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.*

SCHRIFTEN DER GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V.

Meyer-Aurich, A., Gandorfer, M., Gerlund, G., Kainz, M.: Ökonomische Analyse reduzierter Bodenbearbeitung in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung unter besonderer Berücksichtigung des Produktionsrisikos. In: Berg, E., Hartmann, M., Heckelei, T., Holm-Müller, T., Schiefer, G.: Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 44, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2009), S. 341-351.

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 44, 2009: 341 - 351

ÖKONOMISCHE ANALYSE REDUZIERTER BODENBEARBEITUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER STICKSTOFFDÜNGUNG UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES PRODUKTIONSRISIKOS

Andreas Meyer-Aurich[*], *Markus Gandorfer, Max Kainz*[**] *und Georg Gerl*[***]

Zusammenfassung

Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung können den Einsatz von Betriebsmitteln und Maschinen reduzieren und somit zu Kostensenkungen bei landwirtschaftlichen Produktionsverfahren beitragen. Unsicherheiten bezüglich möglicher Ertragseinbußen können jedoch eine Ursache für die geringe Akzeptanz reduzierter Bodenbearbeitungssysteme sein. Auf der Basis von Ergebnissen aus einem Langzeitversuch wurden die Ertragseffekte und deren ökonomische Auswirkungen unter Berücksichtigung von Risikoaspekten analysiert. Da die Bodenbearbeitung auch die Mineralisierung von Pflanzennährstoffen bestimmt, wurden auch Wechselwirkungen mit der Stickstoffdüngung untersucht. Anhand der Ergebnisse aus 12 Jahren wurde festgestellt, dass eine reduzierte Bodenbearbeitung vielfach eine höhere Stickstoffdüngung nötig macht, um einen gleichen Erfolg zu erzielen. Risikoaverse Landwirte würden pflügende Bodenbearbeitung bevorzugen.

Keywords

Reduzierte Bodenbearbeitung, Stickstoffdüngung, Risikoanalyse

1 Einleitung

Pflanzenbauliche Produktionsverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung sind vielfach empfohlen worden, da Kosten reduziert werden können und damit unter Umständen positive Umwelteffekte verbunden sind. Beispielsweise können durch reduzierte Bodenbearbeitung zum einen der Kraftstoffbedarf gesenkt und darüber hinaus möglicherweise beträchtliche Mengen an Kohlenstoff im Boden gespeichert werden, was einen Beitrag zur Reduzierung der Emissionen treibhausrelevanter Gase in die Atmosphäre leisten könnte. Die Möglichkeiten der ökonomisch effizienten Sequestrierung von Kohlenstoff im Boden werden in Nordamerika schon seit Jahren intensiv diskutiert (ANTLE et al., 2001; MCCARL und SCHNEIDER, 2000)

Die Akzeptanz von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung ist in Deutschland allerdings begrenzt, so dass eine genauere Analyse der Hemmnisse für eine weitere Verbreitung sinnvoll erscheint. Da die Intensität der Bodenbearbeitung die Verfügbarkeit von Nährstoffen bestimmt, sind Interaktionen von Bodenbearbeitung mit der Düngung von besonderer Bedeutung (BAEUMER, 1992).

Dieser Beitrag soll die Bedeutung der Bodenbearbeitung in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung untersuchen. Die Studie soll neben den durchschnittlich zu erwartenden Effekten die Streuung der Ergebnisse, insbesondere das Produktionsrisiko, in der Analyse berücksichtigen. Datengrundlage liefert ein seit 1992 durchgeführter Langzeitversuch in Scheyern (bayerisches Tertiärhügelland), bei dem drei verschiedene Bodenbearbeitungs- und

[*] Dr. Andreas Meyer-Aurich, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; Email ameyer@atb-potsdam.de

[**] Dr. Markus Gandorfer, Max Kainz, Technische Universität München, Alte Akademie 14, 85350 Freising-Weihenstephan

[***] Georg Gerl, Helmholtz-Zentrum München, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg

Düngesysteme auf Ertragseffekte untersucht werden. Speziell vor dem Hintergrund der aktuell diskutierten Auswirkungen des Klimawandels sowie möglichen Anpassungsstrategien im Ackerbau sind diese Analysen von Bedeutung. Denn eine mögliche Anpassung an das durch den Klimawandel erhöhte Produktionsrisiko stellt der gezielte Einsatz risikomindernder Produktionssysteme dar.

2 Material und Methoden

2.1 Datengrundlage

Für diese Auswertung wurden Ertragsdaten der Jahre 1994 bis 2006 von einem Langzeitversuch des Versuchsgutes Scheyern des Helmholtz-Zentrums München zur Verfügung gestellt. Der Langzeitversuch wurde im Jahr 1992 als statischer Dauerversuch als Spaltanlage mit drei Wiederholungen errichtet. Ziel des Versuches ist es, Aussagen über optimale Steuerungsmöglichkeiten im Bereich Stickstoffdüngung und Bodenbearbeitung für eine Fruchtfolge mit Winterweizen, Körnermais und Kartoffeln abzuleiten. Der Versuch liegt in Scheyern (bayerisches Tertiärhügelland) in einer Höhe von ca. 450 m über NN. Die Böden können als Braunerde auf Lösslehm charakterisiert werden. Die Bodenbearbeitungssysteme Pflug, Grubber und Grubber flach bilden die Großteilstücke des Versuchs. Die untersuchten Stickstoffdüngeintensitäten sind bei Kartoffeln 50, 100 sowie 150 kg N/ha. Bei Körnermais betragen diese 60, 105 sowie 135 kg N/ha und bei Weizen 90, 135 sowie 160 kg N/ha. Die jeweils mittlere N-Intensität wird im Laufe des Beitrags mit „betriebsüblich“ bezeichnet, die anderen als „reduziert“ bzw. „erhöht“. Die Spaltanlage mit 27 Parzellen wurde viermal wiederholt (Faktor: Schlag), um in jedem Jahr jede Kultur der Fruchtfolge untersuchen zu können. Weitere Informationen zu dem Versuch und dessen Einbindung in den Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) sind in OSINSKI et al. (2005) dokumentiert.

2.2 Charakterisierung der Bodenbearbeitungssysteme

Beim Bodenbearbeitungssystem Pflug handelt es sich um ein System mit wendender Bodenbearbeitung, beim System Grubber um ein tief mischendes Verfahren und beim System Grubber flach um ein flach mischendes Verfahren. Bei Winterweizen wird in den Systemen Grubber und Grubber flach bei der Vorfrucht Mais das Maisstroh gemulcht, ansonsten unterscheiden sich die Produktionssysteme einer Kultur nicht.

Der Tabelle 1 können in Anlehnung an KTBL (2006) für diese Bodenbearbeitungsvarianten die Summen der Direkt- und Arbeitserledigungskosten, des Arbeitszeitbedarfs sowie des Dieselverbrauchs entnommen werden. Arbeitszeitbedarf sowie Dieselverbrauch werden in Tabelle 1 separat ausgewiesen, da diese Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die Beurteilung der Bodenbearbeitungssysteme ausüben. Der Arbeitszeitbedarf sowie der Dieselverbrauch sind bei Winterweizen (Vorfrucht Mais) in der Grubber-Variante höher als in der Pflug-Variante. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den pfluglosen Varianten (Grubber und Grubber flach) nach Mais ein zusätzlicher Mulchgang notwendig ist. Die Direktkosten setzen sich aus den dem Produktionsverfahren direkt zurechenbaren Kosten, z.B. für Dünge- und Pflanzenschutzmittel, zusammen. In den Arbeitserledigungskosten sind der Lohnansatz sowie feste und variable Maschinenkosten enthalten.

Die Stickstoffdüngung wurde mit Düngekosten in Höhe von 0,90 € pro kg N angesetzt und in Tabelle 1 exemplarisch für die betriebsübliche Stickstoffintensität dargestellt. In Tabelle 1 wird weiterhin bei den dargestellten Kosten von einem Dieselpreis von 0,95 €/l ausgegangen sowie von einem Lohnansatz von 15,00 €/AKh (Arbeitskraftstunde). Zusätzlich zu den in Tabelle 1 dargestellten Kosten werden bei den folgenden Analysen für die Trocknung von Körnermais 4,00 €/dt und bei Winterweizen 0,50 €/dt angesetzt. Bei Kartoffeln wurden

1,72 €/dt für Sortierung und Lagerung veranschlagt. Bei den pfluglosen Bodenbearbeitungsvarianten (Grubber und Grubber flach) sind jährlich 10,00 €/ha für eine alle zwei Jahre notwendige Totalherbizidbehandlung veranschlagt.

Für die weiteren ökonomischen Analysen wird der Deckungsbeitrag als Vergleichsgröße herangezogen. Diese ist im Rahmen dieser Arbeit definiert als die Differenz der Marktleistung und der Summe aus den Direkt- und Arbeitserledigungskosten.

Tabelle 1: Annahmen für Produktionskosten, Arbeitszeitbedarf und Dieselverbrauch der untersuchten Bodenbearbeitungssysteme und Kulturen

Bodenbearbeitungssystem	Direktkosten & Arbeitserledigungskosten €/ha	Arbeit Akh/ha	Diesel l/ha
	Kartoffel		
Pflug (wendend)	2579	27,33	120
Grubber (tief mischend)	2555	26,86	113
Grubber flach	2524	26,41	102
	Körnermais		
Pflug (wendend)	1178	7,15	71
Grubber (tief mischend)	1154	6,68	64
Grubber flach	1124	6,23	53
	Weizen		
Pflug (wendend)	979	8,15	90
Grubber (tief mischend; Vorfrucht Mais)	998	8,76	93
Grubber (tief mischend Vorfrucht Kartoffel)	955	7,67	83
Grubber flach (Vorfrucht Mais)	946	7,84	78
Grubber flach (Vorfrucht Kartoffel)	903	6,75	67

Quelle: eigene Zusammenstellung in Anlehnung an KTBL, 2006 und LFL (2008)

2.3 Statistische Auswertung, Entscheidungsanalyse unter Unsicherheit und Sensitivitätsanalysen

Die statistische Auswertung der Wirkung von Düngung und Bodenbearbeitung auf den Naturalertrag und die wirtschaftlichen Kenngrößen für die einzelnen Kulturen erfolgte mit der SAS Prozedur „Mixed“ nach dem von PIEPHO et al. (2004) vorgeschlagenen Rahmenwerk. Als fixe Faktoren wurden Bodenbearbeitung, Düngung sowie deren Wechselwirkungen untersucht. Zufällige Faktoren waren Jahre, Wiederholungen in den einzelnen Jahren sowie Wechselwirkungen von Bodenbearbeitung und Wiederholungen in den einzelnen Jahren. Wiederholungen über die Zeit und die Wiederholungen der vier Fruchtfolgeglieder wurden als Messwiederholungen berücksichtigt. Für die Auswertung wurden die Ertragsdaten aus drei kompletten Rotationen herangezogen. Da Kartoffeln im Jahr 2002 aufgrund technischer Probleme nicht von allen Versuchsparzellen geerntet wurden, wurden stattdessen Daten aus dem Jahr 2006 für die Untersuchung herangezogen. In der statistischen Analyse wurden als zufällige Faktoren Rotationsperiode und Schlag sowie deren Wechselwirkungen,

Wiederholung in Schlag und Rotation sowie Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung und Wiederholung in Schlag und Rotation berücksichtigt. Zur Wichtung der Freiheitsgrade wurde die in SAS 9.1 implementierte Kenward-Roger Approximation gewählt.

Zur Analyse von optimalen Varianten bei Annahme von Risikoaversion bedienen wir uns einer von HARDAKER et al. (2004) vorgeschlagenen Methode zur Schätzung von Sicherheitsäquivalenten (Gleichung1). Das Sicherheitsäquivalent kennzeichnet den sicheren Geldbetrag, den ein Entscheidungsträger mit einer bestimmten Risikonutzenfunktion als gleichwertig zu einer Alternative mit unsicherem Ausgang ansieht. Ist ein risikoaverser Entscheidungsträger mit verschiedenen Alternativen konfrontiert, so wählt er die mit dem höchsten Sicherheitsäquivalent. Die Methode liefert für eine Bandbreite von absoluten Risikoaversionskoeffizienten ($r_a(DB)$) auf der Basis einer Stichprobe mit n Beobachtungen und den jeweiligen Deckungsbeiträgen DB_i Schätzwerte für das Sicherheitsäquivalent. Unter der Annahme einer negativ exponentiellen Nutzenfunktion wird der Risikoaversionskoeffizient nach PRATT (1964) definiert als $r_a(DB) = -u''(DB)/u'(DB)$.

$$(1) \qquad SA(DB, r_a(DB)) = \ln\left\{\left(\frac{1}{n}\sum_{i}^{n}\exp(-r_a(DB)DB_i\right)^{-1/r_a(DB)}\right\}$$

3 Ergebnisse

Die im Folgenden dargestellten Deckungsbeiträge der einzelnen Kulturen beziehen sich auf die in Tabelle 1 dargestellten Direkt- und Arbeitserledigungskosten sowie die diesbezüglich zugrunde gelegten Input-Preise sowie den Lohnansatz.

3.1 Wirkung von Bodenbearbeitung und Stickstoffdüngung auf Erträge und Wirtschaftlichkeit der einzelnen Verfahren

Die Varianzanalyse bestätigte für alle untersuchten Kulturen signifikante Hauptwirkungen, Wechselwirkungen waren bei Kartoffeln und Körnermais signifikant.

Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte für Erträge und Deckungsbeiträge bei Körnermais. Die höchsten Erträge wurden mit erhöhter Düngung im System Pflug und Grubber erzielt. Die flache Grubberbearbeitung bewirkte deutlich niedrigere Erträge, vor allem bei geringen Düngermengen. Erkennbar ist weiterhin, dass die Düngerwirkung beim tiefmischenden Bodenbearbeitungssystem Grubber stärker war als bei der pflügenden Variante. Der höchste Deckungsbeitrag wird bei Körnermais im Bodenbearbeitungssystem Grubber mit höchster Düngung erzielt. Die Pflugvariante mit betriebsüblicher Düngung liegt ca. 80 € /ha darunter. Dieser Unterschied lässt sich aber nicht statistisch absichern. Beim Vergleich der Pflug- mit den Grubbervarianten fällt auf, dass der Deckungsbeitrag nur in der flachen Grubbervariante mit zunehmender Düngung zunimmt, in den anderen Systemen sind keine statistisch nachweisbaren Effekte der erhöhten Düngung zu erkennen. Insbesondere bei der Pflugvariante zeigt sich, dass die erhöhte Düngung keine positiven ökonomischen Effekte mit sich bringt.

Tabelle 2: Körnermaisertrag und Deckungsbeitrag in Abhängigkeit von Stickstoffdüngung und Bodenbearbeitung (Hauptwirkungen und Wechselwirkungen Bodenbearbeitung x Stickstoffdüngung für beide Merkmale mit Irrtumswahrscheinlichkeit p <5% signifikant)

Bodenbearbeitung	Düngung	Ertrag (dt/ ha)		Deckungsbeitrag (€/ ha)	
Pflug	Reduziert	87,9	bc[1]	379	bc
	Betriebsüblich	97,6	d	499	de
	Erhöht	98,3	d	484	cde
Grubber	Reduziert	88,6	c	416	bc
	Betriebsüblich	94,6	cd	471	cd
	Erhöht	102,4	d	578	de
Grubber flach	Reduziert	72,1	a	161	a
	Betriebsüblich	83,7	b	313	b
	Erhöht	92,2	cd	432	cd
Standardfehler		*6,6*		*113*	

[1]Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben sind nach Tukey Test statistisch signifikant (p<5%) unterscheidbar

Quelle: eigene Berechnungen

Bei Kartoffeln zeigt sich bei dem System mit flachem Grubbereinsatz ein deutlicher, statistisch absicherbarer Ertragszuwachs mit zunehmender Düngung (vgl. Tabelle 3). In den anderen Bodenbearbeitungssystemen ist die Düngerwirkung weit weniger ausgeprägt. Aus ökonomischer Sicht lässt sich daher nur im flachen Grubbersystem ein erhöhter Düngeraufwand rechtfertigen. Das Bodenbearbeitungssystem zeigte bei erhöhter Düngung keinen signifikanten Einfluss auf den Deckungsbeitrag. Ertrag und Deckungsbeitrag des Systems mit flacher Grubberbearbeitung und erhöhter Düngung ließen sich statistisch nicht von den höchsten Deckungsbeiträgen und Erträgen mit Pflug und Grubber differenzieren.

Tabelle 3: Kartoffelertrag und Deckungsbeitrag in Abhängigkeit von Stickstoffdüngung und Bodenbearbeitung (Hauptwirkungen und Wechselwirkungen Bodenbearbeitung x Stickstoffdüngung für beide Merkmale mit Irrtumswahrscheinlichkeit p <5% signifikant)

Bodenbearbeitung	Düngung	Ertrag (dt/ ha)		Deckungsbeitrag (€/ ha)	
Pflug	Reduziert	410	bc[1]	1364	bcd
	Betriebsüblich	427	c	1475	cd
	Erhöht	426	c	1419	bcd
Grubber	Reduziert	393	b	1223	abc
	Betriebsüblich	416	c	1397	bcd
	Erhöht	435	c	1536	d
Grubber flach	Reduziert	352	a	863	a
	Betriebsüblich	384	b	1123	ab
	Erhöht	424	c	1462	cd
Standardfehler		*28*		*268*	

[1]Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben sind nach Tukey Test statistisch signifikant (p<5%) unterscheidbar

Quelle: eigene Berechnungen

Die verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten haben bei Weizen mit der Vorfrucht Kartoffeln keine signifikante Ertragswirkung (vgl. Tabelle 4). Bei Weizen nach Mais können

jedoch bei der Pflugvariante signifikante Mehrerträge von 7,7 dt/ha beobachtet werden (vgl. Tabelle 4). Bei Weizen zeigt sich eine deutliche Ertragswirkung einer erhöhten Stickstoffintensität (vgl. Tabelle 5). Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung und Stickstoffdüngung waren nicht signifikant.

In der ökonomischen Analyse machen die zusätzlichen Maßnahmen zur Einarbeitung des Mulchanfalls nach Mais die Grubbervarianten wirtschaftlich ineffizient gegenüber der Pflugvariante. Nach Kartoffeln ist eine solche Bearbeitung allerdings nicht notwendig. Hier sind keine signifikanten Unterschiede zwischen Deckungsbeiträgen der untersuchten Bodenbearbeitungssysteme zu beobachten. Die höchsten Erträge und Deckungsbeiträge wurden mit der höchsten Düngerstufe erreicht, wobei die Differenzen zur betriebsüblichen Variante nur bei der Ertragswirkung statistisch abgesichert werden konnten (vgl. Tabelle 5). Eine reduzierte Stickstoffdüngung führt bei Winterweizen bei beiden untersuchten Vorfrüchten zu signifikant niedrigeren Deckungsbeiträgen.

Tabelle 4: Winterweizenertrag und Deckungsbeitrag in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung

Vorfrucht	Versuchsfaktor	Ertrag (dt/ ha)		Deckungsbeitrag (€/ ha)	
Mais	Pflug	60,1	b[1]	359	b
	Grubber	56,8	b	267	a
	Grubber flach	51,3	a	195	a
Standardfehler		*5,2*		*115*	
Kartoffeln	Pflug	67,1	n.s.	515	n.s.
	Grubber	67,1	n.s.	538	n.s.
	Grubber flach	64,3	n.s.	529	n.s.
Standardfehler		*6,0*		*132*	

[1]Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben sind nach Tukey Test statistisch signifikant (p<5%) unterscheidbar

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 5: Winterweizenertrag und Deckungsbeitrag in Abhängigkeit von Stickstoffdüngung

Vorfrucht	Versuchsfaktor	Ertrag (dt/ ha)		Deckungsbeitrag (€/ ha)	
Mais	Reduziert	48,4	a	148	a
	Betriebsüblich	57,6	b	307	b
	Erhöht	62,1	c	366	b
Standardfehler		*5,3*		*114*	
Kartoffeln	Reduziert	60,2	a	439	a
	Betriebsüblich	67,7	b	559	b
	Erhöht	70,6	c	584	b
Standardfehler		*6,0*		*134*	

[1]Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben sind nach Tukey Test statistisch signifikant (p<5%) unterscheidbar

Quelle: eigene Berechnungen

3.1 Wirtschaftlichkeit der untersuchten Systeme über drei Fruchtfolgeperioden einschließlich Sensitivitätsanalyse

Über drei Fruchtfolgeperioden konnten die Deckungsbeiträge der drei Bodenbearbeitungsvarianten bei erhöhter Düngung statistisch nicht differenziert werden. Bei betriebsüblicher Düngung war der Deckungsbeitrag der flachen Grubbervariante niedriger als bei den anderen beiden Bodenbearbeitungsvarianten. Die reduzierte Düngungsvariante zeigte in allen Bodenbearbeitungssystemen signifikante Effekte auf den Deckungsbeitrag. Die höchsten Deckungsbeiträge wurden in der Pflugvariante mit der betriebsüblichen Düngung und in der Grubbervariante mit der erhöhten Düngung erreicht (Tabelle 6). Die statistisch signifikanten Wechselwirkungen der Faktoren Düngung und Bodenbearbeitung für den Deckungsbeitrag unterstützen die These, dass mit reduzierter Bodenbearbeitung nur mit erhöhter Düngung ein vergleichbarer Deckungsbeitrag erzielt werden kann.

Tabelle 6: Deckungsbeiträge der untersuchten Systeme über drei Fruchtfolgeperioden (Hauptwirkungen und Wechselwirkungen Bodenbearbeitung x Stickstoffdüngung für beide Merkmale mit Irrtumswahrscheinlichkeit p <5% signifikant)

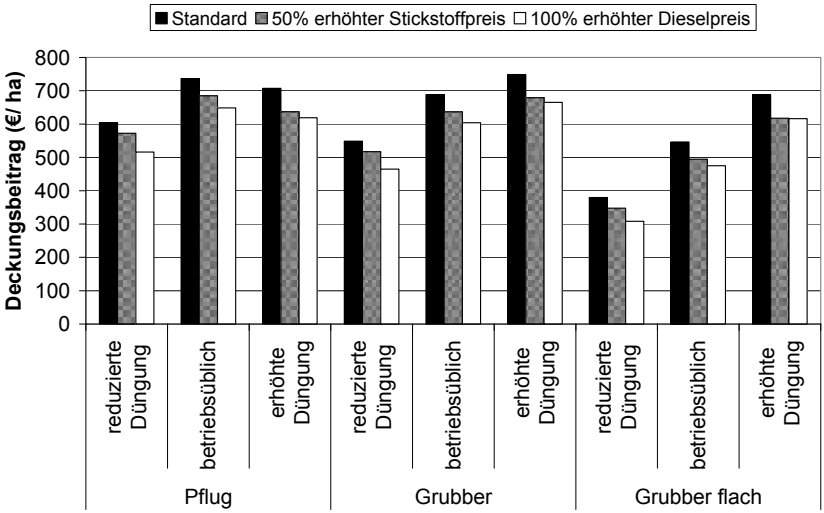
Bodenbearbeitung	Düngung	Deckungsbeitrag (€/ ha)	
Pflug	Reduziert	601	bcd[1]
	Betriebsüblich	735	e
	Erhöht	712	e
Grubber	Reduziert	556	bc
	Betriebsüblich	699	de
	Erhöht	776	e
Grubber flach	Reduziert	392	a
	Betriebsüblich	541	b
	Erhöht	689	cde
Standardfehler		*63,0*	

[1]Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben sind nach Tukey Test statistisch signifikant (p<5%) unterscheidbar

Quelle: eigene Berechnungen

In den Szenario-Analysen zeigte sich, dass sich die Relationen der Deckungsbeiträge durch die Veränderung von Lohnansatz, Dieselpreis und Stickstoffdüngerpreis nicht wesentlich verändern. In allen Szenarien sind die Varianten Pflug mit betriebsüblicher Düngung und Grubber mit erhöhter Düngung unter den Verfahren, die die höchsten Deckungsbeiträge liefern (Abbildung 1). Von einem erhöhten Dieselpreis profitieren die Verfahren mit pflugloser Bewirtschaftung. Bei maximal 23 Litern Kraftstoffeinsparung durch einen Wechsel zu pfluglosen Verfahren (Tabelle 1) machen sich diese Einsparungen jedoch kaum bemerkbar und ändern auch nichts am Ranking der Verfahren. Durch erhöhte Kosten für Stickstoffdünger werden tendenziell die pfluglosen Verfahren benachteiligt, da diese nur bei erhöhten Düngergaben vergleichbare Deckungsbeiträge wie die Pflugvariante aufweisen. Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass sich der Arbeitszeitbedarf der verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten bei Mais und Kartoffeln um weniger als 1 AKh pro Verfahren, bei Weizen bis 1,4 AKh durch Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitungsvarianten verringert. Es ist daher nachvollziehbar, dass eine höhere Entlohnung der eingesetzten Arbeitszeit nur einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Verfahren hat.

Abbildung 1: Deckungsbeiträge der verschiedenen Systeme bei erhöhtem Dieselpreis (+100%) und erhöhtem Preis für Stickstoffdünger (+50%)



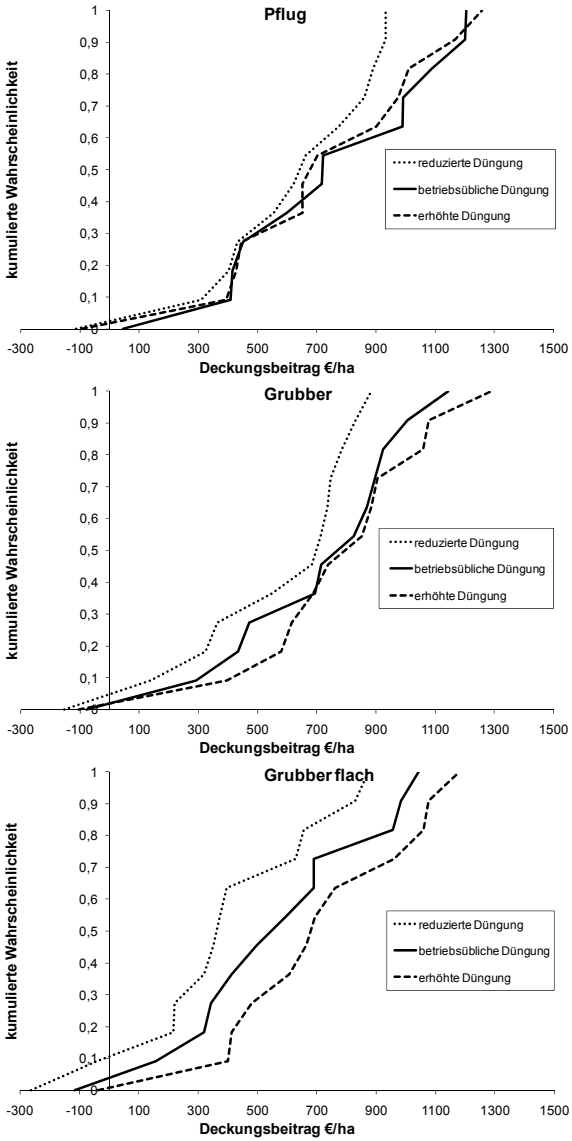
Quelle: eigene Berechnungen

3.2 Risikoanalyse

Abbildung 2 illustriert die kumulierten Verteilungsfunktionen des Deckungsbeitrages über die gesamte Fruchtfolge für das in Tabelle 1 beschriebene Standardszenario. Es sind jeweils die Verteilungsfunktionen der drei untersuchten Stickstoffintensitäten „reduziert“, „betriebsüblich“ sowie „erhöht“ für eine Bodenbearbeitungsvariante zur bessern Übersichtlichkeit getrennt dargestellt. Wie bereits an anderer Stelle erläutert wird auch aus Abbildung 2 ersichtlich, dass speziell bei der Grubbervariante flach die erhöhte N-Düngung einen erheblichen Effekt hat. Sie liefert bis hin zu einem sehr hohen Deckungsbeitrag auf jedem Wahrscheinlichkeitsniveau einen höheren Deckungsbeitrag als die betriebsübliche oder die reduzierte N-Düngung.

Vergleicht man die drei Bodenbearbeitungssysteme bei betriebsüblicher N-Düngung, so wird ersichtlich, dass die Verteilungsfunktion der Pflugvariante bis zu einem Deckungsbeitragsniveau von 1700 €/ha immer rechts von der Verteilungsfunktion der flachen Grubbervariante liegt und damit deutliche Vorteile aufweist, da in diesem Bereich auf jedem Wahrscheinlichkeitsniveau ein höherer Deckungsbeitrag erzielt wird. Auch im Vergleich zur tief mischenden Grubbervariante bei betriebsüblicher und erhöhter N-Düngung weist die Pflugvariante bei betriebsüblicher N-Düngung Vorteile im Bereich niedrigerer Deckungsbeiträge bis ca. 750 €/ha auf.

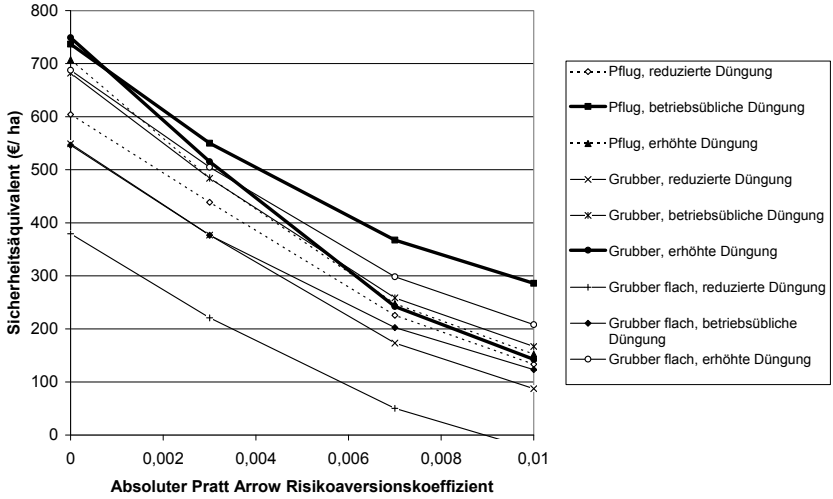
Abbildung 2: Verteilung der Deckungsbeiträge (Standardszenario, siehe Tabelle 1)



Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Sicherheitsäquivalente der untersuchten Bewirtschaftungssysteme über eine Bandbreite von Risikoaversionskoeffizienten von 0 bis 0,01. Ein Risikoaversionskoeffizient von 0 bedeutet dabei Risikoneutralität und höhere Werte implizieren zunehmende Risikoaversion. Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass die Risikoeinstellung kaum einen Einfluss auf die relative Vorzüglichkeit der Varianten hat. Die Pflugvariante mit betriebsüblicher Düngung ist ausgenommen bei Risikoneutralität, die Variante mit dem höchsten Sicherheitsäquivalent und somit im Vergleich zu den anderen Varianten zu bevorzugen.

Abbildung 3: Sicherheitsäquivalente bei unterschiedlichen absoluten Pratt-Arrow-Risikoaversionskoeffizienten (Standardszenario, siehe Tabelle 1)



Quelle: eigene Berechnungen

Schlussfolgerungen

Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung senken Produktionskosten, führen aber nicht automatisch zu höheren Deckungsbeiträgen. Im dargestellten Langzeitversuch heben sich bei reduzierter Bodenbearbeitung Verluste durch Ertragseinbußen und Einsparungen durch den reduzierten Maschinen- und Dieselkraftstoffeinsatz häufig auf. Bei einzelnen Fruchtfolgegliedern sind differenzierte Effekte festgestellt worden. Beispielsweise sind mit der flachen Grubberbodenbearbeitung zu Winterweizen nach Mais statistisch nachweisbar niedrigere Erträge und Deckungsbeiträge im Vergleich zur Pflugvariante festgestellt worden. Bei Winterweizen nach Kartoffeln ist dagegen keine statistisch absicherbare Wirkung der Bodenbearbeitung auf Naturalerträge bzw. Deckungsbeiträge zu beobachten. Je nach Verfügbarkeit der Technik können Betriebe hier gegebenenfalls zwischen pflügender und nicht wendender Bodenbearbeitung wechseln. Der gezielte Wechsel von pflügender zu nicht pflügender Bodenbearbeitung könnte die Vorteile beider Systeme nutzen und bei gegebenen Rahmenbedingungen zu einer optimalen Bewirtschaftung führen. Hierbei müssten dann aber Auswirkungen des Wechsels der Bodenbearbeitung berücksichtigt werden, die hier nicht weiter diskutiert werden können.

Das Produktionsrisiko spielt bei der Bewertung der hier untersuchten Verfahren eine untergeordnete Rolle. Während bei Risikoneutralität das Grubberverfahren mit erhöhter Düngung den höchsten Deckungsbeitrag liefert, dominiert mit zunehmender Risikoaversion die Pflugvariante mit betriebsüblicher Düngung alle anderen Bearbeitungssysteme.

Signifikante Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung und Düngung für den Ertrag und den Deckungsbeitrag deuten darauf hin, dass Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung höhere Stickstoffdüngergaben benötigen, um vergleichbar hohe Deckungsbeiträge zu erzielen. Dies bedeutet aber auch, dass, ggf. höhere Stickstoffintensitäten nötig sind, wenn z.B. aus Gründen des Erosionsschutzes oder des Betriebsmanagements auf reduzierte Bodenbearbeitung umgestellt wird, um genauso wirtschaftlich zu sein wie das pflügende Bearbeitungssystem. Für die Bewertung von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung hinsichtlich des Beitrags zur Minderung von Treibhausgasen aus der Landwirtschaft kann dies weitreichende Bedeutung haben. Mögliche Minderungspotenziale durch reduzierte Bodenbearbeitung würden bei zusätzlichen Düngegaben aufgrund der N_2O Emissionen der Düngung schnell kompensiert, so dass Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung unter Umständen zu höheren treibhausrelevanten Gasen führen als pflügende Verfahren.

Literatur

ANTLE, J.M., S.M. CAPALBO, S. MOONEY, E.T. ELLIOTT und K.H. PAUSTIAN (2001): Economic Analysis of Agricultural Soil Carbon Sequestration: An Integrated Assessment Approach. In: Journal of Agricultural and Resource Economics 26: 344-367.

BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage Ulmer Verlag, Stuttgart.

HARDAKER, J.B., J.W. RICHARDSON, G. LIEN und K.D. SCHUMANN (2004): Stochastic efficiency analysis with risk aversion bounds: a simplified approach. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 48, 253–270.

KTBL (2006): Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 20. Auflage, KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH Münster Hiltrup.

LFL (2008): Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/index.php (Abrufdatum: 28.02.2008).

MCCARL, B.A. und U.A. SCHNEIDER (2000): U.S. Agriculture's Role in a Greenhouse Gas Emission Mitigation World: An Economic Perspective. In: Review of Agricultural Economics 22: 134-159.

OSINSKI, E., MEYER-AURICH, A., HUBER, B., RÜHLING, I., GERL, G. und SCHRÖDER, P. (2005): Landwirtschaft und Umwelt – ein Spannungsfeld. Ökom Verlag, München.

PIEPHO, H.P., A. BÜCHSE und Ch. RICHTER (2004): A mixed modelling approach for randomized experiments with repeated measures. In: Journal of Agronomy and Crop Science 190: 230-247.

PRATT, J.W. (1964): Risk aversion in the Small and in the Large. Econometrica 32: 122-136.