

nen/Mais-Fruchtfolge auf die Stickstoffdüngung zu Mais ganz verzichtet werden. Damit werden im Vergleich zur Mais-Monokultur 90 kg N/ha eingespart.

Am IAPAR konnte der Wert der Fruchtfolge zur Erhöhung der Infiltration nachgewiesen werden. Die deutlich niedrigste Infiltrationsrate wurde bei konventioneller Bodenbearbeitung und der Monokultur Mais/Winterbrache gemessen.

Die höchsten Infiltrationen wurden in der Fruchtfolge Sojabohnen/Lupinen/Mais/Weizen gemessen. Unter Direktsaat wurden in allen Fruchtfolgen bedeutend höhere Infiltrationsraten als unter bearbeitetem Boden gemessen. Der Bodenbedeckungsgrad hatte den größten Einfluß auf die Infiltration und den Oberflächenabfluß.

Der Abbau von Arbeitsspitzen gehört zu den wichtigen Vorteilen der Fruchtfolge und kann mit einer besseren Arbeitsqualität sowie mit einer Reduzierung des Maschinenparks und des Arbeitskräftebedarfs verbunden sein.

In Südbrasilien führt die Fruchtfolge zur Reduzierung von Krankheiten und Schädlingen und damit zur Erhöhung der Erträge. Es werden in Südbrasilien bewährte Fruchtfolgen aufgeführt und deren Vor- und Nachteile diskutiert. Zu den günstigsten Fruchtfolgen gehört der Anbau von Sojabohne/ Lupine/ Mais/Weizen. Soll Schwarzhafer als Gesundungsfrucht und zur Erzeugung von Mulch eingesetzt werden, empfiehlt sich die Fruchtfolge Schwarzhafer/Sojabohne/Weizen/Sojabohne/Lupine/Mais.

## 8.0 Wirtschaftlichkeit

Sorrenson und Montoya (1984) haben auf der Basis der Ergebnisse der Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgeversuche, die von 1977 bis 1984 in Paraná durchgeführt wurden, sowie aufgrund anderer Informationen detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen erstellt, deren wichtigste Aussagen in diesem Kapitel wiedergegeben werden. Den Berechnungen sind die Preise von Mai 1984 (inflationsskorrigiert) zugrundegelegt; ein US-Dollar entsprach 2,70 DM.

Zunächst werden die Kosten der verschiedenen Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren miteinander verglichen und ihren Ertragseffekten gegenübergestellt (Abschnitt 8.1).

Abschnitt 8.2 befaßt sich ausschließlich mit der Wirtschaftlichkeit des Ersatzes von Winter-Verkaufsfrüchten bzw. Winterbrache durch Gründungskulturen, und Abschnitt 8.3 mit der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit verschiedener Bodenbearbeitungs-, Bestell- und Düngungsverfahren in Abhängigkeit von der Fruchtfolge.

In Abschnitt 8.4 werden die Ergebnisse einer Kosten/Nutzen-Analyse auf Einzelbetriebsebene anhand eines 150 ha Modellbetriebes und auf gesamtwirtschaftlicher Ebene anhand einer Cash-flow-Analyse dargestellt. Dabei werden die Kosteneinsparungen und Mehrerträge in der Summe der Einzelbetriebe sowie die durch Sedimentation, Wasserverunreinigung etc. außerhalb der landwirtschaftlichen Betriebe entstehenden Kosten berücksichtigt. Aufgrund von Schätzungen über die Akzeptanzraten mit und ohne fördernde Maßnahmen errechnet sich daraus die Höhe der Kosten für Beratungsmaßnahmen, die gerechtfertigt wären, um eine höhere Akzeptanz zu erreichen.

### 8.1 Bodenbearbeitung und Direktsaat

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Bodenbearbeitungsmaßnahmen einschließlich Direktsaat basieren auf dem Vergleich verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte, auf Informationen aus Forschung und Beratung sowie auf den Ergebnissen der Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgeversuche, die von 1977 bis 1984 in Londrina durchgeführt wurden.

#### Schlepperstunden, Kraftstoffverbrauch und Kraftstoffkosten

Aus Tabelle 8.1 ist zu entnehmen, daß bei der Direktsaat der Bedarf an Schlepperstunden für die Bodenbearbeitung, Aussaat und Unkrautbekämpfung im Ver-

gleich zur Minimalbodenbearbeitung halbiert wird. Noch größer sind die Unterschiede zur traditionellen und konventionellen Bodenbearbeitung. Kraftstoffverbrauch und -kosten sind bei der Direktsaat 67 % niedriger als bei konventioneller Bodenbearbeitung und rund 60 % niedriger als in der traditionellen und Minimalbodenbearbeitung.

Der Kraftstoffverbrauch ist am höchsten bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Durch Einsatz der schweren Scheibenegge entstehen Kraftstoffeinsparungen von 24 % und durch Einsatz des Grubbers von 22 % gegenüber der Pflugbearbeitung. Diese Ergebnisse beziehen sich auf das fertige Saatbett, d. h. das gesamte Bearbeitungssystem: 3 Eggenstriche mit der leichten Scheibenegge nach der schweren Scheibenegge und 2 Eggenstriche nach dem Pflügen bzw. Grubbern.

Neben der Kosteneinsparung durch reduzierten Kraftstoffverbrauch ergeben sich 2 zusätzliche Effekte:

- Direkte Kosteneinsparung aufgrund geringerer Reparaturen und Instandhaltungskosten des Schleppers pro Jahr und längere Lebensdauer des Schleppers (16 Jahre in Direktsaat statt 8 Jahre bei traditioneller Bearbeitung).
- Indirekter Nutzen durch die Möglichkeit der Aussaat zum günstigsten Zeitpunkt, weil keine zeitraubende Bodenbearbeitung erforderlich ist und die Aussaat in der Hälfte der Zeit erledigt werden kann. Damit erhöhte Chancen, die günstigste Saatzeit oder optimale Feuchtigkeitsbedingungen zu nutzen, was im allgemeinen zu höheren Erträgen führt.

#### Arbeitszeiten und Kosten der verschiedenen Feldarbeiten

Die für die Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegten Arbeitszeiten und die errechneten Kosten für die verschiedenen Feldarbeiten können der Tabelle 8.2 entnommen werden. Die Erntekosten verursachen mit US \$ 31/ha bei Weizen bis US \$ 59/ha bei Mais anteilig die höchsten Kosten, gefolgt von der Bodenbearbeitung mit dem Scheibenpflug (US \$ 20/ha). Die schwere Scheibenegge und der Schwergrubber verursachen mit rund US \$ 12/ha etwa gleich hohe Kosten. Bei Einsatz des Schwergrubbers können aber die Bodenverluste durch Erosion stark reduziert werden. Der Umbau von normalen Drillmaschinen ist etwa 45 % billiger als der Neukauf. Dies führt zu geringeren Investitionskosten und zu geringeren Kosten der Aussaat. Das Pflügen mit dem Scheibenpflug ist mit 2,5 Stunden pro ha die zeitaufwendigste Feldarbeit.

#### Produktionskosten für Sojabohnen, Mais und Weizen in vier Bodenbearbeitungssystemen

Die Unterschiede in den Produktionskosten für die verschiedenen Kulturen sind zwischen den vier Bodenbearbeitungssystemen mit 1 — 3 % gering. Sojabohnen-

Tabelle 8.1 Schlepperstunden, Kraftstoffverbrauch und Kraftstoffkosten in vier Bodenbearbeitungs- und Aussaatssystemen für mittlere Schleppergrößen

	Bodenbearbeitungssysteme										
	Traditionell			Konventionell			Minimal		Direktsaat		
	Schlepper per h/ha	Kraftstoff		Schlepper per h/ha	Kraftstoff		Schlepper per h/ha	Kraftstoff			
		Verbr. l/ha	Kost. US\$/ha		Verbr. l/ha	Kost. US\$/ha		Verbr. l/ha	Kost. US\$/ha		
Bodenbearbeitung	3,5	25,4	8,13	4,1	33,4	10,68	2,9	26,1	8,35	-	-
Aussaat	0,9	4,4	1,41	0,9	4,4	1,41	0,9	4,4	1,41	0,9	7,1
Unkrautbekämpfung	1,0	4,5	1,44	1,0	4,5	1,44	1,0	4,5	1,44	1,5	6,8
Gesamt	5,4	34,3	10,97	6,0	42,3	13,53	4,8	35,0	11,20	2,4	13,9
											4,45

(Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 47)

Tabelle 8.2 Arbeitszeiten und Kosten der verschiedenen Feldarbeiten

Feldarbeiten/Einsatz von	Arbeitszeit h/ha	Kosten <sup>2)</sup> US\$/ha
Pflügen mit dem Scheibenpflug	2,5	19,83
Schwere Scheibenegge (Scheiben 24"/61 cm Ø)	1,11	12,00
Schwergrubber	1,25	12,03
Leichte Scheibenegge (Scheiben 18"/46 cm Ø)	0,8	5,25
Aussaat konventionell – Weizen	0,68	5,38
Aussaat konventionell – Sojabohnen/Mais	0,68	5,13
Aussaat – Direktsaat – Weizen	0,68	10,25
Aussaat – Direktsaat – Sojabohnen/Mais	0,68	8,57
Düngung mit Schleuderdüngerstreuer	0,2	1,80
Harnstoffausbringung (Mais)	1,0	7,05
Spritzen	0,5 <sup>1)</sup>	3,36
Sichelmäher	1,0	8,14
Ernte – Weizen	0,8	31,46
– Sojabohnen	1,0	39,32
– Mais	1,5	58,98

<sup>1)</sup> Einschließlich Wassertransport auf das Feld

<sup>2)</sup> Festkosten und variable Kosten inkl. Arbeitskosten  
(Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 17 und A.3.2)

nen in Direktsaat verursachen 8 % höhere Produktionskosten im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung (Tabelle 8.3). Dies ist auf die mehr als doppelt so hohen Herbizidkosten bei der Direktsaat zurückzuführen. In dieser Berechnung sind nicht berücksichtigt:

- Geringere Phosphordüngung, die bei Direktsaat aufgrund verminderter Festlegung möglich ist
- Geringere Kosten für Herbizide bei Direktsaat, wenn Sojabohnen nach Schwarzhafer stehen.

Die Produktionskosten je ha lagen mit 285 US \$ bei Minimalbodenbearbeitung für Sojabohnen am niedrigsten und waren mit 401 US \$ bei Direktsaat von Mais am höchsten. Somit waren die Produktionskosten bei Direktsaat für Sojabohnen und Mais 8 % und 3 % höher als in der konventionellen Bodenbearbeitung. Dagegen waren die Kosten der minimalen und traditionellen Bodenbearbeitung

Tabelle 8.3 Produktionskosten auf Betriebsebene für Sojabohnen, Mais und Weizen in vier Bodenbearbeitungs- und Aussaatsystemen (in US\$/ha)

Kosten	Sojabohne				Mais				Weizen			
	TB	KB	MB	DS	TB	KB	MB	DS	TB	KB	MB	DS
Bodenbearbeitung	28,18	30,34	22,54	–	28,18	30,34	22,54	–	17,26	10,50 <sup>1)</sup>	10,50 <sup>1)</sup>	–
Aussaat/Düngung	7,54	7,54	7,54	12,60	7,54	7,54	7,54	12,60	7,91	7,91	7,91	15,08
Herbizide	29,23	29,23	29,23	74,92	52,96	52,96	52,96	89,36	9,04	9,04	9,04	17,93
Andere Kosten <sup>2)</sup>	225,23	225,18	226,10	227,23	298,63	298,63	298,63	286,63	286,28	286,53	286,53	286,69
Gesamtkosten US\$	290	292	285	315	387	389	382	401	320	314	314	320
Variationen %	99	100	98	108	99	100	98	103	102	100	100	102

TB = Traditionell – Schwere Scheibenegge MB = Minimal – Grubber

KB = Konventionell – Pflug DS = Direktsaat

<sup>1)</sup> Bei Verwendung von lediglich 2 Arbeitsgängen mit der leichten Scheibenegge nach der Grundbodenbearbeitung

<sup>2)</sup> Dünger, Pflanzenschutzmittel, Schneiden der Gründüngung, Ernte, Transport, Versicherung  
(Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 37)

1 % bzw. 2 % niedriger als beim Pflügen. Die Produktionskosten waren bei Weizen unter Minimalbodenbearbeitung und unter konventioneller Bodenbearbeitung gleich. Dagegen lagen sie in der traditionellen Bodenbearbeitung und Direktsaat 2 % höher als beim Pflügen. Die Herbizidkosten für Direktsaat sind bei Sojabohnenanbau 156 %, bei Maisanbau 69 % und bei Weizenanbau 98 % höher als bei den anderen drei Bodenbearbeitungsmethoden.

### Wirtschaftlichkeitsberechnung der verschiedenen Bearbeitungssysteme

Nachfolgende Berechnungen basieren auf dem Bodenbearbeitungs-Fruchtfolgeversuch am IAPAR in Londrina. Die Produktionskosten sind in Tabelle 8.4 in der Spalte „proportionale Spezialkosten“ aufgeführt. Die jährlichen Kosten waren bei der Minimalbodenbearbeitung am niedrigsten und lagen 3 bis 4 % unter den Kosten für die konventionelle Bodenbearbeitung. Am höchsten waren die Kosten bei Direktsaat. Sie lagen 5 bis 6 % höher als in der konventionellen Bodenbearbeitung und 9 bis 10 % höher als in der Minimalbodenbearbeitung mit dem Grubber. Die höheren Erträge bei Direktsaat (siehe Abschnitt 5.7) führten trotz höherer Kosten zu einem höheren Deckungsbeitrag. Die Minimalbodenbearbeitung war im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung in den Fruchtfolgen 1 und 4 wesentlich wirtschaftlicher, aber etwas ungünstiger in den Fruchtfolgen 2 und 3. Der negative Deckungsbeitrag konventioneller Bodenbearbeitung in den Fruchtfolgen 1 und 4 ist auf die niedrigeren Erträge in diesem System zurückzuführen. Die Direktsaat erwies sich im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung als eine sehr wirtschaftliche Aussaatmethode, bei der wesentlich höhere Erträge (19 bis 34 %) mit geringfügig höheren Produktionskosten (5 bis 6 %) erzielt werden konnten.

### 8.2 Gründung

Die Gründung kann in Paraná im Winter ausgesät werden, wenn 80 % der Flächen brachliegen und das Anbaurisiko für Verkaufsfrüchte ohnehin durch Frost und Trockenheit relativ groß ist. Weizen ist die Verkaufsfrucht, die im Winteranbau die größte Flächenausdehnung hat. Wie in Versuchen in Paraná nachgewiesen werden konnte (Abschnitt 6.4), führt der Anbau von Gründung im Winter in der Regel zu deutlichen Mehrerträgen der Sommerfrüchte. Dies kann zu einer höheren Rentabilität der Folge Gründung/Sojabohnen im Vergleich zur Folge Weizen/Sojabohnen führen. Der Anbau von Schwarzhafer als Gründung vor Sojabohnen erwies sich aufgrund des Ertragszuwachses bei Sojabohnen wirtschaftlicher als der Anbau von Weizen als Körnerfrucht vor Sojabohnen. Der Deckungsbeitrag pro ha betrug bei der Folge Weizen/Sojabohnen im Mittel von 2 Jahren 298 US \$ bei Zugrundelegung des subventionierten Weizenpreises (218 US \$ ohne Subvention <sup>1)</sup>) und bei Hafer/Sojabohnen 366 US \$.

<sup>1)</sup> Die Angabe von zwei Weizenpreisen ist deshalb wichtig, weil die subventionierten Preise die bisherige Situation widerspiegeln und die nicht-subventionierten Preise eher die zukünftige Situation nach Abbau der Subventionen darstellen.

Tabelle 8.4 Jährliche Marktleistung, Kosten und Deckungsbeitrag (Bodenbearbeitungs-Fruchtfolgeversuch), Durchschnittswerte von 6 Jahren 1978–1984, in US\$/ha

Fruchtfolge	1 (Weizen-Sojabohne)		2 u. 3 (Weizen-Zwischenfrucht-Sojabohne)		4 (Gründung 6 Monate und Sojabohne)	
	Markt- leistung <sup>1)</sup>	Proportio- nale Spezial- kosten <sup>2)</sup>	Markt- leistung <sup>1)</sup>	Proportio- nale Spezial- kosten <sup>2)</sup>	Markt- leistung <sup>1)</sup>	Proportio- nale Spezial- kosten <sup>2)</sup>
Bodenbearbeitung						
Direktsaat (DS)	687,99	452,58	235,41	674,55	492,38	182,17
Grubber (MB)	602,23	414,38	187,86	533,18	449,50	83,68
Pflug (KB)	418,51	429,99	-11,48	573,01	465,13	107,88

<sup>1)</sup> Durchschnittspreise 1975–1983 (Sojabohnen US\$ 191,67 und Weizen US\$ 144,08 pro Tonne ohne Subvention)

<sup>2)</sup> Proportionale Spezialkosten (ohne Berücksichtigung eines Zinsanspruchs für Umlaufkapital inkl. fixe Maschinenkosten) (Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 25)

Der Anbau von Schwarzhafer und Ölrettich als Gründüngung vor Phaseolusbohne war aufgrund des positiven Einflusses dieser Arten auf die Hauptkultur wirtschaftlicher als der Anbau von Weizen als Körnerfrucht (ohne Subventionen) vor Phaseolusbohne. Der Deckungsbeitrag/ha betrug bei der Folge Weizen/Bohnen 67 US \$, dagegen bei Hafer/Bohnen 136 US \$ und bei Ölrettich/Bohnen 122 US \$. Der Anbau von Lupinen, Zottelwicke und Ölrettich als Winter Gründüngung vor Mais war – aufgrund der Ertragssteigerung bei Mais – wirtschaftlicher als der Anbau von Weizen als Körnerfrucht vor Mais. Der Deckungsbeitrag/ha betrug bei Weizen/Mais 285 US \$ einschließlich 55 % Subventionen für Weizen (251 US \$ ohne Subventionen), dagegen bei Lupinen/Mais 478 US \$, bei Zottelwicke/Mais 446 US \$ und bei Ölrettich/Mais 455 US \$ (Tab. 8.5). Weitere wirtschaftliche Vorteile treten aufgrund der unkrautunterdrückenden Wirkung einiger Gründüngungsarten, insbesondere Schwarzhafer, Ölrettich und Weidelgras, auf.

### 8.3 Fruchtfolgen und Anbausysteme

Verglichen wurden die in Kapitel 7.3 beschriebenen Fruchtfolgen:

1. Sojabohnen/Weizen
2. Mais/Winterbrache
3. Mais/Lupinen
4. Sojabohnen/Lupinen/Mais/Weizen.

Die Gesamtkosten waren in Fruchtfolge 1 am höchsten unter Direktsaat, wogegen diese bei Bodenbearbeitung mit dem Pflug und mit dem Grubber am höchsten in Fruchtfolge 4 waren. Die Kosten bei Direktsaat waren im Vergleich zu der konventionellen Bearbeitung 14 %, 16 %, 2 % bzw. 6 % höher in den Fruchtfolgen 1, 2, 3 bzw. 4. Andererseits waren die Kosten in der Minimalbodenbearbeitung 3 %, 2 %, 3 % bzw. 3 % niedriger in den Fruchtfolgen 1, 2, 3 und 4 bei konventioneller Bearbeitung. Die Herbizidkosten konnten in Fruchtfolge 4 bei allen Bodenbearbeitungssystemen reduziert werden, wobei die stärkste Reduzierung mit 20 % bei Direktsaat erfolgte.

Im Vergleich der Produktionssysteme wird deutlich, daß die Folge 1 (Soja/Weizen) bei allen Bearbeitungsverfahren zu Verlusten führte, mit Ausnahme der Variante mit subventioniertem Weizenpreis und konventioneller Bearbeitung (Tab. 8.6). Auch die Variante der Mais-Monokultur ohne Stickstoff (Folge 2) erwies sich als unwirtschaftlich. Fruchtfolge 4 lieferte in allen Bearbeitungsverfahren die höchsten Deckungsbeiträge, insbesondere bei weiterhin subventioniertem Weizenpreis. Ein ähnlich hoher Deckungsbeitrag wurde auch bei der N-gedüngten Mais-Monokultur unter konventioneller Bodenbearbeitung erreicht.

Der Anbau von Lupinen in den Fruchtfolgen 3 und 4 ohne N war im Vergleich zu einer Düngung mit N in Mais-Monokultur nur in der Direktsaat wirtschaftlicher.

Bei Grubberbearbeitung gilt dies nur für die Fruchtfolge 4. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, daß die Anbaukosten von Lupinen in Direktsaat mit US\$ 73,38/ha am niedrigsten lagen, gefolgt von US\$ 91,04/ha für Grubberbearbeitung bzw. US \$ 98,84/ha bei konventioneller Bearbeitung. Die Anbaukosten bei Direktsaat erhöhen sich allerdings um US \$ 8,09/ha, falls bei Verunkrautung mit breitblättrigen Unkräutern eine Herbizidanwendung nötig wird (1 Liter 2,4-D/ha). Hingegen war die N-Düngung zu Mais in Monokultur (Folge 2) mit konventioneller Bearbeitung wirtschaftlicher als in Kombination mit Lupinenanbau. Da jedoch die Mais-Monokultur zu höheren Erosionsschäden, Nährstoffauswaschung, Verunkrautung sowie höherem Befall von Krankheiten und Schädlingen führt, kann dieses System mittel- und langfristig nicht in der Praxis empfohlen werden.

Harnstoff ist mit US \$ 0,632 pro kg N im langjährigen Durchschnitt billiger als Ammonsulfat (US \$ 0,955/kg N).

Die reinen Ausbringungskosten für Harnstoff liegen mit US \$ 7,05/ha etwa viermal so hoch wie die Ausbringungskosten von Ammonsulfat, da Harnstoff in den Boden eingearbeitet werden muß, um die Verflüchtigung des Stickstoffs zu vermeiden. Trotzdem liegen die Gesamtausbringungskosten (Ausbringungs- und Düngerkosten) von 90 kg N in Form von Harnstoff mit US \$ 63,91/ha wesentlich niedriger als bei Ammonsulfat mit US \$ 87,76/ha. Bei einem Maispreis von US \$ 97/t (Durchschnitt von 1975 bis 1983) wären bei 90 kg N Ertragssteigerungen von 658 kg/ha Mais im Fall von Harnstoff und 903 kg/ha im Fall von Ammonsulfat erforderlich, um die Kosten der N-Düngung zu decken. Die N-Düngung mit Harnstoff würde deshalb zu noch höheren Deckungsbeiträgen führen (gleiche N-Effizienz vorausgesetzt).

### 8.4 Kosten/Nutzen-Analyse

#### Kosten/Nutzen-Analyse auf Einzelbetriebsebene

Die Kosten/Nutzen-Analyse auf Betriebsebene zeigt, welche wirtschaftlichen Vor- oder Nachteile die Anwendung der einen oder anderen Anbaumethode haben kann und ist deshalb bei der Bewertung von Anbausystemen von großer Bedeutung.

Nach Sorrenson und Montoya (1984) sollte eine umfassende Kosten/Nutzen-Analyse auf Einzelbetriebsebene folgende Kriterien einschließen:

#### Konturdämme

Nutzen: Reduzierung der Bodenerosion, ohne sie jedoch aufhalten zu können

Kosten: – Bau und Instandhaltung  
– Fortdauer der Bodenerosion zwischen den Dämmen

Tabelle 8.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung der Nachwirkung von Wintergründung auf die Hauptfrüchte  
Deckungsbeitrag = Marktleistung minus proportionale Spezialkosten ohne Zinsanspruch für Umlaufkapital  
inkl. fixe Maschinenkosten (US\$/ha und Jahr)

Vorfrucht	Jahr	Lupinen	Zottel- wicke	Platt- erbse	Roggen	Schwarz- hafer	Weizen subven- tioniert <sup>1)</sup>	Weizen nicht sub- ventio- niert <sup>2)</sup>	Öl- rettich	Raps	Sonnen- blume	Winter- brache
Nachfrucht	1982/83	254,11	154,18	224,04	183,55	446,76	195,26	161,31	294,16	318,97	319,74	345,94
	1983/84	156,55	106,06	130,50	183,55	284,41	400,70	275,12	127,79	199,36	238,67	236,88
	Mittel	205,32	130,12	177,27	183,55	365,59	297,98	218,21	210,98	259,17	279,20	291,41
Phaseolusbohne	1982/83	97,83	34,78	-28,78	71,38	159,68	53,47	19,92	185,78	95,02	43,69	90,48
	1983/84	-46,20	-95,33	-45,09	11,30	113,13	238,57	113,45	58,85	-4,45	-3,66	34,38
	Mittel	25,81	-30,28	-36,94	41,34	136,40	146,02	66,68	122,31	45,29	20,01	62,43
Mais <sup>3)</sup>	1982/83	477,97	445,96	215,06	185,54	220,22	284,77	251,22	454,92	348,25	262,54	435,83

1) Durchschnittspreis, den die Landwirte von 1975 bis 1983 erhalten haben

2) Durchschnittspreis (cif) für importierten Weizen in Brasilien = zukünftiger Preis

3) 1983/84 wurde nicht berücksichtigt, da der Versuch durch *Spodoptera frugiperda*-Befall stark geschädigt wurde  
(Sorrenson und Montoya, 1984, Tab. 18)

Tabelle 8.6 Deckungsbeitrag der Produktionssysteme im Fruchtfolgeversuch (Marktleistung – proportionale Spezial-  
kosten ohne Zinsanspruch für Umlaufkapital, inkl. Maschinenkosten; Durchschnitt von 1982/83 und 1983/84)  
US\$ pro ha

Subvention zum Weizenpreis	Fruchtfolgen			
	1 Soja – Weizen	2 Mais – Winterbrache	3 Mais – Lupinen	4 Soja – Lupinen – Mais – Weizen
ohne mit	-125,90 - 5,53	-125,24 42,06	60,85 58,79	78,53 148,00
ohne mit	- 96,51 - 1,40	- 50,83 99,67	32,63 57,24	128,70 202,66
ohne mit	- 62,18 38,31	- 3,61 152,94	63,50 35,66	101,44 172,02

N-90 = 90 kg N/ha nur zu Mais als Ammonsulfat gegeben  
(Sorrenson und Montoya, 1984, Tab. 29)

- Verlust an Anbaufläche durch den Konturdamm
- Zusammentragen von Mutterboden für den Bau der Konturdämme (Ertragsverluste besonders bei überdimensionierten Konturdämmen).

## Bodenbearbeitung

### Traditionell mit der schweren Scheibenegge

- Nutzen: - Grundbodenbearbeitung billiger als mit dem Pflug  
- Gute Unkrautunterdrückung

Kosten: Höchste Bodenverluste durch Erosion

### Konventionell mit dem Scheibenpflug

- Nutzen: - Geringere Bodenverluste als unter der traditionellen Bodenbearbeitung  
- Gute Unkrautunterdrückung

Kosten: Teuerstes Bodenbearbeitungssystem

### Minimal mit dem Grubber

- Nutzen: - Reduzierte Bodenverluste im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung  
- Billiger als Bodenbearbeitung mit dem Pflug (gleiche Kosten im Vergleich zur schweren Scheibenegge)  
- Geringfügig höhere Erträge

Kosten: Bodenerosion reduziert, ohne sie jedoch aufhalten zu können

### Direktsaat ohne Bodenbearbeitung

- Nutzen: - Kostengünstigste Aussaatmethode, da auf Bodenbearbeitung verzichtet wird  
- Reduzierter Phosphordüngerbedarf  
- Nachsaat wegen Regengüssen kurz nach der Aussaat nicht erforderlich  
- Erhöhte Wasserinfiltration und reduzierter Oberflächenabfluß (pflanzenverfügbares Wasser)  
- Reduziertes Wetterisiko und höhere Erträge in trockenen Jahren  
- Bodenerosion minimal oder gestoppt  
- Reduzierte Kosten für den Bau von Konturdämmen  
- Bessere Keimung durch erhöhte Bodenfeuchtigkeit und reduzierte Temperatur  
- Erhöhte Chancen der Aussaat bei optimalen Bedingungen

Kosten: - Höhere Investitionen für die Sämaschine  
- Höhere Kosten für Herbizide  
- Nivellierung des Geländes und Vorbereitung der Fläche für die Direktsaat manchmal erforderlich

## Gründüngung

- Nutzen: - Allgemein geringere Verunkrautung  
- Reduzierter Düngerbedarf für nachfolgende Sommerkulturen  
- Reduzierte Bodenverluste durch Erosion  
- Größere Wirtschaftlichkeit einiger Arten als der Anbau von Weizen im Winter  
- Zusätzliche Einnahmequelle über Saatgutproduktion möglich  
- Weidenutzung oder Heuproduktion möglich
- Kosten: - Zusätzliche Kosten für Bodenbearbeitung, Saatgut und Aussaat  
- Zusätzliche Kosten für Ernte oder Schnitt

## Diversifizierte Fruchtfolge

- Nutzen: - Erhöhte Erträge  
- Reduzierter Befall durch Krankheiten und Schädlinge (geringerer Aufwand an Schädlingsbekämpfungsmitteln)  
- Reduzierter Düngerbedarf  
- Reduzierte Bodenverluste
- Kosten: - Kurzfristig höhere Gewinne bei Monokultur möglich  
- Erhöhte Anforderung an Kenntnisse und Management

Im folgenden werden die erfaßten Kosten und Nutzen quantifiziert:

## Erosion und Erosionsschutzmaßnahmen

Unter der Annahme, daß die Bodenverluste 10 bis 40 t pro ha und Jahr betragen, belaufen sich die Kosten der durch Bodenerosion eintretenden **Nährstoffverluste** (N, P, K, Mg und Ca) auf etwa 20 bis 81 US \$ bei traditioneller Bodenbearbeitung, verglichen mit nur 0,6 bis 2,4 US \$ je ha und Jahr in der Direktsaat (siehe Tabelle 8.7).

**Grabenerosion** bedeutet für den Landwirt einen Verlust an Produktionspotential. Erhebungen in typischen Regionen ergaben, daß 1980 bereits 1,5 % der Ackerbaufläche durch Gräben tiefer als 30 cm verlorengegangen waren (in Anlehnung an Kronen, 1986). Die dadurch bedingte Verringerung der Marktleistung beträgt bei Sojabohnen mit mittlerem Ertragsniveau von 2.000 kg ca. 385 US \$/ha. Bezüglich des entgangenen Deckungsbeitrags (Marktleistung abzüglich der variablen Produktionskosten) beträgt der Verlust 115 US \$ je ha.

Die **Rillenerosion** und die Abschwemmung von Saatgut und jungen Pflanzen beim Auftreten von Starkregen kurz nach der Aussaat zwingt in Paraná jedes Jahr zur **Neuaussaat** von ca. 5 bis 10 % der bearbeiteten Ackerbaufläche. Das bedeutet im herkömmlichen Bodenbearbeitungssystem zusätzliche Kosten für Bodenbearbeitung, Saatgut, Dünger, Herbizide, Maschinen und Lohnkosten. Indirekte Kosten können durch Ertragsminderung auftreten, insbesondere, wenn dadurch die günstigste Saatzeit verpaßt wird (Abb. 8.1). Bei Direktsaat und dem

Tabelle 8.7 Geschätzte relative Bodenverluste und Kosten der Bodenerosion für verschiedene Bodenbearbeitungssysteme bei Bodenverlusten von 10, 20, 30 und 40 t/ha und Jahr

Bodenbearbeitungssystem	Relative Bodenverluste Pflug = 100	Wert der verlorenen Nährstoffe US\$/ha			
		10 t/ha	20 t/ha	30 t/ha	40 t/ha
Traditionell Schwere Scheibenegge	300	20,19	40,37	60,56	80,74
Konventionell Scheibenpflug	100	6,66	13,32	19,98	26,64
Minimal Grubber	50	3,43	6,86	10,29	13,73
Direktsaat ohne Bodenbearbeitung	10	0,61	1,21	1,82	2,42

(Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 39)



Abb. 8.1: Starke Niederschläge verursachten schwere Erosionsschäden auf konventionell bearbeitetem Boden. Eine Nachsaat wurde erforderlich.

(Photo: 21. 12. 82, R. Derpsch)

damit verbesserten Erosionsschutz wird eine Neuaussaat nicht erforderlich. Werden 5 % der Anbaufläche eines 100 ha-Betriebes neu ausgesät, dann betragen hier die zusätzlichen Kosten bei Sojabohnen 24,7 US \$ (ha) und bei Mais 11,0 US \$ (ha).

Die **Kosten für den Bau und die Instandhaltung von Konturdämmen** bei durchschnittlichen Hangneigungen von 9 % in Paraná betragen US \$ 5,95 je ha und Jahr. Das entspricht etwa 2 % der gesamten Produktionskosten für Sojabohnen, Mais und Weizen. Durch Anwendung der Direktsaat kann bei ausreichender Mulchauflage auf 50 % bis 66 % der Konturdämme verzichtet werden. Das bedeutet für den Landwirt die Einsparung der Kosten für den Bau und Pflege der Dämme in Höhe von 3 bis 4 US \$ je ha und Kultur, bei 22 m Entfernung zwischen den Konturdämmen. Hinzugerechnet werden müssen die indirekten Kosten, die dadurch entstehen, daß die Streifen der Konturdämme nicht bearbeitet und ausgesät werden können. Der Verlust der Anbaufläche von etwa 11 % reduziert die Deckungsbeiträge pro ha um 12 % oder 13 US \$ je ha (siehe Tab. 8.8). Überdimensionierte Konturdämme (murunduns) von bis zu 2 m Höhe verursachen bei einem durchschnittlichen Gefälle von 9 % Kosten von US \$ 48 je ha und Jahr. Der Verlust der Anbaufläche (17 %) reduziert hier die Deckungsbeiträge um 18 % oder 20 US \$ je ha, wenn nur jeder zweite Konturdamm überdimensioniert wird. Der Bau der übergroßen Konturdämme erfordert das Abtragen eines



Tabelle 8.8 Flächen- und Produktionsverluste bei Anlage von Konturdämmen

Hangneigung %	Dammtyp	Dammbreite m	% Ackerland nicht bebaubar bei 22 m zwischen Dämmen	Wert der entgangenen Sojabohnenproduktion US\$/ha	
				Bruttowert <sup>1)</sup>	Nettowert <sup>2)</sup>
0-8	"Base larga" Flachdamm	8	Kein Verlust, da über Konturdamm gesät wird	-	-
9	"Base estreita" normal "Murundun" Jeder 2. Damm großdimensioniert	2,5 5,0	11 17	42,17 65,17	12,67 19,58

1) Bruttowert der entgangenen Produktion für den Landwirt

2) Nettowert der entgangenen Produktion für den Landwirt (Marktleistung minus proportionale Spezialkosten; ohne Zinsanspruch für Umlaufkapital; einschließlich fixe Maschinenkosten)

(Sorrenson und Montoya, 1984, Tab. 42)

beträchtlichen Teils des Mutterbodens und das Anhäufen dort, wo nicht produziert wird. Dadurch wird der Unterboden freigelegt, was zu Ertragsdepressionen und Folgekosten führt.

### Bodenbearbeitung, Kraftstoff- und Maschinenkosten

Die Kosten für Bodenbearbeitung auf Betriebsebene wiesen im Vergleich der vier Bodenbearbeitungssysteme (traditionell, konventionell, minimal und Direktsaat) bei Sojabohnen, Mais und Weizen nur geringe Unterschiede auf (siehe Abschnitt 8.1).

Bei einem Vergleich der Produktionskosten der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren fallen die Kraftstoffkosten und die Herbizidkosten am stärksten ins Gewicht. Preisveränderungen dieser Produktionsmittel beeinflussen die Produktionskosten der Verfahren in unterschiedlicher Weise. Eine eventuelle 10 %ige Erhöhung der Kraftstoffpreise (Diesel) bedeutet eine Erhöhung der Produktionskosten bei Sojabohnenanbau von 2 % in der traditionellen, konventionellen und minimalen Bodenbearbeitung, dagegen von nur 1 % in der Direktsaat. Umgekehrt bedeutet eine eventuelle 10 %ige Erhöhung der Preise für Herbizide eine Erhöhung der Produktionskosten von 2,4 % in der Direktsaat und von nur 1 % in den anderen Bodenbearbeitungssystemen.

Der Schlepper wird bei der Direktsaat im Jahr, verglichen mit der traditionellen Bodenbearbeitung, nur etwa die Hälfte der Zeit eingesetzt. Das verdoppelt seine Lebensdauer von 8 auf 16 Jahre. Das Spritzgerät wird jedoch ca. 50 % mehr eingesetzt, was die Lebensdauer dieses Gerätes von 6 auf 4,5 Jahre reduziert. Im Vergleich zur traditionellen Bodenbearbeitung mit der schweren Scheibenegge konnten bei der Direktsaat 13 % höhere Anschaffungskosten, bei etwa gleich hohen jährlichen Festkosten festgestellt werden (Anbau von Sojabohnen, Gründüngung, Mais und Weizen, Tab. 8.9). Weitere Unterschiede in den Produktionskosten von Bodenbearbeitungsmethoden wurden bereits aufgeführt (Abschnitt 8.1).

### Direktsaat

Aufgrund einer geringeren P-Festlegung erlaubt die Direktsaat gegenüber konventioneller Bodenbearbeitung eine **Reduzierung der Phosphordüngung** von 50 % (Muzilli, 1981). Das bedeutet eine Einsparung von 26 US \$ pro ha bei Sojabohnen, Mais und Weizen.

Die **Kosten für Direktsaatmaschinen** betragen zwischen 4.760 und 7.930 US \$. Damit sind sie etwa dreimal so teuer wie Sämaschinen für die konventionelle Aussaat. Der Umbau einer Weizensämaschine bedeutete 1984 eine Einsparung von 55 % und einer Mais/Sojabohnensämaschine eine Einsparung von 64 % gegenüber den erforderlichen Investitionskosten für den Kauf einer neuen Maschine.

Tabelle 8.9 Größenordnung der unterschiedlichen Investitionskosten für Maschinen in traditioneller Bodenbearbeitung und Direktsaat (bei Anbau von Sojabohnen, Gründüngung, Mais und Weizen)

Maschinen-ausrüstung	Traditionelle bzw. konventionelle Bodenbearbeitung			Direktsaat			
	Anschaffungs-kosten (US\$)	Lebensdauer Stunden	Jährliche Festkosten*	Maschinen-ausrüstung	Anschaffungs-kosten (US\$)	Lebensdauer Stunden	Jährliche Festkosten*
Schlepper 80 PS (SAE)	15.462,65	10.000	1.932,83	Schlepper 80 PS (SAE)	15.462,65	10.000	966,42
4 Scheibenflug	1.099,80	4.000	109,98	-	-	-	-
Schwere Scheiben-egge 12 Scheiben 23"	1.652,35	2.400	165,23	-	-	-	-
Leichte Scheiben-egge 28 Scheiben 18"	1.204,90	2.400	150,61	-	-	-	-
Feldspritze (500 l)	1.470,59	3.000	245,10	Feldspritze (500 l)	1.470,59	3.000	326,80
Sämaschine (13 Reihen)	1.604,75	2.100	229,25	Direktsaat-maschine (13 Reih.)	5.894,25	2.100	842,03
Sämaschine (6 Reihen)	1.362,19	2.100	194,60	Direktsaat-maschine (6 Reih.)	4.248,51	2.100	606,93
Schleuderdünger-streuer	793,13	1.800	132,19	Schleuderdünger-streuer	793,13	1.800	132,19
Anhänger (4000 kg)	859,22	2.800	107,40	Anhänger (4000 kg)	859,22	2.800	107,40
<b>Summe</b>	<b>25.509,58</b>		<b>3.267,19</b>		<b>28.728,35</b>		<b>2.981,77</b>

\* Nur Abschreibung (Sorrenson und Montoya, 1984, Tab. 36)

Die Versuche am IAPAR haben gezeigt, daß eine **Reduzierung der Herbizidkosten** möglich ist. So kann auf Bodenherbizide verzichtet werden, wenn Sojabohnen nach Schwarzhafer in Direktsaat ausgesät werden. Vor der Saat oder zur Aussaat können die Unkräuter, je nach Art und Verbreitung, mit Kontaktherbiziden oder mit der Handhacke beseitigt werden. Nach dem Auflaufen der Sojabohnen können, falls erforderlich, selektive Herbizide eingesetzt werden. Die Herbizidkosten für Mais nach Weidelgras können stark reduziert werden. Wenn nach Zwischenfrüchten der Einsatz von Herbiziden vermieden und durch gelegentliches Hacken mit Lohnarbeitern (ca. 4 Manntage/ha) ersetzt wird, sind bei Sojabohnen Einsparungen von 37 US \$ und bei Mais von 51 US \$ pro ha möglich.

Die Ertragssteigerungen betragen unter Berücksichtigung aller bisher in Paraná durchgeführten Versuche bei Sojabohnen und Weizen nach Direktsaat 19 % bzw. 8 % gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung. Für Mais wurden 1 % geringere Erträge in Direktsaat und 7 % geringere Erträge in der Minimalbodenbearbeitung festgestellt. Die Erträge von Phaseolusbohnen in Direktsaat (nur wenige Versuchsjahre) waren 4 % höher als bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug.

#### Gründüngung und Fruchtfolge

Durch Anbau von Schwarzhafer als Gründüngung vor Sojabohnen konnten mit US \$ 366 pro ha und Jahr höhere Deckungsbeiträge erzielt werden als durch Anbau von Weizen als Körnerfrucht vor Sojabohnen. Für die Folge Weizen/Sojabohnen betrug der Deckungsbeitrag pro ha und Jahr US \$ 218 auf der Basis des nicht subventionierten und US \$ 298 im Fall des subventionierten Weizenpreises.

Wird Mais nach Sojabohnen und Lupinen angebaut, kann auf die Stickstoffdüngung verzichtet werden. Dies bedeutet eine Einsparung von 90 kg N/ha oder 64 US \$ je ha bei Verwendung von Harnstoff bzw. US \$ 89 je ha im Falle von Ammonsulfat.

#### Wirtschaftliche Bewertung

Die monetäre Bewertung verschiedener Produktionssysteme zeigte, daß bei traditioneller Bodenbearbeitung keine wirtschaftlichen Vorteile durch Anwendung einer bestimmten Fruchtfolge entstehen (Tab. 8.10). Bei herkömmlicher Bewirtschaftung wurde im gewichteten Mittel ein Deckungsbeitrag von US \$ 106 pro ha und Jahr erzielt. In der Minimalbodenbearbeitung mit verbessertem Produktionssystem (DB = US \$ 112) konnten vom zweiten Fruchtfolgezyklus an wirtschaftliche Vorteile festgestellt werden. Selbst wenn keine Ertragsunterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen berücksichtigt werden, ist die Direktsaat mit einem mittleren Deckungsbeitrag von US \$ 146/ha ab dem 2. Zyklus wirtschaftlicher als die herkömmlichen Produktionssysteme (DB = US \$ 106) und die traditionelle oder auch die minimale Bodenbearbeitung. Bezieht man jedoch die festgestellten Ertragsunterschiede in die Rechnung ein (+ 19 % bei Sojabohnen, + 8 % bei Weizen, - 1 % bei Mais in Direktsaat), dann ist die Anwendung der

Tabelle 8.10 Deckungsbeitrag für herkömmliche und verbesserte Produktionssysteme (US\$/ha)

<b>Herkömmliche Produktionssysteme</b> (traditionelle Bodenbearbeitung; Sojabohnen/Weizen-Folge <sup>1</sup> ) = 2 Kulturen/Jahr; Maismonokultur mit Winterbrache		<b>Gewichtetes Mittel</b>	
Ein Jahr			
Sojabohnen (67%)	Weizen (67%)		
115	6		106
Mais (33%)	Winterbrache		
73	0		

**Verbesserte Produktionssysteme** (Fruchtfolge = Lupinen – Mais – Schwarzhafer – Sojabohnen – Weizen<sup>1</sup> – Sojabohnen)

	Jahr 1		Jahr 2		Jahr 3		<b>Gewichtetes Mittel</b>	
	Lupinen	Mais	Schwarzhafer	Sojabohnen	Weizen	Sojabohnen		
1. Zyklus	TB	-91	147	-53	151	6	103	87
	KB	-91	145	-46	148	13	101	90
	MB	-91	153	-46	155	13	107	97
	DS <sup>2)</sup>	-91	134	-39	126	7	78	71
	DS <sup>3)</sup>	-91	129	-39	210	33	151	131
2. Zyklus <sup>4)</sup>	TB	-78	182	-53	151	3	102	102
	KB	-72	180	-46	148	4	103	106
	MB	-72	188	-46	155	4	107	112
	DS <sup>2)</sup>	-60	205	-35	172	43	115	146
	DS <sup>3)</sup>	-60	201	-35	256	69	187	206

1) Subventionierter Weizenpreis von US\$ 233,30/t

2) Keine Berücksichtigung von Ertragsunterschieden zwischen Bodenbearbeitungssystemen

3) Berücksichtigung der festgestellten Ertragsunterschiede (Direktsaat)

4) Ab dem zweiten Zyklus: Reduzierung der Phosphordüngung (Direktsaat); Reduzierung des Harnstoffaufwandes bei Mais und Reduzierung des Herbizid-aufwandes (alle Systeme)

(Sorrenson und Montoya, 1984, Auszug aus Tab. 51)

Fruchtfolge und der Direktsaat bereits im ersten Zyklus mit einem mittleren Deckungsbeitrag von US \$ 131/ha wirtschaftlicher als bei Bearbeitung des Bodens, mit maximalen Deckungsbeiträgen von US \$ 97 bei der Minimalbodenbearbeitung. Im zweiten Zyklus erreicht die Direktsaat unter Einbeziehung der Mehrträge einen Deckungsbeitrag von US \$ 206/ha im Vergleich zu US \$ 102 bei der traditionellen, US \$ 106 bei der konventionellen und US \$ 112 bei der minimalen Bodenbearbeitung (Tab. 8. 10). In dieser wirtschaftlichen Bewertung wurde die Erosion nicht berücksichtigt.

Es kann aus den durchgeführten Untersuchungen geschlossen werden, daß die Direktsaat in Verbindung mit ausgewogenen Fruchtfolgen, einschließlich Gründüngung, nicht nur einen wirksamen Erosionsschutz herstellt, sondern auch die wirtschaftlich interessanteste Alternative im Vergleich zur Monokultur und der herkömmlichen Bodenbearbeitung ist. Auch wenn die Bodenerosion nicht berücksichtigt wird, können die Landwirte mit den aufgeführten verbesserten Produktionssystemen höhere Deckungsbeiträge erzielen.

Um die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit des Übergangs zur neuen Technologie über einen Zeitraum von 20 Jahren zu prüfen, wurde eine „Cash flow“-Analyse für einen 150 ha-Modellbetrieb erstellt (Tab. 8.11). Bei einer Annahme, daß die Bodenverluste durch Erosion nur 15 t pro ha und Jahr betragen und daß bei Anwendung der Direktsaat keine Ertragssteigerung gegenüber Anbau mit Bodenbearbeitung auftritt, wurde eine interne Verzinsung auf das investierte Kapital in Direktsaatmaschinen und in das veränderte Anbausystem von 50 % pro Jahr errechnet. Dabei kann der Landwirt pro Jahr zusätzliche Deckungsbeiträge von 20 % oder bei einer Betriebsgröße von 150 ha ca. US \$ 3.461 im Vergleich zu den heute in Paraná am meisten verbreiteten Anbausystemen erwirtschaften. Auch wenn keine Erosion auf einem Betrieb vorkommt, sind die Investitionen in das Direktsaatsystem wirtschaftlich. Für diesen Fall wurde eine interne Verzinsung von 25 % errechnet. Direktsaat in Verbindung mit Fruchtfolgen ist deshalb ein wirtschaftlich sehr vorteilhaftes Verfahren für den Landwirt.

Werden die Ertragsunterschiede zu Gunsten der Direktsaat in die Rechnung mit einbezogen, so sind die wirtschaftlichen Vorteile des Systems noch höher zu veranschlagen, als in der Tabelle 8.11 gezeigt wird. Aber auch bei den dort zugrunde gelegten Annahmen amortisieren sich die Investitionen bereits im vierten Jahr.

Die wirtschaftliche Analyse von Erosionsbekämpfungsmaßnahmen in Paraná zeigt, daß die Direktsaat die kostengünstigste Methode der Erosionsbekämpfung darstellt. Dies wurde auch für die Bedingungen in den USA festgestellt (King, 1983).

Tabelle 8.11 "Cash flow" Analyse für einen 150-ha-Betrieb in US\$. Vergleich zwischen neuen und herkömmlichen Erosionsbekämpfungsmaßnahmen (ohne Berücksichtigung von Ertragsunterschieden zwischen den Bodenbearbeitungssystemen)

Jahre	0	1	2	3	5	20
<b>Situation mit Projekt (DS/Fruchtfolge)</b>						
LEISTUNGEN						
Gesamtdeckungsbeitrag		10.733	10.733	10.733	22.002	22.002
KOSTEN						
Investitionen für Maschinen	9.019					
Nährstoffverluste durch Erosion (0,3t/ha u. Jahr)		91	91	91	91	91
Flächenverlust durch Konturdämme (11% in den ersten 3 Jahren, 4% ab dem 4. J.) <sup>1)</sup>		1.180	1.180	1.180	876	876
CASH FLOW MIT PROJEKT	- 9.019	9.462	9.462	9.462	21.035	21.035
<b>Situation ohne Projekt (TB/Monokultur)</b>						
LEISTUNGEN						
Gesamtdeckungsbeitrag		15.764	15.764	15.764	15.764	15.764
KOSTEN						
Nährstoffverluste durch Erosion (15t/ha u. Jahr)		4.542	4.542	4.542	4.542	4.542
Flächenverlust durch Konturdämme (11%)		1.734	1.734	1.734	1.734	1.734
Kosten für die Neuaussaat (5% der Fläche)		788	788	788	788	788
Produktionsverlust durch Grabenerosion (1,5%)		237	237	237	237	237
CASH FLOW OHNE PROJEKT		8.463	8.463	8.463	8.463	8.463
NETTO CASH FLOW (DS minus TB)		999	999	999	12.572	12.572
KAPITALWERT bei 10% = US\$ 69.236						
INTERNE VERZINSUNG = 50%						

<sup>1)</sup> Es wird angenommen, daß der Landwirt ½ seiner Konturdämme im 4. Jahr beseitigt (DS = Direktsaat; TB = Traditionelle Bodenbearbeitung) (Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 55)

### Kosten/Nutzen-Analyse auf gesamtwirtschaftlicher Ebene

Der **Wert der wichtigsten verlorenen Nährstoffe** beträgt bei Bodenverlusten von 10 t/ha und Jahr allein für Paraná (6 Mio ha Ackerfläche) 121 Mio US \$ pro Jahr.

Allein die **Grabenerosion** (Gräben tiefer als 30 cm) hat schätzungsweise 90.000 ha Land oder 1,5 % der Anbaufläche von Paraná zerstört. Der Nettowert der entgangenen Produktion auf dieser Fläche beträgt 10,36 Mio US \$ pro Jahr. Die Kosten durch entgangene Einnahmen oder reduzierte Geldwertmittel, die in die Wirtschaft fließen, sind jedoch wesentlich höher und betragen etwa 34,5 Mio US \$.

Erosion auf landwirtschaftlichen Flächen verursacht auch wirtschaftliche Schäden außerhalb des Betriebs. Im Jahr 1982 wurden etwa 12,5 Mio Tonnen **Sedimente** in den neuerrichteten **Itaipustausee**, an der Grenze von Paraná, über das Flußsystem eingetragen. Davon stammen schätzungsweise 4,8 Mio Tonnen aus Paraná. Der Gesamtwert der wichtigsten Nährstoffe (N, P, K, Mg, Ca), die in diesen 4,8 Mio Tonnen Boden enthalten sind, wurde auf US \$ 419 Mio pro Jahr geschätzt. Eine Analyse der Sedimente sowie des Phosphor- und Stickstoffgehalts im Wasser des Itaipustausees zeigte deutliche Höchstwerte im Zeitraum der Bodenbearbeitung und Aussaat (siehe auch Abb. 2.14).

Weitere 3 Mio Tonnen Boden werden in den Hafen Paranaguá, am Atlantischen Ozean, getragen. Die Quantifizierung der dadurch verursachten wirtschaftlichen Schäden war bisher nicht möglich.

Bodensedimente in Staudämmen, die als **Wasserkraftwerke** zur Stromerzeugung dienen, können Schäden verschiedener Art hervorrufen. Zum einen wird die Speicherkapazität der Stauseen durch Ablagerung der Sedimente reduziert. Sedimente, die in Suspension bleiben, sorgen für eine schnellere Abnutzung der Turbinen oder sammeln sich an bestimmten Stellen und müssen beseitigt werden. Die an den Bodenpartikeln haftenden Nährstoffe führen zur Eutrophierung der Gewässer und Vermehrung von Wasserpflanzen. Die Beseitigung dieser Wasserpflanzen verursacht weitere Kosten. Solche Schäden machen sich oft erst langfristig bemerkbar und konnten in Paraná noch nicht quantifiziert werden. Das Problem ist jedoch nicht zu unterschätzen, da allein in Paraná bis 1995 insgesamt 16 Dämme mit einer Stromerzeugungskapazität von 17.850 Megawatt in Betrieb genommen werden sollen.

Sedimente und Schadstoffe in Wasser, das für die **Trinkwasserversorgung** verwendet wird, müssen durch Filtration und chemische Behandlung beseitigt werden. Auch die Beseitigung von Bodensedimenten, die aus der Landwirtschaft stammen, verursacht Kosten, die dem Konsumenten in Rechnung gestellt werden. Die quantifizierbaren Kosten der Sedimentbeseitigung in Paraná im Jahre 1984 betragen 217.700 US \$.

Nach starken Regenfällen werden Erosionssedimente von landwirtschaftlichen Nutzflächen auf Straßen abgelagert. Dies hat bereits zu tödlichen Unfällen geführt. Weiterhin müssen die abgelagerten Erdmassen unter erheblichem Kostenaufwand beseitigt werden. Diese Kosten konnten aufgrund mangelnder Auswertung vorhandener Informationen nicht quantifiziert werden.

### **Soziale Auswirkungen**

In Südbrasilien wurde bis zum Jahre 1984 die Direktsaat bereits auf 500.000 ha angewendet. Das führt über reduzierte Schlepperstunden zu einer Einsparung von etwa 500 AK-Jahren, der jedoch eine zusätzliche Nachfrage von 2.200 AK-Jahren für manuelle Unkrautbekämpfung gegenübersteht. Weitere soziale Auswirkungen der Bodenerosion wie erhöhte Arbeitslosigkeit bei Umwandlung von Ackerland in extensives Weideland, Landflucht und Zunahme der Slumbewohner in den Städten, reduzierte Einnahmen bei Handel und Industrie aufgrund von geringerem Umlauf an Geldwertmitteln, Investitionen in Forschung und Beratung in Bodenkonservierung usw. müssen noch quantifiziert werden.

### **Reduzierte Produktionskosten und erhöhte Einnahmen durch Anwendung neuer Technologie**

Unter der Annahme, daß auf nur 15 % der Maisanbaufläche von Paraná die empfohlene Technologie verwendet wird und daß hier Sojabohnen und Lupinen vor Mais angebaut werden (Einsparung von 90 kg N/ha), kann das eine **Einsparung an Stickstoffdünger** von 21,5 Mio US \$ für Harnstoff oder 32,2 Mio US \$ für Ammonsulfat bedeuten.

Die 50 %ige **Einsparung von Phosphordünger** im Direktsaatsystem bedeutet (umgerechnet auf 300.000 ha Direktsaatfläche) eine Einsparung von 7,7 Mio US \$ pro Jahr.

Bei konventioneller Bodenbearbeitung ist die **Neuaussaat der Kulturen** aufgrund von Erosionsschäden kurz nach der Aussaat jedes Jahr auf 5 % bis 10 % der Ackerbaufläche erforderlich. Allein die Kosten für neues Saatgut und für die erneute Aussaat betragen 5,6 Mio US \$ bei 5 % Neuaussaat. Diese Kosten entfallen bei Anwendung der Direktsaat.

Durch Gründüngung kann eine erhebliche **Einsparung von Herbiziden** erreicht werden. Durch Aussaat z. B. von Schwarzhafer vor Sojabohnen werden die Unkräuter stark unterdrückt. Bei geringem Unkrautbesatz kann die Unkrautbekämpfung mit der Handhacke (ca. 4 Manntage/ha) oder gelegentlich durch selektive Blattherbizide erfolgen. Wird nur ein Drittel der unter Direktsaat befindlichen Fläche in Paraná in dieser Weise bestellt, können Unkrautbekämpfungsmittel in Höhe von 5,7 Mio US \$ eingespart werden.

Durch Anwendung der Direktsaat sind erhebliche **Kraftstoffeinsparungen** möglich, da die zeit- und energieaufwendige Bodenbearbeitung entfällt. Bei Anwendung der Direktsaat auf 300.000 ha in Paraná (1984) betrug die Kraftstoffeinsparung rund 2,0 Mio US \$.

Aufgrund des besseren Schutzes gegen Erosion durch schnellere Wasserinfiltration unter Direktsaat kann in diesem System auf zwei Drittel der **Konturdämme** verzichtet werden. Bei 300.000 ha Direktsaat in Paraná können Einsparungen für den Bau dieser Dämme von 1,2 Mio US \$ erreicht werden. Weiterhin entstehen durch Konturdämme indirekte Kosten durch die Fläche, die der Produktion entzogen wird. Bei einem durchschnittlichen Gefälle in Paraná von 9 % und 22 m Abstand zwischen den Konturdämmen gehen 11 % der Anbaufläche für die Produktion verloren. Die zusätzlichen Nettoeinnahmen bei Anwendung der Direktsaat und Verzicht auf zwei Drittel der Konturdämme wurden auf mehr als 3,2 Mio US \$ berechnet.

Durch **Ertragssteigerungen** bei Anwendung von Direktsaat auf 300.000 ha im Jahr 1984 wurden zusätzliche Einnahmen von 5,7 Mio US \$ im Staat Paraná errechnet.

### **Analyse der „ohne Projekt“ oder „mit Projekt“ Situation**

Werden alle wirtschaftlichen Vorteile der Bodenkonservierung und Kosten der Erosionsbekämpfung zusammengefaßt und über einen längeren Zeitraum analysiert, kann der Gesamtzusammenhang der verschiedenen Faktoren besser dargestellt und erkannt werden.

Sorrenson und Montoya (1984) untersuchten, welche wirtschaftlichen Folgen die Übernahme von Direktsaat bzw. Minimalbodenbearbeitung in Verbindung mit Fruchtfolge und Gründüngung zur Bodenkonservierung in einem Zeitraum von 20 Jahren haben könnte und gingen dabei von drei unterschiedlichen Akzeptanzraten und vier verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen aus (Tab. 8.12).

Der jährlich anfallende Nutzen, der sich von einer höheren Akzeptanz verbesserter Bodenkonservierungsmaßnahmen (Situation „mit Projekt“) gegenüber einer niedrigen Akzeptanz (Situation „ohne Projekt“) ableitet, wurde diskontiert und über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren aufaddiert. Die Differenzen der Werte zwischen den beiden Situationen liefern ein Maß für den Nutzen, den die schnellere Übernahme der verbesserten Anbauverfahren durch die Landwirte für die gesamte Volkswirtschaft hat. Diese Differenz beträgt mindestens US \$ 979 Mio (bei einer Diskontrate für zukünftige Nutzen in Höhe von 10 %). Das heißt, wenn über 20 Jahre hinweg ein Aufwand an öffentlichen Mitteln von jährlich 49 Mio Dollar betrieben würde, um diese höhere Akzeptanz zu erreichen (z. B. durch zusätzliche Beratung der Landwirte), so verzinste sich dieser Aufwand mit 10 % pro Jahr. Bei einer Diskontrate von 20 % beträgt die Nutzendifferenz noch 395 Mio Dollar, d. h. bei einem jährlichen Beratungsmehraufwand von nur 20 Mio Dollar über 20 Jahre verzinst sich dieser Aufwand mit 20 % pro Jahr.

Auch in Nordamerika wurden die wirtschaftlichen Vorteile der Direktsaat erkannt. Der Landwirtschaftsminister der USA stellte fest, daß „conservation tillage“ (Direktsaat und konservierende Bodenbearbeitung) ein kostengünstiges System für den Steuerzahler ist. Es werden weniger Steuergelder dafür verwendet als für die traditionelle Bodenkonservierung durch Konturdamm- und Streifenanbau (Block, 1984).

Tabelle 8.12 Entwicklung der Akzeptanzraten von Bodenbearbeitungs- und Aussaatverfahren unter Annahme von drei unterschiedlichen Situationen.

Situationen	Akzeptanzrate %				Summe
	Traditionelle <sup>1)</sup> Boden- bearbeitung	Konventionelle <sup>1)</sup> Boden- bearbeitung	Minimale <sup>2)</sup> Boden- bearbeitung	Direktsaat <sup>3)</sup>	
Ausgangssituation 1984	70	24,5	0,5	5	100
Voraussichtliche Anwendung in 20 Jahren (ohne Projekt) <sup>4)</sup>	55	15	10	20	100
Voraussichtliche Anwendung in 20 Jahren (mit Projekt) <sup>5)</sup>	20	10	20	50	100
	Zugrundegelegte Bodenverluste (t/ha)				
	30	10	5	1	

1) Konturdämme; Monokultur oder Weizen/Sojabohnenanbau

2) Konturdämme; Fruchtfolge und Gründüngung

3) 66% weniger Konturdämme; Fruchtfolge und Gründüngung

4) Derzeitiger Aufwand für Forschung und Beratung (künftig gleichbleibend)

5) Erhöhter Aufwand für Forschung und Beratung

(Sorenson und Montoya, 1984, Tab. 67 und 71)

## 8.5 Zusammenfassung

Die Kosten und die Wirtschaftlichkeit verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren, der Gründüngung und der Fruchtfolge und die Kosten der Erosion werden dargestellt und diskutiert.

Kraftstoffverbrauch und -kosten sind bei der Direktsaat 67 % und bei der Minimalbodenbearbeitung 22 % niedriger als bei der konventionellen Bodenbearbeitung mit dem Pflug.

Aufgrund höherer Herbizidanwendung in Direktsaat sind die Produktionskosten im Direktsaatverfahren am höchsten und in der Minimalbodenbearbeitung am niedrigsten. Trotz

höherer Produktionskosten führte die Direktsaat durch höhere Erträge und weitere wirtschaftliche Vorteile (wie Einsparung von Phosphordünger, Vermeidung der Neuaussaat usw.) zu einer höheren Rentabilität.

Die wirtschaftlichen Vorteile der Direktsaat werden nicht immer unmittelbar nach der Umstellung des Produktionssystems oder bei einem reinen Kostenvergleich deutlich. Werden jedoch Ertragsdifferenzen in die Berechnung einbezogen, so zeigt die Direktsaat von Beginn an eine höhere Rentabilität.

Bei der Direktsaat wurde eine interne Verzinsung des investierten Kapitals in Direktsaatmaschinen und in das veränderte Anbausystem von 50 % pro Jahr errechnet. Dadurch kann der Landwirt ein zusätzliches Einkommen von 20 % im Vergleich zu den heute in Paraná am meisten verbreiteten Anbausystemen erzielen und zusätzliches Einkommen von etwa US \$ 3.462 auf einem 150 ha-Betrieb erwirtschaften.

Durch Einbau von geeigneten Gründüngungsarten in die Fruchtfolge kann eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden. Höchste Deckungsbeiträge wurden durch Anbau von Schwarzhafer vor Sojabohnen (DB = US \$ 366/ha und Jahr) und bei Lupinen vor Mais (DB = US \$ 478/ha und Jahr) erzielt.

Bei herkömmlicher Bewirtschaftung (traditionelle Bodenbearbeitung mit Soja/Weizen-Folge und Mais-Monokultur) wurde ein Deckungsbeitrag von US \$ 106/ha und Jahr festgestellt. Ab dem zweiten Zyklus einer dreijährigen Fruchtfolge (Lupinen/Mais/Schwarzhafer/Sojabohnen/Weizen/Sojabohnen) wurden für die verschiedenen Bearbeitungssysteme im gewichteten Mittel folgende Deckungsbeiträge pro ha und Jahr ermittelt: traditionelle Bodenbearbeitung US \$ 102; konventionelle Bodenbearbeitung US \$ 106; minimale Bodenbearbeitung US \$ 112; Direktsaat unter Berücksichtigung der festgestellten Ertragsunterschiede zwischen den Bearbeitungssystemen US \$ 206.

Die Analyse auf gesamtwirtschaftlicher Ebene im Staat Paraná zeigte, daß allein die Kosten der Nährstoffverluste durch Erosion bei gering angesetzten Bodenverlusten von 10 t pro ha 121 Mio US \$ pro Jahr betragen. Die Grabenerosion hat schätzungsweise 90.000 ha Land oder 1,5 % der Anbaufläche zerstört. Der Nettowert der entgangenen Produktion auf diesen Flächen beträgt 10,36 Mio US \$. Sedimente aus Erosionen verursachten allein im Jahr 1984 Schäden und zusätzliche Kosten für die Trinkwasserversorgung von US \$ 217.700.

Durch Anwendung eines integrierten Anbausystems mit Direktsaat, Fruchtfolge und Gründüngung auf 300.000 ha in Paraná im Jahre 1984 konnten die Bodenverluste durch Erosion auf ein Minimum reduziert werden. Es ergaben sich dabei folgende wirtschaftliche Vorteile:

	Mio US \$
- Erhöhte Produktion aufgrund von Ertragssteigerungen	5,7
- Kraftstoffeinsparungen	2,0
- Stickstoffeinsparung durch den Anbau von Lupinen vor Mais	21,5
- Phosphateinsparung in Direktsaat (50 % weniger)	7,7
- Herbizideinsparung bei Aussaat von Schwarzhafer vor Sojabohnen	5,7

- Geringere Kosten für die Neuaussaat (5 % der Fläche) aufgrund von Erosionsschäden	5,6
- Geringere Kosten für den Bau von Konturdämmen	1,2
- Zusätzliche Produktion aufgrund der Reduzierung der Konturdämme und des dadurch bedingten Landverlustes	3,2

Bei einer Diskontierung der zukünftigen Leistungen (Erträge) mit 10 % pro Jahr könnte der Staat Paraná es sich leisten, pro Jahr US \$ 20 Mio zusätzlich an öffentlichen Mitteln in Forschung, Beratung und Erziehung auf dem Gebiet der Bodenkonservierung zu investieren, falls die Akzeptanzrate von integrierten Erosionsbekämpfungsmaßnahmen etwas mehr als verdoppelt werden könnte.

Traditionelle Bodenkonservierungsmaßnahmen zeigen einen Konflikt zwischen sofortigem Gewinn und langfristiger Erhaltung der Fruchtbarkeit und der Ertragsstabilität der Böden. Dagegen zeichnen sich die dargestellten pflanzenbaulichen Maßnahmen des Erosionsschutzes sowohl durch ihre kurzfristigen wirtschaftlichen Vorteile für den einzelnen Landwirt und für die Volkswirtschaft als auch durch ihre positiven Wirkungen auf die langfristige Erhaltung des landwirtschaftlichen Produktionspotentials aus.

## 9.0 Kombination von Direktsaat, Gründüngung und Fruchtfolge in der Praxis

Auf die Bedeutung der Bedeckung des Bodens zur Reduzierung von Erosionsschäden wurde in dieser Arbeit mehrmals hingewiesen (siehe Abschnitte 3.0, 5.4 und 6.3). Die Direktsaat bietet als einziges Anbauverfahren die Möglichkeit, den Boden ganzjährig und ununterbrochen mit wachsenden Pflanzen oder Pflanzenrückständen bedeckt zu halten (Abb. 9.1). Monokulturen mit Winterbrache, wie sie in Paraná weit verbreitet sind, führen dazu, daß der im allgemeinen spärliche Unkrautbewuchs in den Wintermonaten keine ausreichende Bodenbedeckung bietet, aber die Vermehrung der Unkräuter doch ermöglicht. Die nicht ausreichende Bodenbedeckung führt dann zu Erosionsschäden und Nährstoffauswaschung. Auch der weitverbreitete Anbau der Folge Sojabohnen/Weizen gewährt im allgemeinen keinen ausreichenden Schutz, es sei denn, es kommen massenwüchsige Sorten mit langen Wachstumszyklen zur Verwendung. In den letzten Jahren haben sich jedoch insbesondere bei Sojabohnen immer mehr Sorten mit kurzer Vegetationszeit und relativ geringem Masseertrag durchgesetzt.



Abb. 9.1: Mais wurde im Direktsaatverfahren in eine dicke Mulchschicht aus Mais- und Roggenstroh eingesät. Die Pflanzenreste bieten auch nach der Aussaat ausreichend Erosionsschutz.

(Photo: R. Derpsch)