar{x} (s)	bis 1990 \bar{x} (s)	bis 2000 \bar{x} (s)	nach 2000 \bar{x} (s)
Arbeitsbreite (m)	Pflug	3,0 (1,0)	3,5 (0,8)	4,3 (1,4)	4,7 (1,4)
	rotierende Bodenbearbeitungsgeräte	4,3 (2,0)	5,6 (2,3)	6,9 (2,9)	7,9 (3,7)
	schwingende Bodenbearbeitungsgeräte	4,6 (2,0)	6,8 (6,0)	7,0 (2,8)	7,7 (3,2)
	Bodenbearbeitungsgeräte mit Schwingungen	4,1 (2,6)	5,1 (2,5)	6,0 (2,9)	9,4 (10,8)
Arbeitsgeschwindigkeit (km/h)	Pflug	8,9 (1,8)	10,6 (2,1)	12,5 (2,9)	13,6 (4,5)
	rotierende Bodenbearbeitungsgeräte	7,2 (2,6)	9,0 (3,2)	10,5 (3,8)	11,5 (4,5)
	schwingende Bodenbearbeitungsgeräte	7,6 (2,3)	9,3 (3,3)	10,3 (3,5)	12,4 (4,4)
	Bodenbearbeitungsgeräte mit Schwingungen	6,0 (3,4)	8,0 (2,9)	9,3 (3,6)	11,1 (5,2)
Theoret. Flächenleistung (ha/h)	Pflug	2,7 (1,4)	3,7 (1,2)	5,5 (2,5)	6,7 (4,2)
	rotierende Bodenbearbeitungsgeräte	3,2 (2,1)	5,3 (3,4)	7,8 (5,1)	9,6 (6,8)
	schwingende Bodenbearbeitungsgeräte	3,6 (2,2)	6,5 (5,6)	7,6 (5,2)	9,7 (4,6)
	Bodenbearbeitungsgeräte mit Schwingungen	2,6 (2,5)	4,0 (2,8)	6,8 (3,7)	8,3 (6,0)

in jeweils 10 Jahren um durchschnittlich 1/3 ansteigen wird. Die Erwartungen für die Werte der Definition der praktischen Realisierung liegen durchschnittlich zwischen 5 und 10 v.H. unter den Werten der technischen Realisierbarkeit.

Bei den drei verschiedenen Arbeitsprinzipien von Bodenbearbeitungsgeräten muß berücksichtigt werden, daß auf Grund einer ungleich geringeren Beteiligung von Experten, dem Arbeitsprinzip mit Schwingungen im Vergleich mit den rotierenden und schwingenden Werkzeugen, eine geringere Realisierungschance beigemessen wird.

Übersicht 5: Arithmetische Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) der Expertenerwartungen von Runde 2 über die in Zukunft mögliche Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und die daraus abgeleitete theoretische Flächenleistung verschiedener Erntemaschinen. Technische Realisierbarkeit.

Erntemaschine	Leistungsmerkmal	Zeitabschnitt			
		bis 1980 \bar{x} (s)	bis 1990 \bar{x} (s)	bis 2000 \bar{x} (s)	nach 2000 \bar{x} (s)
Mähdrescher	Arbeitsbreite (m)	6,2 (1,2)	7,6 (1,8)	8,8 (2,5)	9,6 (3,8)
	Arbeitsgeschwindigkeit (km/h)	7,7 (2,1)	9,5 (2,9)	11,1 (3,9)	12,8 (4,9)
	theoretische Flächenleistung (ha/h)	4,7 (1,7)	7,1 (3,0)	10,2 (5,3)	13,8(10,0)
Kartoffelerntemaschinen	Arbeitsbreite (m)	2,4 (0,7)	3,6 (4,0)	3,9 (1,2)	4,7 (1,9)
	Arbeitsgeschwindigkeit (km/h)	6,1 (5,6)	7,0 (2,2)	8,3 (2,7)	9,9 (4,2)
	theoretische Flächenleistung (ha/h)	1,4 (1,2)	2,7 (4,3)	3,4 (2,1)	5,1 (4,1)
Rübenerntemaschinen	Arbeitsbreite (m)	2,7 (0,9)	3,5 (1,0)	4,1 (0,9)	4,5 (0,7)
	Arbeitsgeschwindigkeit (km/h)	6,1 (1,4)	7,5 (1,6)	8,9 (2,0)	10,2 (3,0)
	theoretische Flächenleistung (ha/h)	1,7 (0,7)	2,6 (1,0)	3,7 (1,3)	4,9 (3,4)

Die theoretischen Flächenleistungen dieser drei Arbeitsprinzipien übertreffen mehr oder weniger stark die des Pfluges. Diese höhere Leistung ist durch eine größere Arbeitsbreite - sie liegt etwa eineinhalb mal so hoch wie beim Pflug - bei gleichzeitig geringeren Fahrgeschwindigkeiten bedingt. Bei der theoretischen Flächenleistung, die die maximale Flächenleistung eines Gerätes darstellt, gestattet erst die Kenntnis über die beim Einsatz auftretenden leistungsminimierenden Faktoren eine Aussage über die tatsächliche landwirtschaftliche Flächenleistung.

5.3 Technische Fortschritte in der Kultur und Emtetechnik von Getreide und Hackfrüchten

Sowohl bei Getreide als auch bei den Hackfrüchten erwarten die Experten für die Zukunft eine deutliche Steigerung der Leistungsfähigkeit der Erntemaschinen. Die theoretischen Flächenleistungen erhöhen sich nach diesen Erwartungen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt um durchschnittlich 40 bis 50 v. H.. Dabei werden vor allem für den Zeitabschnitt zwischen 1980 und 1990 bei den Hackfrüchtermaschinen relativ größere Leistungssteigerungsraten erwartet als beim Mähdrescher. Bei allen Leistungsmerkmalen erwarten die Experten mit fortschreitender Zeit geringere Zunahmeraten. Nähere Einzelheiten zeigt die Übersicht 5.

Eine Auswahl positiv beurteilter Ereignisse in der Technik der Getreideernte ist in der Übersicht 6 zusammengestellt.

Übersicht 6: Die Erwartungen der Experten von Runde 2 über Wahrscheinlichkeit und Zeitpunkt der Realisierung neuer Getreideerntetechniken

Ereignis		Zahl der Antworten	Wahrscheinlichkeit der Realisierung	Zeitpunkt der Realisierung
Ernte ohne Stroh, wie z. B. nur Köpfen der Ähren	A	69	0,96	zw. 1980 und 1990 um 1990
	B	34	1,00	
Reifebeschleunigung durch Reifespritzung	A	64	0,94	um 1990
	B	27	0,96	um 2000
Fahren von mehreren Mähdreschern im Verband	A	72	0,93	um 1990
	B	36	0,86	zw. 1990 und 2000
Einsatz vollautomatisch gesteuerter Erntemaschinen ohne Fahrer	A	75	0,97	zw. 1990 und 2000
	B	38	0,95	nach 2000
Trocknung des Getreides während des Erntevorgangs durch Einsatz v. Mikrowellen	A	65	0,78	um 2000
	B	26	0,88	nach 2000
Chemische Verarbeitung der gesamten Getreidepflanze mit Trennung der Bestandteile und anschl. Bildung von Nahrungsm.	A	64	0,67	nach 2000
	B	15	0,87	nach 2000

A = Technische Realisierbarkeit

B = Praktische Realisierung

Getreideernteverfahren, bei denen lediglich die Ähren aufgenommen werden, weisen einen Realisierungszeitpunkt zwischen 1980 und 1990 auf. Spätestens bis zum Jahr 2000 wird durch Reifespritzungen eine Reifebeschleunigung des Getreides erreicht werden. Bis dahin wird auch die Arbeit von mehreren Mähdreschern im Verband erwartet. Für die Zeit zwischen 1990 und 2000 wird die technische Realisierbarkeit vollautomatisch gesteuerter Erntemaschinen ohne Fahrer vorausgesagt. Eine neue Methode der Trocknung des Getreides mittels Mikrowellen während des Erntevorganges wird als technisch und praktisch realisierbar beurteilt, jedoch wird damit erst um bzw. nach dem Jahr 2000 gerechnet.

Der von Experten in der ersten Runde gemachte Vorschlag einer chemischen Verarbeitung der gesamten Getreidepflanze mit Trennung der Bestandteile und anschließender Bildung von Nahrungsmitteln wird von mehr als der Hälfte der Experten, die dazu ein Urteil abgegeben haben, als realisierbar beurteilt. Die Realisierung wird jedoch von den meisten Experten erst nach dem Jahr 2000 erwartet.

Im Kartoffelbau können nach den Urteilen der Experten zwischen 1985 und 1990 teilautomatische Kartoffelerntemaschinen, die eine einwandfreie Trennung von Kartoffeln und Fremdkörpern auch bei nicht siebfähigen Bodentypen ermöglichen, technisch und praktisch realisiert werden. Diese Maschinen erfordern noch zwei Arbeitskräfte, doch werden zwischen 1990 und 1995 voll-

automatische Maschinen, die nur noch eine Arbeitskraft benötigen, erwartet. Ein völlig neues Kultursystem beim Kartoffelbau wird von den Experten vorgeschlagen, die für die Zeit nach dem Jahr 2000 einen Ersatz des Erddammes durch einen Damm aus synthetischem Material voraussagen. Andererseits sehen jedoch die Experten für die Zeit nach 2000 z.B. auch einen Ersatz der Kartoffel als Nahrungs- und Futtermittel durch Substitute vor.

Als bedeutende neue Verfahren der Zuckerrübenernte werden etwa um das Jahr 2000 witterungsunabhängige Rodeverfahren und vollautomatische Ernteverfahren, die keine Mithilfe von Arbeitskräften mehr benötigen, technisch und praktisch realisiert sein (vgl. Übersicht 7). Zur Verringerung des Transportaufwandes bei der Rübenerte wird spätestens bis 1980 die Verwendung von Lastkraftwagen und Containern erwartet. Als weitere Möglichkeit der Transporteinsparung wurden in der ersten Runde von den Experten verschiedene Möglichkeiten der teilweisen Verarbeitung der Rüben auf dem Feld vorgeschlagen. Während die Experten die Möglichkeit des Trocknens und Gefrietrocknens der Rüben auf dem Feld als nicht realisierbar einschätzen, wird eine Technik des Zerkleinerns der Rüben und der Gewinnung des Rübensaftes auf dem Feld bis zum Jahr 2000 technisch realisierbar sein.

Wie bei der Kartoffel erwarten die Experten auch von der Zuckerrübe, daß sie nach dem Jahr 2000 als Grundstoff für Nahrungsmittel anderweitig ersetzt wird.

Übersicht 7: Die Erwartungen der Experten von Runde 2 über Wahrscheinlichkeit und Zeitpunkt der Realisierung neuer Techniken bei der Zuckerrübenerte

Ereignis		Zahl der Antworten	Wahrscheinlichkeit der Realisierung	Zeitpunkt der Realisierung
Verfügbarkeit eines witterungsunabhängigen Rodeverfahrens	A	67	0,89	um 2000
	B	24	1,00	um 2000
Verfügbarkeit eines Verfahrens zur vollautomatischen Rübenerte ohne Mithilfe von Personen	A	70	0,94	um 2000
	B	29	0,96	nach 2000
Verringerung des Transportaufwandes bei der Rübenerte durch teilweise Verarbeitung der Rüben auf dem Feld	A	57	0,63	um 2000
	B	11	0,91	nach 2000
Ersatz der Zuckerrübe als Grundstoff für Nahrungsmittel	A	55	0,78	nach 2000
	B	9	0,89	nach 2000

A = Technische Realisierbarkeit

B = Praktische Realisierung

5.4 Zukünftiger Arbeitsbedarf von Produktionsverfahren

Die Fragen dieses Teilgebietes sind nur in den deutschsprachigen Fassungen der Fragebogen enthalten. Um eine möglichst einheitliche Ausgangsbasis für die Voraussage zu schaffen, enthalten die Fragebogen zur Information der Experten eine Beschreibung von zur Zeit angewandten Produktionsverfahren mit dem entsprechenden Arbeitsaufwand pro Jahr und Hektar. Die Anzahl der Voraussagen, die auf die einzelnen Fragen und Zeiträume entfällt, liegt zwischen 23 und 37, durchschnittlich sind es 32,5 Antworten. Damit liegt die Beteiligung, bedingt durch den kleineren Teilnehmerkreis, unter dem Stand der übrigen Fragegebiete.

Die Ergebnisse der Expertenerwartungen sind in Übersicht 8 zusammengestellt.

Übersicht 8: Arithmetische Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) der Expertenerwartungen von Runde 2 über den zukünftigen Arbeitsbedarf von Produktionsverfahren. Technische Realisierbarkeit.

Produktionsverfahren	Arbeitsbedarf in AKh/ha und Jahr im Zeitabschnitt			
	bis 1980 \bar{x} (s)	bis 1990 \bar{x} (s)	bis 2000 \bar{x} (s)	nach 2000 \bar{x} (s)
<u>Getreide</u> (Pflügen, Bestellung, Düngung, Pflege, Ernte, Korntransport)	7,7 (1,2)	6,0 (1,3)	4,5 (1,4)	3,6 (0,9)
<u>Körnermais</u> (Verfahren wie bei Getreide)	9,9 (1,7)	7,9 (1,6)	5,9 (1,8)	5,0 (1,4)
<u>Kartoffel</u> (Pflügen, Düngung, Bestellung, Pflege, Ernte, Kartoffeltransport)	43,1(12,4)	33,7(11,3)	26,5(10,0)	21,8(8,4)
<u>Zuckerrüben</u> (Verfahren wie bei Kartoffel ohne Blattbergung)	33,1 (7,6)	26,9 (7,5)	21,5 (6,7)	17,2 (5,8)
<u>Silomais</u> (Bestellung, Pflege wie bei Körnermais, Ernte, Einlagerung)	18,2 (2,7)	13,8 (3,2)	10,8 (3,0)	9,2 (3,0)
<u>Feldfutter-Silage</u> (Ernte, Einlagerung; <u>AKh/ha und Schnitt</u>)	7,8 (1,2)	5,9 (1,4)	4,6 (1,6)	4,0 (1,6)
<u>Heu</u> (Ernte, Einlagerung; <u>AKh/ha und Schnitt</u>)	7,6 (0,8)	5,7 (1,2)	4,6 (1,6)	3,9 (1,7)

Für die Zukunft wird für alle Produktionsverfahren ein abnehmender Arbeitsbedarf erwartet.

Ein Vergleich der zukünftigen Arbeitsbedarfszahlen zeigt, daß die Experten den technischen Fortschritt, zumindest hinsichtlich seiner arbeitssparenden Wirkung, für die ausgewählten Produktionsverfahren relativ gleich groß einschätzen. Die Änderungsrate des Arbeitsbedarfes liegt zwischen 25 und 13 v. H., bezogen auf den Wert des vorherigen Zeitabschnittes, ihr Mittelwert liegt knapp über 20 v. H., und sie weist für die späteren Zeitabschnitte eine abnehmende Tendenz auf.

Die Voraussagen über die Entwicklung der Leistung von Bodenbearbeitungsgeräten und Erntemaschinen sowie die Zahl der in Zukunft noch notwendigen Arbeitsgänge ermöglichen Rückschlüsse auf den dadurch erreichbaren Arbeitsbedarf von Produktionsverfahren. Vergleicht man den von den Experten erwarteten zukünftigen Gesamtarbeitsbedarf der vorgelegten Produktionsverfahren mit dem aus den einzelnen Verfahrenselementen abgeleiteten möglichen Arbeitsbedarf, dann ist der erste Wert größer. Hier spiegelt sich in den Erwartungen der Experten die Diskrepanz zwischen dem, was in der Praxis realisiert werden kann und dem technisch Möglichen

chen wider. Das Delphi-Verfahren kann zudem Effekte aus der zeitlichen Abfolge der Ereignisse und ihrer gegenseitigen Einwirkung nicht erfassen, da die Wechselwirkungen verschiedener Ereignisse mit dieser Methode nicht berücksichtigt werden können. Weiter entwickelte Prognosemethoden wie die "Cross-impact Analysis" (3, 6) gestatten auch die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Ereignissen und Entwicklungen zu ermitteln.

6 Zusammenfassung

Die Delphi-Methode ist ein Prognoseverfahren, das mit Hilfe von Fragebogen die Mitarbeit einer Gruppe von Fachleuten zur zeitlichen und konditionellen Bestimmung zukünftiger Ereignisse benutzt, ohne die sozio-psychologischen Nachteile einer kollektiven Leistung in Kauf nehmen zu müssen.

Die Untersuchung soll Informationen über qualitative und quantitative Merkmale zukünftiger Ereignisse in der Produktionstechnik des Feldbaues geben. Aus den Ergebnissen von zwei Befragungsrunden werden Angaben über die Wahrscheinlichkeit und den Zeitpunkt der Realisierung einiger möglicher technischer Fortschritte sowie die Entwicklung verschiedener Leistungsgrößen und Arbeitsbedarfszahlen beschrieben.

Zusammenfassend weist die sich aus den Expertenerwartungen abzeichnende Entwicklung der Technologie im Bereich der Feldwirtschaft keine entscheidend neuen oder umwälzenden Aspekte auf. Zumindest bis zum Jahre 1990 sind keine nicht schon bisher bekannte Techniken zu erwarten. Die Leistungsfähigkeit der untersuchten Verfahren wird in Zukunft weiter zunehmen. Dabei kann eine einseitige Begünstigung einzelner untersuchter Teilgebiete nicht festgestellt werden.

Aus der Vorhersage der Experten über die zukünftigen Arbeitsbedarfszahlen geht hervor, daß die im Zeitraum zwischen 1950 und 1970 realisierten jährlichen Abnahmeraten des Arbeitsbedarfes von 6 v.H. im Getreidebau, 5 v.H. im Zuckerrübenbau und 4 v.H. im Kartoffelbau in Zukunft nicht mehr erreicht werden. Das Tempo des zukünftigen technischen Fortschritts wird von den Experten geringer eingeschätzt. Die durchschnittliche jährliche Verringerung des Arbeitsbedarfes liegt bei allen in dieser Studie untersuchten Produktionsverfahren nur knapp über 2 v.H. und weist für die späteren Zeitabschnitte eine abnehmende Tendenz auf.

Literatur

- 1 AMENT, R.H.: Comparison of Delphi Forecasting Studies in 1964 and 1969. - *Futures*, Vol. 2, No. 1/1970, S. 35 - 44.
- 2 AYRES, R.U.: *Technological Forecasting and Long-Range Planning*. - New York, 1969, S. 143 ff.
- 3 ENZER, S.: Cross-Impact Techniques in Technology Assessment. - *Futures*, Vol. 4, No. 1/1972, S. 30 - 51.
- 4 HELMER, O.; RESCHER, N.: On the Epistemology of the Inexact Sciences. - *Management Science*, October 1959, S. 25 - 52.
- 5 HELMER, O.: *Social Technology*. - Basic Books, New York, 1966.
- 6 HELMER, O.: Cross-Impact Gaming. - *Futures*, Vol. 4, No. 2/1972, S. 149 - 167.
- 7 MARTINO, J.: The Consistency of Delphi-Forecasts. - *The Futurist*, April 1970, S. 63 - 64.
- 8 SCHMIDT, E.: Langfristige Unternehmensplanung in der Praxis. - *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 2. Ergänzungsheft (1968), S. 29.
- 9 SCHÖLLHAMMER, H.: Die Delphi-Methode als betriebliches Prognose- und Planungsverfahren. - *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Heft 2/1970, S. 128 - 137.