



Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben

**Bewertung von neuen Systemen der
Bodenbewirtschaftung in erweiterten
Fruchtfolgen mit Körnerraps und
Körnerleguminosen**

Gefördert durch:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Az.: 00 HS 017/1

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) e.V.
Az.: 521/025



Bewertung von neuen Systemen der Bodenbewirtschaftung in erweiterten Fruchtfolgen mit Körnerraps und Körnerleguminosen

Abschlussbericht
über die Versuchsjahre 2001-2005

Gefördert durch:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Az.: 00 HS 017/1

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) e.V.
Az.: 521/025

Projektbeteiligte:

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest
Prof. Dr. N. Lütke Entrup, Dipl. Ing. (FH) M. Schneider, Dipl. Ing. (FH) G. Stemann, Dr. F.-F. Gröblichhoff

Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues
und Lehrstuhl für Agrarökosysteme und Ökologischen Landbau, Freising – Weihenstephan
Prof. Dr. A. Heißenhuber, Dr. H. Pahl, Prof. Dr. K.-J. Hülsbergen, Dr. F. X. Maidl, Dipl. Ing. (FH) H. Herr

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung und
Biologische Bundesanstalt (BBA), Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig
Prof. Dr. C. Sommer, Dr. K. Korte, Dr. J. Brunotte, Dr. H. Kreye, V. Lindwedel, H. Zieseniß

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg – Vorpommern, Gültzow
Prof. Dr. C. Gienapp, Dr. R. R. Schulz, J. Propp

Gliederung

1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Vorgehensweise.....	3
2 Wirtschaftliche und pflanzenbauliche Rahmenbedingungen	4
2.1 Agrarmarktpolitische und ökonomische Aspekte von Bodenbewirtschaftungssystemen.....	4
2.1.1 EU Agrarreform 2003 – Neue Rahmenbedingungen in der Pflanzenproduktion.....	4
2.1.2 Produktionskosten und Produktionseffizienz in Marktfruchtbetrieben.....	6
2.1.3 Bodenbearbeitung und Kosteneinsparung.....	9
2.1.4 Fruchtfolgegestaltung und Wirtschaftlichkeit.....	13
2.1.5 Bodenbewirtschaftungssysteme im ökonomischen Vergleich.....	22
2.2 Pflanzenbauliche Aspekte bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat.....	28
2.2.1 Problemfelder bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat.....	29
2.2.2 Bestimmung der Bodenbearbeitungsintensität in pfluglosen Anbausystemen.....	43
2.2.3 Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat.....	48
2.3 Konzeption von pflanzenbaulichen Systemversuchen.....	53
2.4 Arbeitshypothesen.....	55
3 Material und Methoden	56
3.1 Versuchsanlagen und Versuchsaufbau.....	56
3.2 Versuchsdurchführung.....	59
3.3 Datenerfassung und Witterungsverlauf.....	64
3.4 Methodischer Ansatz zur ökonomischen Versuchsauswertung.....	65
4 Ergebnisse der Bodenbewirtschaftungssysteme	71
4.1 Standort Soest.....	71
4.1.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme.....	71
4.1.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme.....	77
4.2 Standort Freising.....	85
4.2.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme.....	85
4.2.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme.....	93
4.3 Standort Braunschweig.....	102
4.3.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme.....	102
4.3.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme.....	107
4.4 Standort Gülzow.....	113
4.4.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme.....	113
4.4.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme.....	119
5 Diskussion	127
5.1 Erträge und Wirkungen von Systemen der Bodenbewirtschaftung.....	127
5.2 Bewirtschaftungssysteme und Wirtschaftlichkeit.....	137
5.3 Bewirtschaftungssysteme und Arbeitswirtschaft/Betriebsorganisation.....	161
5.4 Übertragbarkeit der Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis.....	166
6 Zusammenfassung	169
7 Kurzfassung	172
7 Literatur	175
8 Anhang	197

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Schema zur Erfassung aller Leistungen und Kosten im Ackerbau.....	6
Tabelle 2:	Kosten der Arbeitserledigung (€/ha) verschiedener Bodenbewirtschaftungssysteme.....	11
Tabelle 3:	Mehrertrag (dt/ha) von Winterweizen nach Leguminosenvorfrucht im Vergleich zu Getreidevorfrüchten.....	16
Tabelle 4:	Halmbasiskrankheitsbefall und Kornertrag von Winter- und Sommerweizen nach verschiedenen Vorfrüchten.....	17
Tabelle 5:	Einfluss weizenbetonter Fruchtfolgen auf das Krankheits- und Schädlingsspektrum	18
Tabelle 6:	Erträge bei Feldversuchen mit Pflug und konventioneller Bodenbearbeitung, 1974 – 1988.....	22
Tabelle 7:	Veränderung der Rentabilität (€/ha) bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat im Vergleich zum Pflug nach Literaturangaben.....	28
Tabelle 8:	Pflanzenbauliche Problemfelder und Konsequenzen bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat.....	29
Tabelle 9:	Wichtige Krankheiten in bedeutenden Kulturen und Veränderung des Auftretens bei konservierender Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflug.....	37
Tabelle 10:	DON-Gehalt in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung, Rotteförderung und Blütenbehandlung. Winterweizen nach Körnermais, Sorte: Sokrates, Ernte 2004 (Rohware, HPLC-Test).....	39
Tabelle 11:	Schneckenempfindliche Stadien verschiedener Kulturen.....	42
Tabelle 12:	Einfluss der Bodenbearbeitung auf Einzelparameter verschiedener Bodenfunktionen	44
Tabelle 13:	Vor (+) - und Nachteile (-) von Zinken- und Scheibensäscharen unter Direktsaatverhältnissen.....	50
Tabelle 14:	Produktionstechnik (Sortenwahl und Stickstoffdüngung) zu verschiedenen Fruchtarten.....	60
Tabelle 15:	Produktionstechnik (Herbizide/Fungizide) zu verschiedenen Fruchtarten.....	61
Tabelle 16:	Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Soest.....	62
Tabelle 17:	Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Freising....	63
Tabelle 18:	Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Gülzow....	63
Tabelle 19:	Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Braunschweig.....	64
Tabelle 20:	Witterungsdaten der Versuchstandorte, 10/2002 – 9/2005.....	65
Tabelle 21:	Berechnungsschema zur ökonomischen Auswertung von Systemversuchen.....	67
Tabelle 22:	Erzeugerpreise der verschiedenen Produkte (€/dt) zur Ernte in den Regionen.....	67
Tabelle 23:	Datengrundlage zur Berechnung der Direktkosten.....	68
Tabelle 24:	Berechnung der Maschinenkosten.....	69
Tabelle 25:	Preise (€) je Hektar und Jahr für angesetzte Dienstleistungen durch den Lohnunternehmer.....	70
Tabelle 26:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Soest, 2003-2005.....	71
Tabelle 27:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Soest, 2003- 2005.....	71

Tabelle 29:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	73
Tabelle 30:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	73
Tabelle 31:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	74
Tabelle 32:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	75
Tabelle 33:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	75
Tabelle 34:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/Zf Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	76
Tabelle 35:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/Zf Konservierend am Standort Soest, 2003-2005.....	77
Tabelle 36:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	77
Tabelle 37:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	78
Tabelle 38:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Konservierend Ra-WW-WW-WW, 2003-2005.....	79
Tabelle 39:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	80
Tabelle 40:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Konservierend Ra-WW-WW-KE, 2003-2005.....	80
Tabelle 41:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) in der Fruchtfolge 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend, 2003-2005.....	81
Tabelle 42:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend, 2003-2005.....	82
Tabelle 43:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend, 2003-2005.....	82
Tabelle 44:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/Zf Konservierend, 2003-2005	84
Tabelle 45:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/Zf Konservierend, 2003-2005.....	84
Tabelle 46:	Erträge in Fruchtfolge 1 Ra-WW-WW-WW in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen am Standort Freising, 2003-2005.....	86
Tabelle 47:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Freising, 2003-2005.....	86
Tabelle 48:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Freising, 2003-2005.....	87

Tabelle 49:	Erträge in Fruchtfolge 2 in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen am Standort Freising, 2003-2005.....	87
Tabelle 50:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug am Standort Freising, 2003-2005.....	88
Tabelle 51:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2b Ra-WW-KE-WW Konservierend am Standort Freising, 2003-2005.....	88
Tabelle 52:	Erträge in Fruchtfolge 3 in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen am Standort Freising, 2003-2005.....	89
Tabelle 53:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug am Standort Freising, 2003-2005.....	89
Tabelle 54:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KM-WW Konservierend am Standort Freising, 2003-2005.....	90
Tabelle 55:	Weizenertrag (dt/ha) in Abhängigkeit von Fruchtfolgestellung und Bodenbearbeitung am Standort Freising, 2003-2005.....	91
Tabelle 56:	Erträge von Raps (dt/ha) in Abhängigkeit vom Jahr und dem System der Bodenbearbeitung.....	92
Tabelle 57:	Erträge von Körnermais (dt/ha) in Abhängigkeit vom Jahr und dem System der Bodenbearbeitung.....	93
Tabelle 58:	Erträge von Körnermais (dt/ha) in Abhängigkeit vom Jahr und dem System der Bodenbearbeitung.....	93
Tabelle 59:	Maschinenausstattung für die Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	94
Tabelle 60:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	95
Tabelle 61:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	95
Tabelle 62:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	96
Tabelle 63:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug, 2003-2005.....	97
Tabelle 64:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug, 2003-2005.....	97
Tabelle 65:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2b Ra-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005.....	98
Tabelle 66:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 2b Ra-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005.....	99
Tabelle 67:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KM-WW Pflug, 2003-2005.....	100
Tabelle 68:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KM-WW Pflug, 2003-2005.....	100
Tabelle 69:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KM-WW Konservierend, 2003-2005.....	101

Tabelle 70:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KM-WW Konservierend, 2003-2005.....	102
Tabelle 71:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	102
Tabelle 72:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	103
Tabelle 73:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	104
Tabelle 74:	Begleitende Zählungen, Messungen und Bodenbearbeitungsmaßnahmen im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	104
Tabelle 75:	Tab.75: Erträge im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	105
Tabelle 76:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	105
Tabelle 77:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	106
Tabelle 78:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	106
Tabelle 79:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	107
Tabelle 80:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	108
Tabelle 81:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	108
Tabelle 82:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	109
Tabelle 83:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005.....	110
Tabelle 84:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005.....	111
Tabelle 85:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat, 2003-2005.....	112
Tabelle 86:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat , 2003-2005.....	112
Tabelle 87:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Gülzow, 2003-2005.....	113
Tabelle 88:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Gülzow, 2003-2005.....	114
Tabelle 89:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	114
Tabelle 90:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	115

Tabelle 91:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-BI. Lup. Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	115
Tabelle 92:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-BI. Lup. Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	116
Tabelle 93:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW -BI. Lup.-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	117
Tabelle 94:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-BI. Lup.-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	117
Tabelle 95:	Erträge im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WeW-WRo Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005	118
Tabelle 96:	Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WeW-WRo Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005.....	118
Tabelle 97:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	119
Tabelle 98:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005.....	120
Tabelle 99:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	121
Tabelle 100:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005.....	122
Tabelle 101:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-BI. Lup. Konservierend, 2003-2005.....	123
Tabelle 102:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-BI. Lup. Konservierend, 2003-2005.....	123
Tabelle 103:	Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW/Zf-BI. Lup.-WW Konservierend, 2003-2005.....	124
Tabelle 104:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem Ra-WW/Zf-BI.-Lup.-WW Konservierend, 2003-2005.....	125
Tabelle 105:	Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2 Ha-WW/Zf-WeW/Zf-WRo Konservierend, 2003-2005..	126
Tabelle 106:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) in der Fruchtfolge Ha-WW/Zf-WeW-WRo/Zf Konservierend, 2003-2005.....	126
Tabelle 107:	Erträge (dt/ha) von Weizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten in einzelnen Jahren sowie im Mittel der Jahre und Bodenbearbeitungsvarianten.....	127
Tabelle 108:	Erträge (dt/ha) des ersten und zweiten Stoppelweizens sowie Ertragsdifferenzen im Mittel der Jahre und Bodenbearbeitungsvarianten, 2003-2005.....	128
Tabelle 109:	Erträge (dt/ha) von Raps nach Vorfrucht Weizen und nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Ertragsdifferenzen zu Pflug, 2003-2005.....	129
Tabelle 110:	Erträge (dt/ha) von Weizen nach differenzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlichen Vorfrüchten an vier Standorten, 2003-2005.....	130
Tabelle 111:	Mehrkosten (€/ha) des Stoppelweizens im Vergleich zum Blattfruchtweizen durch höhere produktionstechnische Aufwendungen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Mittel von vier Standorten, 2003-2005.....	132

Tabelle 112:	Direktkosten (€/ha und relativ) in einem 300 ha Modellbetrieb in Abhängigkeit von dem Bewirtschaftungssystem, 2003-2005.....	133
Tabelle 113:	Treibstoffkosten bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren.....	135
Tabelle 114:	Notwendiger Maschinenbedarf zur Weizenaussaat bei unterschiedlichen Weizenanteilen in der Fruchtfolge und differenzierter Bodenbearbeitung.....	136
Tabelle 115:	Arbeitskraftstunden (Akh/ha) und Maschinenneuwerte (€/ha) verschiedener Systeme der Bewirtschaftungssysteme, 2003-2005.....	137
Tabelle 116:	Kosten der Arbeitserledigung (€/ha und relativ) in einem 300 ha Modellbetrieb in Abhängigkeit des Bewirtschaftungssystems, 2003-2005.....	138
Tabelle 117:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL, €/ha) in einem 300 ha Modellbetrieb in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem, 2003-2005	143
Tabelle 118:	Vorfruchtwert von Raps, Leguminosen, Mais und Hafer zu Weizen in Abhängigkeit des Bewirtschaftungssystems und des Standortes, gemessen am Durchschnittsertrag des 1. und 2. Stoppelweizens im Referenzsystem Pflug, 2003-2005.....	145
Tabelle 119:	Mindest notwendiger Leguminosenertrag in erweiterten, pfluglos bestellten Fruchtfolgen im Vergleich zum Referenzsystem wintergetreidebetonte Fruchtfolge Pflug bei durchschnittlichen und 20 Prozent höheren Weizenpreisen, 2003-2005.....	157
Tabelle 120:	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL, €/ha) aller Bewirtschaftungssysteme am Standort Freising, 2003-2005, 75 ha Modellbetrieb.....	165

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Niedersachsen..	8
Abbildung 2:	Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Nordrhein-Westfalen.....	8
Abbildung 3:	Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Bayern.....	8
Abbildung 4:	Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Mecklenburg-Vorpommern.....	8
Abbildung 5:	Einteilung verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung im Pflanzenbau und der Verfahrenstechnik.....	10
Abbildung 6:	Relative Ertragseinbußen von Winterweizen nach ungünstigen Vorfrüchten nach Literaturangaben.....	15
Abbildung 7:	Einfluss der Bodenbearbeitung und Fruchtfolge auf das Auflaufen von Windhalm (<i>Apera spica-venti</i>) bei unterschiedlicher Herbiziddosis.....	34
Abbildung 8:	Einfluss der Bodenbearbeitung und der Fruchtfolgegestaltung auf den Befall mit <i>Fusarium culmorum</i> und <i>Fusarium graminearum</i>	40
Abbildung 9:	Anzahl der angeschnitten Regenwurmröhren pro m ² in Abhängigkeit von Bodenbearbeitungsintensität.....	45
Abbildung 10:	Speicherung von Niederschlägen im Boden nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung.....	45
Abbildung 11:	Einarbeitungsqualität von Stroh in unterschiedliche Bodentiefen nach dem ersten Bearbeitungsgang mit unterschiedlichen Geräten.....	49
Abbildung 12:	Sauerstoffdiffusionsrate in der Bodenmatrix bei unterschiedlicher Aussaattechnik.	51
Abbildung 13:	Typische Samenverteilung und Feldaufgang verschiedener Särschare – (□) Keimung der Samen bis zu 8 Tagen, (○) Keimung der Samen bis zu 12 Tagen, (△) ungekeimte Samen.....	52
Abbildung 14:	Weizenertrag im Mittel der Bodenbearbeitungssysteme in Abhängigkeit vom Jahr am Standort Freising.....	91
Abbildung 15:	Höhe der Pflanzenschutz und Düngekosten in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem im Mittel der Prüfstandorte.....	134
Abbildung 16:	Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Soest für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	147
Abbildung 17:	Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Freising für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	148
Abbildung 18:	Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Braunschweig für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	148
Abbildung 19:	Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Gülzow für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	149
Abbildung 20:	Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Soest für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	151
Abbildung 21:	Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Freising für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	151
Abbildung 22:	Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Braunschweig für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	152
Abbildung 23:	Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Gülzow für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005.....	152

Abbildung 24:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/dt) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Soest, 2003-2005.....	154
Abbildung 25:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Freising, 2003-2005.....	155
Abbildung 26:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/dt) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	156
Abbildung 27:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/dt) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Gülzow, 2003-2005.....	156
Abbildung 28:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Soest, 2003-2005.....	159
Abbildung 29:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Freising, 2003-2005.....	159
Abbildung 30:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	160
Abbildung 31:	Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Gülzow, 2003-2005.....	160
Abbildung 32:	Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Soest, 2003-2005.....	161
Abbildung 33:	Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Freising, 2003-2005.....	162
Abbildung 34:	Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Braunschweig, 2003-2005.....	162
Abbildung 35:	Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Glüzow, 2003-2005.....	163

Abkürzungsverzeichnis

AB	Ackerbohne
abs	absolut
Bl. Lup.	Blaue Lupine
Abb	Abbildung
AfA	Abschreibung für Abnutzung
AHL	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung
AK	Arbeitskraft
Akh	Arbeitskraftstunde
BD	Bodenbedeckungsgrad mit Ernterückständen (Angabe in Prozent)
DAL	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung
DS	Direktsaat
dt	Dezitonne
DTR/HTR	Drechslera/Helminthosporium tritici-repentis, Blattkrankheit des Weizens
FF	Fruchtfolge
Ha	Hafer
K	Konservierende Bodenbearbeitung
Kap	Kapitel
KE	Körnererbsen
KM	Körnermais
KSE	Kreiselegge
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauforschung in der Landwirtschaft
MS	Mulchsaat/Konservierende Bodenbearbeitung
MSmL	Mulchsaat mit tiefer Lockerung
MSoL	Mulchsaat ohne tiefe Lockerung
P	Pflug/Konventionelle Bodenbearbeitung
p.a.	per anno
PSM	Pflanzenschutzmittel
Ra	Winterraps
rel	relativ
WeW	Wechselweizen
WRo	Winterroggen
WW	Winterweizen
Zf	Zwischenfrucht

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Sinkende Markterlöse, die zunehmende Liberalisierung der Agrarmärkte und neue agrarpolitische Rahmenbedingungen mit steigenden Anforderungen an die Umweltverträglichkeit stellen die Pflanzenproduktion vor neue Herausforderungen. Leistungssteigerung und Kostensenkung sind im Marktfruchtbau die vielfach einzigen Anpassungsmöglichkeiten an veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Als zentrales pflanzenbauliches Element im Ackerbau nimmt die Fruchtfolge eine bedeutende Stellung ein und übt durch die Abfolge der Kulturen entscheidenden Einfluss auf die ökonomische Effizienz aus (LÜTKE ENTRUP 2005). Das Denken in Fruchtfolgesystemen mit einem breiten Kulturartenspektrum war über viele Jahrzehnte hinweg eine ökonomisch motivierte Selbstverständlichkeit. Im Zuge der produktionstechnischen Entwicklungen in der Verfahrenstechnik, der Düngung und im Pflanzenschutz verblasste der Stellenwert der Fruchtfolge, die Einzelkultur trat stärker in den Vordergrund. Diese Spezialisierung auf wenige Kulturen stand auch im Zusammenhang mit staatlichen Preisstützungs- und Interventionsmaßnahmen. Die daraus resultierenden hohen Erzeugerpreise rechtfertigten die hohe Produktionsintensität. Mit der Agrarreform von 1992 erfolgte bereits die Weichenstellung für die Trennung von Markt- und Einkommenspolitik, die mit den „Luxemburger Beschlüssen“ vom Juni 2003 vollendet wurde. Die Preisbildung für Marktfrüchte soll von nun an durch die Marktmechanismen von Angebot und Nachfrage bestimmt werden, während zur Einkommenssicherung Direktzahlungen bzw. Flächenprämien eingeführt wurden (HEIBENHUBER et al. 2005a). Die damit verbundene Synchronisierung mit dem Weltmarktgeschehen führt zu einer nachhaltigen Änderung der Preis-Kostenrelationen im Marktfruchtbau und stellt damit die gewohnt hohe Produktionsintensität in den praktizierten wintergetreidebetonten Fruchtfolgen in Frage. Im internationalen Vergleich liegen die Stückkosten von Getreide und Raps bei westeuropäischen Betrieben deutlich über dem Durchschnitt der internationalen Konkurrenz (ISERMEYER 2006). Die in den Produktionsverfahren entstandenen Kosten können vielfach nicht durch die Markterlöse gedeckt werden. Ohne Prämienzahlungen wären in den hiesigen Marktfruchtbetrieben kaum Gewinne zu erzielen. Möglichkeiten zu Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerung im Bereich von Pflanzenschutz, Düngung und der Sortenwahl scheinen weitgehend genutzt. Die optimale spezielle Intensität ist in vielen Fällen ausgereizt. Vergleichende Vollkostenrechnungen von wirtschaftlich erfolgreichen und weniger erfolgreichen Betrieben zeigen dagegen im Bereich der Kosten der Arbeitserledigung noch deutliche Potenziale. Da

diese im Wesentlichen durch feste und variable Maschinen- sowie Arbeitskosten bestimmt werden, ist zu vermuten, dass mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität in diesem Kostenblock Einsparungen realisiert werden können. Die Einsparungen dürfen jedoch nicht durch höhere Aufwendungen beim Pflanzenschutz beispielsweise durch Verungrasungs- oder Krankheitsprobleme aufgezehrt werden. In diesem Zusammenhang mit der kommt der Fruchtfolge eine entscheidende Bedeutung zu. Mit einer ausgewogenen Fruchtfolgegestaltung, in der allgemein bekannte und vielfach nachgewiesene Vorfruchteffekte gezielt genutzt werden, kann der Krankheitsdruck begrenzt werden (KÖNNECKE 1967). Viele Blattfrüchte verbessern durch ihre Durchwurzelung und Schattengare die Bodenstruktur, die Notwendigkeit einer intensiven Bodenbearbeitung besteht nicht mehr. Durch die Änderung der Fruchtfolgegestaltung im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitungsintensität ergeben sich deutliche Spielräume bei der Gestaltung von Bodennutzungs- und Bodenbewirtschaftungssystemen.

Die Erweiterung der Fruchtfolge durch die Integration von Sommerkulturen wird in der landwirtschaftlichen Praxis mit Skepsis betrachtet, mit dem Hinweis auf mangelnde Rentabilität der Kulturen. Diese Aussagen beruhen jedoch sehr häufig auf der Basis von Deckungsbeitragsrechnungen der Einzelkultur. Dieser betriebswirtschaftliche Bewertungsansatz scheint für eine umfassende und langfristig tragfähige Aussage unzureichend, da nur variable Produktionskosten erfasst werden. Fruchtfolge und Bodenbearbeitung haben dagegen bei optimierter Anpassung der Mechanisierung langfristig erhebliche Auswirkungen auf die Festkostenbelastung. Die gezielte Nutzung von Fruchtfolgewirkungen und die Begrenzung der Bodenbearbeitung auf ein Mindestmaß ermöglichen eine deutliche Stückkostendegression. Vor diesem Hintergrund wird beispielsweise in Teilen von Nordamerika seit einiger Zeit der Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht stärker praktiziert (ZENTNER et al. 2004).

Darüber hinaus besteht in der Pflanzenbauwissenschaft Konsens, dass vielschichtige Umweltprobleme durch konservierende Verfahren der Bodenbearbeitung und angepasste Fruchtfolgesysteme entschärft werden können. Die Vermeidung von Bodendegradierung durch Wind- und Wassererosion durch den Verbleib von Ernterückständen auf der Bodenoberfläche bei pflugloser Bearbeitung war in den 30er Jahren wichtigster Motivationsgrund für die zunehmende Verbreitung konservierender Anbauverfahren in den USA (KÖLLER und LINKE 2001). Regelwerke wie beispielsweise das Bundesbodenschutzgesetz, die Mykotoxinhöchstmengenverordnung, die Düngeverordnung, das Pflanzenschutzgesetz sowie die formulierten grundsätzlichen Anforderungen an die

Umweltverträglichkeit im Rahmen der aktuellen EU-Agrarreform werden in Zukunft verstärkt in den Focus der hiesigen landwirtschaftlichen Betriebe rücken. Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung bieten hier zentrale Lösungsansätze und sind bei der Gestaltung der Bodenbewirtschaftung zu berücksichtigen (HOLLAND 2004).

1.2 Zielsetzung und Arbeitsschwerpunkte

Hauptziel dieser Arbeit ist die ökonomische Bewertung von Systemen der Bodenbewirtschaftung unter Berücksichtigung verschiedener Standorte. Die Basis dafür sind auf vier Standorten angelegte Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgeversuche.

Innerhalb dieser Gegenüberstellung soll der Einfluss von Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung auf die Ertrags-/Erlös- und Kostenentwicklung quantifiziert werden. Darüber hinaus sind der notwendige Arbeitszeitbedarf und die Arbeitszeitverteilung für die Bewirtschaftungssysteme zu kalkulieren. Im Rahmen der ökonomischen Auswertung ist durch den Vollkostenansatz eine modellhafte Bewertung der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen. Dabei sind die Interdependenzen von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Standort auf die Wirtschaftlichkeit heraus zu arbeiten. Die Ergebnisse der ökonomischen Auswertung sind auf ihre Stabilität hin zu überprüfen. Wichtige Determinanten der Wirtschaftlichkeit sind zu variieren, um Aussagen zur Stabilität bei unterschiedlicher Betriebsorganisation und variierenden Erlösverhältnissen wichtiger Marktfrüchte treffen zu können. Auf der Basis der Wirtschaftlichkeitskalkulationen ist eine Bewertung des Vorfruchteffekts der Blattfrüchte Raps und Körnerleguminosen in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem und Standort vorzunehmen.

1.3 Vorgehensweise

Die Bearbeitung des Themas setzt neben der exakten Darstellung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau und dem derzeitigen Wissensstand über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Bewirtschaftungssysteme besonders Kenntnisse über pflanzenbauliche Wechselwirkungen bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat voraus. Nur mit diesen pflanzenbaulichen Wirkungen von Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung lassen sich die ökonomischen Ergebnisse erklären.

Der Material- und Methodenteil beschreibt die Versuchsanlagen sowie die Vorgehensweise bei der ökonomischen Auswertung der Modellbetriebe.

Im Ergebnisteil werden zunächst die Erträge und begleitende Bewertungen der Pflanzenbestände der einzelnen Standorte dargestellt. Die ökonomische Auswertung der

Bewirtschaftungssysteme erfolgt anhand von Modellbetrieben unter Vollkostenansatz. In diesem Zusammenhang wird auch die notwendige Mechanisierung zur Bodenbearbeitung und Aussaat mit der jeweiligen Schlepperleistung eines jeden Systems aufgezeigt.

In der Diskussion werden die Ergebnisse zusammengeführt und analysiert sowie mit den Literaturangaben diskutiert. Daneben wird exemplarisch für den Standort Freising die Größe des Modellbetriebes weiter variiert und die Ergebnisse auf ihre wirtschaftliche Stabilität hin überprüft.

2 Wirtschaftliche und pflanzenbauliche Rahmenbedingungen

2.1 Agrarmarktpolitische und ökonomische Aspekte von Bodenbewirtschaftungssystemen

2.1.1 EU-Agrarreform 2003 – Neue Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau

Die Konzeption von Systemen der Bodenbewirtschaftung orientiert sich wesentlich an den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wobei die Agrarpolitik einen sehr starken Einfluss auf die ökonomische Effizienz von Marktfruchtbetrieben ausübt (LÜTKE ENTRUP 2005). Preisstützungen und Intervention waren in den 70er und 80er Jahren zentrales Element der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP). Dies motivierte die landwirtschaftliche Praxis zu einer deutlichen Ausdehnung des Anbaus der interventionsfähigen Getreidearten wie Weizen, Roggen und Gerste. Mit der EU-Agrarreform 1992 und der Agenda 2000 wurden die Preisstützungen zunehmend abgebaut. Produktionsgebundene Direktzahlungen kompensierten größtenteils die entstandenen Verluste und trugen auf diese Weise zur Sicherung der Einkommen bei. Mit den „Luxemburger Beschlüssen“ im Juni 2003 hat der Agrarministerrat eine weitere Reform der GAP beschlossen und damit die eigentlich bis 2006 geltende Agenda 2000 weitgehend überholt. Diese Beschlüsse sollen den gesellschaftlichen Forderungen und den internationalen Verpflichtungen bei den WTO-Verhandlungen Rechnung tragen (ISERMEYER 2005).

Die Reform eröffnet den EU-Mitgliedstaaten größere Spielräume bei der Umsetzung der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik. Die Eckpunkte – Entkopplung der Direktzahlungen, Cross Compliance und Modulation – sind allerdings verpflichtend (GRETHE et al. 2005). Zentraler Bestandteil der aktuellen Agrarreform ist der weitere Abbau von Markteingriffen. Die Entkopplung hat dabei weitreichende Auswirkungen auf die ökonomische Bewertung der Produktionssysteme im Ackerbau. So ist ab 2005 nur noch der Markterlös zur Deckung der Kosten in Ansatz zu bringen, da Zahlungsansprüche unabhängig von der Produktion aktiviert werden können. Kalkulatorisch brechen in Marktfruchtbetrieben etwa ein Drittel der Einnahmen weg, sodass auch in gut geführten Betrieben kaum noch nennenswerte Gewinne

erzielt werden. HENNING et al. (2005) gehen von einer weitreichenden Veränderung der Produktionsstrukturen aus. Insbesondere bei Verfahren, bei denen die bisher gekoppelten Prämien einen hohen Anteil am Deckungsbeitrag hatten. PLESSMANN et al. (2005) bestätigten mit ihren Wettbewerbsanalysen im Bereich Marktfruchtbau diese Einschätzungen. Sie machen deutlich, dass in vielen Marktfruchtbetrieben ohne Prämien kaum kostendeckend gewirtschaftet werden kann.

Die stufenweise Kürzung der Prämienzahlungen im Rahmen der Modulation ist ein weiteres Element der Agrarreform. Die einbehaltenen Finanzmittel sollen verstärkt über die 2. Säule der EU-Agrarfördermaßnahmen (z.B. Agrarumweltmaßnahmen der Länder) in die Landwirtschaft zurückfließen. Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren oder Programme zur Fruchtartendiversifizierung sollen über diesen Weg gefördert werden (ANONYM 1 2005).

Eine neue Verpflichtung der Agrarreform ist die Verknüpfung der Zahlungsansprüche an die Einhaltung von Umweltstandards (Cross Compliance). Zentrale Elemente der Reform stellen folgende Punkte dar (GRETHE et al. 2005):

- 19 geltende europäische Rechtsvorschriften zum Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutz
- Erhalt der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (Erosionsschutz, Humusgehalt, Bodenstruktur, Strukturelemente u.a.)
- Dokumentationspflichten und gegebenenfalls Nutzung der Beratung

Die neuen Eckpunkte verstärken den Kostendruck im Marktfruchtbau (HÖLZMANN 2005, SEGGER 2005). HEIßENHUBER (2005b) hält folgende Entwicklungen als Konsequenz der EU-Agrarreform im Marktfruchtbau für denkbar:

- Auf besseren Standorten wird die Produktion aufrecht erhalten bleiben. Allerdings wird bei gleich bleibenden Produktpreisen der Druck zu deutlichen Kosteneinsparungen stärker werden. Neben Pachtpreissenkungen sieht der Autor Einsparmöglichkeiten bei der Mechanisierung in den Betrieben.
- Da auf schwachen Standorten mehr und mehr negative Deckungsbeiträge erzielt werden, ist die Flächenstilllegung eine wirtschaftliche Alternative. Ungünstige Standortbedingungen werden nicht nur mit der Ertragsfähigkeit sondern auch von der Flurstruktur bestimmt.

Eine weitere Konsequenz zunehmender Liberalisierung der Agrarmärkte kann auch die Einschränkung des multifunktionalen Charakters der Landwirtschaft sein (HEIßENHUBER et al. 2004).

2.1.2 Produktionskosten und Produktionseffizienz in Marktfruchtbetrieben

In den ökonomischen Auswertungen des Pflanzenbaus werden häufig Ergebnisse von Teilkostenrechnungen (Deckungsbeitragsrechnungen) dargestellt (BACH et al. 2000, WALLBAUM und SCHAERFF 2000, PETERSEN 2004, PÖBNECK und WALLBAUM 2004). Die optimale Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen erfordert aber die Kenntnis und Analyse der Produktionskosten unter Berücksichtigung und Bewertung aller eingesetzten Produktionsmittel und Faktoransprüche. Eine Kostenkontrolle ist nur durch eine Vollkostenrechnung (Tab. 1) möglich. Horizontale Betriebszweigauswertungen und gut organisiertes Benchmarking zeigen die Bereiche mit den größten Einsparpotenzialen.

Tab. 1: Schema zur Erfassung aller Leistungen und Kosten im Ackerbau

Leistungen	Marktleistung, Feldinventar, Öffentliche Direktzahlungen, Entschädigungen
Summe Leistungen	
Direktkosten	Saat-, Pflanzgut, Dünger, Pflanzenschutz, Trocknung, Wasser, Sonstiges, Zinsansatz
Summe Direktkosten	
Direktkostenfreie Leistung	
Arbeitserledigungskosten	Personal, Lohnansatz, Leasing, Lohnarbeit (Saldo), Unterhaltung, Berufsgenossenschaft, Treibstoffe, Abschreibung Maschinen, Betriebs-PKW, Maschinenversicherung, Zinsansatz
Summe Arbeitserledigungskosten	
Kosten für Lieferrechte	Quoten (z.B. Zuckerrüben)
Summe Kosten für Lieferrechte	
Gebäudekosten	Unterhaltung, Abschreibung, Miete, Versicherung, Zinsansatz
Summe Gebäudekosten	
Flächenkosten	Pacht, Pachtansatz, Flurbereinigung, Drainage, Bodenverbesserung, Wege
Summe Flächenkosten	
Sonstige Kosten	Beiträge, Gebühren, Buchführung, Beratung, Büro, Verwaltung
Summe sonstige Kosten	
Saldo Leistungen und Kosten	

Quelle: Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft (DLG) (Hrsg.) (2004)

Analysen verschiedener Autoren (z.B. DEERBERG und KLEINGARN 2003, KLISCHAT 2003, DEECKE und KRECECK 2002, PLESSMANN 2001) decken deutliche Einsparpotenziale im Kostenblock der Arbeitserledigung auf. Diese stellen in der Regel den größten Anteil (meist >50 %) an den Gesamtkosten, haben aber bisher bei der Gestaltung der Produktionssysteme in der breiten Praxis nur unzureichenden Einfluss. Dagegen bestehen im Bereich der Direktkosten, vornehmlich Saatgut, Handelsdünger und Pflanzenschutz, abgesicherte Optimierungsstrategien.

Nach DEERBERG und KLEINGARN (2003) erzielen die wirtschaftlich erfolgreicherer Betriebe die höchsten Naturalerträge mit geringeren Aufwendungen. Zwei wesentliche Erkenntnisse sind dabei bemerkenswert:

- Einsparmöglichkeiten bei den Direktkosten sind in den praktizierten Fruchtfolgen weitgehend ausgeschöpft. Viele Betriebe liegen im Bereich des Saatgut-, Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes nahe der optimalen speziellen Intensität.
- Von entscheidender Bedeutung sind die Kosten der Arbeitserledigung. Zwischen den Betrieben der abfallenden und der erfolgreichen Gruppe besteht ein Kostenunterschied von fast 22 Prozent. Eine zu geringe Auslastung der Arbeitskräfte und des eingesetzten Maschinenkapitals (Übermechanisierung) ist als Hauptursache zu nennen.

Bei der betrieblichen Mechanisierung, die die Höhe der Arbeitserledigungskosten bestimmt, ist in der Praxis vielfach ein hohes Sicherheitsdenken bezüglich der Schlagkraft mit entsprechender Kapitalbindung festzustellen. Werden die Potenziale zur Kostensenkung nicht genutzt, leidet die Eigenkapitalbildung des Betriebes, womit Chancen und Potenziale für weitere existenzsichernde Wachstumsschritte nicht genutzt werden können (KLISCHAT 2003).

Auch DEECKE und KRECECK (2002) kommen in den Betriebszeigauswertungen ihres Beratungsrings in Norddeutschland zu ähnlichen Ergebnissen. Gut organisierte Betriebe zeichnen sich durch niedrige Kosten der Arbeitserledigung aus. Innerhalb des gesamten Blockes der Arbeitserledigung haben in den Analysen die Kosten für Fremdlohn und Lohnansatz wiederum den höchsten Anteil. Durch Rationalisierungsmaßnahmen in Form von Ersatz- und Neuinvestitionen in Technik konnte dieser Anteil in den letzten Jahren deutlich reduziert werden. Da aber die Investitionen die Abschreibungen für Technik als zweitgrößten Kostenblock ansteigen lassen, sind nennenswerte Einspareffekte bei den Arbeitserledigungskosten nur über Flächenwachstum (Degressionseffekte) in den praktizierten Systemen der Bodenbewirtschaftung zu erreichen.

Eine vergleichende Produktionskostenanalyse in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein (PLESSMANN 2001) kommt zum Ergebnis, dass das operative Management wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebe nimmt. In diesem Begriff sind sowohl die Kosten der Arbeitserledigung als auch Gemeinkosten zusammengefasst. Weitere Kennzahlen der Betriebe wie Bodengüte, Pflanzenschutz- und Düngeintensität, Trocknungskosten und Flächenausstattung sind nach diesen Untersuchungen von geringerer Bedeutung.

Eine breite Datenbasis für betriebswirtschaftliche Auswertungen bietet das Testbetriebsnetz des BMVEL zur Erstellung des Agrarberichts. Das Testbetriebsnetz bildet repräsentativ die Lage der Landwirtschaft in Deutschland ab. Um die Vollkostenstruktur in typischen Regionen des Marktfruchtbaus darzustellen, wurden die Daten der Getreidebaubetriebe (Vollerwerb) aus den Bundesländern Bayern, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern durch weiterführende eigene Auswertungen analysiert (Abb. 1-4). Auch hier bestätigen sich die zuvor zitierten Ergebnisse. Betriebe, die im oberen Drittel der Gewinnzone liegen, zeichnen sich durch niedrige Arbeiterledigungskosten aus. Insbesondere in den drei westlichen Bundesländern waren in den weniger erfolgreichen Betrieben (unteres Drittel) sehr hohe Gesamtkosten festzustellen, die nicht annähernd durch die Erlöse eines typischen Marktfruchtbetriebes zu decken sind. In Bezug auf die Arbeiterledigungskosten gestaltet sich die Situation in Mecklenburg-Vorpommern besser. Als Hauptursache für die hohen Arbeiterledigungskosten in den westlichen Bundesländern ist in erster Linie die zu geringe Auslastung der betriebseigenen Maschinen und Geräte zu nennen.

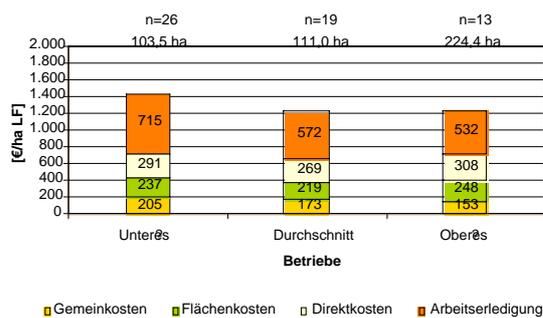


Abb. 1: Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Niedersachsen

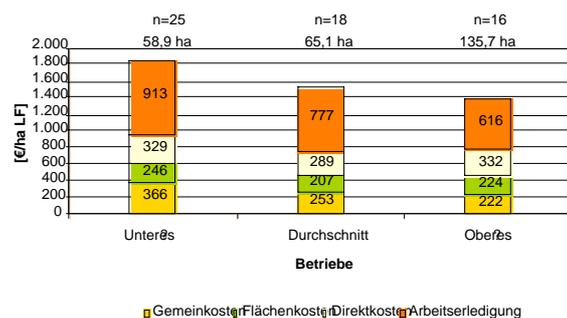


Abb. 2: Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Nordrhein-Westfalen

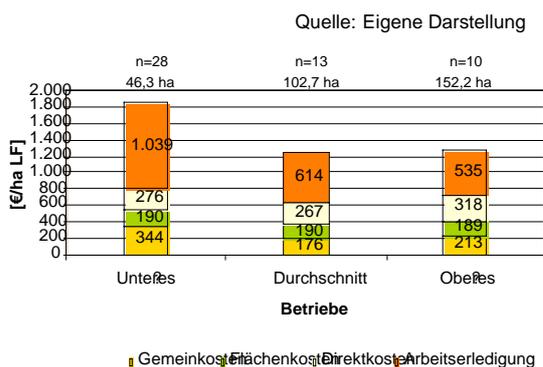


Abb. 3: Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Bayern

Quelle: Eigene Darstellung

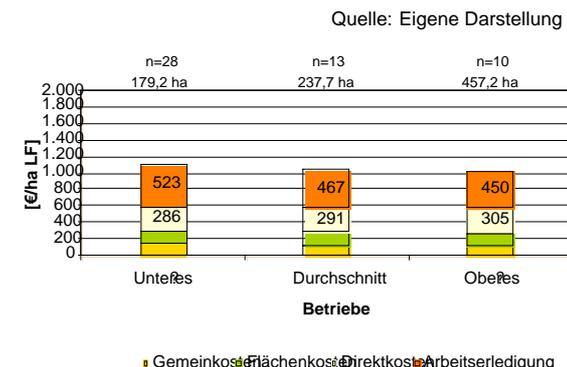


Abb. 4: Vollkostenstruktur der Testbetriebe zum Agrarbericht 2002/03 in Mecklenburg-Vorpommern

Quelle: Eigene Darstellung

Typische Familienbetriebe mit 50 – 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche haben bei völliger Eigenmechanisierung nur wenige Handlungsmöglichkeiten (UPPENKAMP 2001). Seit Jahren werden die Einspareffekte, die sich aus der gemeinschaftlichen Nutzung von Technik

oder durch den Einsatz des Lohnunternehmers auf die Arbeiterledigungskosten ergeben, verdeutlicht (BACH 1994, MÜNCH 2003). Größere Betriebseinheiten führen zu deutlich besserer Maschinenauslastung. HEINRICH (2002) fordert maximal 300 – 350 €/ha an Kosten der Arbeiterledigung für einen rentablen Marktfruchtbau. Dies kann in den aufgezeigten Regionen nicht einmal in den besseren Betrieben erfüllt werden.

Neben den angesprochenen Kosteneinsparpotenzialen durch Betriebserweiterung, die Nutzung von Maschinengemeinschaften oder Einsatz des Lohnunternehmers müssen weitere Anstrengungen unternommen werden, um kostendeckend Pflanzenbau betreiben zu können (SCHÖN 1994, ODENING 2000). Zur Optimierung der Arbeiterledigungskosten nennt GAYL (2001) unter anderem die Anpassung der Anbaufolgen und die Nutzung schlagkräftiger Verfahren in der Bodenbearbeitung.

Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat sind im Vergleich zur krumentiefen Bearbeitung mit dem Pflug durch eine geringere Eingriffsintensität in das Bodengefüge gekennzeichnet. MÜNCH 2003 untersuchte Anpassungsstrategien für Marktfruchtbetriebe auf aktuelle Rahmenbedingungen. Er kommt in seinen Analysen zum Ergebnis, dass pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren in Kombination mit gezielten Einkaufs- und Vermarktungsstrategien alternativen Entwicklungsmöglichkeiten wie Intensivierung des Produktionsmitteleinsatzes oder Extensivierung mit und ohne Zusatzprämien wirtschaftlich überlegen sind. Lediglich bei sehr optimistischen Annahmen ist die Umstellung auf ökologischen Landbau als wirtschaftlich gleichwertig anzusehen.

2.1.3 Bodenbearbeitung und Kosteneinsparung

Die verschiedenen Verfahren der Bodenbearbeitung weisen deutliche Unterschiede in der Art, der Häufigkeit und der Eingriffstiefe auf (TEBRÜGGE et al. 1985). Im Pflanzenbau und in der Verfahrenstechnik wird für die Kennzeichnung von Bodenbewirtschaftungsverfahren eine Dreiteilung in die konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug, die konservierende Bodenbearbeitung und in die Direktsaat vorgenommen (ANONYM 2 1993) (Abb. 5). Wesentliches Kennzeichen der Bodenbearbeitung mit dem Pflug ist die krumentiefe Lockerung und Wendung. Dabei werden organische Reststoffe und Unkraut in den Boden eingearbeitet, durch die reststofffreie Bodenoberfläche ist die störungsfreie Funktion der herkömmlichen Sätechnik sichergestellt. Die Entwicklung von mulch- und direktsaattauglichen Maschinen und durch den Einsatz von Totalherbiziden ist die wendende Bodenbearbeitung nicht mehr zwangsläufig Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Aussaat.

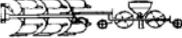
Verfahren	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Saat
Bodenbearbeitung mit Pflug			
			
			
Bodenbearbeitung ohne Pflug - konservierend -			
			
			
Direktsaat	—	—	

Abb. 5: Einteilung verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung im Pflanzenbau und der Verfahrenstechnik

Quelle: ANONYM 2 (1993)

Bodendegradierung durch Wasser- und Winderosion sowie der ökonomische Zwang zur Kosteneinsparung rückten in Nordamerika Verfahren zur pfluglosen Bodenbearbeitung bereits in den letzten Jahrzehnten in den Blickpunkt. So berichten ZENTNER et al. (1990) über Langzeitversuche zur Bodenbearbeitung in Kanada. BAEUMER et al. (1971) berichten von ersten Erfahrungen im pfluglosen Ackerbau Anfang der 1970er Jahre in Deutschland. Die von den Autoren ausgewerteten Versuche zeigen bei gelungener Unkrautregulierung gleichwertige Erträge mit deutlich geringeren Kosten in den pfluglos bestellten Varianten. Mit der Reduktion der Bearbeitungsintensität sinken unmittelbar der Leistungsbedarf und der Kraftstoffverbrauch bei gleichzeitigem Anstieg der Flächenleistung (MELANDER et al. 1998). Bei einem Vergleich der konventionellen Bodenbearbeitung mit Mulchsaatverfahren konnten BRUNOTTE und WAGNER (2001) wesentliche Differenzen im Zuggleistungsbedarf (kW/m Arbeitsbreite) für die Stoppel-, Sekundär- und gegebenenfalls Grundbodenbearbeitung in Abhängigkeit von der Bodenart nachweisen. Die Messungen zeigen, dass die Grundbodenbearbeitung mit Abstand den höchsten Zuggleistungsbedarf am Gesamtverfahren in Anspruch nimmt. Entfällt die klassische Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug und wird dafür ein Schichtengrubber eingesetzt, verringert sich der Zuggleistungsbedarf über alle Bodenarten um fast 30 Prozent. Wird auch auf den krumentief lockernden Arbeitsgang mit dem Schichtengrubber verzichtet und lediglich eine einmalige, flache Bodenbearbeitung (10-12 cm) vor der Aussaat durchgeführt, ergibt sich eine weitere Reduktion um 21 Prozent. Insgesamt sinkt der Zuggleistungsbedarf vom Pflugverfahren zur Mulchsaat ohne tiefe Lockerung um bis zu 50 Prozent. Die Direktsaat, d.h. der Verzicht auf jegliche Art von Bodenbearbeitung, verringert weiter den Anspruch an die Zuggleistung. EICHHORN (1994)

gibt bei einer Direktsaat einen mehr als 80 Prozent geringeren Zugkraftbedarf im Vergleich zur herkömmlichen Bestellung mit dem Pflug an. Auch im Kraftstoffverbrauch (l/h pro m Arbeitsbreite) bestehen in den Untersuchungen von BRUNOTTE und WAGNER (2001) deutliche Unterschiede zwischen den Systemen der Bodenbewirtschaftung. Bei der Mulchsaat mit tiefer Lockerung werden im Vergleich zum Pflug im Mittel der Bodenarten etwa 27 Prozent weniger Kraftstoff verbraucht. Wird auch auf die tiefe Lockerung verzichtet, sind weitere 30 Prozent Kraftstoff einzusparen. Die Ergebnisse von EICHHORN (1994) bestätigen diese Effekte mit den höchsten Einsparungen bei der Direktsaat. Bei diesem Verfahren konnte im Vergleich zur Pflugvariante ein nahezu 78 Prozent geringerer Dieserverbrauch dokumentiert werden. Auswertungen von SIJTSMA et al. (1998) aus Nordamerika bestätigen im Wesentlichen die aufgeführten Dieserverbrauchskalkulationen. Sie machen Einsparungen beim Dieserverbrauch bei Mulchsaaten mit intensiverer Bodenbearbeitung von bis zu 36 Prozent deutlich. Messungen in einem 10-jährigen Bodenbearbeitungsversuch von ARCHER et al. (2001) zeigen bei mittleren Bodenverhältnissen einen 18 bis 22 Prozent geringeren Kraftstoffverbrauch. UPPENKAMP (2001) weist in seinen Kalkulationen deutliche Einspareffekte bei Pflugverzicht nach. Insgesamt beziffert er diese auf 25-50 €/ha als kurzfristiges Einsparpotenzial. Mit nur 30 Prozent der variablen Kosten ist der Grubbereinsatz wesentlich kostengünstiger als der Pflug. Langfristig kann bei Pflugverzicht neben Kraftstoffverbrauch, sowie den Verschleiß- und Reparaturkosten auch die Gesamtmechanisierung reduziert werden. Dieser Effekt der pfluglosen Bodenbearbeitung führt zu weiteren, meist deutlich höheren Einsparpotenzialen. BECKER (1997) bestätigt im Wesentlichen die skizzierten Einsparmöglichkeiten. Die von dem Autor errechneten Kosten der Arbeitserledigung für verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren am Beispiel eines 150 ha großen Modellbetriebes sind in Tabelle 2 angegeben. Die Modellkalkulationen beziehen sich auf Zuckerrüben-Wintergetreide Fruchtfolgen.

Tab. 2: Kosten der Arbeitserledigung (€/ha) verschiedener Bodenbewirtschaftungssysteme

Pflug	Mulchsaat mit tiefer Lockerung	Mulchsaat ohne Lockerung	Direktsaat
480	337	306	256

Quelle: BECKER (1997)

HOLLMANN (2003) weist dagegen deutlich geringere Einsparmöglichkeiten bei den Kosten der Arbeitserledigung in pfluglos wirtschaftenden Betrieben aus. Der Autor sieht unter praktischen Bedingungen einen Vorteil von 50 €/ha. In den Berechnungen wurden wintergetreidebetonte Fruchtfolgen mit intensiver Mulchsaat unterstellt.

Neben diesen kalkulierten Einsparungen steht in wachsenden bzw. größeren Betrieben eine hohe Arbeitsproduktivität im Mittelpunkt (SIEVERS 2003, REICH und WURLITZER 2004). BOISGONTIER et al. (1995) gehen durch Ergebnisse eines Großflächenversuchs in Frankreich von Arbeitszeiteinsparungen bei Mulchssat mit 30 bis 50 Prozent und bei Direktsaat von 40 bis 70 Prozent aus. Auch die Ergebnisse aus der Arbeit von BECKER (1997) bestätigen diese Einsparungen an Arbeitszeit. Er fügt hinzu, dass auf schwereren Böden die Einsparungen um das Doppelte höher sein können. LINKE (1998) geht bei Direktsaat von einem 40 bis 75 Prozent geringeren Arbeitszeitbedarf aus.

Ein wesentliches Einsparpotenzial bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat ist die Anpassung der Mechanisierung an das Bewirtschaftungssystem. Dadurch ergeben sich deutliche Unterschiede hinsichtlich des in der Mechanisierung gebundenen Kapitals. BECKER (1997) geht bei gleicher Fruchtfolgegestaltung in pfluglos wirtschaftenden Systemen von 50 Prozent geringeren Festkosten in Großbetrieben und in kleineren Betrieben von 25 Prozent geringeren Festkosten aus. Der Effekt sinkender Festkosten bei konservierender Bodenbearbeitung wird auch von anderen Autoren, allerdings ohne exakte Quantifizierung, aufgeführt (EPPLIN et al. 1996, TEBRÜGGE und EICHHORN 1992).

Die Einsparungen bei geringerer Bodenbearbeitungsintensität dürfen jedoch nicht durch wesentlich geringere Erträge und damit geringere Erlöse aufgezehrt werden. Einseitige Kostenbetrachtungen sind nicht angebracht. Das Ertragsrisiko ist bei Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung zu Weizen nach Blattfrüchten wie Raps, Körnererbsen etc. gering und findet in der Praxis schon seit Jahren eine breite Anwendung. Verfahrenstechnisch schwieriger und riskanter ist der pfluglose Anbau bei kurzen Anbaupausen und hohen Strohmengen der Vorfrucht (z.B. Raps nach Weizen oder Gerste nach Weizen). Eine unbefriedigende Bestandesetablierung begrenzt vielfach den Ertrag. Der höhere Ungras- und Krankheitsdruck (*Fusarium spp.*, DTR) führt zu höheren Kosten für den Pflanzenschutz. BALL (1994) und SPOOR (1994) berichten von verschiedenen Langzeitversuchen mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen und bestätigen die geäußerten Einschätzungen. Sie gehen zwar von Kosteneinsparungen aus, die pflanzenbaulichen Probleme erhöhten aber das Anbaurisiko in den dort praktizierten wintergetreidebetonten Fruchtfolgen insbesondere bei Direktsaat unter den dort vorherrschenden humiden Klimaverhältnissen.

Diese Risiken bewegen viele Praktiker bei kritischen Anbaufolgen weiterhin zu pflügen, obwohl der Pflug nur teilweise die Probleme kompensieren kann (CHRISTIAN 1994). Kosten werden nicht eingespart und die positiven Umweltwirkungen der dauerhaft konservierenden

Bodenbearbeitung (Erosionsschutz, verbesserte Wasserinfiltration, reduzierte Verschlammungsgefahr etc.) können nur unzureichend realisiert werden.

2.1.4 Fruchtfolgegestaltung und Wirtschaftlichkeit

Die Gestaltung von Fruchtfolgesystemen – gekennzeichnet durch die Aufeinanderfolge verschiedener Fruchtfolgefelder und -glieder – war die Basis pflanzenbaulicher und ökonomischer Überlegungen (BRINKMANN 1943, KÖNNECKE 1966, KLAPP 1967). Im Zuge der produktionstechnischen Entwicklungen in der Bodenbearbeitung, der Düngung und im Pflanzenschutz verblasste der Stellenwert vielfältiger Fruchtfolgen (BOCKMANN und MIELKE 1983, SIELING und HANUS 1988, METZ 2002), die Einzelkultur trat stärker in den Vordergrund. Wintergetreide und Winterraps nehmen in den heutigen Anbaufolgen eine dominierende Stellung ein. Die Anbaufläche von Winterweizen in Deutschland liegt inzwischen bei über 25 Prozent der Ackerfläche mit weiter steigender Tendenz. Auf besseren Standorten wird häufig Weizen in Selbstfolge bis hin zur Monokultur angebaut. Der Anbau deckungsbeitragsschwacher Kulturen, insbesondere von Sommergetreide und Leguminosen, ging deutlich zurück. Den Vorfruchtwirkungen dieser Kulturen wird meist nur ein geringer Stellenwert beigemessen. Die klassischen Vorfruchteffekte umfassen aus pflanzenbaulicher Sicht (v. BOGUSLAWSKI 1981, BAEUMER 1992):

- Mehrertrag der Nachfrüchte
- N-Anreicherung im Boden und N-Nachlieferung aus Wurzeln und Ernterückständen bei Blattfrüchten und Leguminosen
- Förderung der Humusbildung und der Bodengare
- Unterbrechung der Infektionszyklen von Krankheitserregern
- Mobilisierung von Grundnährstoffen
- Schonung des Bodenwassers

Die aufgeführten Vorfruchtwirkungen haben unmittelbaren Einfluss auf die Ertragsbildung und die spezielle Intensität der nachfolgenden Kulturen. Dies ist wissenschaftlich unbestritten und in weiteren Veröffentlichungen belegt (z.B. MILLER et al. 2003, HELMERS et al. 2001). Insofern haben Blattfrüchte aber auch Sommergetreide zwangsläufig Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Fruchtfolge. PAHL (1996) greift dies auf und ermöglicht mit einem Kalkulationsschema die Bewertung des Vorfruchtwerts, der besonders beim Vergleich von Einzelkulturen anhand des Deckungsbeitrags unverzichtbar ist. Die von dem Autor gewählte Kalkulationsbasis ist wie folgt zu beschreiben:

- Mehrerträge der Folgefrucht (2 – 10 dt/ha) nach Blattfrüchten

- Einsparungen bei der N- Düngung der Folgefrucht (40 – 80 kg/ha N) bei Leguminosen
- Verringerter Aufwand für die Bearbeitung durch verbesserten Garezustand des Bodens (kurzfristige Einsparmöglichkeiten variabler Maschinenkosten)

Monetär bewertet liegt der Vorfruchtwert der Blattfrüchte unter Berücksichtigung der beschriebenen Effekte bei 50 – 125 €/ha. Diese indirekten monetären Wohlfahrtswirkungen werden bei dem üblichen Wirtschaftlichkeitsvergleich über den einfachen Deckungsbeitrag in der Praxis vielfach nicht in ausreichendem Maße erfasst (SCHUMANN et al. 2001, RICHTER 2003).

Vorfruchtwert – Ertragsleistung der Nachfrüchte

Versuchsergebnisse zeigen, dass die Erträge einzelner Kulturen erheblich durch die Vorfrüchte bzw. die Fruchtfolgestellung beeinflusst werden. Häufig erfolgt bei der Analyse von Vorfruchteffekten eine Untersuchung des Wintergetreides – meist Winterweizen. Nach Literaturangaben werden die Erträge des Winterweizens zwischen 9 Prozent bis mehr als 30 Prozent reduziert, wenn Winterweizen nach Winterweizen statt nach einer Blattvorfrucht angebaut wird (Abb. 6). Aktuelle Veröffentlichungen aus Mittel-/Westeuropa weisen allerdings darauf hin, dass Ertragsdepressionen bei Stoppelweizen mit maximal 15 Prozent zu beziffern sind. Mit einer verbesserten Produktionstechnik sind natürliche fruchtfolgebedingte Ertragsminderungen beim Stoppelweizenanbau zum Teil kompensierbar. Unter extremen Witterungseinflüssen, wie sie in den kontinental geprägten Regionen Nordamerikas anzutreffen sind, werden teilweise noch höhere Vorfruchteffekte ausgewiesen (CAMPELL et al. 1983, ZENTNER et al. 1987). Dies ist jedoch nicht uneingeschränkt auf Europa zu übertragen. Auch Ergebnisse aus Trockenregionen Niederösterreichs zeigen deutliche Vorfruchtwirkungen. In diesen Versuchen wurden bis zu 30 Prozent niedrigere Weizenerträge nach ungünstiger Vorfrucht festgestellt (DACHLER und KÖCHEL 2003).

Die von DURST et al. (1988) durchgeführten Exaktversuche zur Vorfruchtwirkung unterschiedlicher Blattfrüchte zeigen zwar keine signifikanten Unterschiede im Ertrag des folgenden Weizens, lassen aber eine gewisse Tendenz erkennen. Innerhalb einer Bandbreite von 4 dt/ha nahm der Ertrag des Weizens nach den Blattfrüchten wie folgt ab: Luzerne > Klee gras > Ackerbohne > Raps > Silomais.

In nur wenigen Fällen lagen die Erträge von Stoppelweizen und Blattfruchtweizen auf einheitlichem Niveau. BOCKMANN und MIELKE (1983) berichten dies beispielsweise von schwereren Marschböden in Schleswig-Holstein.

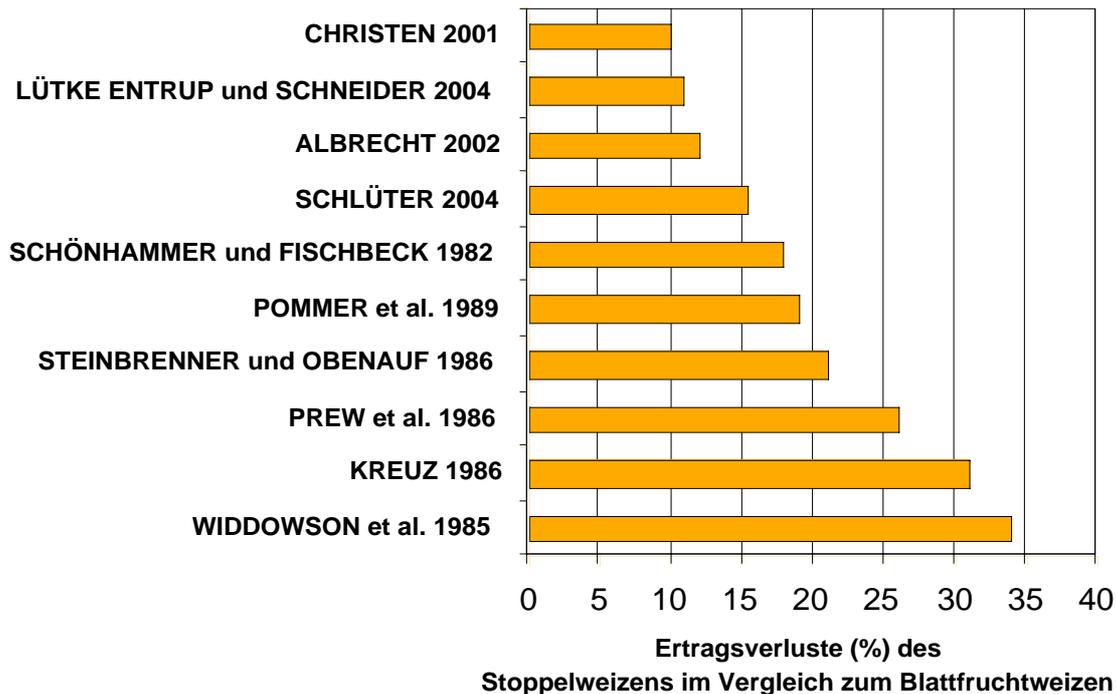


Abb. 6: Relative Ertragseinbußen von Winterweizen nach ungünstigen Vorfrüchten nach Literaturangaben

Als Ursache für Mindererträge bei Weizen nach ungünstigen Vorfrüchten werden von SCHÖNHAMMER und FISCHBECK (1987) die beim Stoppelweizen geringere Wurzeldichte genannt. Unter trockenen Witterungsverhältnissen leiden solche Bestände im Vorsommer sehr schnell unter einem Wasserdefizit.

FISCHBECK et al. (1969) und CHRISTEN (2001) zeigen auf, dass der direkten Vorfruchtwirkung eine größere Bedeutung zukommt als der Anbaukonzentration des Getreides in der Fruchtfolge. LAFOND et al. (2005) leitet aus seinen Versuchen ab, dass bei einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht die negativen Effekte getreidereicher Fruchtfolgen nicht zum Tragen kommen. Die Ergebnisse von STEINBRENNER und OBENAUF (1986) bestätigen diese Einschätzung durch Versuche in Ostdeutschland.

Zwei in Deutschland durchgeführte Fruchtfolgeversuche aus jüngerer Zeit sollen im Folgenden näher vorgestellt werden. In Versuchen der Universität Kiel (CHRISTEN 2001) wurden 15 verschiedene Fruchtfolgen geprüft. Stoppelweizen reagierte mit ca. 10 Prozent geringeren Erträgen im Vergleich zu Weizen nach Raps oder Körnererbsen. Auch bei Wintergerste konnten ähnliche Effekte wie bei Weizen festgestellt werden. Der Anbau der Wintergerste nach einer Blattfrucht ließ den Ertrag langjährig um 9 Prozent im Vergleich zu Wintergerste nach Winterweizen steigen. Beachtlich war auch der Vorfruchtwert von Hafer vor Wintergerste. Hier konnten gleiche Ertragseffekte wie bei einer Blattvorfrucht festgestellt

werden. Die niedrigsten Erträge bei Raps traten in Selbstfolge auf, wohingegen Raps nach Körnererbsen einen Mehrertrag von 11 Prozent realisieren konnte. Die Ertragsergebnisse nach den Vorfrüchten Gerste und Weizen lagen zwischen diesen beiden Extremwerten und unterschieden sich nur geringfügig voneinander. Die Untersuchungsergebnisse weisen auch darauf hin, dass bei der Ertragsbildung von Winterraps die Vielfalt der Fruchtfolge größeren Einfluss hat als bei anderen Kulturen. Bei einem maximalen Rapsanteil von 25 Prozent in der Rotation lag der Durchschnittsertrag signifikant höher als bei Rapsanteilen von 33 Prozent und mehr. Vorfrucht- und Fruchtfolgeeinflüsse als Ursache von Ertragsreaktionen sind nach diesen Ergebnissen auch bei hoher Produktionsintensität nachweisbar. Mehrjährige Versuchsergebnisse von ALBRECHT (2002) bestätigen ebenfalls Mehrerträge von Winterweizen nach Körnerleguminosen (ca. 12 Prozent) im Vergleich zu Getreide. Andere Getreidearten reagierten ähnlich (Tab. 3). Bemerkenswert sind auch die in diesem Versuch festgestellten Vor-Vorfruchtwirkungen der Leguminosen. Im Mittel der Versuche konnte mit Sommer- und Wintergerste als 2. Nachfrucht nach Leguminosen ein signifikanter Mehrertrag von jeweils 5 dt/ha geerntet werden, allerdings nur bei Leguminosen nicht jedoch bei Raps. Die Untersuchungen zeigten auch, dass die Kornqualität der 1. Nachfrucht nach Leguminosen positiv beeinflusst wurde. Hektolitergewicht und Rohproteingehalt stiegen signifikant an. Die in Versuchen nachgewiesenen Mehrerträge von Getreide nach Blattfrüchten können auch in der landwirtschaftlichen Praxis festgestellt werden.

Tab. 3: Mehrertrag (dt/ha) von Winterweizen nach Leguminosenvorfrucht im Vergleich zu Getreidevorfrüchten

Kultur	Mehrertrag (dt/ha) nach Leguminosenvorfrucht
Winterweizen	+ 9,3
Wintergerste	+ 6,7
Wintertriticale	+ 12,6
Sommergerste	+ 14,3

Quelle: ALBRECHT (2003)

In einer Studie von HONERMEIER und GAUDCHAU (2004) wurden die Ertragsdaten von Winterweizen differenziert nach Vorfrüchten aus der besonderen Ernteterminung ausgewertet. Winterraps zählt neben Zuckerrüben, Mais und Weizen (Selbstfolge) zu den wichtigsten Vorfrüchten des Winterweizens. Insbesondere in den fruchtbaren Ackerbauregionen war ein relativ hoher Anteil an Stoppelweizen festzustellen. Die Auswertung der Daten lässt ähnliche Schlussfolgerungen wie aus den vorgestellten Versuchsanstellungen anderer Autoren zu. Winterraps ist den Vorfrüchten Mais und vor allem

Weizen (Selbstfolge) signifikant überlegen. Der positive Vorfruchtwert der Blattfrüchte ist auf allen Standorten, auch auf Grenzstandorten für Raps- und Weizenanbau nachzuweisen.

Vorfruchtwert – Auswirkungen auf Pflanzenschutz und Düngung

Die phytosanitäre Wirkung der Blattfrüchte kann deutlich zur Reduktion typischer Fruchtfolgekrankheiten und Schädlinge des Weizens beitragen. Insbesondere im Bereich der Halmbasis sind typische Fruchtfolgekrankheiten zu finden. Untersuchungen zahlreicher Autoren weisen die Erreger *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Fusarium culmorum* und *Ceratobasidium spp.* an der Halmbasis des Stoppelweizens nach. In weiteren Veröffentlichungen (STEINBRENNER und OBENAUF 1986, GUTTERIDGE und HORNBY 2003) wird in diesem Zusammenhang auf *Gaeumannomyces graminis* hingewiesen. Auch andere Autoren stellen fruchtfolgebedingte Mindererträge in engen Getreidefruchtfolgen in Zusammenhang mit dieser Krankheit fest (BOCKMANN 1976, KOCHS 1978, DIERCKS et al. 1980, HEYLAND und KÜHNOLD 1984, STEINBRENNER 1988, COLBACH und SAUTER 1998, JOSSI et al. 2002). Die Schadwirkungen von Fußkrankheiten im Getreidebau nehmen in der Abfolge Sommergerste < Sommer-/ Winterroggen < Wintergerste < Sommerweizen < Winterweizen kontinuierlich zu (FREYER 2003). Besonders gefährdete Anbaufolgen sind: Winterweizen – Winterweizen, Winterweizen – Wintergerste, Sommergerste – Winterweizen (HERMAN 1988). Tabelle 4 zeigt den Einfluss verschiedener Vorfrüchte auf den Halmbasiskrankheitsbefall und Kornertrag von Winter- und Sommerweizen.

Tab. 4: Halmbasiskrankheitsbefall und Kornertrag von Winter- und Sommerweizen nach verschiedenen Vorfrüchten

Vorfrucht	Winterweizen		Sommerweizen	
	Befallswert (%)	Kornertrag (dt/ha)	Befallswert (%)	Kornertrag (dt/ha)
Roggen	48	35,1	52	19,8
Weizen	46	33,7	50	21,1
Gerste	47	37,3	38	23,3
Erbsen	37	40,5	26	34,5
Lupinen	30	41,5	18	36,9
Klee	30	40,0	20	37,7

(1976)

Die Autoren WINKELMANN (1997) und CHRISTEN (1990 und 1997) konnten bei der Auswertung des bereits zitierten Fruchtfolgeversuchs der Universität Kiel im Stoppelweizen immer einen höheren Fußkrankheitsbefall feststellen als im Blattfruchtweizen. Neben den typischen Fruchtfolgekrankheiten spielen in engen weizenbetonten Fruchtfolgen weitere Krankheiten (Tab. 5) eine Rolle, die auf Ernterückständen überleben und von dort infizieren können (HOFFMANN und SCHMUTTERER 1999). Verschärft wird dieser Sachverhalt durch pfluglose Bestellverfahren. Durch die Strohmulchauflage ist das Inokulum ganzjährig auf der Bodenoberfläche zu finden. Die Fungizidstrategien im Stoppelweizen unterscheiden sich deshalb wesentlich von denen im Blattfruchtweizen. Im Blattfruchtweizen ist der Fokus auf die Gesunderhaltung des Blattbereiches zu legen. Im Stoppelweizen muss neben der Blattgesundheit die Bekämpfung von *Fusarium spp.*, *Gaumannomyces graminis* und *Pseudocercospora herpotrichoides* mit in Betracht gezogen werden. In Befallsjahren mit *Drechslera tritici repentis* ist zusätzlich eine Zwischenbehandlung mit Fungiziden in der Schossphase notwendig (SCHÄFER 2003).

Tab. 5: Einfluss weizenbetonter Fruchtfolgen auf das Krankheits- und Schädlingsspektrum

Erreger	befallen werden neben Weizen	Wichtige Quellen für Überdauerung	Potenzielle Ertragsverluste (%)
Fusarium ssp.	WG, WRo, Tri, (M)	Stroh, Saatgut	bis 50
Thyphula ssp.	WG, WRo	Boden	12-15 (80)
Erysiphe graminis	WG, WRo, Tri, H	Stroh, Ausfallgetreide	30-(50)
Septoria ssp.	Tri, (G, WRo, (H))	Stroh	13-26 (60)
Pseudocercospora herpotrichoides	G, WRo, (H)	Stroh	5-10 (30)
Rhizoctonia cerealis	WG, WRo, Tri, H	Stroh, Boden	< 1
Gaumannomyces graminis	G, (Tri, WRo, H)	Stroh, Boden	30-100
Cephalosporium	G, Tri, WRo, H	Stroh, Boden	bis 50
Drechslera tritici repentis	Tri, (G, WRo, H)	Stroh	20-50
Paratylenchus ssp.	WG, WRo, Tri, H	hoher Getreideanteil	10-20
Contaria tritici	G, WRo	hoher Getreideanteil	Qualitätsverlust
Zabrus tenebrioides	G, WRo	hoher Getreideanteil	--

Quelle: HOFFMANN und SCHMUTTERER (1999)

KRUPINSKY et al. (2002 und 2004) zeigen den Krankheitsstatus verschiedener Fruchtfolgen bei pflugloser Bodenbearbeitung in den nördlichen Trockengebieten der USA. Sie kommen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass bei Pflugverzicht in engen, weizenbetonten Fruchtfolgen das Krankheitsrisiko deutlich steigt. Sie nennen beispielsweise *Fusarium spp.*, *Gaumannomyces graminis* und *Drechslera tritici repentis* hier als Problemkrankheiten. Eine Unterbrechung

der Krankheitszyklen kann am effizientesten durch die Auflockerung der Fruchtfolge geschehen.

KÖNNECKE (1967) weist darauf hin, dass neben den ertragsrelevanten Krankheiten und Schädlingen vielfältige Stoffausscheidungen von Pflanzen bekannt sind, die zu einer Wachstumshemmung in engen Fruchtfolgen führen können (Allelopathie). Einige der von den Pflanzen ausgeschiedenen Stoffen konnten chemisch bestimmt werden, jedoch fehlt bis heute unter Praxisbedingungen auch bei Monokulturen der eindeutige Nachweis eines ausschließlich auf derartige Hemmwirkungen zurückzuführenden Ertragsabfalls (BACHTHALER 1979, ROSCHE 1988, CHRISTEN 1997).

Auswirkungen der Fruchtfolge auf den Unkrautbesatz beschreiben mehrere Autoren (HEYLAND 1988, METZ et al. 1988, v. KÜBLER 1988, STEINBRENNER et al. 1990). Fruchtartendiversifizierung ist nach LIEBMANN und DAVIS (2000) das effektivste pflanzenbauliche Element einer umfassenden Unkrautbekämpfungsstrategie. KUNDLER et al. (1989) und JOSSI et al. (2002) weisen in ihren Untersuchungen einen doppelt so hohen Unkrautbesatz bei einer Steigerung des Getreideanteils von 50 auf 100 Prozent in der Fruchtfolge nach. STURNY (1986), PALLUT (2001) und eine Studie des BMVEL (ANONYM 3 1988) zur Bedeutung der Fruchtfolge belegen die Anhäufung von Problemungräsern in wintergetreidebetonten Fruchtfolgen. Zwar verändert sich in aufgelockerten Fruchtfolgen das Samenpotenzial im Boden kaum, die Wachstums- und Entwicklungsbedingungen sind aber in diesen Systemen, insbesondere für die meist herbstanuellen Problemungräser, ungünstiger (BARBERI und CASCIO 2001). Auch in der aktuellen Diskussion um Resistenzen gegen Pflanzenschutzmittel bei *Alopecurus myosuroides*, *Apera spica venti* sowie *Septoria tritici* wird der Einfluss der Fruchtfolge immer wieder herausgestellt und sogar in neueren Veröffentlichungen (NIEMANN 2001) als wichtigster Ansatzpunkt zur Resistenzvermeidung genannt.

Bei der Bewertung des Vorfruchtwertes ist weiterhin von Interesse, wieviel Stickstoff Blattfrüchte nach der Ernte im Boden hinterlassen und in welchem Maße und in welcher Zeitspanne dieser für die Nachfrüchte zur Verfügung steht. MAIDL et al. (1991 und 1996) quantifizieren die N-Mengen der Erntereste (Stroh und Ausfallkörner) von Erbsen und Ackerbohnen auf 100 – 150 kg/ha. Dazu kamen Bodennitratgehalte von ca. 70 kg/ha N, die im Verlauf des Herbstes auf bis zu 140 kg/ha N anstiegen. In dieser Größenordnung bewegen sich auch die Ergebnisse von WICHMANN (2004) sowie LÜTKE ENTRUP et al. (1993). In den Versuchen von VINTHER und DAHMANN-HANSEN (2005) beträgt die Gesamtfixierung an Stickstoff bei Ackerbohnen bis zu 247 kg/ha. KÖPKE (1989) stellt die

Fixierungsleistung in engen Zusammenhang mit dem Kornertrag. Nach seinen Ausführungen besteht eine signifikant lineare Beziehung zwischen dem Kornertrag und der Stickstofffixierungsleistung. In den Ernterückständen von Winterraps (Blätter, Schoten, Stroh und Wurzeln) können nach LICKFETT (1997) bis 200 kg/ha N enthalten sein.

Entscheidend für die Quantifizierung des Vorfruchtwertes ist die Stickstoffmenge, die der Nachkultur aus der Vorfrucht im Frühjahr zur Verfügung steht. Wesentlichen Einfluss auf die Mineralisation und damit den potenziellen Stickstoffverlust im Herbst nehmen die Art der Bodenbearbeitung, der pH-Wert, die Bodentemperatur und die Niederschlagsmengen (MAIDL et al. 1991, MAIDL 1989). Dies erklärt die unterschiedlichen Angaben in der Literatur zum anrechenbaren Stickstoff aus Blattvorfrüchten. MAIDL et al. (1996) kommen in ihren Untersuchungen zu einer anrechenbaren Stickstoffmenge von bis zu 50 kg/ha N nach Körnerleguminosen. BAEUMER (1984) nennt eine anrechenbare Stickstoffmenge von 50 – 70 kg/ha N. Diese Ergebnisse werden weitgehend durch Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Hannover bestätigt. Die Stickstoffeinsparmöglichkeit bei Weizen nach einer Blattfrucht wird mit ca. 50 kg/ha N im Vergleich zu Stoppelweizen angegeben (SCHÄFER 2003). ALBRECHT (2002) konnte dagegen nur etwa 20 kg/ha N anrechenbaren Stickstoff im Frühjahr nach Körnerleguminosen und 10 kg/ha N nach Raps im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht feststellen.

Vorfruchtwert – Auswirkung auf die Bodenfruchtbarkeit und Bodenbearbeitung

Der Begriff Bodenfruchtbarkeit ist wissenschaftlich nicht klar definiert. In Veröffentlichungen wird dieser Begriff genutzt, um verschiedene Wirkungen auf die Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit eines Bodennutzungssystems zu beschreiben.

BAEUMER (1994) nennt wesentliche Komponenten, die den komplexen Sachverhalt der Bodenfruchtbarkeit im Hinblick auf das Pflanzenwachstum charakterisieren:

- Transportprozesse von Wasser, Gasen und Wärme
- Die Verfügbarkeit von Nährstoffen
- Räumliche und zeitliche Übereinstimmung des Angebotes an Wasser, Nährstoffen und Wärme, um den wachstumsbedingten Bedarf zu decken

Diese Funktionen werden unter natürlicher Vegetationsdecke überwiegend mit dem Auf- und Abbau von organischer Substanz gesteuert. In landwirtschaftlich genutzten Böden gestaltet sich die Situation anders. Durch die vielschichtigen Einflüsse bei Nutzung verändern sich die natürlichen Kreisläufe. Der Humusversorgung kommt daher im Ackerbau eine besondere Bedeutung zu. Die in der Fruchtfolge angebauten Kulturen wirken sich unterschiedlich auf

den Humusgehalt aus (KÄMPF 1983). Hackfrüchte sind humuszehrend, intensiv geführtes Getreide, Mais, Raps oder Leguminosen wirken humuserhaltend bis humusmehrend. Diese grundlegenden Zusammenhänge stellen die Aussagen einiger Autoren (GAWRONSKA-KULESZA und ROSZAH 1988, KUS 1988), die von keinem Einfluss der Fruchtfolge auf die Bodenfruchtbarkeit sprechen, in Frage. KUNDLER et al. (1989) stellen die Fruchtfolgegestaltung als wichtige Maßnahme zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit dar. METZ et al. (1988) kommen zu ähnlichen Erkenntnissen. In ihren Untersuchungen wird beispielsweise von einer deutlich höheren Bodenatmung nach dem Anbau von Ackerfutter oder Raps gesprochen, da die Durchwurzelung dieser Kulturen intensiver ist. KÖNNECKE (1967) misst diesem Aspekt besondere Bedeutung für den Erhalt und die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bei. Neben den absoluten Wurzelmassen der Kulturen ist die Unterscheidung zwischen Tief- und Flachwurzeln sowie Büschel- und Pfahlwurzeln wichtig. Blattfrüchte hinterlassen durch ihre intensive Durchwurzelung eine hervorragende Bodengare, die kaum durch eine mechanische Bearbeitung zu verbessern ist. SCHMIDT et al. (2001) belegen diese Zusammenhänge. Der Anteil an wasserbeständigen Krümeln, als Indikator für ein biologisch aufgebautes Gefüge mit hoher Stabilität, ist nach dem Anbau von Blattfrüchten mit Abstand am höchsten. MISRA et al. (1999) bestätigen ebenfalls eine höhere Aggregatstabilität in aufgelockerten Fruchtfolgen mit Klee. Ernterückstände von Blattfrüchten sind aufgrund eines engeren C:N-Verhältnisses leicht abbaubar (v. BOGUSLAWSKI und DEBRUCK 1977). Krankheiten werden auf das nachfolgende Getreide nicht übertragen. Deshalb ist nach entsprechend guten Vorfrüchten, die sich positiv auf das Wurzel- und Pflanzenwachstum der nachgebauten Kulturen auswirken, die Frage nach der notwendigen Bodenbearbeitung angebracht. Dies erkannte auch schon SEKERA im Jahr 1941. Damals waren allerdings die technischen Möglichkeiten für einen weitgehenden Verzicht auf die Bodenbearbeitung nicht gegeben. Unter heutigen Gesichtspunkten kann die Bodenbearbeitungsintensität nach Blattfrüchten aus technischer Sicht reduziert werden, auch Direktsaaten sind möglich. Gelingt es, diese positiven Eigenschaften der Blattfrüchte mit einer dauerhaft nicht wendenden Bodenbearbeitung zu kombinieren, wird die Struktur des Bodens weiter verbessert. In einer Reihe von Untersuchungen (Kapitel 2.2.2) konnte eine Verbesserung aller wichtigen bodenphysikalischen Kennwerte durch den Pflugverzicht nachgewiesen werden. Besondere Bedeutung kommt in den konservierenden Bearbeitungssystemen den Regenwürmern zu. Durch die länger andauernde Bodenruhe sind mehr adulte Tiere mit höherer Reproduktionsrate vorhanden (HUTCHEON et al. 2001, MELE und CARTER 1999). Tiefgrabende, anözisch lebende Lumbricusarten erschließen den

Unterboden (JOSCHKO et al. 2001). In dem stabilen Grobporensystem können die Pflanzenwurzeln den Unterboden als Nährstoff- und Wasserspeicher nutzen.

2.1.5 Bodenbewirtschaftungssysteme im ökonomischen Vergleich

Ergebnisse aus der angewandten Pflanzenbauwissenschaft und der Agrarökonomie quantifizieren die Leistungen, Kosten und schließlich die Rentabilität verschiedener Bodenbewirtschaftungssysteme unterschiedlich. Pauschale Aussagen sind damit nicht abzuleiten.

Erträge und Erlöse bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat

Die in der Literatur beschriebenen Erträge beim Vergleich von Bewirtschaftungssystemen ergeben ein äußerst unterschiedliches Bild. Viele Autoren (BECKER 1997, PRINGAS 2005, PRINGAS et al. 2001, BECKER und KOCH 1997, LIU UND DUFFFY 1996, URI 2000, TEBRÜGGE 2001, SCHLÜTER 2002) gehen von gleichwertigen Erträgen beim Vergleich von konservierender und konventioneller Bodenbearbeitung aus. Bei genauer Analyse dieser Literaturangaben scheinen die Standorteignung und/oder die Anbaufolge größeren Einfluss auf den Ertrag zu nehmen.

PIKUL et al. (2001) berichten von einem Bodenbearbeitungsversuch im Norden der USA. Sie gehen davon aus, dass sich der Pflugverzicht in einer Mais-Sojabohnen-Fruchtfolge nicht negativ auf den Ertrag auswirkt. Bei Mais sind sogar signifikant höhere Erträge zu verzeichnen. Auffallend gute Erträge werden bei dauerhaft pflugloser Bewirtschaftung in Trockengebieten erreicht (BISCHOFF 2002, EICHHORN 1994, BRANDT 1992). ANKEN et al. (1997) kommen in ihren Versuchen ebenfalls zu dieser Aussage, weisen jedoch ausdrücklich auf die höheren Managementanforderungen dieser Systeme hin. Geringere Erträge werden dann beschrieben, wenn die Bodenbearbeitungsintensität in engen Anbaufolgen bis hin zur Direktsaat reduziert wird. BRUNOTTE und WAGNER (2001) stellen beispielsweise auf Lehm Böden einen deutlichen Ertragsrückgang (18 Prozent) bei pfluglos bestelltem Stoppelweizen fest. Blattfruchtweizen reagierte hingegen nicht mit geringeren Erträgen bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität. Auch PRINGAS et al. (2001) berichten von geringeren Getreideerträgen bei Direktsaaten nach Halmfrüchten im Vergleich zu Blattvorfrüchten. Ergebnisse aus einem 15-jährigen Bodenbearbeitungsversuch in Schweden zeigen ähnliche Ergebnisse (RYDBERG 1992).

Tab. 6: Erträge bei Feldversuchen mit Pflug und konventioneller Bodenbearbeitung, 1974 - 1988

Fruchtart	Ertrag bei Pflug (dt/ha)	Ertrag bei Mulchsaat (relativ zu Pflug)	signifikant
Winterweizen			
Mittel aller Anbaufolgen	58,5	99	-
Nach Wintergerste	44,8	97	-
Nach Hafer	51,8	97	-
Nach Raps	65,8	100	-
Nach Weizen	35,5	98	-
Nach Erbsen	62,9	104	-
Gerste			
Mittel aller Anbaufolgen	39,5	97	**
Nach Wintergerste	33,6	97	*
Nach Hafer	44,0	103	-
Nach Raps	45,2	98	-
Nach Weizen	43,7	96	-
Hafer	43,8	103	-
Sommerweizen	46,4	101	-
Winterraps			
Mittel aller Anbaufolgen	28,5	92	**
Stroh eingearbeitet	29,1	91	**
Stroh abgefahren oder verbrannt	22,7	97	-

*GD < 0,05; **GD < 0,01

Quelle: RYDBERG (1992)

Der pfluglose Anbau von Wintergetreide nach Blattfrüchten verursachte in diesem Versuch vielfach keine signifikant geringeren Erträge. Der Pflugverzicht bei ungünstiger Fruchtfolgekonstellation führt hingegen zu teils signifikant geringeren Erträgen. Bei Raps war die pfluglose Bestellung im Ertrag erst dann gleichwertig, wenn das Stroh geräumt wurde. Auch ein Hinweis für die Strohproblematik bei pflugloser Bestellung. Tabelle 6 zeigt die Erträge einzelner Anbaufolgen in den Versuchen von RYDBERG 1992. HAO et al. (2001) berichtet von einem für kanadische Verhältnisse besseren Standort mit Beregnung. Er kommt zum Ergebnis, dass unter diesen Verhältnissen die Weizenerträge bei einer Mulchsaat höher liegen. Ein deutlicher Unterschied besteht beim Weizenertrag nach unterschiedlichen Vorfrüchten. Stoppelweizen bringt signifikant geringere Erträge als nach Zuckerrüben oder Erbsen. WILHELM und WORTMANN (2004) bringen den Einfluss der Witterung in die Diskussion um die erzielbaren Erträge bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung ein. Sie ziehen ihre Schlussfolgerungen aus einem 16-jährigen Bodenbearbeitungsversuch in Nebraska. Feucht-kühle Jahre sprechen für intensivere Bodenbearbeitung, trocken-warme Jahre lassen bei Direktsaatvarianten höhere Erträge zu.

Wirtschaftlichkeit bei unterschiedlicher Bearbeitungsintensität

Bei der ökonomischen Bewertung von Systemversuchen zur Entwicklung integrierter Landbausysteme Anfang der 90er Jahre stand aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Minimierung des Produktionsmitteleinsatzes auf ein wirtschaftlich optimales Maß im Mittelpunkt. Die dafür genutzte Deckungsbeitragsrechnung ergab vielfach eine schlechtere Rentabilität beim konsequenten Pflugverzicht (ODÖRFER 1996, TREMEL und KÖHNE 2000). Die aus diesen umfangreichen Versuchen gewachsene Lehrmeinung ist bis heute in vielen Diskussionen bestimmend. Maschinenfestkosten als wesentlicher Anteil der gesamten Produktionskosten bleiben jedoch unberücksichtigt.

Arbeiten, in denen über den einfachen Deckungsbeitrag hinaus kalkuliert wird, kommen zu anderen Erkenntnissen. So schätzt BAEUMER (1994) nach langjährigen Versuchserfahrungen die ökonomische Effizienz pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren höher ein, als konventionelle Verfahren. Dabei erzielte die von ihm bezeichnete „Lockerbodenmulchwirtschaft“, das heißt eine Mulchsaat mit Lockerung, die höchsten Deckungsbeiträge. Extensivere Verfahren der Bodenbearbeitung kamen immerhin noch auf das Niveau der Pflugvariante. Auch BECKER (1997) zieht aus den Ergebnissen seiner 9 Versuchsstandorte eine positive Bilanz für die pfluglose Bodenbearbeitung. Der geringere Kapitalbedarf für die Mechanisierung, geringere variable Maschinenkosten und geringere Lohnkosten sind wichtige Gründe, die für pfluglose Bestellverfahren sprechen. PRINGAS (2005) kommt zu einer ähnlichen Bewertung. In seinen Untersuchungen in der Zuckerrüben–Weizen–Weizen Fruchtfolge schneiden die Mulchsaatvarianten mit und ohne Lockerung um 35 bzw. 46 €/ha besser ab als das Pflugsystem. Die Rentabilität der Direktsaat lag jedoch in dieser Fruchtfolge fast 100 €/ha unter dem Referenzsystem Pflug. Dieses negative Ergebnis ist nach Aussage des Autors in engem Zusammenhang mit den geringeren Erträgen und deutlich höheren Pflanzenschutzkosten zu sehen. Eine Betrachtung verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren in Kombination mit aufgelockerten Fruchtfolgen wurde jedoch in diesen Untersuchungen nicht vorgenommen. DIETSCH und MILLER (1999) analysierten die Versuchsergebnisse unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme in weiter gestellten Fruchtfolgen mit Zuckerrüben, Erbsen, Weizen und Triticale im Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit. In den Kalkulationen für einen 150 ha großen Modellbetrieb konnten deutliche wirtschaftliche Vorteile zu Gunsten der Mulchsaat (58 €/ha) und der Direktsaat (96 €/ha) festgestellt werden. Die von TEBRÜGGE (1994) dargestellten Auswertungen auf der Basis langjähriger Versuchsergebnisse auf unterschiedlichen Standorten in Hessen zeigen

im Mittel der Jahre ebenfalls eine deutlich höhere Rentabilität (+135 €/ha) der pfluglos bestellten Varianten im Vergleich zum Standardsystem Pflug. Allerdings sind auch in diesem Versuchsansatz die Wechselwirkungen von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge nicht untersucht worden. URI (2000) analysierte Versuchsergebnisse der Universität Illinois in den USA. In der dort praktizierten intensiven Mais-Sojabohnen Fruchtfolge konnte die Wirtschaftlichkeit bei intensiver Mulchsaat (+47 €/ha) und Direktsaat (+36 €/ha) im Vergleich zum Pflug verbessert werden. Der Autor gibt allerdings zu bedenken, dass in vielen Fällen die Herbizidkosten beim Pflugverzicht höher liegen als im Versuch ermittelt. Wenn die Herbizidkosten deutlich steigen, können die Kosteneinsparungen wieder schnell aufgezehrt werden. Des Weiteren macht der Autor darauf aufmerksam, dass Standortfaktoren und Managementaspekte bei der Wahl des Bearbeitungssystems eine große Rolle spielen. Geringere Erträge und höhere Pflanzenschutzkosten in dieser engen Fruchtfolge waren wichtige Ursachen für das schlechtere Abschneiden der Direktsaat. LIU und DUFFY (1996) werteten ökonomische Daten aus praktischen Betrieben in Iowa (USA) aus. Sie kamen zum Ergebnis, dass pfluglos wirtschaftende Betriebe im Durchschnitt etwa eine 64 €/ha höhere Rentabilität aufweisen. PARSCH et al. (2001) analysierten die Wirtschaftlichkeit verschiedener Bodenbearbeitungssysteme bei Monokulturen (Mais, Sojabohnen) oder beim Wechsel von Mais und Sojabohnen. Zwar sinken beim Pflugverzicht die Maschinenkosten, diese werden jedoch durch wesentlich höhere Herbizidkosten aufgezehrt. Im ökonomischen Ergebnis sind die Verfahren somit als gleichwertig anzusehen. BRUNOTTE und WAGNER (2001) belegen eine höhere Rentabilität pflugloser Anbausysteme in einer Zuckerrüben-Weizen-Weizen Fruchtfolge. Dabei ergaben sich bei den einzelnen Fruchtfolgefeldern unterschiedliche Produktionskosten. Bei Stoppelweizen lohnte auf leichteren und mittleren Böden der Einsatz des Pfluges. Die Mulchsaat mit Lockerung konnte im Schnitt der Fruchtfolge eine um 43 €/ha höhere Wirtschaftlichkeit erreichen. Bei der Mulchsaat ohne Lockerung lag der Vorteil bei 64 €/ha. Bemerkenswert sind die höheren Produktionskosten des Stoppelweizens im Vergleich zum Blattfruchtweizen. Im Mittel der Bearbeitungssysteme und Bodenarten lagen die Kosten des Stoppelweizens mit Pflugeinsatz um 4,27 €/dt höher. BISCHOFF und RICHTER (2004) rücken bei ihren Ausführungen zum Thema Bodenbearbeitung und Kosteneinsparung die Bedeutung der Fruchtfolgegestaltung stärker in den Mittelpunkt. Der Verzicht auf jegliche Art von Bodenbearbeitung – also eine Direktsaat – führte nach Blattfrüchten zu Weizen im mitteldeutschen Trockengebiet zu keinerlei Ertragsdepressionen. In einem Systemversuch der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (SCHRÖDER 2003) wurde die praxisübliche Intensität im Marktfruchtbau vor dem

Hintergrund sich ändernder Rahmenbedingungen überprüft. In diesem Versuchsansatz wurde eine 3-feldrige Fruchtfolge (Raps-Weizen-Gerste) mit einer sechsfeldrigen, um Hafer und Ackerbohnen erweiterten Fruchtfolge, verglichen. Beide Anbausysteme wurden sowohl in Pflugsaat als auch in Mulchsaat durchgeführt. Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass die erweiterte Fruchtfolge wirtschaftlich um 14 Prozent (130 €/ha) bei einer Mulchsaat besser abschneidet, als das konventionell bestellte wintergetreidebetonte dreifeldrige Anbausystem. Der Autor verweist darauf, dass sich insbesondere bei pflugloser Bodenbearbeitung eine Erweiterung der Fruchtfolge anbietet. Die typischen Probleme (Ungras, Krankheiten) enger, wintergetreidebetonter Fruchtfolgen können bei pflugloser Bestellung durch die Integration von Sommerungen vermieden werden, was zur Stabilisierung der Erträge in der gesamten Fruchtfolge beiträgt. Allerdings lässt der statisch angelegte Versuchsplan kaum Spielraum für situationsbedingte produktionstechnische Entscheidungen, sodass nicht immer von einer optimalen Systemführung ausgegangen werden kann.

JUERGENS et al. (2004) vergleicht verschiedene Fruchtfolgesysteme bei konservierender Bodenbearbeitung in einem Feldversuch im Norden der USA. Bei der Vollkostenanalyse kommen sie zum Entschluss, dass aufgelockerte Fruchtfolgen auf diesem Standort wirtschaftlich schlechter abschneiden. Dabei gehen die Autoren aber von gleicher Festkostenbelastung der unterschiedlichen Fruchtfolgesysteme aus, eine Vorgehensweise die unter den hiesigen Bedingungen nicht unterstützt werden kann. CLEMENS (1988) belegt eindeutig die unterschiedlichen Festkostenansprüche verschiedener Bewirtschaftungssysteme. Ein Potenzial, das bis heute in den Kalkulationen kaum Berücksichtigung findet.

Detaillierte Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit verschiedener Bodenbearbeitungssysteme sind seit mehr als 20 Jahren Gegenstand verschiedener Forschungsvorhaben in Kanada. Dabei ist im Zeitverlauf eine interessante Entwicklung bei der Verknüpfung der Bodenbearbeitung mit der Frage der Fruchtfolgegestaltung zu erkennen. ZENTNER et al. (1991) betrachten die Wirtschaftlichkeit von pflugloser Bodenbearbeitung bei Weizen. Sie kommen zum dem Ergebnis, dass der weit verbreitete Anbau von Weizen in Monokultur oder im Wechsel mit einer Brache bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat in vielen Fällen nicht wirtschaftlicher gestaltet werden kann als die konventionelle Bodenbearbeitung. Etwa 10 Jahre später stellen ZENTNER et al. (2002) allerdings eine Weiterentwicklung pflugloser Bearbeitungsverfahren auf trockenen Standorten in Kanada fest. In den neueren Versuchen wurden Aspekte der Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung miteinander verknüpft. In getreidebetonten Anbaufolgen ist die Mulchsaat unter Vollkosten betrachtet kaum wirtschaftlicher. Die Direktsaat schneidet sogar schlechter ab. Mit einem Wechsel von

Halmfrucht und Blattfrucht sind dagegen Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung und Direktsaat ca. 25 €/ha beziehungsweise 38 €/ha rentabler als enge mit Pflug bestellte Fruchtfolgen. Bei den dort vorherrschenden Großbetrieben bedeutet dies eine wesentliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Die Kosteneinsparungen bei pflugloser Bodenbearbeitung werden bei aufgelockerten Fruchtfolgen nicht durch höhere Ausgaben beim Pflanzenschutz und der Düngung aufgezehrt. Ebenso ist von höheren und stabileren Erträgen auszugehen. Die neueren Erkenntnisse von ZENTNER et al. (2004) werden auch von LAFOND (2005) untermauert. Er untersuchte die Kosteneinsparungen bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat praktischer Betriebe in verschiedenen Regionen Kanadas. In fruchtbaren Regionen, in denen sehr enge Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur praktiziert werden, ist der Pflugverzicht kaum profitabler. Grund hierfür sind die meist geringeren Erträge und die deutlich höheren Kosten für die Ungrasbekämpfung. Konservierende Bodenbearbeitung und insbesondere Direktsaat haben deutliche Vorteile, wenn diese Systeme in erweiterten Fruchtfolgen Anwendung finden. Einsparungen bei den Treibstoffkosten, den Lohnkosten, sowie den festen Maschinenkosten wurden nicht durch höhere Pflanzenschutzmittelkosten und geringere Erlöse aufgezehrt. Des Weiteren zeigt LAFOND (2005) die Wirtschaftlichkeit von Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesystemen anhand von Systemversuchen auf. Er beziffert auf der Basis langjähriger Versuche den ökonomischen Vorteil erweiterter Fruchtfolgen in Kombination mit Direktsaat auf ca. 21 €/ha im Vergleich zu weizenbetonten Fruchtfolgen. JANOSKY et al. (2002) beziehen in ihrer Bewertung der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren ökologische Aspekte mit ein. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass pfluglose Bestellverfahren wirtschaftlich gleichwertig sind. Die Probleme mit Wind- und Wassererosion in dem geprüften und in der Praxis etablierten Wechsel von Weizen und Schwarzbrache sprechen für die erosionsmindernde pfluglose Bestellung. YOUNG et al. (1994) zeigen in einer Fruchtfolge mit Winterweizen, Sommergerste und Erbsen bei konservierender Bearbeitung eine 23 €/ha höhere Wirtschaftlichkeit als bei einem mit Pflug bestellten Weizen in Monokultur.

Bei der Zusammenfassung der aufgezeigten Ergebnisse zeichnen sich deutliche Tendenzen ab. In vielen Fällen wird eine höhere Wirtschaftlichkeit von konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat belegt, die auch durch eine Erweiterung der Fruchtfolge verbessert werden kann (Tab. 7). Bei der weiteren Interpretation der Daten bleiben jedoch noch offene Fragen bestehen. Vielfach scheint die methodische Auswertung nicht ausgereift. Auch wenn der Forderung nach einer Bewertung unter Vollkostenansatz entsprochen wird, eine dem Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungssystem angepasste Mechanisierung als

entscheidender Ansatz zur Maschinenfestkostenoptimierung wird bei den dargestellten Ergebnissen nicht entsprochen.

Tab. 7: Veränderung der Rentabilität (€/ha) bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat im Vergleich zum Pflug nach Literaturangaben

Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Pflug	Mulchsaat mit Lockerung	Mulchsaat ohne Lockerung	Direktsaat	Standort	Autor(en)
Angepasste Fruchtfolge					
+ 64*		X		Semiarid	LIU und DUFFY (1996)
+ 58		X		Semihumid bis Semiarid	DIETSCH und MILLER (1999)
+ 96			X	Semihumid bis Semiarid	DIETSCH und MILLER (1999)
+ 130			X	Semiarid	BISCHOFF und RICHTER (2004)
+ 71		X		Humid bis Semihumid	SCHRÖDER (2003)
+ 21**			X	Semiarid	LAFOND (2005)
+ 38**			X	Semiarid	ZENTNER et al. (2002)
+ 25**		X		Semiarid	ZENTNER et al. (2002)
+ 23*		X		Semiarid	YOUNG et al. (1994)
Enge Fruchtfolge					
+ 28		X		Semihumid bis Semiarid	BECKER (1997)
+/- 0		X		Semiarid	PARSCH et al. (2001)
+ 47*	X			Semiarid	URI (2000)
+ 36*			X	Semiarid	URI (2000)
+ 35	X			Semihumid bis Semiarid	PRINGAS (2005)
+ 43		X		Semihumid bis Semiarid	PRINGAS (2005)
- 100			X	Semihumid bis Semiarid	PRINGAS (2005)
+ 64		X		Semihumid bis Semiarid	BRUNOTTE und WAGNER (2001)
+ 43	X			Semihumid bis Semiarid	BRUNOTTE und WAGNER (2001)
+/- 0**			X	Semiarid	LAFOND (2005)
+ 135		X		Semihumid bis Semiarid	TEBRÜGGE (1994)
+ 7			X	Semiarid	ZENTNER et al. (2002)
+/- 0*		X		Semiarid	JANOSKY et al. (2002)

* Wechselkurs 1 EUR = 1,2422 US-Dollar

** Wechselkurs 1 EUR = 1,5052 CAN-Dollar

2.2 Pflanzenbauliche Aspekte bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat

Durch die Reduktion der Eingriffsintensität bei konservierender Bodenbearbeitung können Kosteneinsparungen im Bereich der Arbeitserledigung realisiert werden. Das belegen die bereits zitierten Untersuchungen. Ein konsequenter Pflugverzicht hat allerdings vielfältige Veränderungen im Anbaumanagement zur Folge.

2.2.1 Problemfelder bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat

Den positiven Umwelteffekten im Bereich des Boden- und Gewässerschutzes einerseits, als auch den Einsparpotenzialen andererseits stehen bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat systembedingte Problemfelder gegenüber, die für das Wachstum der Kulturpflanzen nachhaltige Effekte beinhalten können. Die bei konventioneller Bodenbearbeitung meist nur wenig beachteten acker- und pflanzenbaulichen Fragestellungen müssen in pfluglosen Systemen situationsabhängig gelöst werden: Strohmanagement, verstärkter Ungrasdruck, Durchwuchsneigung, erhöhter DTR- und Fusariumbefall, Schnecken und Mäuse werden häufig als systembedingte Problemfelder genannt (Tab. 8).

Tab. 8: Pflanzenbauliche Problemfelder und Konsequenzen bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat

Problemfeld	Konsequenzen/Lösungsansatz
Strohmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Fruchtfolgegestaltung (BOISGONTIER 1994) • Mähreschereinstellung (VOSSHENRICH 2001) • Häcksellänge (KOCH 1993) • Nachhäckseln (STEMANN 2004a) • Strohausgleichsdüngung (v. BOGUSLAWSKI und DEBRUCK 1977) • Sortenwahl (SCHÄFER und STEMANN 2004)
Ungrasdruck	<ul style="list-style-type: none"> • Fruchtfolgegestaltung (DERKSEN et al. 2002, PALLUT 2003) • Stoppelbearbeitung (HUTCHEON et al. 1998) • Glyphosateinsatz (HUTCHEON et al. 1998) • Herbizidwahl (STREIT et al. 2003)
Durchwuchs (z.B. Winterweizen in Wintergerste)	<ul style="list-style-type: none"> • Fruchtfolgegestaltung (LÜTKE ENTRUP et al. 2003) • Stoppelbearbeitung (NIEMANN 2002) • Glyphosateinsatz (UNGER et al. 1999)
Fusariumbefall	<ul style="list-style-type: none"> • Fruchtfolgegestaltung (LÜTKE ENTRUP et al. 2005) • Sortenwahl (RODEMANN 2003) • Strohrotte fördern (KORNMANN et al. 2004) • Fungizideinsatz (KLINGENHAGEN und FRAHM 2001)
DTR-Befall des Weizens	<ul style="list-style-type: none"> • Fruchtfolgegestaltung (BAILEY und DUCZEK 1996) • Fungizideinsatz (ARNOLD-REIMER 1994, BARTELS 2003) • Sortenwahl (RODEMANN und BARTELS 2002) • Strohrotte fördern (STEMANN 2001)
Schnecken und Mäuse	<ul style="list-style-type: none"> • Schneckenkorn (GLEN 1996, BÄUMLER 1999) • Strohmanagement • Keine Direktsaaten (VOSS 1997)

Strohmanagement

Im Vergleich der verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme nehmen mit abnehmender Bearbeitungsintensität die Ansprüche an die Strohzerkleinerung und Verteilung zu. Ungleichmäßig verteilte Ernterückstände führen zur schlechten Ablagequalität des Saatgutes (METZNER 1982). Unbefriedigende Feldaufgänge und mangelnde Bestandesetablierung

können die Folge sein. Inwiefern diese Auswirkungen tatsächlich zum Tragen kommen, ist in engem Zusammenhang mit der Fruchtfolge zu sehen. Hinterlässt die Vorfrucht hohe, schwer zersetzbare Strohmenngen und besteht bei kurzer Anbaupause wenig Zeit zur Strohhrotte, so limitiert eine Reihe von Faktoren den Feldaufgang (SPOOR et al. 1998). Die Autoren konstatieren einen zu geringen Kontakt zwischen Saatgut und Boden, eine unzureichende Abdeckung des Saatguts und einen unzureichenden Anschluss an den kapillaren Wasseraufstieg als Folge dieses Effektes. In erweiterten Fruchtfolgen ist dieses Problem kaum relevant. Geringere Mengen an leicht zersetzbaren Ernterückständen von Blattfrüchten sowie längere Anbaupausen relativieren das Strohproblem in der Saatrille (BOISGONTIER et al. 1994). TRULEY et al. (2003) untersuchten verschiedene Verfahren zur Verbesserung des Strohmanagements bei Stoppelweizen. Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss des Strohs auf die Bestandesetablierung. In den Varianten, in denen die Ernterückstände verbrannt wurden, wurden die höchsten Erträge bei der Direktsaat festgestellt. Danach erst folgte im Ertragsvergleich die Pflugvariante. Die geringsten Erträge erbrachte die Mulchsaat mit intensiver Nachzerkleinerung des Strohs. Die Autoren vermuten, dass diese Spleißhäcksel hohe Stickstoffmengen bindet und daher die Bestandesetablierung im Herbst nicht in vollem Umfang gelingt. Diese Vermutung wird auch von GRAHAM et al. (1986) ausgesprochen. Bei sehr klein gehäckselten Ernterückständen ist nach deren Auffassung die Gefahr der Stickstoffimmobilisierung und der verstärkten Freisetzung von strohbürtigen Toxinen sehr hoch. Mit einer zusätzlichen Strohausgleichsdüngung kann diesem Effekt begegnet werden. In Veröffentlichungen wird auf die keimhemmende Wirkung durch strohbürtige Phytotoxine hingewiesen (SCHÖNBECK 1956). Auch die Verzögerung des Sproß- und Wurzelwachstums konnte in Gefäßversuchen nachgewiesen werden (COCHRAN et al. 1977, KOCH 1990). VOSSHENRICH (2001a) untersuchte die Wirkungen des Strohs eingehend unter Praxisbedingungen. Er kommt zu der Erkenntnis, dass nachteilige Wirkungen des Strohes auf den Feldaufgang auf physikalische Ursachen zurück zu führen sind. Ursächlich ist die Isolation des Saatkorns vom Keimwasser. Chemische Wirkungen durch toxische Substanzen konnten dagegen nicht nachgewiesen werden. Mineralische und organische Bodenbestandteile sowie mikrobielle Umsetzungsprozesse inaktivieren Phytotoxine unter praktischen Verhältnissen (DAO 1987). Aus diesen Erkenntnissen lässt sich Handlungsbedarf für den Technikeinsatz bei pflugloser Bodenbearbeitung ableiten. Das Stroh sollte möglichst klein gehäckseln und gleichmäßig verteilt werden, um die beschriebenen physikalischen Wirkungen des Strohs im Saatbett zu minimieren. Dieser Grundsatz sollte insbesondere in engen Fruchtfolgen Berücksichtigung finden, wo in den

kurzen Anbaupausen kaum nennenswert Stroh zersetzt wird. Beobachtungen in der Praxis, dass längere Strohrückstände nur schlecht einzuarbeiten sind, werden durch Untersuchungen von STEMANN (2004c) bestätigt. Mit steigender Häcksellänge konnten Ernterückstände in die Bodenschicht von 5 – 10 cm nur unzureichend eingemischt werden. Die geforderte kurze Häcksellänge ermöglicht darüber hinaus einen schnelleren Strohabbau. In den Untersuchungen von KOCH (1993) konnte eine bis zu 30 Prozent raschere Zersetzung des Spleißhäcksels in den ersten vier Rottewochen dokumentiert werden. Bei Stroh mit einer durchschnittlichen Häcksellänge von einem Zentimeter verkürzt sich die Rottezeit um 40 Prozent im Vergleich zu Strohhäcksellängen von fünf Zentimetern. VOSSHENRICH (2001b) belegt ein breites Spektrum unterschiedlicher Verteil- und Häckselqualitäten beim Mähdrusch unter praktischen Bedingungen. Häufig war eine fehlende Grund- und Feineinstellung der Mährescher zu beklagen. Bei einer Optimierung der Häckslereinstellung war die Querverteilung des Strohs unter Ausschöpfung der vorhandenen Technik bis zu einer Arbeitsbreite von sechs Metern auch unter ungünstigen Einsatzbedingungen kontrollierbar. Über diese Arbeitsbreite hinaus wurden herstellerübergreifend Einflüsse wie Seitenwind, Feuchtigkeit, Hangneigung und Bedienung zu begrenzenden Faktoren. Trotz optimierter Häckslereinstellungen am Mährescher sind bei Schnittbreiten über sechs Meter und auf Hohertragsstandorten mit hohen Strohmenen keine befriedigenden Arbeitsqualitäten erreicht worden. Zur Vermeidung dieser technischen Probleme entwickelte STEMANN (2004a) eine veränderte Bearbeitungsstrategie. Durch das nachträgliche Häckseln des Strohs mit einem speziellen Strohmulcher konnten deutliche Verbesserungen hinsichtlich der Strohzerkleinerung und Verteilung erzielt werden. 70 – 80 Prozent der Ernterückstände konnten auf unter 3 cm Länge zerkleinert werden. Die Halme wurden durch die Nachbearbeitung aufgesplissen, die Röhrenstruktur der Stoppel zerstört. Durch möglichst lange Stoppeln beim Drusch verbleibt bei dieser Verfahrensweise ein Großteil des Strohes dort, wo es gewachsen ist. Neben einer weiteren Verminderung mechanischer Keimhemmnisse wird durch diese Verfahrensweise der mikrobielle Abbau gefördert. Spleißhäcksel verrottet schneller.

POLEGI (2000) untersuchte die ideale Stoppellänge bei Direktsaaten unter nordamerikanischen Verhältnissen. Unter den dort vorherrschenden Bedingungen bildete der Drusch mit langer Stoppel (ca. 30-35 cm) die beste Vorraussetzung für die Bestandesetablierung. Neben der dadurch entschärften Strohproblematik wurde mit einer langen Stoppel darüber hinaus ein besseres Kleinklima geschaffen. In einigen Jahren wirkte sich dies nach Angaben des Autors positiv auf die Erträge aus. Unter Mittel- und

Nordeuropäischen Verhältnissen ist dies sicherlich nicht in gleichem Maße zu erwarten. Dennoch ist der Aspekt der besseren Strohverteilung bei diesem Verfahren beachtenswert, da große Mengen des Strohs einfach dort verbleiben, wo es aufgewachsen ist. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Abbaugeschwindigkeit der Ernterückstände bei langjährig konservierender Bodenbearbeitung. FRIEBE und HENKE (1992) weisen in ihren Messungen bei einer Direktsaat eine vierfach höhere Strohabbaurrate im Vergleich zur Pflugvariante nach. Die Messergebnisse sind in engem Zusammenhang mit einer höheren Regenwurmaktivität zu sehen. Die Abbauraten der Mikrofauna (Algen, Bakterien, Pilze) wurden dagegen nicht durch die Bodenbearbeitung beeinflusst.

Neben den technischen Möglichkeiten zur Strohzerkleinerung sind weitere pflanzenbauliche Spielräume zur Optimierung des Strohmanagements zu nutzen. Besonders bei engen Anbaufolgen z.B. bei Raps nach Weizen oder Weizen nach Weizen ist dieser Aspekt entscheidend. Eine deutliche Beschleunigung der Strohrotte durch eine Ausgleichsdüngung mit Stickstoff nach der Ernte konnte durch v. BOGUSLAWSKI und DEBRUCK (1977) nachgewiesen werden. Die Autoren gehen bei der Bemessung der Strohausgleichsdüngung von 7-10 kg N pro Tonne Strohtrockenmasse zur Rotteförderung aus. Neben der gewünschten Rotteförderung wurde in den Untersuchungen bei dauerhafter Strohdüngung eine deutliche Steigerung des Humusgehalts und der Erträge festgestellt. Die Strohdüngung ist heute in konventionellen Anbausystemen ohne elementare Bedeutung. Dagegen sollte sie in pfluglos bewirtschafteten Marktfruchtfolgen überdacht werden. Flach eingearbeitete Ernterückstände werden in der umsetzungsaktiven Bodenschicht rasch in die Bodenhumusmasse (C:N Verhältnis ca. 15:1) eingebaut (DEBRUCK 2001). Das bindet für ca. zwei Monate hohe Mengen an Stickstoff (PECHER 1996). Um diese Stickstoffsperre aufzuheben, ist eine Ausgleichsdüngung bei kurzen Anbaupausen in Verbindung mit hohen Strohmenngen zur Bestandesetablierung angebracht. MAIDL et al. (1988) belegen dies mit Versuchsergebnissen. Mit abnehmender Bearbeitungsintensität kommen Ertragsdifferenzen bei Getreide zwischen den Varianten mit und ohne Strohdüngung zum Ausdruck. BALL et al. (1998) zeigen in Versuchen in Großbritannien signifikant höhere Erträge bei direkt gesäeter Wintergerste mit Strohausgleichsdüngung. Die Untersuchungen von AL-KAISI und LICHT (2004) liefern eine Erklärung für diese Ergebnisse. Sie können bei Direktsaat zwar keine signifikanten aber dennoch auffallend geringere Nitratmengen im Herbst nachweisen. Stickstoff wird bei extensiven Verfahren der Bodenbearbeitung durch den Aufbau organischer Masse im Boden gebunden (OLSON et al. 2005) und steht somit nicht dem Pflanzenwachstum zur Verfügung. Die Stickstoffsperre kann die Bestandesetablierung der

Folgekulturen im Herbst bei einem weiten C:N Verhältnis in den Ernterückständen der Vorfrüchte (z.B. nach Getreide) begrenzen. Nach Blattfrüchten ist dieser Effekt nicht zu erwarten (SCHNEIDER et al. 2005).

Auch die Sortenwahl sollte bei engem Fruchtwechsel mit in Betracht gezogen werden. In Marktfuchtfolgen ist immer häufiger die Anbaufolge Raps nach Weizen anzutreffen. Eine solche Situation verlangt möglichst frühreife Weizensorten mit geringem Strohertrag. In Untersuchungen zum Harvestindex bei Weizensorten konnten Unterschiede im Strohertrag von nahezu 25 Prozent festgestellt werden (SCHÄFER und STEMANN 2004). POLEGI (2000) veröffentlicht ähnliche Ergebnisse zum Strohertrag von Weizensorten aus Kanada und verdeutlicht den Nutzen für pfluglose Anbausysteme.

Erhöhter Ungrasdruck bei konservierender Bodenbearbeitung

Die Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität wirkt sich auf die Vermehrungszyklen der Unkräuter/Ungräser unterschiedlich aus und ist bei einem dauerhaften Pflugverzicht wie folgt zu beurteilen (PEKRUN und CLAUPEIN 1998):

- Perennierende Arten (Wurzelunkräuter/-ungäser) nehmen zu.
- Monokotyle treten häufiger auf, da bessere Reproduktionsmöglichkeiten gegeben sind. Zunehmendes Problem bei pflugloser Bodenbearbeitung ist das Auftreten von Trespen. Als ausschließlicher Flachkeimer kommt die nicht wendende Bearbeitung dem Lebenszyklus dieser Art entgegen.
- Samen dikotyler Pflanzen haben meist eine hohe Lebensdauer im Boden. Bei konventioneller Bearbeitung mit dem Pflug können keimfähige Samen aus der unteren Bodenschicht an die Oberfläche gebracht werden. Da dies in pfluglosen Systemen kaum der Fall ist, sinkt häufig die Populationsdichte von zweikeimblättrigen Unkräutern.

Aus praktischen Betrieben, die über mehrere Jahre pfluglos wirtschaften, wird diese Einschätzung bestätigt. Neben den typischen Problemungräsern wie Ackerfuchsschwanz und Windhalm rücken verschiedene Trespenarten in den Mittelpunkt der Herbizidstrategie (PATTERSON et al. 1980, MELANDER 1998, BALL und DAVIES 1996). Weiterhin ist von einer Zunahme von Disteln, Ruderalunkräutern oder auch Quecken auszugehen. Ob die Zunahme bestimmter Unkräuter und Ungräser zum Problem wird, hängt von der Bearbeitungs- und Herbizidstrategie ab. HUTCHEON et al. (1998) stellten folgende Gegenstrategie vor.

1. Eine flache, aber intensiv mischende Stoppelbearbeitung mit guter Rückverfestigung ermöglicht gute Keimbedingungen der Unkraut-/Ungrasamen.
2. Vor der Saat Einsatz eines Totalherbizids.
3. Möglichst wenig Bodenbearbeitung zur Aussaat (Scheibenschar드릴technik), dadurch werden kaum noch Samen zum Keimen stimuliert.
4. Gezielter Einsatz selektiv wirkender Herbizide in der Kultur.

BRÄUTIGAM (1993, 1994) weist darauf hin, dass nicht auf jedem Standort durch die pfluglose Bodenbearbeitung der Ungrasdruck zwangsläufig ansteigen muss. LÜTKE ENTRUP et al. (2001) machen in diesem Zusammenhang auf den Einfluss der Fruchtfolge aufmerksam. Die Ergebnisse von SPRENGER (2004) belegen diese Einschätzungen. Beim Pflugverzicht zu Winterweizen war eine signifikant höhere Verunkrautung und Verungrasung festzustellen. Bei der pfluglosen Aussaat von Sommerungen wurde vielfach kein signifikanter Unterschied zum Pflug festgestellt. PALLUT und BENNEWITZ (1996) sowie PALLUT (1999, 2003) untersuchten die Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung auf die Verunkrautung. In einer wintergetreidebetonten Fruchtfolge und einer aufgelockerten Fruchtfolge mit jährlich wechselndem Anbau von Getreide und Blattfrüchten wurden verschiedene Intensitätsstufen der Herbizidanwendung geprüft. Die Versuchsergebnisse sind bemerkenswert (Abb. 7). Die Fruchtfolge bestimmt maßgeblich den Grad der Verungrasung mit Windhalm. Durch pfluglose Bodenbearbeitung wird die Situation lediglich in der engen, wintergetreidebetonten Fruchtfolge verschärft. In der erweiterten Fruchtfolge mit einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht sind keine nennenswerten Ungrasprobleme durch den Pflugverzicht zu erkennen.

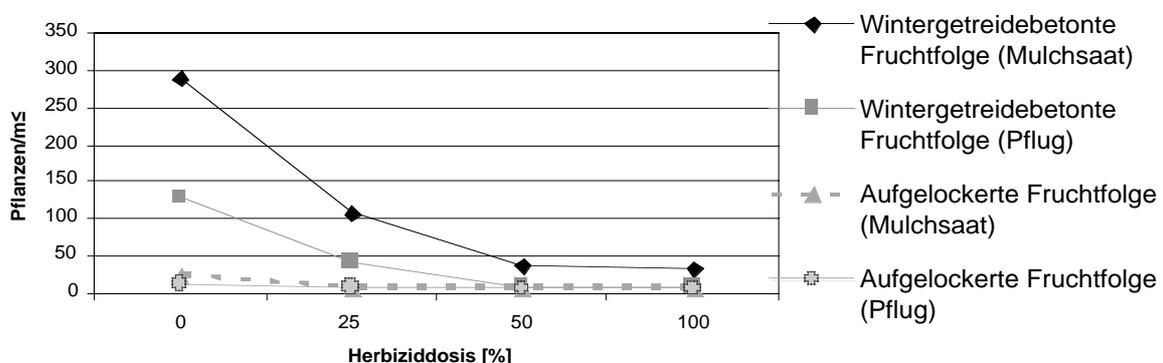


Abb. 7: Einfluss der Bodenbearbeitung und Fruchtfolge auf das Auflaufen von Windhalm (*Apera spica-venti*) bei unterschiedlicher Herbiziddosis

Quelle: PALLUT (2003)

Die Versuche von DERKSEN et al. (2002) aus dem Norden der USA zeigen ähnliche Ergebnisse. Für die Autoren ist die Fruchtfolgeerweiterung die effektivste Möglichkeit nachhaltiger Unkrautbekämpfungsstrategien bei pflugloser Bodenbearbeitung. Der im Norden der Great Plains verbreitete Weizenanbau in Monokultur fördert die Verunkrautung deutlich. In der Praxis wurden als Folge der Monokultur auch Herbizidresistenzen nachgewiesen.

Bei der Herbizidwahl müssen bei konservierender Bearbeitung weitere Details beachtet werden. Die Wirkung von Bodenherbiziden kann durch die Bindung an organische Substanzen, die sich an der Bodenoberfläche befinden oder flach in den Boden eingearbeitet sind, reduziert werden (KORSAETH et al. 1997). DÜRING und HUMMEL (1994) konnten bei einigen bodenaktiven Wirkstoffen dagegen einen schnelleren Abbau unter den Bedingungen bei pflugloser Bodenbearbeitung feststellen. Die Wirkung von Bodenherbiziden wird bei konservierender Bearbeitung in Literaturangaben unterschiedlich bewertet. Die Ausgangslage für den Einsatz von Bodenherbiziden gestaltet sich somit nach Literaturangaben höchst diffus. Nach KLIMSA (1996) ist die Wirkung in hohem Maße vom eingesetzten Wirkstoff und der Menge an eingearbeitetem organischem Material abhängig. STREIT et al. (2003) ziehen aus ihren Bodenbearbeitungsversuchen den Schluss, dass blattaktive Herbizidwirkstoffe bevorzugt anzuwenden sind.

Totalherbizide, meist Glyphosate, nehmen eine Schlüsselfunktion im System der konservierenden Bodenbearbeitung ein (LINKE 1998). Der gezielte Einsatz vor oder kurz nach der Saat unterbricht die „Grüne Brücke“ und beseitigt Unkräuter, Ungräser und aufgelaufene Ausfallsamen der Vorkultur.

Durchwuchs

Durchwuchs von Vorfrüchten kann in pfluglos wirtschaftenden Betrieben mit Wintergetreidefruchtfolgen ein erhebliches Problem sein (VOSSHENRICH und WILLERT 1992, LÜTKE ENTRUP et al. 2003). Direktsaaten zeigten in den Erhebungen von CHRISTIAN und CARRECK (1996) die höchsten Durchwuchsraten. Mit intensiverer Bodenbearbeitung und dem gezielten Einsatz eines Totalherbizids konnte die Durchwuchsproblematik in Einzeljahren auf das Niveau des Pfluges gesenkt werden. Entscheidenden Einfluss nimmt neben der Länge der Anbaupause die Witterung nach der Ernte ein. In feuchten Jahren ist auch unter Direktsaatverhältnissen eine nahezu 100-prozentige Eliminierung des Ausfallgetreides möglich, in sehr trockenen Jahren wird die Bekämpfung dagegen deutlich erschwert (SIEVERT 1999). UNGER et al. (1999) weisen ausdrücklich auf die Notwendigkeit eines Glyphosateinsatzes hin. Sind Anbausituationen mit

hoher Durchwuchsgefahr dennoch unumgänglich, empfiehlt sich in dieser Situation die beschriebene Ungrasbekämpfungsstrategie von HUTCHEON et al. (1998). Untersuchungen von KNAB (1998) untermauern diese Vorgehensweise. Entscheidend ist nach seiner Auffassung die erste Bearbeitung. Erfolgt diese zu tief (> 8cm), sind die meisten Ausfallsamen im Boden mindestens 5 cm unterhalb der Oberfläche zu finden und kommen somit nicht zur Keimung. Auch NIEMANN (2002) untersuchte das Auflaufverhalten von Ausfallweizen nach unterschiedlicher Stoppelbearbeitung. Mit einem Strohstriegel und nachlaufender Walze (2 cm Bodenbearbeitung) ließen sich gleich hohe Auflaufraten erzielen als nach einer Standardbearbeitung mit dem Grubber. In trockenen Jahren zeigte der Strohstriegel sogar Vorteile. Dies setzt allerdings eine exakte Stroh- und Spreuverteilung voraus.

Krankheitsdruck bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat

Die Bodenbearbeitung ist neben der Fruchtfolgegestaltung das wichtigste ackerbauliche Instrument zur Eindämmung des Infektionspotenzials mit Krankheiten (BAILEY und DUCZEK 1996). GARBE (2001) äußert zwar die Vermutung, dass alle fakultativ lebenden Pilze bei pflugloser Bodenbearbeitung begünstigt werden, in seinen weiteren Untersuchungen bestätigt sich diese These jedoch nicht. Rapskrankheiten wie *Phoma lingam* wurden beispielsweise nicht erkennbar durch die Bearbeitungsintensität beeinflusst. BRÄUTIGAM (1993) weist sogar ein deutlich geringeres Infektionspotenzial bei Fußkrankheiten auf langjährig pfluglos bestellten Flächen nach. Begleitende Untersuchungen zeigten auf diesen Flächen ein wesentlich höheres antiphytopathogenes Potenzial. BAILEY et al. (1992) zeigten die Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Fruchtfolge auf den Krankheitsbefall auf. Einen pauschal höheren Infektionsdruck bei Mulch- und Direktsaat konnten sie nicht bestätigen. Allerdings bestehen deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Vorfrucht. Stoppelweizen zeigt wesentlich höhere Infektionen mit *Septoria spp.*, *Helminthosporium tritici repentis* (HTR/DTR), *Fusarium spp.* und *Gaeumannomyces graminis*. Unterschiede in der Befallsstärke traten zwischen Bodenbearbeitungsverfahren kaum auf. Das kann auch damit zusammenhängen, dass nach dem Pflugeinsatz in Nordamerika nicht der „reine Tisch“ entsteht wie dies in unseren Regionen der Fall ist. Die Autoren geben in Tabelle 9 Einschätzungen zum Krankheitsdruck bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Von einem deutlich höheren Infektionsrisiko beim Pflugverzicht ist dagegen bei HTR/DTR und *Fusarium spp.* unter hiesigen Verhältnissen auszugehen. Dabei hat die Fruchtfolgegestaltung maßgeblichen Einfluss. Die HTR-Problematik tritt vor allem im pfluglos bestellten

Stoppelweizen auf (ARNOLD-REIMER 1994, VOß 1997, GARBE 2001). *Fusarium spp.* wird in der Anbaufolge Weizen nach Weizen und besonders Weizen nach Mais durch den Pflugverzicht zum Problem. Stuserhebungen in der Praxis von BECK und LEPSCHY (2000) sowie KRAUTHAUSEN et al. (2003) belegen diese Einschätzung. Auch aus wissenschaftlichen Untersuchungen (YI et al. 2001) geht diese Erkenntnis hervor. Die Autoren zeigen eine 30 bis 40 Prozent geringere Befallshäufigkeit von *Fusarium graminearum* beim Einsatz des Pfluges nach Körnermais zu Weizen. Blattfrüchte wie Raps, Zuckerrüben oder Leguminosen unterbrechen den Infektionszyklus der Fusarien. Das unterstreicht den herausragenden Stellenwert der Fruchtfolgegestaltung auf den Infektionsdruck (OERKE et al. 2001).

Tab. 9: Wichtige Krankheiten in bedeutenden Kulturen und Veränderung des Auftretens bei konservierender Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflug

Schaderreger/ Fruchtart	Veränderung
Getreide	
Schwarzbeinigkeit	keine
Halmbruch	keine
Mehltau	keine
Gelbrost	keine
Braunrost	keine
Septoria tritici (Weizen)	Zunahme
Septoria nodorum (Weizen)	Zunahme
DTR (Weizen)	Zunahme
Fusarium – Ährenbefall	Zunahme
Rhynchosporium – Blattflecken	Bisher keine festgestellt
Netzflecken	Bisher keine festgestellt
Raps	
Weißstängeligkeit	Bisher keine festgestellt
Wurzelhals- und Stängelfäule	keine
Verticilium – Welke	keine
Alternaria Schotenbefall	keine
Falscher Mehltau	keine

Quelle: GARBE (2001)

Fusariumbefall des Weizens

Spätestens seit dem Inkrafttreten der Mykotoxinhöchstmengenverordnung im Jahr 2003 sind Grenzwerte für die Fusariumtoxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZON) in Getreideerzeugnissen (750 µg/kg DON bzw. 75 µg/kg ZON) und diätischen Lebensmitteln (100 µg/kg DON bzw. 20 µg/kg ZON) ausschlaggebend für die Vermarktung und Verwertung von Konsum- und Futtergetreide (ANONYM 4 2003). In der Begründung zur Verordnung ist aufgeführt, dass die geforderten Höchstmengen „vom Erzeuger bei der Anwendung der „Guten Landwirtschaftlichen Praxis“ und bei dem Verarbeiter im Zuge der

„Herstellungspraxis“ eingehalten werden können“. Ein besonderes Problem für den Erzeuger stellt die Vielfalt der einzelnen Fusariumarten und der Infektionswege dar (OBST 1997). Vor diesem Hintergrund ist in den beschriebenen kritischen Anbausituationen ein systematisches Vorgehen zur Minimierung des Befalls erforderlich. *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum* sind die wichtigsten Arten, die für die Bildung der genannten Mykotoxine verantwortlich sind. *Microdochium nivale* befällt auch die Ähre des Weizens, zeigt ähnliche Symptome wie die echten Fusariumpilze, verursacht aber keine Mykotoxinbildung (ELLNER 2001). Kritische Situationen, die zu Infektionen führen, werden wie folgt definiert (OBST und PAUL 1993, HEITEFUSS et al. 2000):

- Wichtigste Voraussetzung für die Kontamination des Ernteguts mit Toxinen ist die Witterung zur Blüte des Getreides. Temperaturen von 15 – 25 °C und anhaltend feuchte Getreidebestände (24 – 40 Stunden) sind ideale Voraussetzungen für Ähreninfektionen. Insbesondere die durch Wind verbreiteten Ascosporen können bei solcher Witterung einen großräumigen Befall fördern.
- Ein epidemisches Auftreten ist dann zu erwarten, wenn neben den skizzierten Witterungsverhältnissen anfällige Sorten angebaut werden und zum Zeitpunkt der Blüte Ernterückstände von Wirtspflanzen auf der Bodenoberfläche zu finden sind. Unter solchen Bedingungen verstärken Konidiosporen von der Bodenoberfläche die Infektionen.

In kritischen Anbausituationen tragen mehrere Maßnahmen gebündelt zur Risikominimierung bei. Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Pflanzenschutz, Reinigung und Lagerung sind die wesentlichen Punkte, die in ungünstigen Fruchtfolgekonstellationen optimiert werden müssen (KLINGENHAGEN und FRAHM 2001).

Der richtigen Bearbeitungsstrategie kommt eine zentrale Bedeutung zu. Die verschiedenen Arbeitsgänge müssen so abgestimmt sein, dass die infizierten Pflanzenreste der Vorfrucht bis zur Weizenblüte weitgehend abgebaut sind. Durch die konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug werden die infizierten Ernterückstände zum großen Teil in den Boden eingearbeitet. Das Inokulum ist zunächst nicht wirksam reduziert (MASTEL und MICHELS 2000). Wenn aber bei der Pflugarbeit unter teils feuchten Bodenverhältnissen im Herbst erhebliche Strohreste im Boden „konserviert“ werden, gelangen im nächsten Jahr die Ernterückstände mit der Bearbeitung wieder an die Oberfläche und können Infektionen an anfälligen Kulturen hervorrufen.

Beim pfluglosen Anbau von Weizen nach Weizen oder Mais ist durch gezielte pflanzenbauliche Maßnahmen das Infektionspotenzial deutlich zu minimieren

(GRÖBLINGHOFF 2002). Das Maisstroh muss nachgehäckselt werden, um möglichst kleine Strohpartikel zu erhalten und die Trennung von Stoppel und Wurzelballen zu erreichen. Durch eine intensive Einmischung der Ernterückstände in den Boden besiedeln die Mikroorganismen die Ernterückstände. In Kombination mit einer Strohausgleichsdüngung (ca. 30-40 kg/ha N) ergeben sich gute Voraussetzungen für die Rotte (STEMANN 2004c). Mit dieser Bearbeitungsstrategie kann der Infektionsdruck von *Fusarium spp.* fast auf das Niveau des Pflugverfahrens gesenkt werden. Das bestätigen auch Versuchsergebnisse von KORNMANN et al. (2004) (Tab. 10). In den Varianten Mulchsaat mit Nachzerkleinerung in Kombination mit einer Pflanzenschutzmaßnahme zur Blüte und gesunder Sorte lag der Fusariumbefall (DON-Gehalt) deutlich unterhalb des gesetzlichen Grenzwertes.

Tab. 10: DON-Gehalt in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung, Rotteförderung und Blütenbehandlung. Winterweizen nach Körnermais, Sorte: Sokrates, Ernte 2004 (Rohware, HPLC-Test)

Bodenbearbeitung	Vorheriger Mulchereinsatz	Blütenbehandlung	DON-Gehalt µg/kg Korn-TS
Pflug	Nein	Nein	500
Pflug	Nein	Ja	170
Pflug	Ja	Nein	305
Pflug	Ja	Ja	202
1 x Grubber	Nein	Nein	1.279
1 x Grubber	Nein	Ja	342
1 x Grubber	Ja	Nein	619
1 x Grubber	Ja	Ja	232

Quelle: KORNMANN et al. (2004)

Beim Anbau von Stoppelweizen in pfluglosen Anbauverfahren ist eine ähnliche Vorgehensweise sinnvoll. In einem Versuch von LÜTKE ENTRUP et al. (2005) zeigt der in Mulchsaat bestellte Stoppelweizen nach entsprechend gutem Strohmanagement keinen signifikant höheren Befall mit *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum* als Blattfruchtweizen. Bei Direktsaat verursachen die an der Bodenoberfläche befindlichen Ernterückstände dagegen deutlich höhere Infektionen. Selbst bei einer gezielten Blütenbehandlung mit einem wirksamen Azol konnte der Befall in dieser Variante nur um 50 Prozent gesenkt werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt.

Die gezielte Sortenwahl ist ein wichtiges Instrument zur Minimierung des Fusariumbefalls bei Weizen (SPANAKAKIS 2003). In kritischen Anbaufolgen sollten nur Weizensorten zum Anbau kommen, die in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes in der Fusariumanfälligkeit ≤ 4 eingestuft sind. Der Züchtungsfortschritt in diesem Merkmal wird bei neueren Sorten deutlich. Viele Neuzulassungen erfüllen dieses Kriterium auch in

Verbindung mit einem ansprechenden Ertragsniveau. Die Züchtung fusariumresistenter Sorten ist allerdings in naher Zukunft noch nicht zu erwarten (RODEMANN 2003).

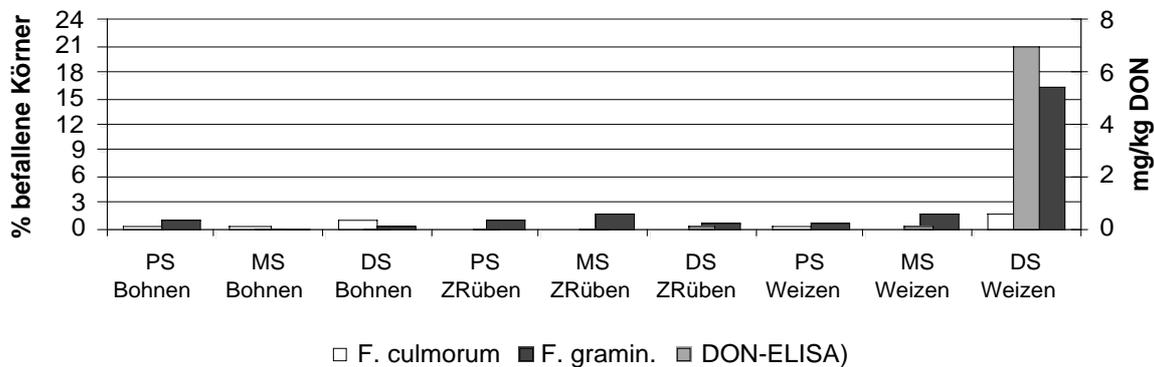


Abb. 8: Einfluss der Bodenbearbeitung und der Fruchtfolgegestaltung auf den Befall mit *Fusarium culmorum* und *Fusarium graminearum*

Quelle: LÜTKE ENTRUP et al. (2005)

Der Einsatz von Azolfungiziden zum Zeitpunkt der Weizenblüte kann den Befall mit Fusarium nach Versuchsergebnissen um bis zu 80 Prozent senken und weist damit den höchsten Wirkungsgrad auf. In der Praxis ist die exakte Terminierung der Fusariumbehandlung schwierig, da die Weizenblüte oft verzögert über einen Zeitraum von ein bis zwei Wochen abläuft (OLDENBURG et al. 2000). KLINGENHAGEN und FRAHM (2001) gehen unter Feldbedingungen von einem maximal 60-prozentigen Wirkungsgrad der Azolfungizide aus.

Der Einsatz von Wachstumsregulatoren und Strobilurinen ist auf ein Mindestmaß zu beschränken. Bei intensiver Einkürzung der Halme ist der Weg der Sporen von der Bodenoberfläche bis zur Ähre deutlich geringer und somit auch leichter zu bewältigen. Spät eingesetzte Strobilurine führen zur deutlichen Abreifeverzögerung der Bestände. Dadurch sind noch Spätinfektionen eventuell in Verbindung mit zu hoher N-Versorgung und im ungünstigsten Fall Lager zu befürchten (KLINGENHAGEN und FRAHM 2001).

Grundsätzlich muss der Krankheitsbefall mit Fusarien im System bekämpft werden. Neben Ertragseinbußen spielt die Mykotoxinbelastung für die Vermarktung eine große Rolle. Das Zusammenspiel von Bearbeitung, rottefördernden Maßnahmen, gezielter Fungizideinsatz und Sortenwahl reduziert das Anbaurisiko auch unter kritischen Fruchtfolgeverhältnissen und Witterungsbedingungen (KREBS et al. 2000). Die sicherste Maßnahme zur Reduzierung des Anbaurisikos besteht in der Anpassung der Fruchtfolge.

DTR-Befall des Weizens

DTR (*Drechslera tritici-repentis*) Infektionen am Weizen stehen in engem Zusammenhang mit der Vorfrucht (Weizen) und der Bodenbearbeitung. Der saprophytisch lebende Pilz überdauert an den Ernterückständen auf der Bodenoberfläche. Wird Stoppelweizen pfluglos bestellt, kann sich der Erreger epidemisch ausbreiten (HEITEFUSS 2000). Bei Temperaturen um 20 °C und wechselnder Feuchtigkeit wird eine große Zahl von Konidien produziert. Unter diesen Bedingungen kann der Pilz innerhalb von 48 Stunden eine neue Generation bilden. Die Sortenwahl hat für den Infektionsverlauf entscheidende Bedeutung. RODEMANN und BARTELS (2002) stellten im Vergleichssortiment des Bundessortenamtes Unterschiede im Befall von 8 Prozent (Hybnos 1) bis 40 Prozent (Ritmo) auf den Blattetagen F und F-1 fest. Neben den vorbeugenden Maßnahmen ist eine zufriedenstellende chemische Bekämpfung an folgende Bedingungen geknüpft (BARTELS und RODEMANN 1998):

- Die Behandlung muss möglichst nahe am Infektionszeitpunkt erfolgen. Die Kurativleistung der Fungizide liegt bei max. 72 – 96 Stunden.
- Gezielte Wirkstoffwahl (Strobilurine plus Azole), da nur wenige Fungizide eine ausreichende DTR-Wirkung aufweisen.

Sicherlich ist bei der Lösung dieses Problemfeldes im pfluglosen Anbau neben dem Strohmanagement und der Bodenbearbeitungsintensität die Fruchtfolgegestaltung als wichtigster Einflussfaktor zu nennen.

Schädlinge

In der Diskussion um Veränderungen beim Schädlingsbefall durch konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat werden immer wieder höhere Schäden durch Schnecken und Mäuse genannt (PEKRUN und CLAUPEIN 1998). JORDAN et al. (1996) und VOSS (1997) belegen in ihren Erhebungen einen signifikanten Anstieg der Schneckenpopulation bei konservierender Bodenbearbeitung und insbesondere bei Direktsaat. In Kombination mit den allgemein gültigen Risikokriterien, die zu einem höheren Schneckendruck führen, kann es zu deutlichen Schäden bis hin zum Totalausfall kommen. GODAN (1979) und PETERSEN (2001) benennen folgende Risikokriterien:

- Anhaltend hoher Schneckendruck über Jahre
- Schwerer, toniger Boden
- Hoher Anteil empfindlicher Kulturen in der Fruchtfolge oder Grünbrache
- Schlag liegt in der Nachbarschaft von Grünland- oder Bracheflächen
- Feuchte Frühjahrs- und Sommerwitterung

- Temperaturen zwischen 2 °C und 17 °C, Luftfeuchtigkeit > 82 Prozent, Windgeschwindigkeit < 0,3 m/s

Die Ergebnisse von SIEVERT (1999) belegen die höchste Aktivitätsdichte in den Direktsaatvarianten. Im Vergleich zu einer zweimaligen Bodenbearbeitung mit dem Grubber konnte die Aktivitätsdichte um 50 Prozent gesenkt werden. Erst in Kombination mit Molluskizidapplikationen war eine ausreichende Bekämpfung gegeben. Hierbei zeigte die Anwendung unmittelbar nach der Saat im Vergleich zur Vorernteanwendung deutlich bessere Erfolge. Untersuchungen von GLEN (1996 und 2002) weisen ebenfalls auf einen höheren Schneckendruck bei konservierender Bodenbearbeitung und vor allem bei Direktsaat hin. Seine Untersuchungen im Raps zeigen, dass erst mit gezielten Bekämpfungsmaßnahmen in den pfluglosen Systemen der Schaden zu begrenzen ist. Weitere vergleichende Untersuchungen machten die wesentlich höhere Empfindlichkeit des Rapses deutlich. Vor allem die geringe Pflanzenzahl pro Fläche bei Raps und die extrem hohe Anfälligkeit des Rapskeimlings sind hierfür verantwortlich. WÖRZ (2005) hat in Messungen zur Aktivitätsdichte von Schnecken herausgefunden, dass unter den feuchten Witterungsbedingungen in Schleswig-Holstein eine einmalige Bodenbearbeitung nach Raps zu Weizen den Populationsverlauf nicht ausreichend stört. Eine Schneckenbekämpfung in dieser Situation ist daher einzuplanen. In Tabelle 11 sind Hinweise zu kritischen Stadien von Raps, Getreide und Mais im Hinblick auf Fraßschäden durch Schnecken dargestellt (EL TITI 2003).

Tab. 11: Schneckenempfindliche Stadien verschiedener Kulturen

Kultur	Phase	EC-Stadium
Raps	Keimung – 4. Blattstadium	09-14
Getreide	Keimung – 2. Blattstadium	09-12
Mais	bis 4 Wochen nach der Saat	00-14

Quelle: EL TITI (2003)

Pfluglose Bodenbearbeitungssysteme schaffen Lebensbedingungen, die den Ansprüchen der Ackerschnecken entgegenkommen. Mulchauflagen und ein stabiles Grobporensystem gewähren ideale Lebensbedingungen (JORDAN et al. 1996). Nur bei sehr grober Saatbettbereitung auf schwer zu bearbeitenden Böden kann der Schneckendruck in Pflugsystemen vergleichbar hoch sein. Sind die beschriebenen kritischen Situationen zu erwarten, ist eine entsprechende Bekämpfung einzuplanen. Überlegungen von LÜTKE ENTRUP und STEMANN (2002) die Schnecken zum Zeitpunkt der höchsten Aktivität im Mai und Juni in der Vorfrucht zu bekämpfen, scheitern an den Zulassungsbestimmungen der Schneckenköder.

Auch phytophag lebende Feldmäuse können bei konservierender Bodenbearbeitung ohne tiefere Lockerung sowie bei Direktsaat aufgrund der weitgehend ungestörten Populationsdynamik erhebliche Schäden verursachen (KÖLLER und LINKE 2001, BISCHOFF und RICHTER 2002). Tiefer liegende Bauten werden nicht gestört, Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche dienen als Nahrungsgrundlage und schlecht verteiltes Stroh bietet idealen Unterschlupf. Stärkere Schäden werden dann beobachtet, wenn es in einem Gebiet zu Vermehrungsschüben kommt. Dann wandern die Mäuse aus Ruderalbereichen oder von Grünlandflächen vornehmlich auf Mulch- oder Direktsaatflächen ein. Eine lang anhaltend geschlossene Schneedecke, außergewöhnliche Nässeperioden oder Trockenheit erhöht die Mortalitätsrate bei Mäusen (BÄUMLER 1999). Neben der direkten Bekämpfung mit Mäuseködern sind weitere Punkte zu beachten:

- Strohhaufen vermeiden, da sich hier die ersten Mäusenester bilden
- Frühzeitiger Totalherbizideinsatz, um die Nahrungsgrundlage zu entziehen
- Gezielte Bekämpfung bei Befallsbeginn
- Tiefere Stoppelbearbeitung

2.2.2 Bestimmung der Bodenbearbeitungsintensität in pfluglosen Anbausystemen

Eine Reihe von Parametern charakterisieren die Funktionsfähigkeit des Bodens (LEBERT et al. 2004). Ein wesentliches Ziel der Bodenbearbeitung ist die Schaffung günstiger Wachstumsvoraussetzungen für die Wurzel. Die dafür notwendige Bodenbearbeitungsintensität wird nach CZERATZKI (1972) durch folgende bodenphysikalischen Kennwerte bestimmt:

- Porenvolumen des Bodens
Das Porenvolumen ist die wichtigste Einflussgröße für den Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens und wird neben der Bodenart durch die Bearbeitung beeinflusst.
- Mechanische Bodenfestigkeit
Dieser Parameter beeinflusst maßgeblich das Wurzelwachstum der Pflanzen. Mechanische Bodenverdichtungen sind in den letzten Jahrzehnten bedingt durch die Entwicklungen in der Landtechnik stärker als standortbedingte, bodenphysikalische Störfaktoren in Erscheinung getreten.

Tabelle 12 zeigt verschiedene Parameter zur Beurteilung der Bodenfunktionen bei differenzierter Bodenbearbeitung. Markantes Merkmal pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren ist die höhere Lagerungsdichte des Bodens in den oberen 20-30

Zentimetern (TEIWES 1997, BALL et al. 1998, JOSCHKO et al. 2001, ROGASIK und WENDROTH 1999). Im Unterboden wechseln nach Aussagen von ROGASIK und WENDROTH (1999) vielfach die Verhältnisse.

Tab. 12: Einfluss der Bodenbearbeitung auf Einzelparameter verschiedener Bodenfunktionen

Bodenfunktion	Teilfunktion	Einzelparameter	Wirkung konservierender Bearbeitung	Quelle
Luftkreislauf	Luftspeicherung	Luftkapazität Lagerungsdichte	Höher Höher	JOSCHKO et al. (1997) TEIWES (1997)
	Luftleitung	Luftleitfähigkeit O ₂ -Diffusion Lagerungsdichte	Gleich-Höher Höher	HORN et al. (1997) BALL et al. (1998)
Wasserkreislauf	Wasserspeicherung	Feldkapazität Lagerungsdichte	Höher Höher	CHERVET et al. (2003)
	Wasserleitung	Wasserleitfähigkeit Lagerungsdichte	Höher Höher	STAHL et al. (2001) LÜTKE ENTRUP et al. (2001)
Ertragsfähigkeit	Durchwurzelbarkeit	Wurzellängen Lagerungsdichte Eindringwiderstand	Gleich-Höher Höher Höher	SCHROETTER (1999) HARRACH und RICHTER (1994) BUCHNER (2001)

Pfluglos bestellte Varianten haben häufig geringere Lagerungsdichten im Unterboden. Beim Einsatz des Pfluges wachsen die Pflanzenwurzeln zunächst in der überlockerten Krume und treffen dann beim Übergang zum Unterboden auf eine häufig stark verdichtete Zone, die Pflugsohle (PETELKAU 1992). In diesem Bereich ist sehr häufig ein Wurzelstau zu beobachten (EHLERS 1998). Der Unterboden wird nur unzureichend durchwurzelt (BAEUMER 1994). Auf konservierend bestellten Böden führt die höhere Regenwurmaktivität zum Erhalt und zur Verbesserung wichtiger Bodenfunktionen (GERSCHAU 1995, JOSCHKO et al. 2001). Dabei nimmt nicht nur die Aktivität der Regenwürmer zu, es kommt auch zu einer Verschiebung hin zu tief grabenden, anözisch lebenden Arten (*Lumbricus spp.*) (FRIEBE und HENKE 1991). Die meist vertikal verlaufenden Regenwurmporen übernehmen wichtige Funktionen beim Gasaustausch, der Drainierung sowie der Durchwurzelung des Unterbodens (HARRACH und RICHTER 1994, WILKENS 1992). Untersuchungen von FRIEBE und HENKE (1992) zeigen die Anzahl von Regenwurmgängen pro m² bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Abb. 9). LARINK (1998) rechnet mit einer Mortalität von bis zu 20 Regenwürmern pro m² durch das Pflügen, ein Hauptgrund für die geringere Regenwurmabundanz bei konventioneller Bodenbearbeitung. Die Kontinuität der biogenen Grobporen bei pflugloser Bodenbearbeitung ist hoch (PAUL 2004, WIERMANN 1998, LÜTKE ENTRUP und SCHNEIDER 2004).

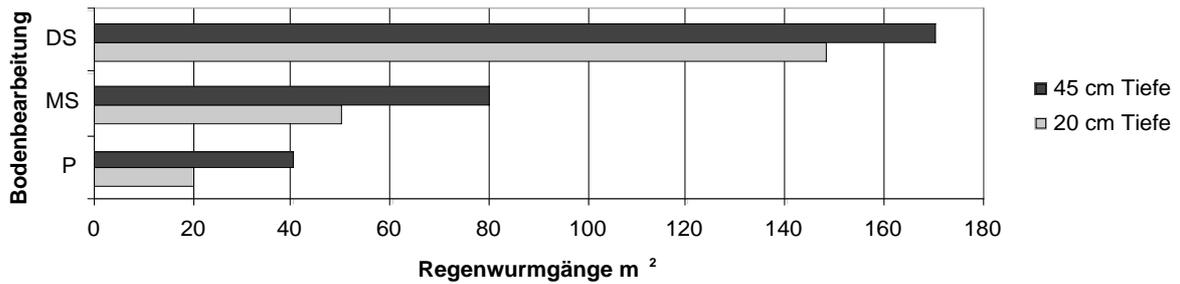


Abb. 9: Anzahl der angeschnitten Regenwurmröhren pro m² in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitungsintensität

Quelle: FRIEBE und HENKE (1992)

RICHTER und TEBRÜGGE (1996) belegen zwar auch die höhere Dichtlagerung des Bodens bei Direktsaat, gehen aber insgesamt von einer verbesserten Bodenfunktionalität in Folge des kontinuierlichen Grobporensystems aus. EDWARDS und LOFTY (1980) zeigen mit ihren Untersuchungen sowohl höhere Wurzelmenngen als auch Erträge bei direkt gedrillter Gerste. Die Autoren diskutieren dies in Verbindung mit der vermehrten Zahl tiefgrabender Regenwürmer. Nach Untersuchungen von HARRACH und RICHTER (1994) konnten auf Direktsaatflächen zwar geringere Gesamtwurzellängen bei Raps und Weizen als in den Pflugparzellen festgestellt werden, was aber ohne Auswirkung auf den Ertrag blieb.

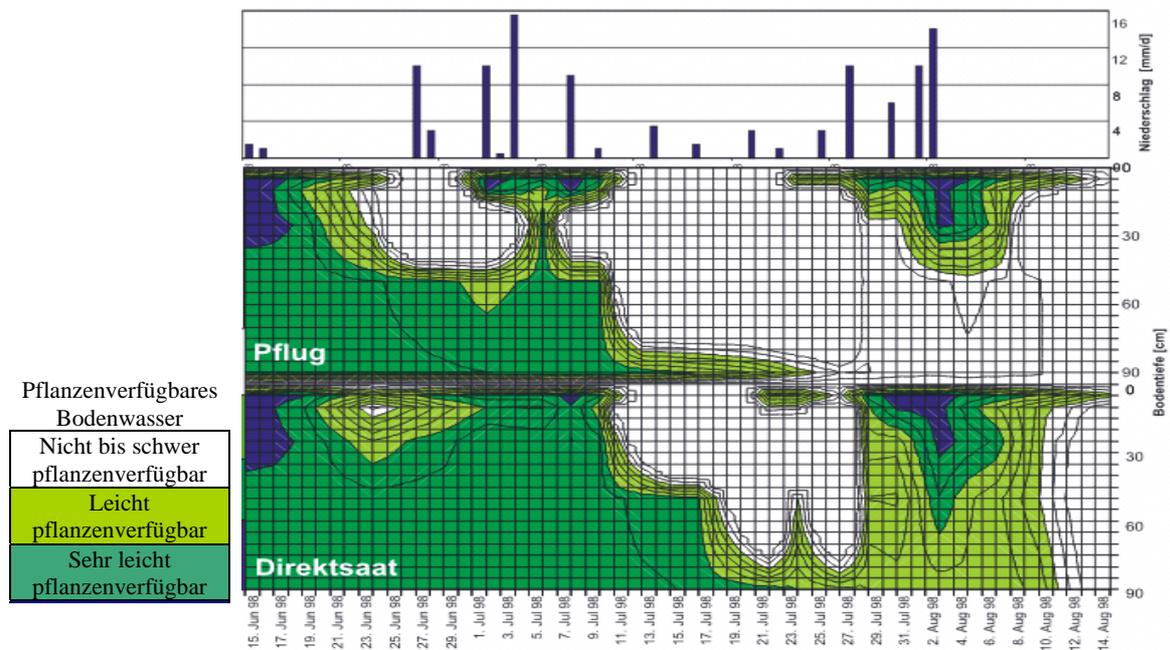


Abb. 10: Speicherung von Niederschlägen im Boden nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Quelle: CHERVET et al. (2003)

Bei genauerer Datenanalyse wurde deutlich, dass der Oberboden bei Direktsaat nicht in der Intensität wie in den Pflugparzellen durchwurzelt wurde, dafür aber der Unterboden wesentlich intensiver. Dieser Sachverhalt führt vor allem in den wichtigen Phasen der Ertragsbildung zu einer besseren Wasserversorgung (Abb. 10) der Pflanzen aus dem Unterboden (CHERVET et al. 2003).

Über die Standorteignung für Mulch- und Direktsaat wurde in der Vergangenheit viel diskutiert. BRUNOTTE und SOMMER (1999) weisen auf den Einfluss des Klimas in Verbindung mit der notwendigen Bearbeitungsintensität hin. In Gebieten, die durch ein humides Klima gekennzeichnet sind, garantiert eine tiefere Bearbeitungsintensität einen ausreichenden Anteil an luftführenden Poren in der Krume. In ariden Gebieten kann dagegen durch eine flachere Bearbeitung oder Direktsaat das meist knappere Wasserangebot besser ausgenutzt werden. LINKE (1995) hat zusätzliche Voraussetzungen für die konservierende Bodenbearbeitung und insbesondere Direktsaat formuliert. Nach seinen Ausführungen ist ein stabiles Porensystem mit einem ungestörten Übergang vom Unter- zum Oberboden für das Pflanzenwachstum von großer Bedeutung. Dieser Bodenzustand lässt sich auf humosen und kalkreichen lehm- und tonhaltigen Böden erreichen. Stauwasserböden (Pseudogley), Grundwasserböden (Gleye), schlecht drainierte Marschböden, Niedermoorböden und humusarme Sandböden sind hingegen nicht oder nur begrenzt für pfluglose Anbausysteme ohne tiefere Lockerung geeignet (LINKE 1998). In diesen Böden kann sich keine entsprechend höhere Regenwurmaktivität aufbauen. In Kombination mit einer zunehmenden Dichtlagerung werden wichtige Bodenfunktionen soweit beeinträchtigt, dass die Erträge deutlich sinken. Ergebnisse von LEHFELDT (1988) über die Lockerungsbedürftigkeit verschiedener Böden belegen dies. Auf dicht lagernden Sandböden wurde das Wurzelwachstum empfindlich gestört. In lehmigeren Bodensubstraten wurden bei höheren Lagerungsdichten kaum negative Einflüsse auf die Wurzellängendichte festgestellt. Ursache dafür ist nach Auffassung von LEHFELDT (1988) das Auftreten vertikal kontinuierlicher Poren. In der Diskussion um Mulch- und Direktsaat unter kritischen Standortverhältnissen muss auch die Wirkung der Fruchtfolge mit einbezogen werden. Auch wenn an dieser Stelle keine generelle Empfehlung für eine sehr flache Bearbeitung oder Direktsaat ausgesprochen werden kann, so ist nach strukturverbessernden Kulturen wie Leguminosen oder Raps auch bei den letztgenannten Standortverhältnissen durchaus eine deutlich verringerte Bearbeitungsintensität in Betracht zu ziehen. BRINKMANN (1996) weist beispielsweise auf die strukturverbessernde Wirkung der Ackerbohne hin.

In der Praxis bestimmen neben den bodenphysikalischen Kennwerten und den natürlichen Standortverhältnissen weitere Parameter über die Eingriffsintensität. Folgende Situationen müssen bei der Entscheidung über die Bodenbearbeitungstiefe berücksichtigt werden:

- Beseitigung von Fahrspuren
- Reduktion des strohbürtigen Pilzinfektionspotenzials
- Bekämpfung von Unkräutern, Ungräsern und aufgelaufenem Ausfallsamen
- Einarbeitung organischer Dünger
- Einarbeitung von Ernterückständen

Besonders der letzte Punkt nimmt für eine störungsfreie Aussaat und sichere Bestandesetablierung eine zentrale Stellung ein.

Bei kurzen Anbaupausen z.B. Raps nach Weizen bleibt kaum Zeit zur Strohrotte. Nach Aussagen von BRUNOTTE und SOMMER (1999) ist unter solchen Bedingungen die Einmischung des Strohs in den Boden essentiell. Danach sollte die Strohkonzentration in der Krume 6 kg/m² nicht überschreiten, sodass je 10 dt Stroh eine Einarbeitungstiefe von 1,5 - 2 cm erforderlich ist. Die Verknüpfung der notwendigen Bodenbearbeitungsintensität in Abhängigkeit von den Anbaupausen hat STEMANN (2004b) aufgegriffen. Am Beispiel der pfluglosen Rapsbestellung wird deutlich, dass bedingt durch die längeren Anbaupausen nach Wintergerste flexible Bodenbearbeitungsstrategien möglich sind. Nach dem ersten Bearbeitungsgang bleibt genügend Zeit für das Auflaufen des Ausfallgetreides. Auch die Strohrotte wird in Gang gesetzt, ein zweiter Bearbeitungsgang ist nach dem Einsatz eines Totalherbizides nicht zwangsläufig notwendig. Dagegen erfordert die Bodenvorbereitung zu Raps nach Weizen zwecks Strohverdünnung eine umgehende, tiefere Bearbeitung. Zeit für den Einsatz eines Totalherbizids bleibt kaum. Ist die Strohverteilung suboptimal, sind die Voraussetzungen für eine optimale Saatgutablage nicht gegeben und führen zu ungleichmäßigen Feldaufgängen.

Ein bodenschonendes Befahren ist die Basis für eine möglichst geringe Bodenbearbeitungsintensität. Daher müssen alle technischen Möglichkeiten genutzt werden, um Fahrspuren zu vermeiden. Konkrete Maßnahmen sind Zwillingsräder, Breitreifen, Reifendruckregelanlage, Mehrachs-fahrwerke und Gleisbandfahrwerke (VOLK 2004).

EHLERS und CLAUPEIN (1994) werten den Einfluss der Bodenbearbeitung wie folgt: Mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität wird die Funktionsfähigkeit des Bodens verbessert und gleichzeitig die Sensibilität gegenüber mechanischen Belastungen verringert. Formen der pfluglosen Bodenbearbeitung leisten damit einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Bodennutzung.

2.2.3 Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik bei konservierender Bodenbearbeitung/

Direktsaat

In der Vergangenheit bestimmten die mechanische Unkrautbekämpfung, die Einarbeitung von Ernterückständen und die vorhandene Sätechnik den Handlungsspielraum bei der Bodenbearbeitung. Der typisch „reine Tisch“ nach einer wendenden Bearbeitung mit dem Pflug garantierte eine störungsfreie Aussaat (DAHM 2000). Erste systematische Versuche von RUSELL et al. (1942) mit Mulch- und Direktsaattechnik in Rothamsted England scheiterten an der Unkrautkontrolle. Dennoch gingen die Autoren seinerzeit davon aus, dass in pfluglos bestellten Systemen bei erfolgreicher Unkrautbekämpfung gleichwertige Erträge erreicht werden können. Mit der Entwicklung von Herbiziden, speziell der Totalherbizide, wurde die pfluglose Bestellung deutlich sicherer (DAVIES und CANELL 1975).

Die Grundboden- und Saatbettbereitung wird beim Pflugverzicht mit Arbeitswerkzeugen aus dem Stoppelbearbeitungsbereich durchgeführt. Die Anforderungen an die Arbeitsqualität der Mulchsaattechnik steigen dementsprechend an. ESTLER et al. (2000) haben für die Stoppelbearbeitung folgende Kriterien aufgestellt:

- Einmischen von Stroh und Stopplern, um eine rasche Umsetzung zu ermöglichen
- Möglichst flaches Lockern und Krümeln des Bodens, um ein schnelles Auflaufen der Ausfallsamen und Unkräuter zu gewährleisten
- Unkontrollierte Verdunstung reduzieren
- Hohe Schlagkraft, um Arbeitsspitzen zu vermeiden

Zur Stoppelbearbeitung stehen verschiedene Gerätebauarten zur Verfügung. Grubber, Scheibeneggen, Spatenrolleggen und bodenangetriebene Zinkenrotoren sind die wichtigsten Gerätearten (BUCHNER und KÖLLER 1990). Durch die große Vielfalt und Variation bei den einzelnen Gerätearten steht der Praxis eine breite Palette zur Verfügung. Bei Grubbergeräten entscheiden der Strichabstand, die Zinkenanzahl, das Zinkengewicht, die Zinkenform, die wirksame Zinkenbreite und der Zinkenstellwinkel über den Arbeitseffekt (DAHM 2000). Wesentliche Unterschiede bei Scheibeneggen bestehen in der Bauart und im Scheibendurchmesser. Neben den bekannten X- und V-förmigen Scheibeneggen kommen seit einiger Zeit Kurzscheibeneggen zum Einsatz. Diese Geräte erlauben eine sehr flache und intensiv mischende Bearbeitung (STEINERT 2004).

Die hohen Ansprüche an die Stroheinarbeitung bei konservierender Bodenbearbeitung kann nicht jedes Gerät erfüllen. VOSSHENRICH et al. (2003) haben die Einarbeitungsqualität verschiedener Stoppelbearbeitungsgeräte untersucht. In den Untersuchungen wurden im ersten Bearbeitungsgang ein zweibalkiger Flügelscharrgrubber, eine Kurzscheibenegge und

eine Grubber-Scheibeneggenkombination verglichen. Um die Stroheinarbeitung in den Boden qualitativ zu beurteilen, wurden in jeder Bearbeitungsvariante mehrere Profile gegraben und mit Hilfe eines Rasters die Bedeckung des Stroh in der Profilwand bzw. auch auf der Oberfläche bonitiert. Abbildung 11 zeigt die Strohverteilung in der Profilwand. Der zweibalkige Flügelschargrubber präsentierte nur ein unbefriedigendes Arbeitsergebnis. Eine gleichmäßig flache Bearbeitung war mit diesem Gerät nicht möglich, die Ernterückstände waren nur ungleichmäßig in der Bodenmatrix verteilt. Bessere Ergebnisse konnten mit der Kurzscheibenegge und vor allem mit der Grubber-Scheibeneggenkombination realisiert werden. Diese Geräte waren in der Lage, Ernterückstände gleichmäßig flach in den Boden einzuarbeiten.

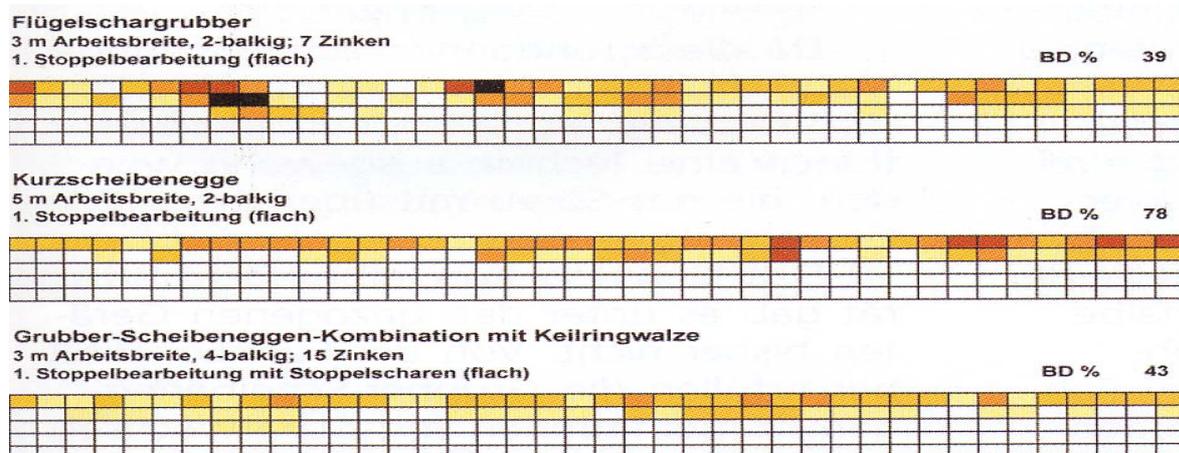


Abb. 11: Einarbeitungsqualität von Stroh in unterschiedliche Bodentiefen nach dem ersten Bearbeitungsgang mit unterschiedlichen Geräten

Quelle: VOSSHENRICH et al. (2003)

HÖRNER und PÜTZ (2003) bestätigen durch ihre Messungen die bessere Einarbeitungsqualität der Grubber-Scheibeneggenkombination im Vergleich zu zweibalkigen Flügelschargrubbern. Weitere Nachteile der zweibalkigen Geräte werden durch die Untersuchungen deutlich. Der Bearbeitungshorizont der Werkzeuge im Boden war nach dem ersten Arbeitsgang dieser Geräte sehr ungleichmäßig. Auch die Bodenoberfläche war nach der Bearbeitung relativ uneben, mit der Folge ungünstiger Vorraussetzungen für Universaldrillmaschinen. Die insgesamt unbefriedigende Arbeitsqualität dieser Geräte ist im Zusammenhang mit den weiten Strichabständen (40 – 50 cm) zu sehen (REICH 1979, BRUNOTTE 2003). Bei Grubber-Scheibeneggenkombinationen erwies sich sowohl der höhere Zugkraftbedarf als auch der Treibstoffverbrauch als nachteilig. Neben der Arbeitsqualität sind darüber hinaus die Verfahrenskosten der Stoppelbearbeitung von entscheidender Bedeutung. VOSSHENRICH et al. (2003) stellen bei dem bereits zitierten Gerätevergleich einen äußerst geringen Kraftstoffverbrauch, einen geringen Zugkraftbedarf

und eine hohe Flächenleistung bei der Kurzscheibenegge im Vergleich zur Grubber-Scheibeneggenkombinationen fest. Die hohe Arbeitsqualität spricht vor allem in engen Fruchtfolgen mit kurzen Anbaupausen für Grubber-Scheibeneggenkombinationen. Zusätzlich ist dieses Gerät zur flachen und tieferen Bodenbearbeitung geeignet. In erweiterten Fruchtfolgen mit ausreichend Zeit zur Strohrotte haben die mit geringeren Verfahrenskosten arbeitenden Geräte wie z.B. Kurzscheibeneggen Vorteile.

An die für konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat konzipierten Drillmaschinen werden ähnliche Anforderungen wie an die konventionelle Saattechnik gestellt (BÖHRNSEN 1997):

- Ablage der Samen auf eine Bodenschicht mit kapillarem Anschluss und zur Sicherstellung eines ausreichenden Gasaustausches
- Bodenbedeckung der Samen zur Minimierung der Wasserverluste
- Einhaltung der eingestellten Saattiefe
- Annähernd gleichmäßige Längsverteilung der Saat in der Drillreihe

Nach LINKE (1998) können die für Mulch- und Direktsaat in Frage kommenden Säscharen wie folgt eingeteilt werden:

- Scheibensäscharen (Ein-, Zwei-, Dreischiebensäschar)
- Zinken- oder Meißelscharen
- Kombination von Zinken- und Scheibenscharen (Cross slot Schar)
- Lochsaatsysteme

Aus den Arbeiten von LINKE (1998) und BÖHRNSEN (1997) kann folgende Beurteilung der beiden bedeutenden Scharsysteme – Zinken- oder Meißelscharen und Scheibensäscharen – unter

Tab. 13: Vor (+) - und Nachteile (-) von Zinken- und Scheibensäscharen unter Direktsaatverhältnissen

Beurteilungskriterium	Zinkensäscharen	Scheibensäscharen
Saatgutablage bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit, tiefer Saat und ohne Strohauflage	-	+
Saatgutablage bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit, tiefer Saat und mit Strohauflage	+	-
Saatgutablage bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit, flacher Saat und mit Strohauflage	-	+
Stroh in der Saatrille	+	-
Feldaufgang ohne Strohauflage	-	+
Feldaufgang mit Strohauflage	+	-
Verdichtungen und Gasaustausch in der Saatrille	+	-
Zugkraftbedarf	-	+
Tiefenführung	-	+

Quelle: LINKE (1998), BÖHRNSEN (1997)

Direktsaatverhältnissen vorgenommen werden (Tab. 13). Die Untersuchungen von LINKE (1998) und BÖHRNSEN (1997) basieren auf einer Direktsaat nach Getreidevorfrucht. Langjährige Erfahrungen von BALL (1994) mit Direktsaattechnik in England bestätigen im Wesentlichen diese Einschätzung. Bei Direktsaaten nach Getreidevorfrucht treten wegen des Strohs bei kurzen Anbaupausen erhebliche saattechnische Probleme auf, die auch von anderen Autoren bestätigt werden. CHAUDHRY und BAKER (1988) untersuchten beispielsweise die Sauerstoffdiffusionsrate (ODR) in der Saatrille bei unterschiedlichen Scharformen. Das Scheibenschar wies hier deutliche Nachteile auf (Abb. 12).

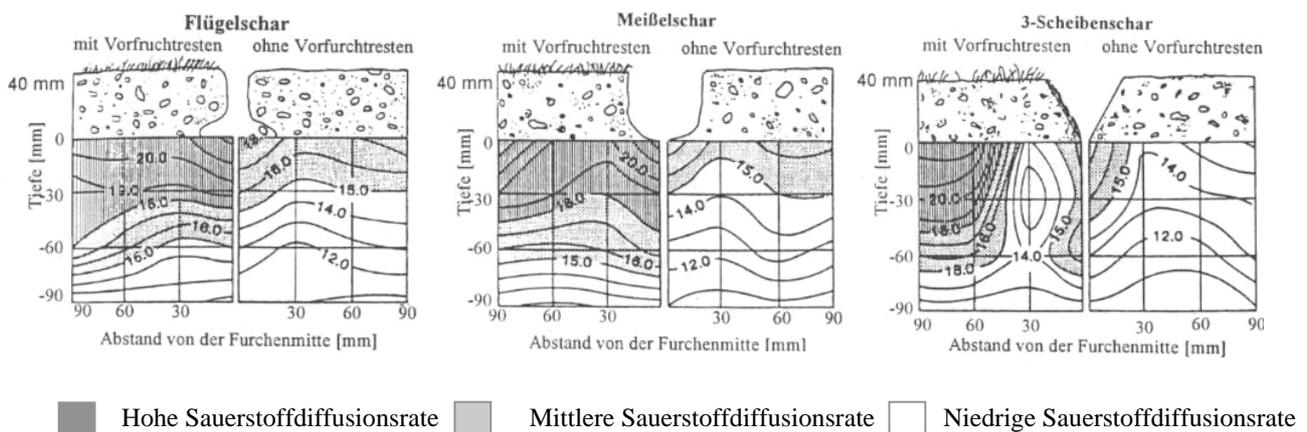


Abb. 12: Sauerstoffdiffusionsrate in der Bodenmatrix bei unterschiedlicher Aussaattechnik

Quelle: CHAUDHRY und BAKER (1988)

Durch die Arbeitsweise dieser Technik waren hier im unmittelbaren Umfeld des Saatkornes deutlich verringerte Werte gemessen worden. Reißende Werkzeuge (Zinken) sind dagegen in diesem Punkt wesentlich besser zu beurteilen. Diese Ergebnisse werden von DAHM (2000) bestätigt. Der Autor bemerkt, dass der negative Effekt des O₂-Mangels bei schräg angestellten Scheibenscharen durch eine höhere Furchenwandverdichtung verstärkt wird. BAKER et al. (1996) gehen außerdem von einer geringeren Regenwurmaktivität in der V-förmigen Saatrille der Scheibenschare aus. Dies verstärkt den Sauerstoffmangel in der Saatrille. CHAUDHRY et al. (1985) belegten den schlechteren Feldaufgang der Scheibenschar drillmaschine bei hohen Strohmenngen. Stroh im Saatschlitz, auch „hair spilling effect“ genannt, isoliert das Saatkorn vom Boden (Abb. 13). Strohräumer und schräg angestellte Säescheiben können diesen Effekt vermindern (RUMP 2002, DAHM 2000). Die Cross Slot Säetechnik wurde auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse in Neuseeland entwickelt und bietet viele pflanzenbauliche Vorteile wie ideale Platzierung von Dünger und Saatgut oder ideales Umfeld für die Keimung (BAKER et al. 1996). Nachteil ist der hohe Zugkraftbedarf dieser Technik im Vergleich zu herkömmlichen Zinken- oder

Scheibenscharmaschinen. Untersuchungen aus den kanadischen Prärien zeigen, dass eine Direktsaat bei Strohmenngen von über 3 Tonnen je Hektar saatechnische Probleme bereiten kann (LEDUC und HULTGREEN 2000).

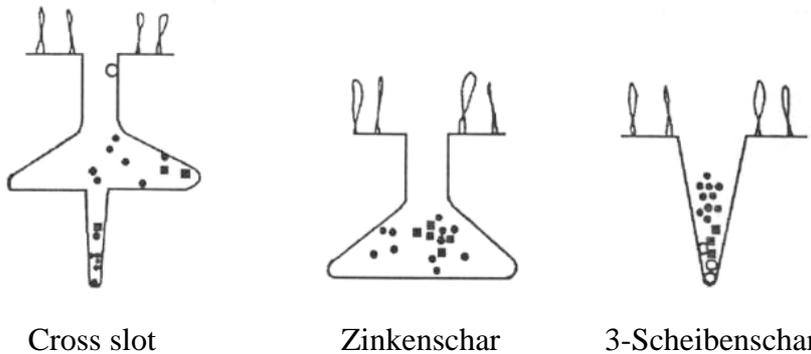


Abb. 13: Typische Samenverteilung und Feldaufgang verschiedener Särschare –
 (○) Keimung der Samen in bis zu 8 Tagen, (◻) Keimung der Samen in bis zu 12 Tagen, (□) ungekeimte Samen

Quelle: CHAUDHRY et al. (1985)

Unter west- und mitteleuropäischen Verhältnissen mit Strohmenngen von bis zu 10 Tonnen je Hektar, werden bei einer Direktsaat häufig folgende Probleme festgestellt:

- Das Scheibenschar kann Erntereste nicht durchtrennen. Stattdessen wird es von den Scheiben in die Saatrille gedrückt, sodass der Samen keinen ausreichenden Bodenschluss und somit ungünstige Keimbedingungen hat.
- Das Meißel- bzw. Zinkenschar neigt dazu, Vorfruchtreste mitzuschleifen. Es kann zu Verstopfungen zwischen den Scharen kommen. Oft löst sich das mitgeschleifte Stroh nach einiger Zeit von den Scharen und bleibt als Haufen auf dem Feld liegen.

Um den Anforderungen an eine sichere Bestandesetablierung bei Direktsaaten unter west- und mitteleuropäischen Verhältnissen gerecht zu werden, wurde die Maschinenteknik entsprechend modifiziert (KÖLLER 2003). Typische Direktsaatmaschinen, die ursprünglich nur auf unbearbeitetem Boden eingesetzt werden konnten, sind mittlerweile auch nach mehr oder weniger intensiver Bodenbearbeitung zu nutzen. Aber auch die klassische Aussaattechnik in Systemen der wendenden Bodenbearbeitung wurde für den pfluglosen Einsatz weiterentwickelt. Entscheidenden Einfluss auf die Auswahl des Särsystems hat nach verschiedenen Autoren die Fruchtfolge (BAKER et al. 1996, POLEGI 2000, KÖLLER und LINKE 2001, STEMANN 2001, LAFOND 2005). Der Faktor Stroh erhöht in engen Fruchtfolgen das Risiko unter Direktsaatverhältnissen. Von klassischen Direktsaatmaschinen ist hier abzuraten. Erweiterte Fruchtfolgen mit ausreichenden Anbaupausen ermöglichen dagegen den sicheren Einsatz kostensparender Direktsaattechnik.

2.3. Konzeption von pflanzenbaulichen Systemversuchen

Pflanzenbauliche Systemversuche unterscheiden sich konzeptionell deutlich von Versuchen zur Optimierung pflanzenbaulicher Fragestellungen für Einzelkulturen. Vielfach werden hier Maßnahmen faktoriell untersucht und varianzanalytisch ausgewertet, um Ursache-Wirkungsrelationen unter „ceteris paribus“ zu erklären. Um Zusammenhänge zu erkennen, werden einige Faktoren möglichst konstant gehalten (Standort, Bodenbearbeitung) und andere (z.B. Pflanzenschutz, Düngung) werden wiederum gezielt variiert. Aus diesen Versuchen leiten sich abgesicherte Optimierungsstrategien für die untersuchten Faktoren ab. In Systemversuchen werden dagegen die verschiedenen komplexen Produktionssysteme unabhängig voneinander auf der Basis abgesicherter Produktionsstrategien aus faktoriellen Versuchen optimiert durchgeführt und als „Ganzes“ miteinander verglichen (BAEUMER 1994). Die Beurteilung der Wirkung einzelner Faktoren ist somit nicht mehr Gegenstand der Untersuchungen. Als Bewertungsparameter muss eine Zielgröße gefunden werden, die auch komplexe Systeme aggregiert. Dies können beispielsweise der Natural- beziehungsweise der monetäre Ertrag und/oder der Aufwand eines Systems sein. KLAPP (1961) spricht bei Fruchtfolgeversuchen mit betriebswirtschaftlichem Schwerpunkt von Systemanalysen. SUHARJO (1995) ordnet Fruchtfolgeversuche in die Kategorie der Dauerversuche ein. In der Literatur sind Dauerversuche neben den Fragen zur Fruchtfolgegestaltung auch zur Bodenfruchtbarkeit, der organisch/mineralischen Düngung, des Krankheitsbefalls sowie der Bodenbearbeitung aufgeführt. Zielsetzung vieler Dauerversuche ist die Bewertung von Langzeitwirkungen beziehungsweise akkumulierenden Wirkungen der Systeme auf bestimmte pflanzenbauliche Fragestellungen wie z.B. die Bodenfruchtbarkeit (LEZOVIC 1998). Sie sind daher in der Versuchsdurchführung statisch angelegt. Außerdem wurden bei älteren Dauerversuchen nicht die Anforderungen an die statistische Auswertung der Versuche berücksichtigt (JOHNSTON und MATTINGLY 1976). PATTERSON (1964) berichtet von Fruchtfolge-/Dauerversuchen ohne statistische Versuchsdurchführung, mit einem rotierenden Behandlungsplan zur Klärung bestimmter Fruchtfolgewirkungen. CADY (1991) greift dies in ähnlicher Weise auf und formuliert Aussagen über Wiederholungen bei diesen Versuchsansätzen. Er geht davon aus, dass Wiederholungen durchaus hilfreich für die Versuchsinterpretation sein können. Weitere Vorgaben zur Anlage von Fruchtfolge-/Dauerversuchen sind häufig den älteren Veröffentlichungen beispielsweise von COCHRAN (1939) zu entnehmen. Er fordert zum Beispiel, dass bei einem Fruchtfolgeversuch jedes Fruchtfolgefeld in jedem Jahr vorkommen muss. Die Notwendigkeit von Wiederholungen wie

im üblichen Feldversuchswesen kann dabei nach seiner Einschätzung den praktischen Sachzwängen der Versuchsdurchführung untergeordnet werden. Eine ähnliche Auffassung vertreten KÖRSCHENS et al. (1994). Sie gehen bei der Auswertung eines langjährigen statischen Dauerversuchs zur Düngung und Bodenfruchtbarkeit davon aus, dass das Fehlen von Wiederholungen nicht als Defizit angesehen werden kann. Sie weisen jedoch auch auf die Notwendigkeit gleicher Bodenverhältnisse hin. ZADOKS (1989) fordert möglichst große Versuchsflächen zur sicheren Durchführung und Abgrenzung der Systeme. Wiederholungen sind seiner Aussage nach nicht zwingend notwendig, da dann in vielen Fällen die Teilflächen zu klein werden. Auch die Ausführungen von PEARCE (1986) stimmen mit den Anforderungen an Systemversuche von COCHRAN (1939) und ZADOKS (1989) im Wesentlichen überein. Auch er sieht als wichtigste Voraussetzung für einen Systemversuch, dass jedes Fruchtfolgefeld in jedem Jahr angebaut wird. KLAPP (1962) macht deutlich, dass in Fruchtfolgeversuchen mit betriebswirtschaftlicher Zielsetzung praktikablen Versuchsanlagen oberste Priorität eingeräumt werden muss. Ansonsten besteht die Gefahr, dass keine für die Praxis relevanten Schlussfolgerungen bei der Beurteilung der Systeme gezogen werden können (GEROWITT und WILDENHAYN 1994). Systemversuchen mit betriebswirtschaftlicher Fragestellung ist ein Handlungsrahmen vorzugeben. Neuentwicklungen bei Sorten, im Pflanzenschutz, der Düngung oder bei der Maschinenteknik müssen insbesondere bei ökonomisch orientierten Versuchen Berücksichtigung finden. Die optimierte Systemführung steht also im Vordergrund. Bei dieser Vorgehensweise stehen dann nicht die akkumulierten Wirkungen über längere Zeiträume, sondern die Wechselwirkungen im System in einem Einzeljahr im Vordergrund. WEI und Mitarbeiter (2001) untermauern mit ihren Schlussfolgerungen die Aussagen von KLAPP (1961). Sie bestätigen, dass Wiederholungen pflanzenbaulich wünschenswert und für einige Fragestellungen unverzichtbar sind, für eine ökonomische Bewertung von Systemen die Praktikabilität der Versuchsanlagen jedoch einen hohen Stellenwert einnimmt. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die Systeme nicht unabhängig voneinander optimiert durchgeführt werden können. Die Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre in Europa zahlreich angelegten Versuchsvorhaben zur Überprüfung der Leitlinien des integrierten Pflanzenbaus wurden in den meisten Fällen als Versuchsanlagen ohne Wiederholungen angelegt. Berücksichtigt wurden bei diesen Versuchen neben dem reduzierten Aufwand an Produktionsmitteln unterschiedliche Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungssysteme (HOLLAND et al. 1994). Bekanntestes deutsches Forschungsvorhaben dieser Art war das Intex-Projekt der Universität Göttingen. In den dort angelegten Großparzellen wurden lediglich bei Bedarf Kleinparzellen

zur Klärung von Detailfragen angelegt. Andere Autoren weisen wiederum darauf hin, dass Wiederholungen die Qualität der Versuchsergebnisse deutlich verbessern (PATTERSON 1953, PEARCE 1986). SIMON (1961) spricht sich bei Fruchtfolgeversuchen ebenfalls für Wiederholungen aus, sieht aber durchaus die Versuchsdurchführung bei vollständiger Randomisation beeinträchtigt. Deshalb schlägt er bei der Anlage von Fruchtfolgeversuchen zwar Wiederholungen, aber unter der Berücksichtigung von Bearbeitungssäulen, vor. Auch Arbeiten jüngerer Datums, die sich mit der Statistik bei Dauerversuchen beschäftigen, plädieren für die Anlage von Wiederholungen (SUHARJO 1995, LEZOVIC 1998). Eine klare Vorgehensweise aus der Literatur hinsichtlich der Versuchsanlage ist nicht abzuleiten. Forschungsvorhaben mit betriebswirtschaftlichen oder verfahrenstechnischen Fragestellungen wurden in der Vergangenheit eher ohne Wiederholungen angelegt. Versuche mit pflanzenbaulichem Schwerpunkt wurden dagegen vermehrt mit Wiederholungen angelegt, um eine umfassende varianzanalytische Auswertung zu ermöglichen.

2.4 Arbeitshypothesen

Zusammenfassend lässt sich aus der Literatur Handlungsbedarf ableiten. Die wirtschaftliche Situation im Marktfruchtbau fordert Möglichkeiten, um Kosten einzusparen. Auch der Pflanzenbau ist gefordert, entsprechende Lösungsansätze darzustellen. Die Bodenbearbeitung bietet noch wesentliche Kosteneinsparungen. Dabei ist die isolierte Betrachtung einzelner Maßnahmen wie die Reduzierung der Bearbeitungsintensität zur Verbesserung der wirtschaftlichen Situation wenig zielführend. Vielmehr ist zur Problemlösung pflanzenbauliches Systemdenken erforderlich. Aus der vorliegenden Literatur lassen sich folgende Arbeitshypothesen für eine Beurteilung und Analyse von Bodenbewirtschaftungssystemen formulieren:

1. Interaktionen zwischen Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Standort nehmen maßgeblichen Einfluss auf die Ertragsleistung der Kulturen.
2. Die Bodenbearbeitungsintensität und die Fruchtfolgegestaltung sind wichtige Determinanten der Direkt- und Arbeitserledigungskosten. Dabei sind die pflanzenbaulichen Wechselwirkungen entscheidend für die Gesamtkostenbelastung.
3. Durch den konsequenten Pflugverzicht sinken die systembedingten festen Maschinenkosten bei gleichzeitig geringerem Arbeitszeitanspruch. Diese

Effizienzsteigerung wird in erweiterten pfluglos bestellten Fruchtfolgen noch verbessert.

4. Die Rentabilität konservierender Bodenbearbeitungsverfahren (Mulchsaat/Direktsaat) ist abhängig von der Fruchtfolge und dem Standort.
5. Bei den derzeitigen Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau sind durch die Erweiterung der Fruchtfolge organisierte kostensparende Bewirtschaftungssysteme von besserer wirtschaftlicher Stabilität im Vergleich zu engen, wintergetreidebetonten Anbausystemen geprägt.
6. Die mangelnde Akzeptanz der konservierenden Bodenbearbeitung/Direktsaat und erweiterter Fruchtfolgen in der landwirtschaftlichen Praxis ist in hohem Maße durch eine unzureichende methodische Vorgehensweise beim Vergleich komplexer Bodenbewirtschaftungssysteme zu sehen.

3 Material und Methode

3.1 Versuchsanlage und Versuchsaufbau

Die Feldversuche zum Forschungsvorhaben wurden im Herbst 2001 in vier verschiedenen Naturräumen Deutschlands angelegt. Bei den formulierten Versuchsfragen standen nicht die Lösungen von Einzelproblemen im Mittelpunkt, sondern die Überprüfung und ökonomische Bewertung verschieden gestalteter Bodenbewirtschaftungssysteme. Hierfür wird in der Pflanzenbauwissenschaft der Begriff „Systemanalyse“ genannt. Systemanalysen bauen auf Ergebnisse und Erkenntnisse aus Fachdisziplinen wie der Bodenkunde, Pflanzenernährung, Pflanzenzüchtung sowie der Phytomedizin auf, ähnlich wie dies bei klassischen Fruchtfolgeversuchen auch der Fall ist (SIMON 1961). Den auf dieser Basis entwickelten Bodenbewirtschaftungssystemen kann daher eine ganzheitliche Betrachtung zugesprochen werden (BAEUMER 1994). Das Spektrum der Versuchsstandorte reicht vom hocheffizienten Bördestandort in Soest mit guter Wasserversorgung über den eher kontinental geprägten, zur Vorsommertrockenheit neigenden Standort in Freising bis hin zu einem Küstenstandort mit mittlerer Bodenbonität und knapper Wasserversorgung in Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern). Durch die Differenzierung der Standorte wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis ermöglicht. Im ersten Versuchsjahr 2001/02 wurde auf drei von vier Standorten der Versuch nach einheitlicher Vorfrucht (Winterweizen oder Wintergerste) angelegt. Am Standort Braunschweig

konnten die Kulturen bereits zum Teil nach den entsprechenden Vorfrüchten bestellt werden. Da sich wesentliche Systemwirkungen der Fruchtfolgen sich nicht im Ertragsergebnis des ersten Jahres widerspiegeln, bleiben diese in den weiteren Auswertungen unberücksichtigt. Die vier verschiedenen Standorte können wie folgt beschrieben werden.

- Standort Soest
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest, Nordrhein-Westfalen
Standortcharakterisierung: Bördestandort mit sehr guter Wasserversorgung, hoher Fruchtbarkeit, maritim geprägter Binnenlandstandort
Lage: ca. 80 m über NN, eben
Boden: Pseudogley-Parabraunerde (ca. 75 BP, L4, Lö)
Klima: ca. 869 mm Jahresniederschlag, 11,3 °C mittlere Jahrestemperatur
- Standort Freising-Weihenstephan
Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus und Lehrstuhl für Agrarökosysteme, Freising-Weihenstephan, Bayern
Standortcharakterisierung: Tertiäres Hügelland, tiefgründig mit guter Wasserversorgung, kontinental geprägter Standort
Lage: ca. 480 m über NN, hügelig
Boden: Parabraunerde auf Löß (ca. 60 BP, L3 Lö)
Klima: ca. 786 mm Jahresniederschlag, 7,8 °C mittlere Jahrestemperatur
- Standort Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Biologische Bundesanstalt (BBA), Braunschweig, Niedersachsen
Standortcharakterisierung: Alluvialer Standort mit mittlerer Wasserversorgung, kontinental geprägtes Klima
Lage: ca. 80 m über NN, eben
Boden: Parabraunerde, (70-75 BP, LT L3, Lö)
Klima: ca. 710 mm Jahresniederschlag, 8,9 °C mittlere Jahrestemperatur
- Standort Gülzow
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Gülzow, Mecklenburg-Vorpommern
Standortcharakterisierung: Dilluvialer Standort mit mittlerer bis schlechter Wasserversorgung, maritim geprägtes Küstenklima
Lage: ca. 12 m über NN, eben
Boden: Braunerde (42 BP, IS)

Klima: ca. 542 mm Jahresniederschlag, 8,2 °C mittlere Jahrestemperatur
Auf den Standorten Soest, Braunschweig und Gülzow wurde die Versuchsanlage ohne Wiederholungen, am Standort Freising mit Wiederholungen angelegt. Besonderes Augenmerk lag bei der Versuchskonzeption auf der Praktikabilität und der individuellen Durchführbarkeit einzelner Maßnahmen, um jedes Fruchtfolgefeld produktionstechnisch optimieren zu können. Neben der engen, weizenbetonten Referenzfruchtfolge, die als Pflug- und Mulchsaatvariante auf allen Standorten geprüft wurde, sind weitere standortgerechte erweiterte Fruchtfolgesysteme entwickelt und geprüft worden.

- Standort Soest: Gesamte Versuchsfläche ca. 12 ha, randomisierte Streifenanlage, Einzelparzelle 42 m x 100 m, Ernte mit 6 Stichproben pro Fruchtfolgefeld mit dem Parzellenmähdrescher jeweils 27 m²
FF1a Ra – WW – WW – WW (Pflug)
FF1b Ra – WW – WW – WW (Konservierend/Direktsaat)
FF2 Ra – WW – WW – KE (Konservierend/Direktsaat)
FF3 Ra – WW – AB – WW (Konservierend/Direktsaat)
FF4 Ha – WW – WW – WRo (Konservierend/Direktsaat)
- Standort Gülzow: Gesamte Versuchsfläche ca. 15 ha, randomisierte Streifenanlage, Einzelparzelle 27 m x 150 m, Ernte mit 3 Stichproben pro Fruchtfolgefeld mit dem Parzellenmähdrescher jeweils 22,5 m²
FF1a Ra – WW – WW – WW (Pflug)
FF1b Ra – WW – WW – WW (Konservierend)
FF2 Ra – WW – WW – Bl.-Lup. (Konservierend)
FF3 Ra – WW – Bl.-Lup. – WW (Konservierend)
FF4 Ha – WW – WeW – WRo (Konservierend)
- Standort Braunschweig: Gesamte Versuchsfläche ca. 12 ha, randomisierte Streifenanlage, Einzelparzelle 30 m x 150 m, Ernte des gesamten Fruchtfolgefeldes mit dem Großmähdrescher
FF1a Ra – WW – WW – WW (Pflug)
FF1b Ra – WW – WW – WW (Konservierend)
FF3a Ra – WW – KE – WW (Konservierend)
FF3b Ra – WW – KE – WW (Direktsaat)

- Standort Weihenstephan: Gesamte Versuchsfläche ca. 15 ha, Split-Plotanlage, randomisiert, 4-fach wiederholt, Einzelparzelle 30 m x 32 m, Ernte des gesamten Fruchtfolgefeldes mit Großmähdrescher
 FF1a Ra – WW – WW – WW (Pflug)
 FF1b Ra – WW – WW – WW (Konservierend)
 FF2a Ra – WW – KE – WW (Pflug)
 FF2b Ra – WW – KE – WW (Konservierend)
 FF3a Ra – WW – KM – WW (Pflug)
 FF3b Ra – WW – KM – WW (Konservierend)

3.2 Versuchsdurchführung

Die an den Prüfstandorten durchgeführten produktionstechnischen Maßnahmen – definiert für jedes Fruchtfolgefeld – leiten sich aus umfangreichen regionalen Detailversuchen zu Fragen der Düngung, des Pflanzenschutzes und der Sortenwahl ab und entsprechend dem wissenschaftlichen Kenntnisstand sowie der guten fachlichen Praxis. Die Bewirtschaftung der Versuchsflächen erfolgt mit praxisüblicher Technik. Die Tabellen 14 und 15 geben an, welche produktionstechnischen Maßnahmen im Bereich der ertragssteigernden und der ertragssichernden Behandlungen der Fruchtarten zu beachten waren. Dabei muss in einigen Anbaufolgen bei pflugloser Bestellung eine Anpassung der Produktionstechnik vorgenommen werden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Kulturen pfluglos nach kurzer Anbaupause und hohen Strohmenge der Vorfrucht bestellt werden. So ist beispielsweise die pfluglose Bestellung von Raps nach Weizen nur mit angepassten Pflanzenschutz- und Düngestrategien erfolgreich. Außerdem bindet das flach eingearbeitete unverrottete Stroh hohe Mengen an Stickstoff, der dem Raps nicht zur Verfügung steht. Daher ist eine Strohausgleichsdüngung in Erwägung zu ziehen (Kap. 2.2.1). Auch im pfluglos bestellten Stoppelweizen sind Anpassungsstrategien im Bereich des Pflanzenschutzes (ARNOLD-REIMER 1994) und der Düngung (KÖNIG et al. 2005) vorzunehmen. Nach Blattfrüchten bestehen dagegen kaum Unterschiede in der Bestandesführung. Die Düngung der Grundnährstoffe (P, K, Mg, Ca) erfolgte auf den Versuchsflächen nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung, die jährlich durchgeführt wurden.

Tab. 14: Produktionstechnik (Sortenwahl und Stickstoffdüngung) zu verschiedenen Fruchtarten

Fruchtart	Sorte/Saatstärke	Stickstoffdüngung
Ra n. WW (P)	Hybridsorte, da vielfach mittlere bis späte Saattermine, 45-55 Kö./m ₂	Nopt. 180 – 210 kg/ha N, davon 30-60 kg/ha N im Herbst zur Bestandesetablierung, Schwefeldüngung beachten
Ra n. WW (MS)	Vitale Hybridsorte, da vielfach mittlere bis späte Saattermine in Kombination mit hohen Stroh-mengen im Keimbereich, 45-55 Kö./m ₂	180 – 210 kg/ha N , davon 40-60 kg/ha N im Herbst zur Bestandes-etablierung und Strohdüngung, Schwefeldüngung beachten
Ra n. Leguminose (MS/DS)	Hybrid- oder Linien-sorte mit verhaltenem Wuchs im Herbst, 40-55 Kö./m ₂ , leicht verzögerter Saattermin	Nopt. 160 kg/ha N reduziert, keine Herbstdüngung notwendig
WW n. Blatt-frucht (P)	Standardsorte 240-340 Kö./m ₂ je nach Saattermin/Standort	Nopt. 160-180 kg/ha N
WW n. Blatt-frucht (MS/DS)	Standardsorte 240-340 Kö./m ₂ je nach Saattermin/Standort	Nopt. 160-180 kg/ha N
WW n. WW (P)	Sorten mit Stoppelweizen-eignung, 260-340 Kö./m ₂ , leicht verzögerter Saattermin zur Vermeidung von Herbst-infektionen, Schwarzbeinigkeit-beizung	Nopt. 190-240 kg/ha N, bestockungsbetonte Andüngung im Frühjahr
WW n. WW (MS)	Sorten mit Stoppelweizen-eignung, 260-340 Kö./m ₂ , leicht verzögerter Saattermin zur Vermeidung von Herbst-infektionen, Schwarzbeinigkeit-beizung	Nopt. 190-240 kg/ha N, evtl. davon 30-60 kg/ha N im Herbst als Strohausgleichsdüngung, bestockungsbetonte Andüngung im Frühjahr
Ackerbohnen (MS/DS)	Standardsorte 40-50 Kö./m ₂ , möglichst frühe Aussaat	Keine N-Düngung, Schwefeldüngung beachten
Körnererbsen (MS/DS)	55-85 Kö./m ₂ , möglichst frühe Aussaat	Keine N-Düngung, Schwefeldüngung beachten
Blaue Lupinen (MS)	Endständige Typen 120 Kö./m ₂ Verzweigte Typen 90 Kö./m ₂ Saatgutbeizung wegen Antracnose	Keine N-Düngung, Schwefeldüngung beachten
Hafer (MS/DS)	230-280 Kö./m ₂ , möglichst frühe Aussaat (ab Februar)	Nopt. 120-150 kg/ha N

Tab. 15: Produktionstechnik (Herbizide/Fungizide) zu verschiedenen Fruchtarten

Fruchtart	Herbizid	Fungizid
Ra n. WW (P)	Standard evtl. Gräser	nach Prognose
Ra n. WW (MS)	Standard und Gräser evtl. Splitting, auf ausreichend Blattwirkung achten	nach Prognose
Ra n. Legumin. (MS/DS)	Standard, Splitting bei Direktsaat, evtl. Gräser, Totalherbizid bis 6 Tage nach der Saat	Auf <i>Sclerotinia</i> und <i>Verticillium</i> achten, da Leguminosen als Wirtspflanzen auftreten
WW n. Blatt- frucht (P)	Standard	Blatt- und Ährenbehandlung in EC 33/37 und EC 51/55 nach Prognose
WW n. Blatt- frucht (MS/DS)	Standard Totalherbizid	Blatt- und Ährenbehandlung in EC 33/37 und EC 51/55 nach Prognose
WW n. WW (P)	Schwerpunkt Gräser	Wurzelschutzbeize, Fuß-, Blatt- und Ährenbehandlung in EC 30/32, EC 33/37 und EC 51/55 nach Prognose
WW n. WW (MS)	Schwerpunkt Gräser, besonders auf Problemgräser wie Trespe und Ackerfuchsschwanz achten, Totalherbizid bis 6 Tage nach der Saat	Wurzelschutzbeize Fuß-, Blatt- und Ährenbehandlung in EC 30/32, EC 33/37 und EC 51/55 nach Prognose, besondere Aufmerksamkeit auf <i>DTR- Blattdürre</i> und <i>Fusarium spp.</i>
Ackerbohnen (MS/DS)	Standard und evtl. Gräser, auf ausreichende Blattwirkung achten, Totalherbizid	nach Prognose, auf <i>Ascochyta spp.</i> und <i>Uromyces fabae</i> achten
Körnererbsen (MS/DS)	Standard und evtl. Gräser, auf ausreichend Blattwirkung achten, Totalherbizid	nach Prognose auf <i>Ascochyta spp.</i> und <i>Botrytis spp.</i> achten
Blaue Lupinen (MS)	Standard und evtl. Gräser, auf ausreichend Blattwirkung achten, Totalherbizid	Saatgutbeizung wegen <i>Antracnose</i>
Hafer (MS/DS)	Standard, auf ausreichend Blattwirkung achten, Totalherbizid	Keine

In Fruchtfolge 1a stand die wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug im Vordergrund. Die Bodenbearbeitungsintensität in den pfluglos bestellten Varianten konnte flexibel organisiert werden. Entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Kultur wurden Mulchsaaten mit krumentiefer Lockerung bis hin zur Direktsaat praktiziert. Die Bestimmung der Bodenbearbeitungsintensität erfolgte in Abhängigkeit folgender Parameter:

- Die Bodenart, das Bodengefüge und das Standortklima auf den vier Versuchsstandorten erlauben den Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung. Bei dem Wechsel der herkömmlichen Lockerkruenkultur als Folge der Bearbeitung mit dem Pflug auf Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung zeigen Untersuchungen verschiedener Autoren keine Verschlechterung der Bodenfunktionen (TEIWES und EHLERS 1987, SCHROETTER 1999). In vielen Fällen wurde sogar

eine Verbesserung festgestellt (Kap. 2.2.2). Somit sind phytosanitäre Aspekte oder die Beseitigung von Fahrspuren bestimmend für die Beurteilung des Bodenzustandes.

- Die Dauer der Anbaupause und die daraus resultierende Bodenbearbeitung sind in engem Zusammenhang mit den Strohmenngen der Vorfrucht, der Häckselqualität und der Strohverteilung zu sehen. In kurzen Anbaupausen wie zum Beispiel beim Anbau von Weizen oder Raps nach Weizen ist eine intensivere Bodenbearbeitung zur Einmischung des Strohes notwendig. Die von KÖLLER und BUCHNER (1993) aufgeführte Regel „1,5 cm Bodenbearbeitung pro Tonne Stroh“ hat hier Gültigkeit. Nach Blattfrüchten stellen die leicht zersetzbaren Ernterückstände keine saatechnischen Probleme dar. Eine flache Saatbettbereitung bis 8 cm ist meist ausreichend. Bei idealem Bodenzustand ohne Fahrspuren ist auch eine Direktsaat mit geeigneter Technik möglich. Bei längeren Anbaupausen (z.B. Sommerkulturen nach Weizen) besteht genügend Zeit für die Strohersetzung. Gut verteiltes und fein gehäckseltes Stroh bereitet im Frühjahr keine saatechnischen Probleme. Eine flache Bodenbearbeitung im Herbst ist meist ausreichend. Nähere Angaben zu dieser Thematik sind den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3 zu entnehmen.

Nach diesen Grundsätzen stellten die einzelnen Versuchsstandorte ihre verfügbare Mechanisierung für die Versuchsdurchführung zusammen. Die Tabellen 16-19 beschreiben die Technik in den jeweiligen Bewirtschaftungssystemen.

Tab. 16: Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Soest

Bewirtschaftungssysteme		Stoppel-, Grundboden-, Saatbettbereitung	Saattechnik
FF1a (Pflug)	Ra-WW-WW- WW	Stoppelb. 5-8 cm mit Grubber, Pflug 25 cm, Saatbett mit Kreiselegge 7 cm, Garegge und Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drill- maschine
FF1b (Konservier- end/Direktsaat)	Ra-WW-WW- WW	Bodenbearbeitungsintensität richtet sich nach den formulierten Kriterien Geräte: Strohhäcksler, Kurzscheibenegge, Großfederzinkenegge, Walze	Scheibenschar- direktsaat- maschine JD 750 A
FF2 (Konservier- end/Direktsaat)	Ra-WW-WW-KE		
FF3 (Konservier- end/Direktsaat)	Ra-WW-AB-WW		
FF4 (Konservier- end/Direktsaat)	Ha-WW-WW- WR ₀ /ZF		

Tab. 17: Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Freising

Bewirtschaftungssysteme		Stoppel-, Grundboden-, Saatbettbereitung	Saattechnik
FF1a (Pflug)	Ra-WW-WW-WW	Stoppelb. 5-8 cm mit Grubber, Pflug 25 cm, Saatbett mit 1-2 mal Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drillmaschine
FF2a (Pflug)	Ra-WW-KE-WW		
FF3a (Pflug)	Ra-WW-KM-WW		
FF1b (Konservierend)	Ra-WW-WW-WW	1. Stoppelb. 5 cm mit Doppelzinkenrotor 2. Stoppelb. 12-15 cm mit zweibalkigem Grubber Saatbettb. mit Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drillmaschine mit Scheibenscharen
FF2b (Konservierend/Direktsaat)	Ra-WW-KE-WW	1. Stoppelb. 5 cm mit Doppelzinkenrotor 2. Stoppelb. 12-15 cm mit zweibalkigem Grubber Saatbettb. mit Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Scheibenschar-direktsaatmaschine JD 750 A
FF3b (Konservierend)	Ra-WW-KM-WW	1. Stoppelb. 5 cm mit Doppelzinkenrotor 2. Stoppelb. 12-15 cm mit zweibalkigem Grubber Saatbettb. mit Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drillmaschine mit Scheibenscharen

Tab. 18: Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Gülzow

Bewirtschaftungssysteme		Stoppel-, Grundboden-, Saatbettbereitung	Saattechnik
FF1a (Pflug)	Ra-WW-WW-WW	1. Stoppelb. 5-8 cm 2. Stoppelb. 10-12 cm mit Grubber, Pflug 25 cm, Walze bei Bedarf	Universaldrillmaschine mit Vorwerkzeugen und Scheibenscharen
FF1b (Konservierend)	Ra-WW-WW-WW	1. Stoppelb. 5-8 cm 2. und ggf. 3. Stoppelb. 12-22 cm jeweils mit Universalgrubber	
FF2 (Konservierend)	Ra-WW-WW/ZF-BI.Lup.		
FF3 (Konservierend)	Ra-WW/ZF-BI.Lup.-WW		
FF4 (Konservierend)	Ha-WW/ZF-WeW-WRo/ZF		

Tab. 19: Technische Ausstattung der Bodenbewirtschaftungssysteme am Standort Braunschweig

Bewirtschaftungssysteme		Stoppel-, Grundboden-, Saatbettbereitung	Saattechnik
FF1a (Pflug)	Ra-WW-WW- WW	Stoppelb. 10 cm mit Scheibenegge, Pflug 25 cm mit Packer, Saatbett mit 1-2 mal Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drill- maschine
FF1b (Konservierend)	Ra-WW-WW- WW	1. Stoppelb. 5-8 cm mit Scheibenegge 2. Stoppelb. 12-15 cm mit Scheibenegge Krumentiefe Lockerung mit dem Grubber 20-25 cm, Saatbettb. mit Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drill- maschine mit Scheibenscharen
FF3 (Konservierend)	Ra-WW-KE- WW	1. Stoppelb. 5-8 cm mit Scheibenegge 2. Stoppelb. 12-15 cm mit Scheibenegge Krumentiefe Lockerung mit dem Grubber 20-25 cm zu Blattfrüchten, Saatbettb. mit Kreiselegge 7 cm, Walze bei Bedarf	Kreiselegge/Drill- maschine mit Scheibenscharen
FF3 (Direktsaat)	Ra-WW-KE- WW	Keine	Direktsaat- maschine mit Meißelscharen

3.3 Datenerfassung und Witterungsverlauf

Nach dem Auflauf der Kulturen wurde zunächst in allen Kulturen der Feldaufgang (n=8) ermittelt. Bei Getreide sind zusätzlich die ährentragenden Halme in 8-facher Wiederholung pro Fruchtfolgefeld ausgezählt worden. Vorrangig soll anhand dieser Parameter die Bestandesentwicklung bei unterschiedlichen Anbaufolgen und Bodenbearbeitungsverfahren charakterisiert werden. Begleitend wurde das Aufkommen von pilzlichen und tierischen Schaderregern erfasst. Dies hatte weniger zum Ziel, systembedingte Unterschiede zu erarbeiten, als vielmehr die entsprechenden Pflanzenschutzmaßnahmen nach den jeweiligen Empfehlungen richtig zu terminieren. Alle durchgeführten produktionstechnischen Maßnahmen und Bodenbearbeitungsgänge wurden dokumentiert und stellen die Basis für die ökonomische Bewertung dar. Die Ernte des Versuchs erfolgte mit der jeweils am Standort vorhandenen Technik. Am Standort Soest und am Standort Gülzow wurde die Ertragsermittlung mit dem Parzellenmähdrescher in mehrfacher Wiederholung pro

Fruchtfolgefeld durchgeführt. Auf den anderen Standorten erfolgte die Beerntung mit dem Großmährescher und anschließender Ermittlung der Erntemenge. Bei jeder Ernteprobe wurde unmittelbar der Feuchtigkeitsgehalt ermittelt und die Tausendkornmasse bestimmt. Bei Weizen wurden die qualitätsbestimmenden Parameter Fallzahl und Rohproteingehalt, bei Raps der Ölgehalt gemessen. Alle Ertrags- und Qualitätswerte sind auf einen Trockensubstanzgehalt von 86 Prozent (Getreide, Leguminosen) beziehungsweise 91 Prozent (Raps) umgerechnet.

Witterungsextreme kennzeichneten den Versuchsverlauf. Nach feuchten Aussaatbedingungen im Herbst 2002 kam es im darauf folgenden Frühjahr und Sommer zu hohen Temperaturen in Verbindung mit Niederschlagsdefiziten. In der Vegetationsperiode 2003/04 brachte die Witterung auf allen Standorten ideale Wachstumsvoraussetzungen. Ausreichende Niederschläge zum Vorsommer waren der Grundstein für das hohe Ertragsniveau. Nach relativ milder Winterwitterung im Jahr 2004/05 entsprach der weitere Verlauf weitgehend dem langjährigen Mittel der jeweiligen Standorte.

Tab. 20: Witterungsdaten der Versuchstandorte, 10/2002 – 9/2005

Ort	Niederschlag, Mittel Okt. – Sept.				Temperatur, Mittel Okt. – Sept.			
	61 - 90	Differenz zu 61 – 90			61 - 90	Differenz zu 61 – 90		
		02/03	03/04	04/05		02/03	03/04	04/05
	[l/m ²]	[l/m ²]	[l/m ²]	[l/m ²]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Freising	786	-109	-22	51	7,8	1,3	0,1	0,2
Gülzow	542	-126	-39	-19	8,2	0,5	0,7	1,1
Braunschweig	710	-213	-14	-20	8,9	1,3	1,2	1,0
Soest	869	-82	65	-47	11,3	0,8	0,3	0,2

Quelle: Deutscher Wetterdienst, versch. Jahrgänge

3.4 Methodischer Ansatz zur ökonomischen Versuchsauswertung

Zur ökonomischen Auswertung eines Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgeversuchs müssen alle systembedingten Wechselwirkungen monetär erfasst werden (HÖLZMANN 2001). Dies ist bei der Auswahl bzw. der Ausgestaltung des entsprechenden Leistungs-Kosten-Rechnungssystems zu beachten. Bei der Analyse des Versuchskonzepts sind Unterschiede in folgenden Bereichen zu erwarten:

- Leistungen: Insbesondere durch den Einbau von Sommerkulturen in die Fruchtfolge ist mit unterschiedlichen Markterlösen und Prämienansprüchen zwischen den Bewirtschaftungssystemen zu kalkulieren. Durch die Entkopplung der Prämienzahlungen von der Produktion im Rahmen der aktuellen EU-Agrarreform werden die Prämienzahlungen bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit eines Produktionsverfahrens

nicht mehr als Leistung eingerechnet. Lediglich Prämien für Eiweiß- und Energiepflanzen sind noch in Ansatz zu bringen.

- **Kosten:** In den verschiedenen Fruchtfolgesystemen sind sowohl Variationen im Produktionsmitteleinsatz als auch Unterschiede in der notwendigen Mechanisierung und dem Arbeitszeitbedarf gegeben. REISCH und ZEDDIES (1983) stellen bei der Optimierung der Produktionsprozesse insbesondere die Arbeitserledigung in den Vordergrund. Die Autoren machen deutlich, dass verschiedene Fruchtfolgen unterschiedliche Arbeitszeitansprüche bzw. Arbeitsspitzen im Verlauf der Vegetation aufweisen und dadurch maßgeblich die Auslastung der Maschinen und Arbeitskräfte beeinflusst wird. Auch CLEMENS (1988) spricht bei einer Einengung des Fruchtartenspektrums von einer unbalancierten Arbeitszeitverteilung mit deutlichen Rückwirkungen auf die notwendige Schlagkraft in der Mechanisierung.

Es ist daher davon auszugehen, dass beim Vergleich unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme neben den variablen Kosten auch in erheblichem Maße die festen Kosten im Bereich der Arbeitserledigung beeinflusst werden. Somit reicht der aus der Teilkostenrechnung stammende Deckungsbeitrag (Erlös - proportionale Spezialkosten) nicht aus, Systeme hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit miteinander zu vergleichen. Die ökonomischen Konsequenzen, die sich langfristig aus der Abfolge der Kulturen ergeben, verlangen allerdings einen erweiterten Bewertungsansatz. Deutlich umfassender ist die aus der Kontrollrechnung stammende Vollkostenrechnung (HENTSCHEL 2000, ROST et al. 2001, HÖLZMANN 2005). Ein standardisierter Leitfaden zur Vollkostenanalyse wurde von einer Autorengruppe im Rahmen von Betriebszweigabrechnungen (DLG-Band 197) erarbeitet. Bei der dort beschriebenen Vorgehensweise werden die Kosten zu funktionalen Blöcken zusammengefasst (Kap. 2.1.2). Um dem Anspruch einer umfassenden ökonomischen Bewertung der Versuchsergebnisse gerecht zu werden, wurde das oben genannte Bewertungsschema als Basis gewählt. Bei der Bewertung von Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungseffekten stehen die Direktkosten und die Kosten der Arbeitserledigung im Mittelpunkt, da diese durch eine Veränderung der Bewirtschaftung beeinflusst werden. Flächenkosten, Kosten für Lieferrechte und sonstige Kosten werden dagegen nicht durch das Bewirtschaftungssystem beeinflusst. Somit bietet sich folgende Ableitung aus der Vollkostenrechnung für die ökonomische Bewertung der Versuchsergebnisse an: Nach Abzug der Direktkosten und der Kosten der Arbeitserledigung von den Leistungen wird eine Kenngröße ausgewiesen, die in dieser Arbeit als „Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung“ (DAL) bezeichnet wird (Tab. 21).

Tab. 21: Berechnungsschema zur ökonomischen Auswertung von Systemversuchen

Leistungen:	Marktleistung Produktionsgebundene Direktzahlungen
Direktkosten:	Saatgut Düngung Pflanzenschutz Trocknung Versicherung (Hagel) Zinsansatz Feldinventar
Direktkostenfreie Leistung:	
Arbeitserledigungskosten:	Lohn Lohnansatz Lohnunternehmer Feste Maschinenkosten Variable Maschinenkosten
Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)	

Die Datengrundlage zur Berechnung der DAL im vorliegenden Forschungsvorhaben stellt sich wie folgt dar:

- Leistungen: Der Markterlös berechnet sich aus dem Ertrag des jeweiligen Fruchtfolgefeldes und den im ZMP Marktbericht angegebenen Markterlösen zum Zeitpunkt der Ernte in den jeweiligen Regionen. Die in der Kalkulation angesetzten Markterlöse für die Kulturen sind in der Tabelle 22 aufgeführt. Als Konsequenz der EU-Agrarreform 2005 werden Direktzahlungen nicht mehr den Leistungen eines Produktionsverfahrens zugeordnet. Länderspezifische Programme zur Förderung der pfluglosen Bodenbearbeitung oder der Fruchtartendiversifizierung wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Lediglich an die Produktion gebundene Direktzahlungen wie die Prämie für Eiweißpflanzen (56 €/ha) sind als Leistungen einzubeziehen.

Tab. 22: Erzeugerpreise der verschiedenen Produkte (€/dt) zur Ernte in den Regionen

Produkt	Soest			Freising			Gülzow			Braunschweig		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
A-Weizen	--	--	--	11,67	9,45	8,83	10,96	9,65	9,30	--	--	9,45
B-Weizen	10,06	9,25	9,44	10,61	9,08	8,56	10,25	9,33	9,10	10,94	9,37	9,40
Q.-Roggen	9,23	8,05	8,04	--	--	--	9,91	7,10	8,00	--	7,84	--
Q.-Hafer	9,54	8,97	8,31	--	--	--	9,50	10,00	8,00	--	--	--
K.Mais	--	--	--	9,87	8,75	--	--	--	--	--	--	--
Raps	22,36	18,42	18,77	21,42	18,72	18,60	22,25	18,00	19,80	23,07	19,59	19,98
Lupinen	--	--	--	--	--	--	11,40	11,20	10,75	--	--	--
Erbsen	11,36	11,00	10,25	11,06	10,50	--	--	--	--	11,49	11,84	11,73
A.Bohnen	10,81	10,80	9,44	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quelle: ZMP Marktbericht Getreide-Ölsaaten-Futtermittel (2003, 2004, 2005)

- Direktkosten: Die Aussaatmengen von Haupt- und Zwischenfrüchten, Art und Umfang des Einsatzes von Stickstoffdüngemitteln, von Spurennährstoffen und Pflanzenschutzmitteln werden der Schlagkartei des jeweiligen Fruchtfolgefeldes

entnommen (Tab. 23). Die Berechnung der Kosten erfolgte auf der Basis von Preisabfragen beim Handel in den entsprechenden Regionen. Abweichend davon wurde die Grunddüngung (P, K, Ca) auf der Basis der Nährstoffabfuhr mit dem Erntegut (FINCK 1992) bzw. einer Erhaltungskalkulation kalkuliert. Die eingesetzten Entzugswerte zeigt Tabelle 23. Die Verwendung der tatsächlichen Mengen würde zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen, da die gesamte Grunddüngung als Vorratsdüngung für mehrere Jahre in vielen Fällen nur zu einer Fruchtart durchgeführt wurde. Trocknungskosten wurden für Körnermais in Ansatz gebracht. Basis dafür stellt die KTBL-Datensammlung dar. Das im Feldinventar gebundene Kapital wurde mit einem Ansatz von 4 Prozent p.a. verzinst und nach dem in Tabelle 23 aufgeführten Schlüssel berechnet (SCHINDLER 2004).

Tab. 23: Datengrundlage zur Berechnung der Direktkosten

Kostenposition	Datengrundlage															
Saatgut	Preisabfrage für Z-Saatgut der jeweiligen Sorte beim Landhandel in den Regionen															
Düngung	Preisabfrage für das jeweilig eingesetzte Düngemittel beim Landhandel in den Regionen Nährstoffentzüge zur Kalkulation der Grunddüngungskosten (Entzug in kg je 10 dt Erntegut) nach FINCK (1992) <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>P₂O₅</th> <th>K₂O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Getreide (Korn)</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Mais (Korn)</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Raps (Korn)</td> <td>15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Leguminosen (Korn)</td> <td>11</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>		P ₂ O ₅	K ₂ O	Getreide (Korn)	8	5	Mais (Korn)	8	5	Raps (Korn)	15	10	Leguminosen (Korn)	11	14
	P ₂ O ₅	K ₂ O														
Getreide (Korn)	8	5														
Mais (Korn)	8	5														
Raps (Korn)	15	10														
Leguminosen (Korn)	11	14														
Trocknung	KTBL Datensammlung versch. Jahrgänge															
Hagelversicherung	KTBL Datensammlung versch. Jahrgänge															
Pflanzenschutz	Abgabepreis für Pflanzenschutzmittel an den Endverbraucher aus der Preisliste des Großhandels															
Zinsansatz Feldinventar	5 % p.a. Zinsanspruch = Ø gebundenes Kapital x Multiplikator <i>Ø gebundenes Kapital = Summe Direktkosten/2</i> <i>Multiplikator = Zinsansatz x Bindungszeit in Monaten</i> <i>Bindungszeit: Wintergetreide 10 Monate, Sommerungen 6 Monate, Raps 11 Monate</i>															

- **Arbeitserledigungskosten:** Diese werden anhand von Modellbetrieben errechnet. Für diese Modellrechnung sind Betriebsgrößen von 150 bzw. 300 ha als typische Marktfruchtbetriebe in Westdeutschland unterstellt. Für den Versuchsstandort in Bayern wurde aufgrund der kleineren Betriebsstrukturen vor Ort zusätzlich ein 75 ha Modellbetrieb mit in die Kalkulationen aufgenommen. Für den Standort in Mecklenburg-Vorpommern wurden dagegen die Betriebsgrößen nach oben hin angepasst. Hier stellt ein 300 bzw. 600 ha großer Modellbetrieb die Berechnungsgrundlage dar. Basis der Berechnungen sind die verschiedenen Jahrgänge der KTBL-Datensammlung. Die Mechanisierung der Modellbetriebe erfolgte nach folgender Vorgabe: Die Schlagkraft der Maschinen muss an die Betriebsgröße, an das Bodenbearbeitungssystem und die Fruchtfolge angepasst sein. Um dieser Forderung gerecht zu werden, wurde zunächst ein Modell zur Verteilung der Arbeitszeit mit den jeweilig durchgeführten Arbeitsgängen im Bewirtschaftungssystem berechnet. Zielgröße bei der Berechnung ist die effiziente Ausnutzung der eingesetzten Arbeitskräfte (bis 180 Akh im Monat) in den Arbeitsspitzen. Für enge Fruchtfolgen errechnet dieses Modell daher schlagkräftigere und somit in der

Tab. 24: Berechnung der Maschinenkosten

Parameter	Datenquelle/Berechnungsschema
Anschaffungswert (AW)	KTBL Datensammlung 2004/05
Restwert (RW)	Kein Ansatz (RW = 0 €)
Nutzungsdauer nach Zeit (N)	KTBL Datensammlung 2004/05
Feste Kosten	
Abschreibung (AfA)	$AW - RW / N$ (Bei Überschreitung der Abschreibungsschwelle Abschreibung nach Leistung)
Zinsanspruch	$AW + RW / 2 \times 4\%$
Unterbringung	1 % des Neuwertes
Versicherung	0,5 % des Neuwertes bei selbstfahrenden Maschinen
Variable Kosten	
Variable Kosten je Arbeitsgang	Akh/ha (Anspruch des durchgeführten Arbeitsganges) \times Reparaturkosten/h + (Diesel l/ha \times Faktor Flächengröße) \times 0,65/0,75/0,85 €/l (Jahr 2003/2004/2005 Dieselpreis €/l nach Abzug der Gasölverbilligung)

Quelle: KTBL Datensammlung versch. Jahrgänge

Anschaftung teurere Maschinen. Die erforderliche Bodenbearbeitungstechnik setzt dann einen hohen Leistungsbedarf bei den Schleppern voraus. Somit ergibt sich für die Betriebe eine Eigenmechanisierung in den Bereichen der Bodenbearbeitung, der Aussaat, der Pflege, der Düngung und des Transportes. Lediglich für den Drusch und die Kalkung wurden die durchschnittlichen Lohnunternehmersätze der KTBL-Datensammlung genutzt. Bei der Mechanisierung des 75 ha Betriebes am Standort in Bayern wird von dieser Vorgehensweise abgewichen. Da eine Eigenmechanisierung vielfach bei dieser Betriebsgröße nicht rentabel ist, wird bei dieser Modellbetriebsgröße die Bodenbearbeitung und Aussaat ebenfalls durch einen Lohnunternehmer erledigt. Die Berechnung der Maschinenkosten ist in Tabelle 24 dargestellt. In Abhängigkeit von der Auslastung erfolgte die Abschreibung nach Leistung bzw. nach Zeit (KTBL-Datensammlung 2005, STEINHAUSER et al. 1992, REISCH und ZEDDIES 1983). Zur Berechnung der Treibstoffkosten wurden für die Jahre 2003-2005 unterschiedliche Preise in Ansatz gebracht. Im Jahr 2003 lag der durchschnittliche Dieselpreis abzüglich der Gasölverbilligung (0,22 €/l) bei ca. 0,65 €/l, 2004 bei ca. 0,75 €/l und 2005 (bis einschließlich September) bei 0,85 €/l (ANONYM 5). Die eingesetzte Arbeitszeit wird zunächst pauschal mit 15 Euro pro Arbeitskraftstunde entlohnt. Neben der Ernte wird die Kalkung über die in den KTBL-Datensammlungen angegebenen durchschnittlichen Lohnunternehmersätze verrechnet. Da diese Punkte keinen Einfluss auf die Bodenbewirtschaftungssysteme haben, wurden diese Arbeitsgänge in den Modellbetrieben ausgelagert. Die Verrechnungssätze sind in Tabelle 25 aufgeführt.

Tab. 25: Preise (€) je Hektar und Jahr für angesetzte Dienstleistungen durch den Lohnunternehmer

Mähdrusch von Getreide	114,5
Mähdrusch von Raps	129,5
Kalkung (Einmal pro Fruchtfolgeumlauf)	12,0

Quelle: KTBL Datensammlung versch. Jahrgänge

Im Rahmen der Diskussion dieser Arbeit sollen die nach der vorgestellten Methode erarbeiteten Ergebnisse hinsichtlich ihrer Stabilität näher analysiert werden. Dazu wurden folgende Parameter aus den Bereichen der Leistungen und Kosten ausgewählt:

- Auswirkungen unterschiedlicher Weizenpreise auf die Wirtschaftlichkeit
- Auswirkungen unterschiedlicher Körnerleguminosenerträge auf die Wirtschaftlichkeit
- Auswirkungen unterschiedlicher Entlohnung der eingesetzten Arbeitszeit auf die Wirtschaftlichkeit

4 Ergebnisse der Bodenbewirtschaftungssysteme

4.1 Standort Soest

4.1.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme

Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug

Das Bewirtschaftungssystem 1a Pflug zeichnet sich auf dem Standort Soest in den drei Versuchsjahren durch stabile Erträge aus (Tab. 26). Im 3-jährigen Mittel ergibt sich ein durchschnittlicher Rapserttrag von 44,7 dt/ha. Die Ertragsschwankungen des Rapses zwischen den Einzeljahren sind allerdings etwas höher als beim Blattfrucht- und Stoppelweizen. Der erste Stoppelweizen erreicht in allen Prüffahren das Ertragsniveau des Blattfruchtweizens. Der Ertrag des 2. Stoppelweizens fällt etwas geringer aus, zurückzuführen auf das Ertragsergebnis 2003.

Tab. 26: Erträge im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Soest, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	2. Stoppelweizen
2003	40,8	102,0	104,6	96,5
VK (n=6)	8,4	5,3	14,8	5,6
2004	44,5	102,7	103,4	103,7
VK (n=6)	3,9	1,6	1,3	3,4
2005	48,8	94,2	91,6	92,1
VK (n=6)	7,6	1,8	1,3	2,7
Mittel 2003-2005	44,7	99,6	99,9	97,4
VK (n=3)	8,9	5,6	6,9	6,0

VK = Variationskoeffizient

In den darauf folgenden Jahren sind keine Unterschiede zwischen dem 1. und dem 2. Stoppelweizen fest zu stellen. Die niedrigen Variationskoeffizienten, die sich aus der Ertragsermittlung in Form der Kernbeerntung (n=6) mit dem Parzellenmähdrescher in den

Tab. 27: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Soest, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,1	4,2	4,7	42,7	39,8	40,4	43,3	40,7	39,9	43,5	42,8	39,5
Feldaufgang %	97	67	88	98	87	94	99	85	85	98	79	87
VK (n=8)	11,3	12,7	19,6	14,6	10,1	12,3	13,2	13,1	12,2	8,6	14,0	12,3
Ähren/m_	-	-	-	543	602	596	506	522	565	530	543	529
VK (n=8)	-	-	-	11,1	10,7	7,3	11,2	12,9	8,5	13,3	11,3	14,4
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Grubber 10 cm			Grubber 10 cm			Grubber 10 cm			Grubber 10 cm		
Grundbodenbearbeitung	Pflug 25 cm			Pflug 25 cm			Pflug 25 cm			Pflug 25 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	Garegge 8 cm Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm		

Einzeljahren ergeben, lassen auf gleichmäßige Pflanzenbestände schließen. Standortvoraussetzungen und die angepasste Produktionstechnik führen zu hohen und sicheren Erträgen.

Die Zählungen und Messungen der Ertragsstrukturparameter sind in Tabelle 27 dargestellt. Die ermittelten Feldaufgänge sind als gut zu beurteilen. Lediglich der Feldaufgang beim Raps ist im Erntejahr 2004 bedingt durch trockene Boden- und Witterungsverhältnisse im August nur unterdurchschnittlich. Tendenziell ist im Blattfruchtweizen eine höhere Bestandesdichte ausgezählt worden. Der relativ geringe Variationskoeffizient der einzelnen Zählungen zeigt die Homogenität der Bestände. Lager ist in diesem Prüfsystem in keinem Jahr aufgetreten. Zu allen Kulturen ist eine wendende, etwa 25 cm tiefe Bodenbearbeitung mit dem Pflug durchgeführt worden. Die Sekundärbodenbearbeitung erfolgte mit herkömmlicher Technik.

Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend

Der Rapsertag in diesem Anbausystem liegt im Mittel der Jahre bei 43,4 dt/ha. Mit einem Variationskoeffizienten von 13,6 wird die im Vergleich zum Weizen geringere Ertragstreue des Rapses deutlich. Bei der Analyse der Weizenerträge wird eine Abstufung in Abhängigkeit von der Fruchtfolgestellung ersichtlich. Zwischen dem Blattfruchtweizen und dem ersten Stoppelweizen sind im Mittel der Jahre 2,6 dt/ha geringere Erträge zu verzeichnen. Beim zweiten Stoppelweizen fallen die Erträge gegenüber dem Blattfruchtweizen um 4,8 dt/ha ab. Im Gunstjahr 2004 übertreffen die Stoppelweizenerträge das Niveau des Blattfruchtweizens.

Tab. 28: Erträge im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	2. Stoppelweizen
2003	36,6	105,4	89,4	91,4
VK(n=6)	8,5	9,3	7,2	6,2
2004	46,5	99,1	105,5	102,6
VK(n=6)	3,9	4,8	3,0	3,2
2005	47,1	93,0	94,6	89,3
VK(n=6)	7,3	4,8	1,98	5,5
Mittel 2003-2005	43,4	99,2	96,6	94,4
VK(n=3)	13,6	6,3	8,5	7,1

VK = Variationskoeffizient

Auch in dieser pfluglos bestellten wintergetreidebebetonten Fruchtfolge sind auf diesem Standort gute Feldaufgänge nachzuweisen (Tab. 29). Unterdurchschnittlich ist lediglich der Feldaufgang beim Raps im Erntejahr 2004. Durch die hohe Kompensationsfähigkeit des Rapses ist hierdurch dennoch keine Begrenzung des Ertrages zu erwarten. Tendenziell weist der Stoppelweizen eine etwas geringere Bestandesdichte auf. Lager ist in keinem

Versuchsjahr aufgetreten. Die Bodenbearbeitungsintensität ist der jeweiligen Anbaufolge angepasst. Zu Weizen nach Raps erfolgte nur ein Arbeitsgang, ausgelöst durch den hohen Schneckendruck nach Raps. Zum Stoppelweizen und Raps ist der Boden nach der Strohzerkleinerung zweimal zur Förderung der Strohhotte bearbeitet worden. Sowohl die Ertragsergebnisse als auch die erhobenen Pflanzenbau-Parameter belegen, dass die pflanzenbaulichen Anforderungen bei der pfluglosen Bodenbearbeitung in engen Fruchtfolgen erfüllt werden.

Tab. 29: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	3,7	4,1	4,6	43,8	41,8	39,6	42,9	43,5	39,6	41,7	43,5	41,0
Feldaufgang	89,0	68,0	82,4	97,2	84,8	91,6	84,4	88,1	94,1	91,2	85,6	95,1
VK (n=8)	13,4	16,1	23,8	11,1	15,2	12,3	19,1	17,8	3,4	12,9	15,9	10,5
Ähren/m_	-	-	-	515	569	565	547	520	563	546	544	549
VK (n=8)	-	-	-	6,9	11,9	8,5	19,7	9,1	5,5	12,9	8,5	6,9
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Stroh mulchen			Kurzscheibenegge 5cm			Stroh mulchen			Stroh mulchen		
Stoppelbearbeitung	Kurzscheibenegge 5cm			---			Kurzscheibenegge 5cm			Kurzscheibenegge 5cm		
Sekundärbodenbearbeitung	Federzinkenegge 8cm			---			Federzinkenegge 8cm			Federzinkenegge 8cm		

Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend

Die in diesem Pflanzenbausystem ermittelten Erträge sind in Tabelle 30 dargestellt. Raps nach Körnererbsen zeichnet sich durch gleichmäßige Erträge aus. Im Mittel der Jahre werden 43,6 dt/ha erzielt. Der Ertrag des Blattfruchtweizens ist mit 101,9 dt/ha im Mittel um 5,1 dt/ha höher als der des Stoppelweizens. Neben den geringeren Erträgen sind auch höhere Ertragsschwankungen beim Stoppelweizen fest zu stellen. Starker Taubenfraß während der

Tab. 30: Erträge im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	Körnererbsen
2003	40,3	99,4	89,4	53,9
VK (n=6)	5,9	9,4	6,5	14,2
2004	45,9	106,2	105,5	(30,7*)
VK (n=6)	3,9	0,1	3,0	20,5
2005	44,6	100,2	95,1	47,7
VK (n=6)	7,8	1,1	2,0	13,5
Mittel 2003-2005	43,6	101,9	96,8	50,8
VK (n=3)	6,7	3,6	8,8	6,1

*Starke Taubenschäden, nicht im Mittelwert einbezogen

VK = Variationskoeffizient

gesamten Vegetationszeit 2004 führte an den Körnererbsen zu deutlichen Schäden. Daher wird dieses Versuchsjahr für die weitere Auswertung außer Betracht gelassen.

Tabelle 31 zeigt die Ergebnisse verschiedener Zählungen und Messungen. Der Feldaufgang beim Raps ist im Jahr 2004 witterungsbedingt unterdurchschnittlich. Der Auflauf der Körnererbsen liegt zwischen 74,5 – 78,0 Prozent. Der etwas höhere Variationskoeffizient der ährentragenden Halme/m₂ im Fruchtfolgefild Stoppelweizen im Jahr 2003 deutet auf eine ungleichmäßigere Bestandesetablierung hin. Raps nach Körnererbse ist in zwei Versuchsjahren in Direktsaat bestellt worden. Geringe Strohmenngen und eine gute Bodenstruktur ermöglichen diese Vorgehensweise. Zu Blattfruchtweizen und Erbsen wurde maximal eine Bearbeitung durchgeführt. Lediglich der Stoppelweizenanbau erfordert eine intensivere Bodenbearbeitung.

Tab. 31: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Fruchtfolgefild	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			Körnererbsen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,5	3,9	4,7	44,0	41,5	39,3	41,1	44,1	40,3	237	268	273
Feldaufgang	87,7	65,0	83,6	99,9	83,7	91,6	84,6	85,6	94,9	78,0	79,8	74,5
VK n=8	11,9	27,5	20,1	11,4	15,4	10,6	18,4	22,9	14,7	12,4	13,9	14,5
Ähren/m ₂	-	-	-	547	594	623	485	526	516	-	-	-
VK n=8	-	-	-	8,6	9,1	8,93	16,9	15,6	10,8	-	-	-
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	60	93
Stoppelbearbeitung	2003 Kurzscheibenegge 5cm			Kurzscheibenegge 5cm			Stroh mulchen			2003 und 2005 Kurzscheibenegge 5cm		
Stoppelbearbeitung	---			---			Kurzscheibenegge 5cm			---		
Sekundärbodenbearbeitung	---			---			Federzinkenegge 8cm			---		

Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend

Die Ertragsleistung vom Raps liegt im Mittel der Jahre bei 43,6 dt/ha mit stärkeren Schwankungen in den Einzeljahren zwischen 36,6 und 51,1 dt/ha (Tab. 32). Die Erträge des ersten und zweiten Blattfruchtweizens stimmen gut überein, in beiden Fruchtfolgefildern sind nur geringe Ertragschwankungen über die Jahre zu verzeichnen. Der Ertrag der Ackerbohnen liegt im 3-jährigen Mittel bei 59,4 dt/ha. Der Ertragseinbruch im Jahr 2003 ist auf die Witterungsbedingungen während der Abreife zurück zu führen. Durch die sehr hohen Temperaturen kam es zur beschleunigten Abreife mit deutlich negativen Rückwirkungen auf die Phase der Kornfüllung und letztlich das Tausendkorngewicht.

Tab. 32: Erträge im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	Ackerbohnen	Blattfruchtweizen
2003	36,6	101,2	46,6	100,2
VK (n=6)	9,1	6,5	10,4	6,4
2004	51,1	99,4	66,5	99,7
VK (n=6)	3,7	1,2	11,3	10,0
2005	43,0	100,9	65,0	94,8
VK (n=6)	8,2	2,5	13,9	3,4
Mittel 2003-2005	43,6	100,5	59,4	98,2
VK (n=3)	16,6	1,0	18,7	3,0

VK = Variationskoeffizient

Zählungen und Messungen in Tabelle 33 belegen eine gute Bestandesetablierung aller angebauten Kulturen. Lediglich Raps weist im Jahr 2004 wie auch in den anderen Bewirtschaftungssystemen einen unterdurchschnittlichen Feldaufgang auf. Die sehr frühe Ackerbohnenaussaat ab Anfang Februar hat in keinem Versuchsjahr einen negativen Einfluss auf den Feldaufgang. Zu Raps nach Weizen ist in dieser Anbaufolge eine intensivere Bodenbearbeitung zur Minimierung mechanischer Keimhemmnisse durch die Ernterückstände notwendig. Nach der Strohzerkleinerung erfolgte eine zweimalige Bearbeitung. Zu Weizen nach Raps erforderte der hohe Schneckendruck ebenfalls eine Bodenbearbeitung. Leicht zersetzbare Ernterückstände in Kombination mit einer guten Bodenstruktur ermöglichen in Einzeljahren eine Direktsaat des Weizens nach Ackerbohnen.

Tab. 33: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			Ackerbohnen			Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	3,7	4,4	4,6	41,6	41,9	41,2	301,8	480,0	395,6	48,0	40,2	40,6
Feldaufgang	82,5	69,0	99,9	99,9	83,0	88,2	83,6	88,9	91,2	93,1	93,7	76,5
VK n=8	10,6	13,1	7,6	14,1	13,1	18,5	11,8	10,9	12,4	14,0	10,3	16,8
Ähren/m_	-	-	-	547	611	623	-	-	-	647	524	621
VK n=8	-	-	-	19,7	7,5	6,9	-	-	-	12,0	5,9	10,4
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Stroh mulchen			Kurzscheibenegge 5 cm			2004 und 2005 Kurzscheibenegge 5 cm			2004 Kurzscheibenegge 5 cm		
Stoppelbearbeitung	Kurzscheibenegge 5 cm			---			---			---		
Sekundärbodenbearbeitung	Kurzscheibenegge 8 cm			---			---			---		

Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/ZF Konservierend

Der Ertrag des Hafers beträgt im Mittel der Jahre 72,0 dt/ha. Auffällig hoch ist der Variationskoeffizient des Ertrages im Jahr 2005. Nach einer sehr frühen Saat Anfang Februar führte eine lang anhaltende Regenperiode zu staunassen Bodenverhältnissen. Der Hafer reagierte darauf mit verzögertem Feldaufgang und ungleichmäßiger Bestandesetablierung. Der Ertrag des Blattfruchtweizens liegt im Durchschnitt bei 100,8 dt/ha und damit 3,8 dt/ha höher als der des Stoppelweizens. Sowohl der Stoppelweizen als auch der Blattfruchtweizen zeigen in dieser reinen Getreidefruchtfolge höhere Ertragsschwankungen zwischen den Jahren. Mit 80,8 dt/ha liegt der Ertrag des Roggens weit unter dem des Weizens. Insbesondere im Jahr 2004 charakterisiert der Variationskoeffizient von 18,4 Prozent die Heterogenität des Bestandes zur Zeit der Beerntung.

Tab. 34: Erträge im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/ZF Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Jahr	Hafer	Blattfruchtweizen	Stoppelweizen	Winterroggen
2003	78,8	102,6	87,6	81,5
VK (n=6)	12,4	7,0	8,7	12,4
2004	77,2	107,6	108,8	75,3
VK (n=6)	10,3	1,6	4,2	18,4
2005	60,0	92,3	93,4	85,7
VK (n=6)	21,4	2,8	7,9	10,6
Mittel 2003-2005	72,0	100,8	96,6	80,8
VK (n=3)	14,5	7,8	11,3	6,5

VK = Variationskoeffizient

Die begleitenden Erhebungen belegen die Ertragsheterogenität von Hafer und Roggen in einzelnen Jahren (Tab. 35). Hafer zeigt unter den schwierigen Bodenbedingungen im Frühjahr 2005 Probleme in der Jugendentwicklung. Der Feldaufgang ist mit 90,4 Prozent zwar gut, die Bestockung der Einzelpflanzen verlief allerdings sehr unterschiedlich. Das drückt auch der hohe Variationskoeffizient der Bestandesdichte im Jahr 2005 aus. Roggen weist in der abtragenden Fruchtfolge die größten Streuungen bei den erhobenen Parametern aus. Bei der angebauten Zwischenfrucht handelt es sich um ein Gemenge aus Ackerbohnen und Körnererbsen. Die Trockenmasseerträge dieser Zwischenfrucht bewegen sich je nach Jahr in einem Bereich von 35-45 dt/ha an oberirdischem Aufwuchs. Hohe Strohmenen, kurze Anbaupausen und phytosanitäre Aspekte erfordern zu Weizen und Roggen eine intensivere Bearbeitung. Hafer wurde nach einer längeren Anbaupause mit eingeschaltetem Zwischenfruchtanbau in Direktsaat bestellt.

Tab. 35: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/ZF Konservierend am Standort Soest, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Hafer			Blattfruchtweizen			Stoppelweizen			Winterroggen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	40,4	35,3	34,1	44,3	41,7	40,5	41,6	43,8	40,7	42,2	38,3	39,8
Feldaufgang VK n=8	74,6 14,0	91,7 14,1	90,4 7,8	94,6 16,4	84,1 9,3	87,6 16,0	80,8 16,4	88,1 15,9	91,9 14,3	83,3 16,4	53,9 41,2	80,6 8,9
Ähren/m_ VK n=8	460 16,3	341 12,0	403 17,4	592 28,9	569 10,7	596 7,3	510 19,5	576 8,5	571 9,4	535 16,7	382 19,5	523 9,8
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Stroh mulchen/ Zwischenfruchtsaat			Stroh mulchen			Stroh mulchen			Stroh mulchen		
Stoppelbearbeitung	---			Kurzscheibenegge 5 cm			Kurzscheibenegge 5 cm			Kurzscheibenegge 5 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	---			Federzinkenegge 8 cm			Federzinkenegge 8 cm			Federzinkenegge 8 cm		

4.1.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme

Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug

Der hohe Weizenanteil und die dadurch bedingten kurzen Anbaupausen zwischen den Hauptfruchtarten und die intensive Bodenbearbeitung haben ausgeprägte Arbeitsspitzen in den Monaten August, September und Oktober zur Folge. Für die termingerechte Arbeiterledigung sind in den Modellbetrieben die in Tabelle 36 aufgeführten Maschinen zur Bodenbearbeitung notwendig.

Tab. 36: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 138 KW
Drehpflug 2,1 m Kreiselegge/Drille 4,5 m Saatbettkombination 4 m Grubber 5 m Walze 4,5 m	Drehpflug 2,5 m Kreiselegge/Drille 6 m Saatbettkombination 6 m Grubber 5 m Walze 6 m
Maschinenneuwert 908 €/ha	Maschinenneuwert 841 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,8 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 4,1 Akh/ha

Der Maschinenneuwert liegt in dem 150 ha Modellbetrieb bei 908 €/ha und in dem 300 ha Modellbetrieb bei 841 €/ha. Die relativ geringe Differenz zwischen dem Maschinenneuwert in den Modellbetrieben ist auf die Notwendigkeit eines weiteren Schleppers im 300 ha Modellbetrieb zurück zu führen. Der Arbeitszeitbedarf in diesem Pflanzenbausystem beträgt je nach Betriebsgröße 4,8 beziehungsweise 4,1 Arbeitskraftstunden je Hektar.

Bei der Analyse der einzelnen Fruchtfolgefelder wird deutlich, dass trotz hoher Erträge die Markterlöse des Rapses die entstandenen Verfahrenskosten nicht decken können (Tab. 37). Die hohe Produktionsintensität des Rapses im Bereich der Stickstoffdüngung und des Pflanzenschutzmitteleinsatzes lassen die Direktkosten über das Niveau des Weizens steigen. Die höheren Kosten der Arbeitserledigung sind durch einen zusätzlichen Arbeitsgang zur Saatbettbereitung, mehr Überfahrten für Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen und höhere Kosten für den Mähdrusch zu begründen. Der Stoppelweizen verursacht 43 €/ha höhere Direktkosten als der Blattfruchtweizen. Der Einsatz einer Spezialbeize gegen Schwarzbeinigkeit, die Bekämpfung von Halmbruch und die höhere Stickstoffdüngung sind hierfür als Hauptgründe zu nennen. Da in diesem Prüfsystem bei der Bodenbearbeitung konsequent der Pflug zum Einsatz kommt, liegen die Kosten der Arbeitserledigung bei Weizen auf einheitlichem Niveau.

Im Mittel des Anbausystems liegt die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im 150 ha Modellbetrieb bei 44 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb bei 69 €/ha.

Tab. 37: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfrucht-weizen	1.Stoppel-weizen	2. Stoppel-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	883	955	959	933	932
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	883	955	959	933	932
Direktkosten					
Gesamt €/ha	430	376	419	419	411
Direktkostenfreie Leistung €/ha	452	579	540	514	521
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	498	470	470	470	477
DAL €/ha	-46	108	70	44	44
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	471	447	447	447	453
DAL €/ha	-18	132	93	68	69

Fruchtfolge 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend

Der hohe Wintergetreideanteil in dieser Fruchtfolge stellt hohe Anforderungen an das Produktionsmanagement bei pflugloser Bodenbearbeitung. Für eine termingerechte Arbeitserledigung müssen in den engen Arbeitsspannen schlagkräftige, mulchsaattaugliche Maschinen eingesetzt werden. Für die Modellbetriebe ergibt sich die in Tabelle 38 angegebene Mindestausstattung an Maschinen zur Bodenbearbeitung und Aussaat.

Tab. 38: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Konservierend RA-WW-WW-WW, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 83 KW	Schlepper 102 KW Schlepper 83 KW
Strohhäcksler 4 m Federzinkenegge 5 m Kurzscheibenegge 4 m Universaldrillmaschine 4 m Walze 4 m	Strohhäcksler 4 m Federzinkenegge 6 m Kurzscheibenegge 4 m Universaldrillmaschine 4 m Walze 4 m
Maschinenneuwert 799 €/ha	Maschinenneuwert 656 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,1 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,6 Akh/ha

Hohe Strohmenen (ca. 80 dt/ha TM) nach Weizen erfordern bei kurzen Anbaupausen für die Folgekultur ein Mindestmaß an Bodenbearbeitung. Um den Anforderungen einer möglichst kurzen Häcksellänge zu entsprechen, wird das Weizenstroh mit einem Strohhäcksler nach gehäckselt. Dadurch können die anschließenden Arbeitsgänge mit der Kurzscheibenegge und der Großfederzinkenegge sehr flach erfolgen, da das gehäckselte Stroh keine erheblichen saatechnischen Probleme verursacht. Allerdings erfordert der separate Arbeitsgang mit dem Strohhäcksler auch zusätzliche Schlepperleistung in Arbeitsspitzen.

Tabelle 39 beschreibt die Wirtschaftlichkeit der pfluglos bestellten wintergetreidebetonten Fruchtfolge. Die schlechtere Ertragsleistung des Stoppelweizens führt im Vergleich zum Blattfruchtweizen zu deutlich geringeren Erlösen. Raps erzielt in diesem Anbausystem die geringsten Markterlöse.

Die Strohausgleichsdüngung, der in Einzeljahren erhöhte Fungizidaufwand zur Bekämpfung von DTR und der Einsatz eines Totalherbizids sind als Konsequenz der pfluglosen Bestellung neben den üblichen Maßnahmen im Stoppelweizenanbau zu sehen. Insgesamt steigen die Direktkosten (Pflanzenschutz- und Düngemittelaufwand) des pfluglos bestellten Stoppelweizens im Vergleich zum Blattfruchtweizen um 36 €/ha. Raps liegt in den Direktkosten zwischen Stoppel- und Blattfruchtweizen.

Auch bei den Arbeiterledigungskosten ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Kulturen. Pflanzenbauliche Effekte der Anbaufolge kommen hier zum Ausdruck. Weizen nach Raps ist mit geringer Bearbeitungsintensität und geringerem Zeitaufwand zu bestellen. Stoppelweizen erfordert ein intensiveres Strohmanagement und eine intensivere Bearbeitung mit der Folge deutlich höherer Kosten. Die Arbeiterledigungskosten steigen um 23 €/ha im Vergleich zum Blattfruchtweizen.

Blattfruchtweizen erzielt mit 146 bzw. mit 178 €/ha die höchste DAL. Der erste und zweite Stoppelweizen fallen dagegen ab. Raps erreicht im direkten Vergleich der Fruchtfolgefelder niedrigste DAL. Die Erlöse des Rapses können im 150 ha Modellbetrieb die entstandenen Verfahrenskosten nicht decken. Im Mittel des Bewirtschaftungssystems wird eine DAL von 57 beziehungsweise 90 €/ha erzielt.

Tab. 39: Direkt- und arbeitsersparungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b RA-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfrucht-weizen	1.Stoppel-weizen	2.Stoppel-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	853	952	923	904	908
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	853	952	923	904	908
Direktkosten					
Gesamt €/ha	426	408	444	444	430
Direktkostenfreie Leistung €/ha	427	544	480	460	478
Arbeitsersparungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	441	398	421	421	420
DAL €/ha	-14	146	58	39	57
Arbeitsersparungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	407	366	389	389	388
DAL €/ha	20	178	91	71	90

Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-KE Konservierend

Die Auflockerung der Fruchtfolge in Form eines Doppelfruchtwechsels hat weitreichende Konsequenzen auf die Maschinenausstattung (Tab. 40). Durch die Entzerrung der Arbeitsspitzen und durch die extensive Bodenbearbeitung nach Blattfrüchten und zu Sommerungen kann die Mechanisierung der Modellbetriebe kostengünstig organisiert werden. Der Maschinenneuwert beträgt im 150 ha Modellbetrieb 637 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb 487 €/ha. Auch im 300 ha Modellbetrieb ist mit einem Schlepper eine termingerechte Arbeitsersparung zu organisieren.

Tab. 40: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Konservierend RA-WW-WW-KE, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 73 KW	Schlepper 102 KW
Strohhäcksler 3 m	Strohhäcksler 4 m
Federzinkenegge 4 m	Federzinkenegge 6 m
Kurzscheibenegge 3 m	Kurzscheibenegge 4 m
Universaldrillmaschine 3 m	Universaldrillmaschine 4 m
Walze 3m	Walze 4 m
Maschinenneuwert 637 €/ha	Maschinenneuwert 487 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,6 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,8 Akh/ha

Die ökonomische Bewertung dieses Bewirtschaftungssystems ist in Tabelle 41 dargestellt. Beim Blattfruchtweizen können die höchsten Erlöse verzeichnet werden, deutlich geringere dagegen im Fruchtfolgefild Körnererbsen. Auch die Eiweißpflanzenprämie von 56 €/ha kann die Marktfruchtleistung nicht ausgleichen.

Raps verursacht im Mittel der Jahre Direktkosten von 394 €/ha. Durch den Anbau nach Körnererbsen kann die Stickstoffdüngung reduziert werden und eine Bekämpfung von Ausfallgetreide entfallen. Dies senkt insgesamt die Direktkosten des Rapses. Stoppelweizen verursacht 36 €/ha höhere Direktkosten als Blattfruchtweizen. Körnererbsen zeichnen sich durch die geringsten Direktkosten in diesem System aus.

Für den 150 ha Modellbetrieb wurden Arbeitserledigungskosten von 381 €/ha und für den 300 ha Modellbetrieb 343 €/ha im Mittel des Anbausystems berechnet. Stoppelweizen verursacht durch die höhere Bodenbearbeitungsintensität die höchsten Kosten. Raps, Blattfruchtweizen und Körnererbsen können dagegen durch die geringen Strohmenen der jeweiligen Vorfrucht beziehungsweise aufgrund der längeren Phasen der Bodenruhe und Strohrotte mit geringer Eingriffsintensität in den Boden und damit kostengünstiger bestellt werden.

Die Fruchtfolge 2 erreicht in Abhängigkeit von der Flächenausstattung der Modellbetriebe eine DAL von 91 beziehungsweise 129 €/ha. Dabei weisen der nach Raps angebaute Weizen und Raps nach Körnererbsen die höchste Rentabilität auf.

**Tab. 41: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) in der Fruchtfolge 2
RA-WW-WW-KE Konservierend, 2003-2005**

Fruchtfolgefild	Raps	Blattfrucht-weizen	1.Stoppel-weizen	K.-Erbsen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	861	976	926	551*	828
EU-Prämie €/ha	0	0	0	56	14
Gesamt €/ha	861	976	926	607	842
Direktkosten					
Gesamt €/ha	394	408	444	234	370
Direktkostenfreie Leistung €/ha	467	568	482	373	472
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	382	363	425	355	381
DAL €/ha	85	206	57	18	91
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	349	324	379	321	343
DAL €/ha	118	244	103	52	129

*Erlös im Mittel 2003 und 2005

Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-AB-WW Konservierend

Tabelle 42 beinhaltet die für das Anbausystem notwendige Ausstattung der Modellbetriebe an Zugmaschinen und der Technik zur Bodenbearbeitung bzw. Aussaat. Da der Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht die pflanzenbauliche Umsetzung bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat optimiert und ausreichende Strohrottephasen schafft, kann die Bodenbearbeitungsintensität bis hin zur Direktsaat reduziert werden. Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge ergibt sich die dargestellte Maschinenausstattung.

Tab. 42: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3 RA-WW-AB-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 73 KW	Schlepper 83 KW Schlepper 67 KW
Strohhäcksler 3 m Kurzscheibenegge 3 m Universaldrillmaschine 3 m Walze 3m	Strohhäcksler 3 m Kurzscheibenegge 3 m Universaldrillmaschine 3 m Walze 3 m
Maschinenneuwert 625 €/ha	Maschinenneuwert 481 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,5 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,1 Akh/ha

Der Maschinenneuwert liegt im 150 ha Modellbetrieb bei 625 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb bei 481 €/ha. Der Arbeitskraftbedarf beträgt 3,5 beziehungsweise 3,1 Akh/ha.

Tabelle 43 zeigt die Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Bewirtschaftungssystems. Weizen erzielt im Mittel der Jahre die höchsten Erlöse, gefolgt von Raps. Die Erlöse der Ackerbohnen fallen dagegen ab.

Tab. 43: Direkt- und arbeits erledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3 RA-WW-AB-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfrucht-weizen	Acker-bohnen	Blattfrucht-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	856	963	612	942	843
EU-Prämie €/ha	0	0	56	0	14
Gesamt €/ha	856	963	668	942	857
Direktkosten					
Gesamt €/ha	426	408	279	408	380
Direktkostenfreie Leistung €/ha	429	556	388	534	477
Arbeits erledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	426	372	345	351	374
DAL €/ha	3	184	44	183	103
Arbeits erledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	396	347	327	326	349
DAL €/ha	34	209	62	208	128

Da der Weizen in dieser Fruchtfolge in einer sehr günstigen Anbausituation steht, kann der Produktionsmitteleinsatz minimiert werden, mit unmittelbarer Auswirkung auf die Direktkosten. Raps weist die höchsten Direktkosten in diesem System auf. Durch die geringe Dünge- und Pflanzenschutzintensität bei der Produktion der Ackerbohnen sind die Direktkosten dieses Fruchtfolgefeldes niedriger.

Die Wechselwirkungen zwischen der Fruchtfolge und der notwendigen Bodenbearbeitungsintensität haben deutliche Rückwirkungen auf die Kosten der Arbeitserledigung. Lediglich zu Raps nach Weizen ist eine intensivere Bodenbearbeitung notwendig, um die Ernterückstände in den Boden einzumischen („zu verdünnen“) und somit einen sicheren Feldaufgang zu gewährleisten. Dies macht sich in den höheren Arbeitserledigungskosten beim Raps bemerkbar. Der Weizenanbau nach Raps und Ackerbohnen mit entsprechend langer Anbaupause und leicht zersetzbaren Ernterückständen ermöglicht eine Begrenzung der Bodenbearbeitungsintensität. Nach Ackerbohnen wurde der Weizen in Einzeljahren in Direktsaat bestellt. Zu Weizen nach Raps ist dagegen eine Bodenbearbeitung zur Reduktion der Schneckenpopulation notwendig gewesen. Daher sind die Arbeitserledigungskosten in diesem Fruchtfolgefeld höher als beim zweiten Blattfruchtweizen.

Der Weizenanbau ist in diesem Bewirtschaftungssystem mit dem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht durch eine relativ hohe ökonomische Effizienz gekennzeichnet. Der Vergleich der Blattfrüchte macht deutlich, dass die Ackerbohne aufgrund der niedrigen Produktionskosten und gleichzeitig hohen Erträgen in der Rentabilität dem kostenintensiven Rapsanbau monetär überlegen ist.

Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WW-WRo/ZF Konservierend

Die notwendige Mechanisierung dieses Bewirtschaftungssystems zeigt Tabelle 44. In dieser reinen Getreidefruchtfolge fallen hohe Mengen an Ernterückständen an. Für eine störungsfreie Aussaat ist daher ein Mindestmaß an Bodenbearbeitung notwendig. Eine Direktsaat mit Scheibenschartechnik ist nur bei ausreichend langen Strohrottephasen oder nach Blattfrüchten erfolgsversprechend. Deshalb kann in diesem Bewirtschaftungssystem lediglich Hafer mit geringer Eingriffintensität in den Boden bestellt werden. Zu Weizen und Roggen ist nach der Strohzerkleinerung eine zweimalige Bodenbearbeitung notwendig. Damit wird auch der Forderung nach einer intensiveren Bearbeitung aus phytosanitären Gründen entsprochen. Die notwendigen Bearbeitungsgänge zur Minimierung pflanzenbaulicher Problemfelder und die

Zwischenfruchtsaat binden in den Monaten August, September und Oktober in dieser Getreidefruchtfolge Arbeitskräfte und erfordern somit schlagkräftigere Maschinen.

Tab. 44: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 4 HA-WW-WW-WRO/ZF Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW	Schlepper 102 KW Schlepper 102 KW
Strohhäcksler 4 m Federzinkenegge 5 m Kurzscheibenegge 4 m Universaldrillmaschine 3 m Walze 3m	Strohhäcksler 4 m Federzinkenegge 5 m Kurzscheibenegge 4 m Universaldrillmaschine 4 m Walze 4 m
Maschinenneuwert 814 €/ha	Maschinenneuwert 682 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,1 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,5 Akh/ha

Hafer übernimmt im Bewirtschaftungssystem zusammen mit der Zwischenfrucht die Stellung der tragenden Blattfrucht. Aus pflanzenbaulicher Sicht kann die Zwischenfrucht in dieser Fruchtfolge ihre positiven Wirkungen voll entfalten. Allerdings bindet die Aussaat der Zwischenfrucht in der arbeitintensiven Zeit im August Maschinenkapazitäten, obwohl die Zwischenfruchtsaat mit einer Direktsaatdrillmaschine äußerst schlagkräftig durchgeführt wird. Dennoch müssen dafür im 150 ha Modellbetrieb 27,9 Arbeitskraftstunden und im 300 ha großen Modellbetrieb 43,2 Arbeitskraftstunden eingeplant werden.

Tab. 45: Direkt- und arbeiterledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 4 HA-WW-WW-WRO/ZF Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Hafer	Blattfrucht-weizen	Stoppel-weizen	Roggen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	648	966	923	682	805
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	648	966	923	682	805
Direktkosten					
Gesamt €/ha	246	407	443	341	359
Direktkostenfreie Leistung €/ha	402	559	480	341	446
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	376	433	435	415	415
DAL €/ha	25	126	45	-73	31
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	345	395	397	379	379
DAL €/ha	57	164	83	-37	67

In Tabelle 45 ist die Wirtschaftlichkeit des Bewirtschaftungssystems dargestellt. Blattfrucht- und Stoppelweizen erzielen deutlich höhere Erlöse als Roggen und Hafer.

Hafer hat mit 246 €/ha die geringsten Direktkosten. Weizen nach Hafer wurde produktionstechnisch weitgehend wie Weizen nach typischen Blattfrüchten behandelt. Die

Direktkosten des Stoppelweizens steigen durch die höhere Stickstoffdüng- und Pflanzenschutzintensität an. An den Direktkosten des Roggens hat das Hybridsaatgut einen hohen Anteil. Pflanzenschutz- und Düngekosten sind in diesem Fruchtfolgefeld im Vergleich zum Stoppelweizen relativ gering.

Durch die Direktsaat des Hafers im Frühjahr sind die Arbeitserledigungskosten im Vergleich zu den anderen Fruchtfolgefeldern geringer. Die Arbeitserledigungskosten bei Roggen und Weizen steigen durch die notwendigen Bearbeitungsmaßnahmen an.

Hafer erreicht durch die geringen Produktionskosten und hohen Erträge im Mittel der Jahre eine Rentabilität, die ohne Ansatz eines Vorfruchtwertes fast das Niveau des Stoppelweizens erreicht. Blattfruchtweizen erzielt in diesem Anbausystem die höchste DAL. Stoppelweizen fällt dagegen durch die höheren Kosten und geringeren Erträge ab. Die schwierige Marktsituation und die vergleichsweise geringen Erlöse belasten die Rentabilität des Roggenanbaus und letzten Endes der gesamten Fruchtfolge.

4.2 Standort Freising

4.2.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme

Die Versuchsanlage in Weihenstephan lässt eine varianzanalytische Auswertung der Daten zu. Die Ertragsdarstellung der einzelnen Fruchtfolgen erfolgt in Anlehnung an die Vorgehensweise bei den anderen Standorten. Im weiteren Verlauf werden dann die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung kulturartenspezifisch dargestellt.

Bewirtschaftungssystem 1 Ra-WW-WW-WW Pflug und Konservierend

In der winterweizenbetonten Fruchtfolge 1 sind am Standort Freising im Mittel der Jahre deutliche Ertragsunterschiede sowohl zwischen den Bodenbearbeitungssystemen als auch Fruchtfolgeeffekte bei Weizen nachzuweisen (Tab. 46). Unabhängig von der Fruchtfolgestellung sinken die Erträge durch die pfluglose Bodenbearbeitung. Bei Raps beträgt die Differenz zwischen den Systemen der Bodenbearbeitung im Mittel der Jahre 5,2 dt/ha. Besonders auffällig ist der Ertragsunterschied in 2003. Blattfruchtweizen erreicht bei intensiverer Bodenbearbeitung im Pflugsystem im Mittel der Jahre 18,4 dt/ha höhere Erträge als bei Mulchsaat. In den feuchteren Jahren 2004 und 2005 sind die Unterschiede besonders deutlich ausgeprägt. Der erste und zweite Stoppelweizen unterscheiden sich hingegen nicht. Im Mittel der beiden Fruchtfolgefelder Stoppelweizen sind beim Pflugverzicht 10,1 dt/ha geringere Erträge zu verzeichnen.

Tab. 46: Erträge in Fruchtfolge 1 in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps		Blattfruchtweizen		1. Stoppelweizen		2. Stoppelweizen	
	P	K	P*	K	P	K	P	K
2003	35,3	25,2	65,3	53,4	45,9	45,0	49,0	44,6
2004	54,2	50,4	100,3	82,2	96,5	84,7	80,8	85,4
2005	48,6	46,7	100,7	75,7	55,5	35,5	65,7	37,5
Mittel 2003-2005	46,0	40,8	88,8	70,4	66,0	55,1	65,2	55,8

P= Pflug, K= Konservierend, P*= Bestellung nach tiefer Bearbeitung mit dem Grubber

Tabelle 47 zeigt die Erhebungen zur Ertragsstruktur im Pflugsystem. Der Feldaufgang ist in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf befriedigend bis gut. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Bestandesdichte. Unter den trockenen Verhältnissen im Jahr 2003 sind weniger ährentragende Halme je Quadratmeter ermittelt worden. Zu Raps und Stoppelweizen erfolgte im Pflugsystem eine wendende Bodenbearbeitung, zu Weizen nach Raps ist der Pflug durch eine tiefere Bearbeitung mit dem Grubber ersetzt worden. In Einzeljahren mußte vor Raps und Stoppelweizen eine zweimalige Saatbettbereitung erfolgen, um ein ausreichend feinkrümeliges Saatbett zu erstellen.

Tab. 47: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,8	3,9	4,1	39,0	44,7	41,0	37,3	42,0	34,8	38,4	37,8	35,8
Feldaufgang %	74	69	93	70	82	90	56	93	97	57	95	93
VK (n=8)	11,9	11,1	11,5	14,2	13,2	8,5	13,5	8,6	10,6	23,0	10,4	10,3
Ähren/m_	-	-	-	475	484	466	432	444	416	416	417	479
VK (n=8)	-	-	-	11,2	12,2	12,1	13,4	10,2	13,3	11,0	9,1	12,5
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm		
Grundbodenbearbeitung	Pflug 25 cm			Grubber 18 cm			Pflug 25 cm			Pflug 25 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	2003 und 2004 2x Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			2003 2x Kreiselegge 6 cm		

Bei der pfluglosen Bestellung in Fruchtfolge 1 (Tab. 48) sinkt der Feldaufgang bei den einzelnen Kulturen. Auch sind höhere Variationskoeffizienten zu verzeichnen, was auf eine ungleichmäßigere Bestandesetablierung hin deutet. Die Bestandesdichte, besonders bei Stoppelweizen, ist in Einzeljahren nicht mehr ausreichend. Trotz angepaßter Produktionstechnik (Kap. 4.3) war ein extrem hoher Krankheitsdruck im Stoppelweizen bei

pflugloser Bestellung zu dokumentieren. Unzureichende Bestandesdichten und niedrige Tausendkorngewichte erklären die geringen Erträge des Stoppelweizens.

Tab. 48: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	5,0	4,2	3,9	35,5	41,0	37,6	34,4	41,8	28,7	34,4	39,0	30,7
Feldaufgang %	63	57	89	37	74	92	58	85	77	55	92	80
VK (n=8)	13,2	13,0	13,9	26,4	11,3	8,9	14,7	11,1	11,5	17,7	12,4	13,9
Ähren/m_	-	-	-	410	455	438	432	434	310	390	384	330
VK (n=8)	-	-	-	14,8	10,7	10,2	11,2	11,6	16,4	11,2	12,3	15,9
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1. Stoppelbearbeitung	Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5cm		
2. Stoppelbearbeitung	Grubber 12 cm			---			Grubber 12 cm			Grubber 12 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	Kreiselegge 6 cm			---			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm		

Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-KE-WW Pflug und Konservierend

Im Anbausystem 2 treten auch bei dem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht bei Raps und Weizen erhebliche Ertragsunterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten auf, bei Körnererbsen sind die Ertragsdifferenzen relativ gering. Die Fruchtfolgeerweiterung mit Körnererbsen führt in etwa zu gleichen Weizenerträgen nach den Blattfrüchten. Im Trockenjahr 2003 konnten in allen Fruchtfolgefeldern nur deutlich niedrigere Erträge ermittelt werden.

Tab. 49: Erträge in Fruchtfolge 2 in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps		1.Blattfruchtweizen		K.-Erbsen		2.Blattfruchtweizen	
	P	K	P*	K	P	K	P	K
2003	35,7	29,4	66,6	58,9	32,6	30,4	70,3	64,3
2004	53,1	49,7	100,8	88,6	62,6	64,2	104,4	88,6
2005	47,7	44,7	99,9	83,5	56,1	44,3	88,9	67,5
Mittel 2003-2005	45,5	41,3	89,1	77,0	50,4	46,3	87,9	73,5

P= Pflug, K= Konservierend, P*= Bestellung nach tiefer Bearbeitung mit dem Grubber

Trockene Bodenverhältnisse im Herbst 2003 führten zu dem in Tabelle 50 angegebenen geringen Feldaufgang. In den Folgejahren ist dagegen eine gleichmäßige Bestandesetablierung erreicht worden. Bei Körnererbsen ist in allen Versuchsjahren ein guter Feldaufgang festzustellen. Die Bestandesdichte des ersten und zweiten Blattfruchtweizens ist

in Abhängigkeit von der Jahreswitterung als gleichmäßig an zu sehen. Zu allen Kulturen ist in diesem Anbausystem eine tiefere Bodenbearbeitung durchgeführt worden. Die Grundbodenbearbeitung zum ersten Blattfruchtweizen erfolgte allerdings nicht mit dem Pflug sondern mit einem Tiefengrubber.

Tab. 50: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1.Blattfruchtweizen			K.-Erbsen			2.Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,5	4,3	4,1	37,5	43,7	41,2	217	250	276	39,0	42,4	36,9
Feldaufgang % (VK)	68 10,2	74 9,1	92 13,2	62 9,6	87 12,6	92 9,6	89 8,6	89 7,5	91 9,2	59 13,1	98 8,2	89 10,5
Ähren/m_ (VK)	-	-	-	430 12,2	465 10,9	479 10,5	-	-	-	460 11,2	480 11,9	505 12,5
Lager %	0	0	0	0	0	0	70	80	85	0	0	0
Stoppel- bearbeitung	Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm		
Grundboden- bearbeitung	Pflug 25 cm			Grubber 18 cm			Pflug 25 cm			Pflug 25 cm		
Sekundärbo- denarbeitung	Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm		

Tabelle 51 zeigt die Daten der Ertragsstrukturanalyse bei pflugloser Bestellung in Fruchtfolge 2. Auffällig ist der unbefriedigende Feldaufgang des Weizens im ersten Versuchsjahr. In Verbindung mit den Kahlfrösten im Frühjahr 2003 wurde der Bestand soweit dezimiert, dass eine Einsaat von Sommerweizen erfolgen musste. Mit dieser Maßnahme konnte zur Ernte eine ausreichende Bestandesdichte gesichert werden. Bei Körnererbsen ist auch bei pflugloser Bestellung ein homogener Feldaufgang realisiert worden.

Tab. 51: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2b Ra-WW-KE-WW Konservierend am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1.Blattfruchtweizen			K.-Erbsen			2.Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,9	4,1	3,7	36,3	43,1	39,4	230	254	289	38,1	41,2	33,5
Feldaufgang % (VK)	55 13,9	56 10,6	90 10,1	28 24,5	78 18,5	87 9,9	91 8,9	91 10,4	90 12,1	62 14,8	77 11,3	95 9,0
Ähren/m_ (VK)	-	-	-	465 12,7	442 11,7	460 11,9	-	-	-	490 10,8	496 11,4	450 11,1
Lager %	0	0	0	0	0	0	74	80	79	0	0	0
Stoppel- bearbeitung	Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm		
Grundboden- bearbeitung	Grubber 12 cm			---			Grubber 12 cm			---		
Sekundärbo- denarbeitung	Kreiselegge 6 cm			---			Kreiselegge 6 cm			---		

Die Intensität der Bodenbearbeitung zu Weizen konnte wegen des Wechsels von Blatt- und Halmfrüchten deutlich reduziert werden. Zu Raps war dagegen eine intensivere Bodenbearbeitung zur Einmischung der Weizen-Ernterückstände notwendig.

Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW-KM-WW Pflug und Konservierend

Die in diesen Bewirtschaftungssystemen erreichten Erträge sind der Tabelle 52 zu entnehmen. Bei konsequent konservierender Bodenbearbeitung sind Ertragsverluste bei Raps und Weizen aufgetreten. Dagegen sind zwischen dem Weizen nach Raps und dem Weizen nach Mais nur geringe Ertragsunterschiede zu verzeichnen.

Tab. 52: Erträge in Fruchtfolge 3 in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps		1.Blattfruchtweizen		K.-Mais		2.Blattfruchtweizen	
	P	K	P*	K	P	K	P	K
2003	36,4	29,6	67,0	57,4	79,0	81,2	65,0	57,1
2004	52,8	47,5	103,5	86,3	101,5	92,9	99,6	88,9
2005	47,2	46,0	98,0	68,1	103,4	99,8	95,7	81,3
Mittel 2003-2005	45,5	41,0	89,5	70,6	94,6	91,3	86,8	75,8

P= Pflug, K= Konservierend, P*= Bestellung nach tiefer Bearbeitung mit dem Grubber

Auch in diesem Bewirtschaftungssystem hat sich die Jahreswitterung auf die Erträge ausgewirkt. Bei Körnermais besteht im Mittel der Jahre nur ein geringfügiger Unterschied in den Erträgen, im Erntejahr 2003 deutet sich ein Ertragsvorteil bei konservierender Bodenbearbeitung an.

Tab. 53: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1.Blattfruchtweizen			K.-Mais			2.Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,5	4,2	4,0	37,5	44,2	40,6	208	240	189	39,6	43,8	39,6
Feldaufgang % (VK)	78 8,7	74 9,9	93 9,9	64 16,8	86 14,0	94 11,7	95 10,5	95 10,5	95 9,1	57 11,9	97 9,0	87 11,0
Ähren/m_ (VK)	-	-	-	487 9,6	443 9,8	495 12,3	-	-	-	420 11,9	432 12,4	463 11,1
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel- bearbeitung	Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm		
Grundboden- bearbeitung	Pflug 25 cm			Grubber 18 cm			Pflug 25 cm			Pflug 25 cm		
Sekundärbo- denarbeitung	Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm		

In Jahren mit höheren Niederschlägen scheint der Einsatz des Pfluges von Vorteil zu sein, was allerdings nicht abgesichert belegt werden kann.

Die in Tabelle 53 dargestellten Pflanzenbauparameter lassen bei Weizen und Raps ähnliche Aussagen zu, wie bereits für das Pflugsystem dargestellt wurde. Körnermais erzielt in allen Versuchsjahren hohe und gleichmäßige Feldaufgänge. Die Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug erfolgte zu Raps, Körnermais und zum zweiten Blattfruchtweizen. Nach Raps wurde die Weizenaussaat durch eine tiefere Grubberbearbeitung vorbereitet. Für eine ordnungsgemäße Aussaat musste nach Mais in Einzeljahren eine zweimalige Saatbettbereitung zu den Nachfolgekulturen erfolgen.

Auch bei der pfluglosen Bestellung in Fruchtfolge 3 (Tab. 54) konnte im Jahr 2003 beim Blattfruchtweizen kein ausreichend dichter Ausgangsbestand realisiert werden. Durch Auswinterungsschäden war eine Einsaat von Sommerweizen notwendig. Der Feldaufgang des Körnermaises war dagegen in allen Jahren hoch. Die Bodenbearbeitung erfolgte in Abhängigkeit von der Anbaufolge. Nach Raps wurde lediglich ein flacher Bearbeitungsgang zu Weizen durchgeführt. Die Einmischung der Ernterückstände des Körnermaises erforderte eine tiefere Bodenbearbeitung.

Tab. 54: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KM-WW Konservierend am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1.Blattfruchtweizen			K.-Mais			2.Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,8	4,2	3,9	36,2	42,6	38,3	207	204	185	36,8	43,4	35,2
Feldaufgang % (VK)	58 9,2	58 13,7	90 12,1	32 18,4	76 14,7	89 9,4	95 9,1	96 11,5	95 9,1	65 7,7	95 10,1	95 11,6
Ähren/m_ (VK)	-	-	-	415 12,0	447 11,4	446 12,2	-	-	-	401 10,9	400 10,3	444 13,1
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel- bearbeitung	Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Zinkenrotor 5 cm			Grubber 15 cm		
Stoppel- bearbeitung	Grubber 12 cm			---			Grubber 12 cm			---		
Sekundärbo- denarbeitung	Kreiselegge 6 cm			---			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm		

Varianzanalytische Auswertung der Weizenerträge

Signifikanten Einfluss auf den Ertrag des Weizens übt das Anbaujahr aus (Abb. 14). Die trockenen Witterungsbedingungen im Jahr 2003 führten im Mittel der Bewirtschaftungssysteme zu einem Durchschnittsertrag von 57,9 dt/ha. Im Jahr 2004 liegt der Durchschnittsertrag bei 92,2 dt/ha und damit 34,3 dt/ha höher als im Vorjahr.

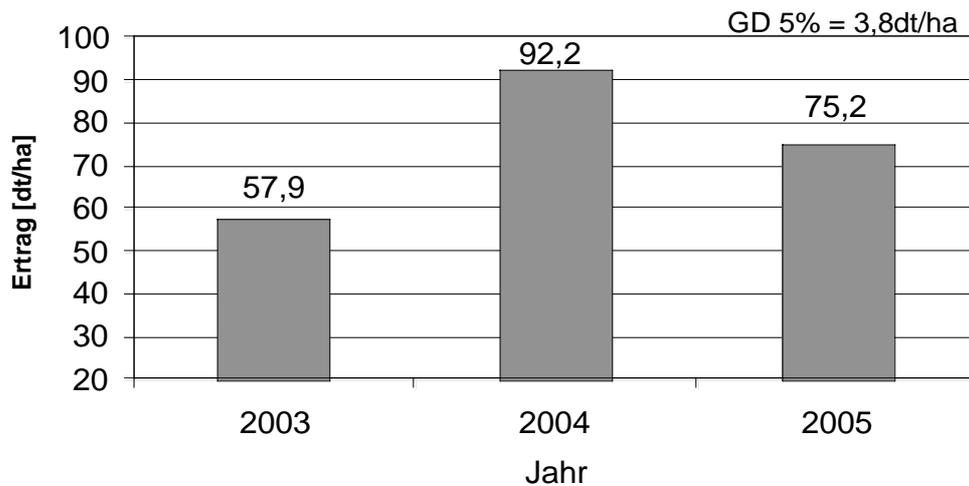


Abb. 14: Weizenertrag im Mittel der Bodenbearbeitungssysteme in Abhängigkeit vom Jahr am Standort Freising

Neben dem Jahreseffekt hat das Bodenbearbeitungssystem signifikanten Einfluss auf die Ertragshöhe beim Weizen (Tab. 55). Bei der konservierenden Bodenbearbeitung liegt der Weizenertrag im Mittel der Fruchtfolgen 13,6 dt/ha unter dem Ertragsniveau der Pflugparzellen. Auch zwischen den Fruchtfolgesystemen bestehen wesentliche Ertragsdifferenzen. In Fruchtfolge 1 werden signifikant niedrigere Weizenerträge als in

Tab. 55: Weizenertrag (dt/ha) in Abhängigkeit von Fruchtfolgestellung und Bodenbearbeitung am Standort Freising, 2003-2005

Fruchtfolge	Bodenbearbeitungs-system Pflug			Bodenbearbeitungs-system Konservierend			Mittel der Boden- bearbeitungssysteme		
	Fruchtfolge			Fruchtfolge			Fruchtfolge		
Fruchtfolgefeld	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2 = WW n. Ra.	88,9	89,1	89,5	70,4	77,0	70,6	79,6	83,0	80,1
3 = 1. StWW	66,0	-	-	55,1	-	-	60,6	-	-
4= ¹	65,1	87,8	86,8	55,8	73,5	75,8	60,5	80,7	81,3
Mittel	81,9			68,3			66,9	81,9	80,7

FF1= Ra-WW-WW-WW, FF2= Ra-WW-KE-WW, FF3 =Ra-WW-KM-WW

¹ FF1= 2.StWW, FF2 = WW n. KE, FF3 = WW n. KM

GD 5% Bodenbearbeitungssystem = 3,1 dt/ha

GD 5% Fruchtfolge x Fruchtfolgefeld = 5,8 dt/ha

GD 5% Bodenbearbeitungssystem x Fruchtfolge x Fruchtfolgestellung = n.s.

Fruchtfolge 2 und 3 ermittelt. Dies ist in unmittelbarem Zusammenhang mit der Fruchtfolgestellung des Weizens zu sehen. Der erste und zweite Stoppelweizen in Fruchtfolge 1 bringen im Mittel der Anbausysteme abgesichert geringere Erträge. Abstufungen zwischen dem ersten und zweiten Stoppelweizen bestehen nicht. Auch die unterschiedlichen Blattvorfrüchte (Raps, Körnererbsen, Körnermais) haben in den geprüften Fruchtfolgen keine signifikanten Effekte auf den Weizenantrag. Die Ertragsverluste der konservierenden Bodenbearbeitung sind unabhängig von der Fruchtfolgestellung (Fruchtfolgefeld) aufgetreten. Die fehlende Wechselwirkung zwischen den Prüffaktoren Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Fruchtfolgefeld machen deutlich, dass die Effekte unabhängig von einander wirken und sich addieren.

Varianzanalytische Auswertung der Rapsenerträge

Ähnlich wie bei Weizen übt das Jahr den größten Einfluss auf die Ertragsleistung des Rapses aus. Auch sind signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen zu dokumentieren. Im Mittel der Prüffahre werden durch die pfluglose Bestellung 4,7 dt/ha geringere Erträge ausgelöst. Die Ertragsunterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen werden allerdings im Versuchsablauf geringer und befinden in 2005 etwas oberhalb der Signifikanzgrenze.

Vor-Vorfruchtwirkungen in den unterschiedlichen Fruchtfolgen sind nicht nachweisbar. Besonders in Fruchtfolge 2, wo die Erbse als 2. Blattfrucht für bestimmte Rapskrankheiten auch als Wirtspflanze anzusehen ist, wären Unterschiede denkbar.

Tab. 56: Erträge von Raps (dt/ha) in Abhängigkeit den Jahren und dem System der Bodenbearbeitung

Erntejahr	Bodenbearbeitungs-system Pflug	Bodenbearbeitungs-system Konservierend	Mittel der Boden- bearbeitungssysteme
2003	35,8	28,0	31,9
2004	53,4	49,2	51,3
2005	47,8	45,8	46,8
Mittel	45,7	41,0	43,3

GD 5% Bodenbearbeitungssystem = 1,0 dt/ha

GD 5% Bodenbearbeitungssystem x Jahr = 1,7 dt/ha

Varianzanalytische Auswertung der Körnermaiserträge

Beim Körnermais (Tab. 57) in Fruchtfolge 3 ist zwischen den Bodenbearbeitungssystemen kein signifikanter Ertragsunterschied festzustellen. Auch die Wechselwirkung zwischen den Prüffaktoren Jahr und Bodenbearbeitung ist nicht statistisch abgesichert. Schäden durch

Vogelfraß bewirken, dass nicht alle Wiederholungen mit in die Auswertung einfließen konnten.

Tab. 57: Erträge von Körnermais (dt/ha) in Abhängigkeit von den Jahren und den Systemen der Bodenbearbeitung

Erntejahr	Bodenbearbeitungs-system Pflug	Bodenbearbeitungs-system Konservierend	Mittel der Boden- bearbeitungssysteme
2003	79,0	81,2 ¹	80,1
2004	101,5	92,9	97,2
2005	103,4	99,8 ²	101,6
Mittel	94,6	91,3	92,9

GD 5% Bodenbearbeitungssystem = 15,7 dt/ha

GD 5% Bodenbearbeitungssystem x Jahr = n.s.

¹ Eine Wiederholung nicht ausgewertet, ² Drei Wiederholungen nicht ausgewertet -Vogelfraß

Varianzanalytische Auswertung der Körnererbsenerträge

Nach der varianzanalytischen Auswertung der Erträge der Körnererbsen in Fruchtfolge 2 hat die Bodenbearbeitung keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Erträge. In der Tendenz schneidet die konservierende Bodenbearbeitung im Mittel der Jahre schlechter ab.

Tab. 58: Erträge von Körnermais (dt/ha) in Abhängigkeit von den Jahren und den Systemen der Bodenbearbeitung

Erntejahr	Bodenbearbeitungs-system Pflug	Bodenbearbeitungs-system Konservierend	Mittel der Boden- bearbeitungssysteme
2003	32,6	30,4 ¹	31,5
2004	62,6	64,2	63,4
2005	56,1	44,3	50,2
Mittel	50,4	46,3	48,3

GD 5% Bodenbearbeitungssystem = 6,4 dt/ha

GD 5% Bodenbearbeitungssystem x Jahr = n.s.

¹ Eine Wiederholung nicht ausgewertet

4.2.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme

Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug

Die enge Fruchtfolgegestaltung und die hohe Eingriffsintensität in das Bodengefüge im Pflugsystem verursachen hohe Arbeitsspitzen, die eine schlagkräftige Mechanisierung zur Folge haben. Es ergeben sich Maschinenneuwerte von 1.145 €/ha für den 150 ha Modellbetrieb und von 841 €/ha für den 300 ha Modellbetrieb. Der Arbeitszeitbedarf beträgt 4,9 bzw. 3,7 Akh/ha.

Tab. 59: Maschinenausstattung für die Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW Schlepper 83 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 138 KW
Drehpflug 1,4 m Kreiselegge/Drille 4,5 m Grubber 4 m Walze 4,5 m	Drehpflug 2,45 m Kreiselegge/Drille 6 m Grubber 5 m Walze 6 m
Maschinenneuwert 1145 €/ha	Maschinenneuwert 816 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,9 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,7 Akh/ha

Bei der ökonomischen Analyse der vier Fruchtfolgefelder machen sich insbesondere die Erlöse des Stoppelweizens bemerkbar. Blattfruchtweizen und Raps liefern dagegen einen deutlich höheren Beitrag zur Leistung der Fruchtfolge (Tab. 60).

Die einzelnen Fruchtfolgefelder zeigen auch deutliche Differenzen im Bereich der Direktkosten. Hohe Stickstoffgaben, die Aussaat von Hybridsaatgut und eine hohe Pflanzenschutzintensität begründen die Aufwendungen beim Raps. Auch im Stoppelweizenanbau ist eine hohe Produktionsintensität notwendig. So werden durch zusätzliche Fungizidbehandlungen höhere Direktkosten im Vergleich zum Blattfruchtweizen verursacht.

Der Einsatz des Pfluges gewährleistet in dem engen Fruchtfolgesystem eine störungsfreie Aussaat und reduziert das Infektionspotenzial verschiedener Krankheiten. Diese technische Verfahrensweise verursacht Kosten der Arbeitserledigung von 505 €/ha im 150 Modellbetrieb und 441 €/ha im 300 ha Modellbetrieb. Bei der Bestellung des Rapses und des Stoppelweizens müssen in Einzeljahren separate Arbeitsgänge zur Saatbettbereitung durchgeführt werden. Das erhöht den Arbeitskraftbedarf und erfordert schlagkräftige Maschinen. Der Ersatz der Pflugarbeit durch den Grubber führt zur Einsparung variabler Maschinenkosten beim Blattfruchtweizen. Außerdem entfällt die zweite Saatbettbereitung. Daher sind die Kosten der Arbeitserledigung mit 398 €/ha – bezogen auf den 300 ha Modellbetrieb – beim Blattfruchtweizen deutlich niedriger.

Stoppelweizen fällt beim Vergleich der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung durch das negative Vorzeichen ab. Durch die relativ niedrigen Erträge und Erlöse können die hohen Verfahrenskosten nicht mehr gedeckt werden. Die Vorfruchteffekte des Rapses haben bewirkt, dass lediglich im Fruchtfolgefeld Blattfruchtweizen die Verfahrenskosten gedeckt werden können.

Tab. 60: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfrucht-weizen	1.Stoppelweizen	2.Stoppelweizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	892	866	721	639	779
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	892	866	721	639	779
Direktkosten					
Gesamt €/ha	429	386	416	416	411
Direktkostenfreie Leistung €/ha	463	481	306	223	368
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	537	458	512	512	505
DAL €/ha	-74	23	-206	-289	-137
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	465	398	450	450	441
DAL €/ha	-3	82	-144	-227	-73

Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend

In dieser Fruchtfolge erfordern die kurzen Anbaupausen in Kombination mit den hohen Strohmenge nach Weizen ein Mindestmaß an Bodenbearbeitung, um saatechnische Probleme zu minimieren und phytosanitären Anforderungen gerecht zu werden. Die Bearbeitungsmaßnahmen konzentrieren sich fruchtfolgebedingt auf einen engen Zeitraum. Zwangsläufig treten Arbeitsspitzen im August, September und Oktober auf, die eine entsprechend schlagkräftige Mechanisierung voraussetzen. In Tabelle 61 ist die notwendige Maschinenausstattung für die Modellbetriebe aufgezeigt. Die dargestellte Mechanisierung verursacht Maschinenneuwerte von 702 €/ha (150 ha) beziehungsweise 639 €/ha (300 ha).

Tab. 61: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1b RA-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 120 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 120 KW
Kreiselegge/Drille 4,5 m Grubber 4 m Walze 4,5 m	Kreiselegge/Drille 4,5 m Grubber 5 m Walze 4,5 m
Maschinenneuwert 702 €/ha	Maschinenneuwert 639 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,7 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,2 Akh/ha

Raps und Blattfruchtweizen liegen in den Erlösen deutlich über dem ersten und zweiten Stoppelweizen, wobei letztere fast gleiche Leistungen aufweisen.

Raps verursacht durch die intensive Bestandesführung hohe Direktkosten. Beim pfluglosen Anbau werden diese nochmals durch den zusätzlichen Einsatz eines Gräserherbizids zur Bekämpfung von Ausfallgetreide erhöht. Auch der Stoppelweizenanbau ist durch eine hohe

Produktionsintensität gekennzeichnet. Aufgrund des hohen des DTR- Infektionspotenzials sind zusätzliche Fungizidmaßnahmen im Vergleich zum Blattfruchtweizen erforderlich. Dieser Zusammenhang begründet die beim Stoppelweizen um 44 €/ha höheren Direktkosten.

Tab. 62: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfrucht-weizen	1.Stoppel-weizen	2.Stoppel-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	784	689	547	553	643
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	784	689	547	553	643
Direktkosten					
Gesamt €/ha	456	412	456	456	445
Direktkostenfreie Leistung €/ha	328	278	90	97	198
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	411	378	395	395	395
DAL €/ha	-83	-100	-305	-298	-197
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	400	364	387	387	384
DAL €/ha	-72	-86	-296	-290	-186

Die Kosten der Arbeitserledigung betragen im 150 ha Modellbetrieb 395 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb 384 €/ha. Der notwendige zweite Schlepper im 300 ha Modellbetrieb lässt kaum Spielraum für kostendegressive Effekte durch eine Flächenerweiterung. Durch die geringe Bodenbearbeitungsintensität zum Blattfruchtweizen werden auch in diesem Fruchtfolgefeld die niedrigsten Kosten der Arbeitserledigung realisiert.

Die unbefriedigende Rentabilität des Bewirtschaftungssystems ist auf die vergleichsweise niedrigen Erträge des Blattfrucht- und Stoppelweizens zurück zu führen. Im Mittel der Fruchtfolge reichen in beiden Modellbetrieben die Erlöse nicht aus, um die Verfahrenskosten zu decken.

Bewirtschaftungssystem 2a Ra-WW-KE-WW Pflug

Die notwendige Mechanisierung für dieses System ist in Tabelle 63 aufgezeigt. Zu Weizen nach Raps wird auf eine Bodenbearbeitung mit dem Pflug verzichtet. Feste Maschinenkosten können damit allerdings kaum eingespart werden, denn der Pflug und der dazugehörige Zugkraftbedarf gehört nach wie vor zur Maschinenausstattung der Modellbetriebe. Der Maschinenneuwert für Schlepper, Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik beträgt in dem 150 ha großen Modellbetrieb 1.145 €/ha und in dem 300 ha Betrieb 803 €/ha. Der Arbeitszeitbedarf beträgt 4,6 Akh/ha beziehungsweise 3,6 Akh/ha.

Tab. 63: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2a RA-WW-KE-WW Pflug, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW Schlepper 83 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 138 KW
Drehpflug 1,4 m Kreiselegge/Drille 4,5 m Grubber 4 m Walze 4,5 m	Drehpflug 2,1 m Kreiselegge/Drille 6 m Grubber 5 m Walze 6 m
Maschinenneuwert 1145 €/ha	Maschinenneuwert 803 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,6 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,6 Akh/ha

Mit den Fruchtfolgefeldern Raps und Weizen sind in diesem System des Fruchtwechsels nahezu gleich hohe Erlöse zu erzielen. Die Erlöse der Körnererbsen fallen dagegen ab. Auch die berücksichtigte Eiweißpflanzenprämie von 56 €/ha kann die Marktleistung der Körnererbsen im Vergleich zum Raps und Weizen nicht ausgleichen.

Die hohe Produktionsintensität führt bei Raps zu entsprechenden Direktkosten. Der erste und zweite Blattfruchtweizen unterscheiden sich nicht in den Direktkosten. Körnererbsen sind in der direktkostenfreien Leistung am günstigsten zu produzieren. Neben einer Herbizid- und Insektizidanwendung sowie der Grunddüngung fallen keine weiteren Kosten bei den ertragssteigernden und –sichernden Maßnahmen an.

Tab. 64: Direkt- und arbeits erledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 2a RA-WW-KE-WW Pflug, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	1.Blattfrucht-weizen	K.-Erbsen	2.Blattfrucht-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	882	871	534	864	788
EU-Prämie €/ha	0	0	56	0	14
Gesamt €/ha	882	871	590	864	802
Direktkosten					
Gesamt €/ha	429	408	273	408	379
Direktkostenfreie Leistung €/ha	453	463	317	456	422
Arbeits erledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	537	458	482	501	494
DAL €/ha	-84	5	-165	-44	-72
Arbeits erledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	468	395	412	435	428
DAL €/ha	-15	68	-95	21	-5

Der in Mulchsaat bestellte Weizen nach Raps weist die niedrigsten Arbeits erledigungskosten durch Einsparungen im Bereich der variablen Maschinenkosten auf. Bei Raps führt die in einzelnen Jahren durchgeführte mehrmalige Saatbettbereitung zu Kostensteigerungen. Im

Mittel des Bewirtschaftungssystems entstehen Arbeitserledigungskosten von 494 €/ha beziehungsweise 428 €/ha in Abhängigkeit von der Größe der Modellbetriebe.

Durch den Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht ergeben sich für den Weizen in dieser Fruchtfolge günstige Anbaukonstellationen und verbessern dadurch die Rentabilität des Bewirtschaftungssystems. Die Verfahrenskosten des Blattfruchtweizens werden durch die Markterlöse gedeckt. In den Fruchtfolgefeldern Körnererbsen und Raps reichen die Erlöse dagegen aus. Dieses Ergebnis ist auch nicht durch die positive DAL des Weizens kompensierbar, so dass eine negative direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung des Anbausystems zu dokumentieren ist. Insbesondere trägt das Ergebnis des Anbaus der Körnererbsen zum Gesamtergebnis der Fruchtfolge bei.

Bewirtschaftungssystem 2b Konservierend Ra-WW-KE-WW

In diesem Fruchtfolgesystem ermöglicht der Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht die Mulchsaat bis hin zur Direktsaat ohne höheres Produktionsrisiko. Lediglich zu Raps nach Weizen ist eine tiefere Bearbeitung notwendig, um die Ernterückstände weitgehend in den Boden einzumischen. Zu Weizen und Körnererbsen wird der Boden maximal 5-7 cm tief bearbeitet. Geringe Bearbeitungsintensität und schlagkräftige Aussaattechnik verringern die notwendige Mechanisierung in den Modellbetrieben (Tab. 65).

Tab. 65: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2b RA-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 83 KW	Schlepper 102 KW
Kurzscheibenegge 3 m	Kurzscheibenegge 4 m
Universaldrillmaschine 3 m	Universaldrillmaschine 4 m
Walze 3m	Walze 4 m
Maschinenneuwert 648 €/ha	Maschinenneuwert 421 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,0 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,4 Akh/ha

Die Erlöse des ersten und zweiten Blattfruchtweizens fallen im Vergleich zum Raps ab. Die Leistung der Körnererbsen ist bezüglich der Ertragssituation unbefriedigend.

Beim Vergleich der Direktkosten werden hohe Differenzen zwischen den einzelnen Fruchtfolgefeldern deutlich. Durch den geringen Produktionsmitteleinsatz bei Erbsen sind die Kosten relativ gering. Saatgutkosten (Z-Saatgut) nehmen den größten Anteil an den Direktkosten ein. Dagegen sind im Rapsanbau wesentlich höhere Kosten zu kalkulieren. Hohe Stickstoffgaben, intensiver Pflanzenschutz und die Verwendung von Hybridsorten mit hohen Saatgutkosten sind wesentliche Gründe dafür.

Die Kosten der Arbeitserledigung können in diesem Fruchtwechsel deutlich reduziert werden. Die Abfolge der Kulturen ermöglicht eine deutliche Reduktion der Intensität der Bodenbearbeitung, da zu Weizen und Körnerbsen nur flach bearbeitet wird. Im Mittel des Bewirtschaftungssystems werden im 150 ha Modellbetrieb 365 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb 324 €/ha Arbeitserledigungskosten verursacht.

Die Körnererbsen liegen im Wirtschaftlichkeitsvergleich der Kulturen auf erstaunlich hohem Niveau. Im Erfolgsmaßstab DAL sind die Fruchtfolgeglieder Körnererbsen-Weizen und Raps-Weizen als gleichwertig anzusehen. Dies ist auf die konsequente Nutzung aller Vorfruchtwirkungen der Blattfrüchte – im Bereich der Direktkosten und im Bereich der Arbeitserledigung – zurück zu führen.

Tab. 66: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem RA-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	1.Blattfrucht-weizen	K.-Erbsen	2.Blattfrucht-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	797	754	524	728	701
EU-Prämie €/ha	0	0	56	0	14
Gesamt €/ha	797	754	580	728	715
Direktkosten					
Gesamt €/ha	456	412	274	412	388
Direktkostenfreie Leistung €/ha	342	342	306	316	326
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	390	364	343	364	365
DAL €/ha	-48	-21	-37	-48	-39
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	345	325	300	325	324
DAL €/ha	-4	17	6	-9	3

Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KM-WW Pflug

Pflanzenbauliche Aspekte wie die hohen Strohmenngen des Weizens vor Raps oder das Infektionsrisiko des Weizens mit Fusarium nach Körnermais rechtfertigen in diesem Bewirtschaftungssystem eine intensivere Bodenbearbeitung. Da nach der Körnermaisernte der Weizen zeitnah unter vielfach schwierigen Bodenverhältnissen bestellt werden muss, ist eine hohe Schlagkraft erforderlich. Der Maschinenneuwert für Schlepper sowie Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik beträgt in dem 150 ha großen Modellbetrieb 1307 €/ha und im 300 ha Betrieb 857 €/ha (Tab. 67).

Tab. 67: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 3a Pflug RA-WW-KM-WW, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW Schlepper 102 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 138 KW
Drehpflug 1,45 m Kreiselegge/Drille 4,5 m Maisdrille 4-reihig Grubber 4 m Walze 4,5 m	Drehpflug 2,45 m Kreiselegge/Drille 6 m Maisdrille 6-reihig Grubber 5 m Walze 6 m
Maschinenneuwert 1307 €/ha	Maschinenneuwert 857 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,3 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,3Akh/ha

Die Erlöse der im Anbausystem geprüften Kulturen liegen in etwa auf gleichem Niveau (Tab. 68). Dies gilt auch für die Blattfrucht Körnermais.

Die Direktkosten beim Körnermais stehen im Zusammenhang mit der notwendigen Trocknung des Ernteguts. Da in dem extremen Trockenjahr 2003 der Mais naturtrocken geerntet werden konnte, fallen die Trocknungskosten als Bestandteil der Direktkosten im dreijährigen Mittel noch relativ gering aus.

Die Integration des Körnermaises in das vierfeldrige Anbausystem hat deutliche Auswirkungen auf die Kosten der Arbeitserledigung durch schlagkräftige Maschinen und den hohen Zeitaufwand für das Pflügen. Auch die in Einzeljahren notwendigen doppelten Arbeitsgänge der Saatbettbereitung zu Raps und zu Weizen nach Mais erhöhen die Kosten. Zusätzlich ist im Bewirtschaftungssystem die Drilltechnik für Körnermais zu berücksichtigen.

Tab. 68: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3a RA-WW-KM-WW Pflug, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	1.Blattfrucht-weizen	K.-Mais	2.Blattfrucht-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	882	875	863	848	867
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	882	875	863	848	867
Direktkosten					
Gesamt €/ha	429	408	464	408	427
Direktkostenfreie Leistung €/ha	453	467	399	440	440
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	556	490	525	520	523
DAL €/ha	-103	-22	-126	-79	-83
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	477	421	432	446	444
DAL €/ha	-24	47	-33	-5	-4

Neben den hohen Arbeitserledigungskosten belasten die Trocknungskosten für Mais die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL). Lediglich das Fruchtfolgefeld Weizen nach Raps hebt sich in der Wirtschaftlichkeit positiv ab.

Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KM-WW Konservierend

Enge Zeitspannen für eine termingerechte Arbeitserledigung prägen dieses Bewirtschaftungssystem. Zudem erfordert der Anbau von Raps nach Weizen und Weizen nach Körnermais wegen der hohen Strohmenen eine intensiv mischende Bodenbearbeitung. Diese Vorgaben bestimmen die Technikausstattung der Modellbetriebe. Danach ergeben sich Maschinenneuwerte für Schlepper, Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik im 150 ha Modellbetrieb von 780 €/ha und im 300 ha Betrieb von 649 €/ha, um die termingerechte Arbeitserledigung sicher zu stellen. Rückwirkungen der Flächenerweiterung von 150 ha auf 300 ha auf den Maschinenneuwert sind gering, da im 300 ha Modellbetrieb ein zusätzlicher Schlepper erforderlich ist (Tab. 69).

Tab. 69: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 3b RA-WW-KM-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 102 KW
Kreiselegge/Drille 4,5 m Maisdrille 4-reihig Grubber 4 m Walze 4,5 m	Kreiselegge/Drille 4,5 m Maisdrille 6-reihig Grubber 5 m Walze 4,5 m
Maschinenneuwert 780 €/ha	Maschinenneuwert 649 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,3 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,7 Akh/ha

Die geringen Erträge und Erlöse der Weizenparzellen belasten die Erlössituation des gesamten Anbausystems. Körnermais erwirkt dagegen durch stabile Erträge das vergleichsweise beste Ergebnis (Tab. 70).

Die Entwicklung der Direktkosten ist in ähnlicher Weise wie im Bewirtschaftungssystem 3a Pflug zu beurteilen. Körnermais verursacht durch die Trocknung die höchsten Direktkosten. Da beim zweiten Blattfruchtweizen nicht in jedem Jahr ein Totalherbizid zum Einsatz gekommen ist, ergeben sich bei den Direktkosten geringere Differenzen zwischen den Weizenfeldern.

Die Kosten der Arbeitserledigung werden zu der angebauten Kultur und der Betriebsgröße bestimmt. Raps verursacht durch die hohe Bearbeitungsintensität die höchsten Kosten. Im Mittel des Bewirtschaftungssystems sind in Abhängigkeit von der Größe der Modellbetriebe 406 €/ha beziehungsweise 376 €/ha an Arbeitserledigungskosten zu dokumentieren.

Trotz der erheblichen Kosteneinsparungen vor allem bei der Arbeitserledigung sind die geringen Erlöse des Weizens nicht zu kompensieren. In keinem Fruchtfolgefeld können die entstandenen Verfahrenskosten gedeckt werden. Daraus resultiert die insgesamt negative DAL des Bewirtschaftungssystems, unabhängig von der Größe der kalkulierten Modellbetriebe.

Tab. 70: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3b RA-WW-KM-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	1.Blattfrucht-weizen	K.-Mais	2.Blattfrucht-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	793	696	834	752	769
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	793	696	834	752	769
Direktkosten					
Gesamt €/ha	456	412	484	401	438
Direktkostenfreie Leistung	337	284	350	350	330
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	429	390	417	387	406
DAL €/ha	-92	-106	-67	-37	-75
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	397	363	387	360	376
DAL €/ha	-60	-79	-37	-10	-46

4.3 Standort Braunschweig

4.3.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme

Fruchtfolge 1a Ra-WW-WW-WW Pflug

Die am Standort Braunschweig erzielten Erträge in Fruchtfolge 1 Pflug sind Tabelle 71 zu entnehmen. Der Ertrag von Raps liegt im Mittel der Jahre bei 39,3 dt/ha. Der hohe Variationskoeffizient verdeutlicht die Ertragsschwankungen zwischen den Jahren. Hauptursache ist das niedrige Ertragsniveau des Sommerrapses im Jahr 2003, der aufgrund

Tab. 71: Erträge im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Braunschweig, 2003-2005

Jahr	Raps*	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	2. Stoppelweizen
2003	22,1	75,4	73,8	78,5
2004	52,0	98,1	95,8	88,1
2005	43,7	88,3	82,7	79,4
Mittel 2003-2005	39,3	87,3	84,1	82,0
<i>VK (n=3)</i>	39,3	13,0	13,2	6,5

VK = Variationskoeffizient

* 2003 Sommerraps

von Auswinterungsschäden des Winterrapses eingesät wurde. Zwischen dem Blattfruchtweizen sowie dem ersten und zweiten Stoppelweizen ist eine Ertragsabstufung erkennbar.

Der Ertrag des ersten Stoppelweizens liegt 3,2 dt/ha und der des zweiten Stoppelweizens 5,7 dt/ha unter dem Niveau des Blattfruchtweizens. Im Trockenjahr 2003 sind keine sehr deutlichen Ertragsunterschiede zwischen den Weizenanbaufolgen festzustellen.

Die Feldaufgänge weisen teilweise stärkere Unterschiede zwischen den Jahren auf (Tab. 72). Besonders bei Weizen wurden im Erntejahr 2005 in allen Fruchtfolgefeldern niedrige Auflaufraten ermittelt. Im weiteren Vegetationsverlauf konnte dieses Defizit durch die Bestockung kompensiert werden, wie die Auszählung der ährentragenden Halme ergeben hat. Die geringere Bestandesdichte im Jahr 2003 ist im Zusammenhang mit den trockenen Witterungsverhältnissen zu beurteilen. Lager trat in keinem Versuchsjahr auf. Zu Raps und Stoppelweizen wurde eine wendende Bearbeitung mit dem Pflug durchgeführt. Die Aussaat des Weizens nach Raps erfolgte nach krumentiefer Lockerung in Mulchsaat.

Tab. 72: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Braunschweig, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Feldaufgang % VK (n=8)	76*	88	72	90	93	76	78	90	75	89	79	75
Ähren/m_ VK (n=8)	-	-	-	440	458	530	423	499	467	433	491	459
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppel- bearbeitung	Grubber 10 cm			Grubber 10 cm			Grubber 10 cm			Grubber 10 cm		
Grundboden- bearbeitung	Pflug 25 cm			Grubber 20 cm			Pflug 25 cm			Pflug 25 cm		
Sekundärbo- denarbeitung	Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm			Kreiselegge 6 cm		

* 2003 Sommerraps

Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend

Die Erträge der konservierend bestellten Fruchtfolge 1 sind in Tabelle 73 dargestellt. Raps erreicht im Mittel der Jahre einen Ertrag von 39,6 dt/ha. Die hohen Ertragschwankungen sind auf die Jahreseffekte und die Einsaat von Sommerungen im Jahr 2003 zurück zu führen. Blattfruchtweizen zeigt ein deutlich höheres Ertragsniveau als der erste und zweite Stoppelweizen. Lediglich im Erntejahr 2004 ist der Ertragsvorsprung des Blattfruchtweizens geringer. Der zweite Stoppelweizen ist in diesem Anbausystem in zwei von drei Jahren durch höhere Erträge als der erste Stoppelweizen gekennzeichnet.

Tab. 73: Erträge im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005

Jahr	Raps*	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	2. Stoppelweizen
2003	23,2	83,3	66,5	77,2
2004	54,4	97,6	92,0	83,2
2005	41,2	94,6	79,9	91,9
Mittel 2003-2005	39,6	91,8	79,5	84,1
<i>VK (n=3)</i>	39,5	8,2	16,1	8,8

VK = Variationskoeffizient

* 2003 Sommerraps

Der Feldaufgang (Tab. 74) ist in allen Fruchtfolgefeldern und in allen Jahren ausreichend, um eine sichere Bestandesetablierung zu garantieren. Die niedrigen Variationskoeffizienten deuten auf homogene Bestände hin. Im Jahr 2003 ist allerdings beim Stoppelweizen die unzureichende Bestockung und die daraus resultierende geringe Zahl an ährentragenden Halmen kritisch zu sehen. Diese unterdurchschnittlich ausgeprägte Ertragsstrukturkomponente erklärt die geringen Erträge des Stoppelweizens im Jahr 2003. Zu allen Kulturen in diesem Anbausystem wurde nach der Ernte der Vorkultur zunächst ein flacher, anschließend ein tieferer Bearbeitungsgang durchgeführt.

Tab. 74: Begleitende Zählungen, Messungen und Bodenbearbeitungsmaßnahmen im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	83	92	66	85	93	75	84	84	78	77	76	79
<i>VK (n=8)</i>	13,1	16,4	18,2	7,1	3,8	6,1	10,3	3,8	11,4	11,4	2,5	6,1
Ähren/m_	-	-	-	448	496	531	386	491	499	369	426	503
<i>VK (n=8)</i>	-	-	-	12,7	9,3	13,2	14,0	11,8	9,4	13,3	8,7	9,1
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Kurzscheibenegge 8 cm											
Stoppelbearbeitung	Grubber 20 cm											
Sekundärbodenbearbeitung	Kreiselegge 6 cm											

* 2003 Sommerraps

Fruchtfolge 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend

Die in diesem Anbausystem ermittelten Erträge sind in Tabelle 75 aufgezeigt. Raps erreicht ein durchschnittliches Ertragsniveau von 39,6 dt/ha. Diesbezüglich ist die Einsaat des Sommerrapses im Frühjahr 2003 (Auswinterung Winterraps) zu berücksichtigen. Der Anbau von Weizen folgt im System des Fruchtwechsels jeweils nach einer Blattfrucht. Im Mittel der

Jahre sind nahezu identische Weizerträge zu dokumentieren. Zwischen den Einzeljahren bestehen allerdings deutliche Differenzen. Bei Körnererbsen ist aufgrund einer fehlerhaften Pflanzenschutzmaßnahme der Ertrag des Jahres 2005 nicht im Mittelwert berücksichtigt. Es wird der Durchschnittsertrag dieser Kultur aus den Jahren 2003 und 2004 für die weiteren Auswertungen berücksichtigt.

Tab. 75: Erträge im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005

Jahr	Raps*	1. Blattfruchtweizen	Körnererbsen	2. Blattfruchtweizen
2003	27,3	70,3	34,9	83,3
2004	55,6	92,6	48,0	94,2
2005	44,8	100,4	(29,9)	85,0
Mittel 2003-2005	39,6	87,8	41,5**	87,5
<i>VK (n=3)</i>	39,5	17,8	22,3	6,7

* 2003 Sommerraps, **Mittel 2003 und 2004

VK = Variationskoeffizient

Der unterdurchschnittliche Feldaufgang (Tab. 76) bei Raps im Erntejahr 2005 ist auf Schäden durch Schneckenfraß zurück zu führen. Mit 23 Pflanzen pro Quadratmeter ist aber noch eine ausreichende Bestandesentwicklung bei Raps gegeben. Auch Körnererbsen weisen durch den schon erwähnten Fehler bei der Versuchsdurchführung einen schlechten Feldaufgang auf. Die Auflaufraten des Weizens sind in allen Jahren ausreichend. Die unterdurchschnittliche Bestandesdichte im Jahr 2003 ist auf die trockene Witterung im Vegetationsverlauf zurück zu führen. Zu Blattfrüchten erfolgte in diesem System eine zweimalige Bodenbearbeitung. Die Weizenparzellen wurden nach einem flachen Bearbeitungsgang bestellt.

Tab. 76: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3a Ra-WW-KE-WW Konservierend am Standort Braunschweig, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1. Blattfruchtweizen			Körnererbsen			2. Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Feldaufgang %	87	80	46	73	81	77	82	94	42	74	88	78
<i>VK (n=8)</i>	18,7	6,3	26,0	6,6	12,3	10,4	22,0	17,0	17,6	8,3	14,7	12,0
Ähren/m_	-	-	-	414	458	496	-	-	-	394	516	518
<i>VK (n=8)</i>	-	-	-	9,4	10,0	10,1	-	-	-	11,9	9,5	12,2
Lager %	0	0	0	0	0	0	83	79	85	0	0	0
Stoppelbearbeitung	Kurzscheibenegge 8 cm											
Stoppelbearbeitung	Grubber 20 cm			Keine			Grubber 20 cm			Keine		
Sekundärbodenbearbeitung	Kreiselegge 6 cm											

* 2003 Sommerraps

Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat

Die im Bewirtschaftungssystem 3b – gekennzeichnet durch den Wechsel von Blattfrucht und Halmfrucht - erzielten Erträge sind in Tabelle 77 aufgeführt. Alle Kulturen wurden konsequent in Direktsaat bestellt. Raps erreicht im Mittel der Jahre ein Ertragsniveau von 36,2 dt/ha. Die Ertragshöhe im Jahr 2003 ist auf die Einsaat des Sommerrapses zurück zu führen. Der Blattfruchtweizen nach Raps erreicht einen um 4,0 dt/ha geringeren Ertrag als der Blattfruchtweizen nach Körnererbsen. Der durchschnittliche Ertrag der Körnererbsen liegt im Mittel von zwei Jahren bei 37,2 dt/ha. Auch hier ist der Ertrag des Jahres 2005 aufgrund einer fehlerhaften Pflanzenschutzmaßnahme nicht im Mittelwert enthalten.

Tab. 77: Erträge im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat am Standort Braunschweig, 2003-2005

Jahr	Raps*	1.Blattfruchtweizen	Körnererbsen	2.Blattfruchtweizen
2003	29,5	71,1	29,5	78,5
2004	40,0	101,9	44,9	97,8
2005	42,8	90,6	(22,5)	99,3
Mittel 2003-2005	36,2	87,9	37,2**	91,9
<i>VK (n=3)</i>	<i>25,0</i>	<i>17,7</i>	<i>29,3</i>	<i>12,6</i>

* 2003 Sommerraps, **Mittel 2003 und 2004

VK = Variationskoeffizient

Die Tabelle 78 gibt einen Überblick über die Bestandesentwicklung. In einzelnen Jahren sind höhere Variationskoeffizienten beim Feldaufgang zu verzeichnen. Im Verlauf der Vegetation konnte der niedrige Feldaufgang durch kompensatorische Effekte der Kulturführung weitgehend ausgeglichen werden. Dies verdeutlicht die Auszählung der ährentragenden Halme. Lager trat in diesem Bewirtschaftungssystem typischer Weise nur bei den Körnererbsen auf.

Tab. 78: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3b Ra-WW-KE-WW Direktsaat am Standort Braunschweig, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1.Blattfruchtweizen			Körnererbsen			2.Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Feldaufgang %	75	85	56	65	79	69	86	63	62	67	88	69
<i>VK (n=8)</i>	<i>20,6</i>	<i>9,8</i>	<i>21,4</i>	<i>25,7</i>	<i>8,9</i>	<i>11,1</i>	<i>20,9</i>	<i>15,9</i>	<i>36,0</i>	<i>9,1</i>	<i>9,1</i>	<i>15,3</i>
Ähre/m	-	-	-	396	431	511	-	-	-	415	516	494
<i>VK (n=8)</i>	-	-	-	<i>11,4</i>	<i>10,0</i>	<i>5,9</i>	-	-	-	<i>10,4</i>	<i>8,9</i>	<i>12,1</i>
Lager %	0	0	0	0	0	0	83	79	85	0	0	0
Stoppelbearbeitung	---			---			---			---		
Sekundärbodenbearbeitung	---			---			---			---		

* 2003 Sommerraps

4.3.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme

Bewirtschaftungssystem 1a Ra – WW – WW – WW Pflug

Die konventionell bewirtschaftete Fruchtfolge 1 zeichnet sich durch die hohe Intensität der Bodenbearbeitung aus. In Kombination mit der engen winterweizenbetonten Fruchtfolge müssen die zu Grunde gelegten Modellbetriebe entsprechend schlagkräftig mechanisiert sein, obwohl zur Vorbereitung der Aussaat des Blattfruchtweizens auf den Einsatz des Pfluges verzichtet wird. Der Maschinenneuwert beträgt 875 €/ha im 150 ha Modellbetrieb und 814 €/ha im 300 ha Modellbetrieb. Der Arbeitszeitbedarf liegt bei 4,4 bzw. 3,8 Akh je Hektar.

Tab. 79: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 138 KW
Drehpflug 2,1 m Kreiselegge/Drille 4,5 m Grubber 5 m Walze 4,5 m	Drehpflug 2,5 m Kreiselegge/Drille 6 m Grubber 5 m Walze 6 m
Maschinenneuwert 875 €/ha	Maschinenneuwert 814 €/ha
Arbeitszeitbedarf 4,4 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,8 Akh/ha

Die Wirtschaftlichkeitsparameter des Anbausystems sind in Tabelle 80 dargestellt. Blattfruchtweizen erzielt die höchsten Erlöse. Raps und Stoppelweizen fallen dagegen ab. Durch die Einsaat des Sommerrapses im Jahr 2003 und damit verbundene geringere Aufwendungen, liegen die Direktkosten des Rapses im Mittel der Jahre unter dem Niveau des Weizens. Die hohe Produktionsintensität des Stoppelweizens spiegelt sich in den hohen Direktkosten wider. Der höhere Stickstoffeinsatz im Vergleich zum Blattfruchtweizen sowie eine zusätzliche Fungizidbehandlung sind hierfür die wichtigsten Gründe.

Blattfruchtweizen kann in diesem Anbausystem mit den niedrigsten Arbeitserledigungskosten aufwarten, da die praxisübliche wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug durch einen weiteren Stoppelbearbeitungsgang ersetzt wird. Einsparungen sind lediglich bei den variablen Maschinenkosten und der Arbeitskosten möglich. Die Bearbeitungsintensität und -häufigkeit zu Raps und Stoppelweizen ist nahezu gleich, so dass auch die Kosten der Arbeitserledigung auf gleichem Niveau liegen.

Beim direkten Vergleich der Fruchtfolgefelder wird deutlich, dass der Stoppelweizen durch hohe Kosten in Verbindung mit geringeren Erlösen gegenüber dem Blattfruchtweizen in der Wirtschaftlichkeit (DAL) abfällt. Blattfruchtweizen erzielt höhere Erträge mit geringeren Kosten. Auch Raps kann keine positive DAL aufweisen. Im Mittel des

Bewirtschaftungssystem wird im 150 ha Modellbetrieb eine DAL von -17 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb eine DAL von 3 €/ha erzielt.

Tab. 80: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps*	Blattfrucht-weizen	1.Stoppel-weizen	2.Stoppel-weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	801	871	829	829	832
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	801	871	829	829	832
Direktkosten					
Gesamt €/ha	376	383	409	409	394
Direktkostenfreie Leistung €/ha	425	488	420	420	438
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	465	423	466	466	455
DAL €/ha	-40	65	-46	-46	-17
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	444	405	445	445	435
DAL €/ha	-20	83	-25	-25	3

* 2003 Sommerraps

Bewirtschaftungssystem 1b Ra – WW – WW – WW Konservierend

Die notwendige Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung und Aussaat in diesem Bewirtschaftungssystem ist in Tabelle 81 aufgeführt. Die wendende Arbeit des Pfluges wird durch eine bis zu 20 cm tiefe, lockernde Bodenbearbeitung ersetzt. Die intensive Einmischung der Ernterückstände gewährleistet eine störungsfreie Aussaat und begrenzt im Stoppelweizen den Infektionsdruck mit strohbürtigen Krankheiten. Zur flachen Bearbeitung ist in der Kalkulation eine Kurzscheibenegge unterstellt. Der zweite, tiefere Bearbeitungsgang erfolgt mit einem Grubber. Saatbettbereitung und Aussaat werden mit einer Kreiseleggen-Drillmaschinenkombination durchgeführt. Der Maschinenneuwert des Bewirtschaftungssystems für Schlepper, Bodenbearbeitung und Aussaat liegt im 150 ha

Tab. 81: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1b RA-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW	Schlepper 120 KW Schlepper 120 KW
Kreiselegge/Drille 4 m Grubber 4 m Kurzscheibenegge 3 m Walze 4 m	Kreiselegge/Drille 4 m Grubber 4 m Kurzscheibenegge 4 m Walze 4 m
Maschinenneuwert 735 €/ha	Maschinenneuwert 660 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,9 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,5 Akh/ha

Modellbetrieb bei 735 €/ha, im 300 ha Modellbetrieb bei 660 €/ha. Die geringe Differenz (75 €/ha) ergibt sich aus der Notwendigkeit des zweiten Schleppers im 300 ha Modellbetrieb. Tabelle 82 informiert über die Wirtschaftlichkeit des Anbausystems. Blattfruchtweizen erreicht im Mittel der Jahre in Fruchtfolge 1b die höchsten Erlöse, während die des ersten und zweiten Stoppelweizens deutlich abfallen. Raps übertrifft das Erlösniveau des zweiten Stoppelweizens nur geringfügig.

Die Produktionsintensität des Stoppelweizens findet sich in den Direktkosten wieder. Durch die pfluglose Bestellung sind aufgrund des von Ernterückständen auf der Bodenoberfläche ausgehenden höheren Infektionsdrucks mit DTR in Einzeljahren höhere Fungizidaufwendungen erforderlich. Zusätzlich steigen die Kosten der Stickstoffdüngung im Vergleich zum Blattfruchtweizen.

Wegen der einheitlichen Bearbeitungsintensität zum Weizen liegen die Arbeitserledigungskosten auf gleicher Höhe. Eine in Einzeljahren intensivere Bodenbearbeitung sowie die höheren Kosten beim Drusch lassen die Arbeitserledigungskosten bei Raps über das Niveau des Weizens steigen. Im Mittel der Fruchtfolge 1b sind Kosten der Arbeitserledigung in Abhängigkeit der Betriebsgröße von 392 €/ha bzw. 410 €/ha zu erwarten.

Der Vergleich der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Kulturen führt bei Stoppelweizen über die geringeren Erträge in Kombination mit höheren Aufwendungen zu einer negativen DAL. Die Verfahrenskosten können nicht durch die Markterlöse gedeckt werden. Blattfruchtweizen erreicht durch die hohen Erträge bzw. Erlöse wirtschaftlich das beste Ergebnis. Die DAL liegt im Mittel des Anbausystems bei 6 €/ha (150 ha) und 24 €/ha (300 ha).

Tab. 82: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b RA-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfruchtweizen	1.Stoppelweizen	2.Stoppelweizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	808	905	780	802	824
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	808	905	780	802	824
Direktkosten					
Gesamt €/ha	378	387	434	434	408
Direktkostenfreie Leistung €/ha	430	518	346	368	415
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	418	407	407	407	410
DAL €/ha	12	111	-61	-39	6
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	399	390	390	390	392
DAL €/ha	31	128	-44	-22	24

Bewirtschaftungssystem 3a Ra – WW – KE – WW Konservierend

Die notwendige Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in diesem Fruchtfolgesystem zeigt Tabelle 83. Durch den Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht kann die Bodenbearbeitungsintensität zu Weizen auf einen flachen Arbeitsgang beschränkt werden. Dazu ist in der Kalkulation eine Kurzscheibenegge unterstellt. Erfolgt eine tiefere Bearbeitung, zum Beispiel zu Blattfrüchten, wird der Grubber eingesetzt. Die Saatbettbereitung und Aussaat erfolgen mit der Kreiselegge und aufgesattelter Drillmaschine mit Scheibenscharen. Durch die Entzerrung der Arbeitsspitzen kann die Mechanisierung der Modellbetriebe kostengünstiger organisiert werden als in dem vorher beschriebenen System.

Tab. 83: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 3a RA-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 102 KW	Schlepper 102 KW Schlepper 83 KW
Kreiselegge/Drille 3 m Grubber 4 m Kurzscheibenegge 3 m Walze 3 m	Kreiselegge/Drille 4 m Grubber 3 m Kurzscheibenegge 3 m Walze 4 m
Maschinenneuwert 668 €/ha	Maschinenneuwert 535 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,8 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,3 Akh/ha

Der Maschinenneuwert liegt im 150 ha Modellbetrieb bei 668 €/ha und im 300 ha Modellbetrieb bei 535 €/ha. In diesem System ist der Arbeitszeitbedarf von 3,2 Akh/ha bzw. 3,8 Akh/ha im Mittel der Jahre zu kalkulieren.

Tabelle 84 zeigt die ökonomische Bewertung der Modellbetriebe. Die Fruchtfolgefelder Weizen und Raps liegen auf gleichem Niveau. Körnererbsen fallen in den Markterlösen deutlich ab. Auch die Prämie für Eiweißpflanzen von 56 €/ha kann die Erlössituation nicht entscheidend verbessern.

Körnererbsen weisen aber durch den geringen Produktionsmitteleinsatz auch niedrige Direktkosten auf. Die Aufwendungen für Saatgut- und Pflanzenschutzmittel nehmen in diesem Kostenblock den größten Anteil ein. Bei Weizen kann durch die vorteilhafte Fruchtfolgestellung der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln auf ein Mindestmaß zurückgeführt werden. Daher bleiben die Direktkosten auf einem relativ niedrigen Niveau. Raps liegt durch die geringe Produktionsintensität im Jahr 2003 (Sommererbsen) bei den Direktkosten unter dem Niveau des Weizens. Würde man nur die beiden Folgejahre bewerten, so würde die hohe Produktionsintensität des Rapses zum Ausdruck kommen.

Auch bei den Arbeitserledigungskosten machen sich die Vorteile der Fruchtfolgeerweiterung bemerkbar. Die Entzerrung der Arbeitsspitzen und die daraus resultierende bessere

Ausnutzung des eingesetzten Maschinenkapitals sind als Gründe zu nennen. Die hohen Ansprüche an Pflanzenschutz- und Pflegemaßnahmen sowie die zweimalige Bodenbearbeitung führen beim Kulturenvergleich beim Fruchtfolgefeld Raps zu höheren Kosten der Arbeitserledigung. Zwar wird zu Körnererbsen ebenfalls eine zweimalige Bearbeitung durchgeführt, da für diese Kultur jedoch weniger Überfahrten für Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen erforderlich sind, sind die Kosten der Arbeitserledigung auch niedriger. Weizen wird dagegen nach einem einmaligen Bearbeitungsgang bestellt, wodurch geringere Kosten der Arbeitserledigung realisiert werden.

Tab. 84: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3a RA-WW-KE-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	1. Blattfruchtweizen	K.-Erbsen	2. Blattfruchtweizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	871	860	485	864	770
EU-Prämie €/ha	0	0	56	0	14
Gesamt €/ha	871	860	541	864	784
Direktkosten					
Gesamt €/ha	378	396	235	396	351
Direktkostenfreie Leistung €/ha	493	464	306	468	433
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	415	383	381	383	391
DAL €/ha	78	80	-76	85	42
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	383	355	352	355	361
DAL €/ha	110	109	-47	113	71

Im Mittel der Jahre wird im Anbausystem 3a eine DAL von 42 €/ha beziehungsweise 71 €/ha realisiert. Körnererbsen erreichen im Vergleich der Fruchtfolgefelder eine negative DAL. Die niedrigen Erträge und Erlöse können auch nicht durch die geringeren Kosten ausgeglichen werden. Diese Kultur trägt jedoch über die Vorfruchtwirkungen in erheblichem Maße zum ökonomischen Erfolg der gesamten Fruchtfolge bei.

Bewirtschaftungssystem 3b Ra – WW – KE – WW Direktsaat

Alle Kulturen dieser Fruchtfolge werden ohne jegliche Bodenbearbeitung in Direktsaat bestellt. Die Aussaat erfolgt mit einer Direktsaatmaschine, die mit Meißelscharen ausgestattet ist. Diese Scharform erweist sich besonders bei hohen Strohmenngen und kurzen Anbaupausen als vorteilhaft. Durch den Verzicht auf Bodenbearbeitung in Kombination mit der Erweiterung der Fruchtfolge kann die notwendige Mechanisierung vergleichsweise kostengünstig organisiert werden. Im 150 ha Modellbetrieb wäre vom Arbeitszeitanpruch

des Systems her sogar eine noch geringere Schlagkraft möglich, wenn es Direktsaattechnik mit geringerer Arbeitsbreite geben würde. Der Maschinenneuwert beträgt 575 €/ha (150 ha Modellbetrieb) und 299 €/ha (300 ha Modellbetrieb). Der Arbeitszeitbedarf liegt bei 2,5 Akh/ha bzw. 2,8 Akh/ha.

Tab. 85: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3b RA-WW-KE-WW Direktsaat, 2003-2005

Modellbetrieb 150 ha	Modellbetrieb 300 ha
Schlepper 83 KW	Schlepper 83 KW
Direktsaatmaschine 3 m Walze 3 m	Direktsaatmaschine 3 m Walze 3 m
Maschinenneuwert 575 €/ha	Maschinenneuwert 299 €/ha
Arbeitszeitbedarf 2,8 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,5 Akh/ha

Die ökonomische Bewertung des Anbausystems ist in Tabelle 86 aufgezeigt. Weizen erreicht nach günstigen Blatt-Vorfrüchten die höchsten Erlöse. Raps liegt bis zu 158 €/ha unter dem Erlösniveau des Weizens. Körnererbsen können noch lediglich ca. 50 Prozent der Erlöse des Blattfruchtweizens realisieren.

Auf Raps entfallen die höchsten Direktkosten in diesem Anbausystem, da Direktsaaten eine konsequente Schneckenbekämpfung erfordern. Körnererbsen verursachen dagegen deutlich geringere Direktkosten als die anderen Fruchtfolgefelder.

Im Vergleich zu den anderen geprüften Systemen sinken durch den Wechsel von Blattfrucht und Halmfrucht die Arbeitserledigungskosten durch die geringe Eingriffsintensität in den Boden in Kombination mit einer besseren Ausnutzung des eingesetzten Maschinenkapitals.

Tab. 86: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 3b RA-WW-KE-WW Direktsaat , 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	1. Blattfruchtweizen	K.-Erbsen	1. Blattfruchtweizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	745	861	435	903	736
EU-Prämie €/ha	0	0	56	0	14
Gesamt €/ha	745	861	491	903	750
Direktkosten					
Gesamt €/ha	414	405	235	405	365
Direktkostenfreie Leistung €/ha	332	456	256	498	386
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha					
Gesamt €/ha	379	366	345	366	364
DAL €/ha	-47	90	-88	132	21
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	332	323	295	323	318
DAL €/ha	-1	134	-39	175	67

Die positiven Vorfruchtwirkungen der Blattfrüchte werden aus betriebswirtschaftlicher Sicht optimal genutzt. Sie ermöglichen Einsparungen beim Produktionsmitteleinsatz, führen zu geringeren festen und variablen Maschinenkosten und minimieren die Arbeitskosten.

4.4 Standort Gülzow

4.4.1 Erträge der Bewirtschaftungssysteme

Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug

Die in diesem Bewirtschaftungssystem erzielten Erträge sind in Tabelle 87 dargestellt. Raps erreicht im Mittel der Jahre mit 47,5 dt/ha ein relativ hohes Ertragsniveau. Zwischen den Prüffahren bestehen jedoch größere Ertragsschwankungen, wie der Vergleich der Jahre 2003 und 2004 zeigt. Der Ertragsdifferenzen des Blattfruchtweizens sind im Vergleich der Jahre zum Raps deutlich geringer. Mit 85,2 dt/ha wird in dieser Anbaufolge ein wesentlich höheres Ertragsniveau realisiert als beim Stoppelweizen. Der Stoppelweizenertrag fällt insbesondere in den Erntejahren 2003 und 2005 ab. Dies dürfte im Zusammenhang mit trockeneren Witterungsphasen im Vorsommer zu interpretieren sein.

Tab. 87: Erträge im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Gülzow, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	2. Stoppelweizen
2003	36,9	82,1	54,7	48,4
<i>VK (n=3)</i>	7,8	9,9	16,5	14,2
2004	58,4	90,8	90,2	81,6
<i>VK (n=3)</i>	0,6	6,8	8,0	9,1
2005	47,3	82,6	58,2	66,7
<i>VK (n=3)</i>	5,0	6,6	19,7	17,9
Mittel 2003-2005	47,5	85,2	67,7	62,2
<i>VK (n=3)</i>	22,6	5,7	28,9	27,8

VK = Variationskoeffizient

Die Tabelle 88 vermittelt einen Überblick über pflanzenbauliche Parameter sowie über die Maßnahmen der Bodenbearbeitung. Der Feldaufgang und die Zahl der ährentragenden Halme deuten in allen Prüffahren auf ein gleichmäßiges Bestandesbild hin. Das in 2004 etwas höhere Tausendkorngewicht des Stoppelweizens dürfte auf die Verwendung einer anderen Sorte mit ausgesprochen guter Eignung für diese Stellung im Anbausystem zurückzuführen sein.

Tab. 88: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1a Ra-WW-WW-WW Pflug am Standort Gülzow, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,51	5,00	4,91	43,80	43,10	46,20	37,80	48,00	44,30	39,30	45,00	43,90
Feldaufgang %	90	92	92	93	89	94	92	96,5	88	94	95	89
VK (n=8)	10,4	6,9	9,1	6,3	8,5	10,1	12,4	9,6	10,3	10,9	12,1	13,0
Ähren/m_	-	-	-	600	604	571	529	560	542	502	583	560
VK (n=8)	-	-	-	13,5	12,6	9,3	12,3	10,7	14,3	13,6	10,2	11,5
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm		
Grundbodenbearbeitung	Pflug 24 cm			Pflug 24 cm			Pflug 24 cm			Pflug 24 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm		

Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend

Raps erzielt im Mittel der Jahre ein Ertragsniveau von 42,8 dt/ha mit deutlichen Differenzen zwischen den Versuchsjahren (Tab. 89). Die niedrigen Variationskoeffizienten in den Einzeljahren sprechen für die Homogenität der Bestände. Der Ertrag des Blattfruchtweizens schwankt in wesentlich geringerem Maße. Im Durchschnitt der Jahre wird in diesem Fruchtfolgefeld ein Ertrag von 95,9 dt/ha erreicht. Die Erträge des Stoppelweizens fallen dagegen deutlich ab. Auch die Ertragsschwankungen des Stoppelweizens sind wesentlich größer als beim Blattfruchtweizen. Bemerkenswert ist der höhere Ertrag des zweiten Stoppelweizens in zwei von drei Jahren. Ob dieses Ergebnis auf einen früher einsetzenden Decline-Effekt bei pflugloser Bodenbearbeitung zurückgeführt werden kann, ist aus der Versuchsanstellung und der Laufzeit der Versuche nicht abzuleiten.

Tab. 89: Erträge im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	1. Stoppelweizen	2. Stoppelweizen
2003	35,0	96,5	55,3	79,3
VK (n=3)	0,3	5,9	9,3	29,5
2004	44,2	101,2	74,1	82,4
VK (n=3)	4,9	2,9	5,6	0,8
2005	49,2	86,4	76,3	56,5
VK (n=3)	4,5	6,7	5,0	20,9
Mittel 2003-2005	42,8	94,7	68,6	72,7
VK (n=3)	16,8	8,0	16,8	19,4

VK = Variationskoeffizient

Die in Tabelle 90 aufgeführten Pflanzenbau-Parameter machen eine gute Bestandesetablierung in diesem System deutlich. Raps erreicht nach zwei bis dreimaliger

Bodenbearbeitung in allen Jahren einen gleichmäßigen Feldaufgang. Bei Weizen ergibt sich ein ähnliches Bild. Gute Feldaufgänge nach intensiverer Bodenbearbeitung bei Blattfrucht- und Stoppelweizen dokumentieren einen sicheren Auflauf. Die Bestandesdichte in EC 65 ist beim Stoppelweizen tendenziell geringer, erklärt aber nicht die Ertragsdifferenz zum Blattfruchtweizen. Die Kornzahl/Ähre dürfte dafür das entscheidende Kriterium sein.

Tab. 90: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			1. Stoppelweizen			2. Stoppelweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,42	4,7	4,6	40,7	43,4	31,1	38,5	45,0	36,8	39,0	46,1	35,0
Feldaufgang %	91	83	89	89	91	90	87	91	86	92	95	89
VK (n=8)	9,4	16,1	12,5	12,4	10,2	9,3	13,8	12,1	15,4	15,1	11,2	13,7
Ähre. Halme/m_	-	-	-	521	608	548	540	586	524	561	539	551
VK (n=8)	-	-	-	10,8	13,7	16,1	13,9	16,5	9,6	18,4	13,5	14,7
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	1. Grubber 8 cm 2003 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2003 und 2004 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2003 und 2004 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2003 und 2004 2. Grubber 15 cm		
Grundbodenbearbeitung	Grubber 20 cm											
Sekundärbodenbearbeitung	Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm											

Bewirtschaftungssystem 2 Ra – WW – WW/Zf- Bl. Lup. Konservierend

Mit einem Durchschnittsertrag von 52,5 dt/ha und einer Variationsbreite von 39,3 - 64,7 dt/ha wird in diesem System bei Raps ein hohes Niveau erreicht. Die Variationskoeffizienten der Erträge deuten auf gleichmäßige Pflanzenbestände zum Zeitpunkt der Beerntung hin. Blattfruchtweizen erzielt einen um 33,7 dt/ha höheren Ertrag als Stoppelweizen im Mittel der Jahre. Auffällig sind die höheren Ertragsschwankungen des Stoppelweizens in Einzeljahren, was auf heterogene Bestände schließen lässt.

Tab. 91: Erträge im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-Bl.-Lup. Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Jahr	Raps	Blattfruchtweizen	Stoppelweizen	Blaue Lupine
2003	39,3	112,6	61,2	27,4
VK (n=3)	2,8	17,6	25,6	16,3
2004	64,7	104,1	72,2	28,8
VK (n=3)	2,6	2,9	2,9	2,1
2005	53,5	95,8	78,0	29,4
VK (n=3)	5,0	6,4	17,7	9,5
Mittel 2003-2005	52,5	104,2	70,5	28,3
VK (n=3)	24,2	8,1	12,1	3,6

VK = Variationskoeffizient

Das Fruchtfolgefeld Blaue Lupine verzeichnet einen durchschnittlichen Ertrag von 28,3 dt/ha. Die Ertragsschwankungen zwischen den Einzeljahren sind gering.

Die Pflanzenbau-Parameter in Tabelle 92 dokumentieren eine gleichmäßige Bestandesentwicklung bei Raps, Blattfrucht- und Stoppelweizen. Der Feldaufgang der Blauen Lupine in 2003 ist aufgrund von Fraßschäden unterdurchschnittlich, in den übrigen Jahren zufriedenstellend. Zu Raps und Blattfruchtweizen ist je nach Jahr eine zwei bis dreimalige Bodenbearbeitung erfolgt. Um die pfluglose Bestellung des Stoppelweizens möglichst sicher zu gestalten, wurde in allen Jahren eine dreimalige Bodenbearbeitung durchgeführt. Lupinen wurden nach flacher Bodenbearbeitung im Herbst und im Frühjahr sowie bei der Aussaat gedrillt.

Tab. 92: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-Bl.-Lup. Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			Blattfruchtweizen			Stoppelweizen			Blaue Lupine		
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,7	4,8	5,0	42,3	47,6	34,1	37,5	45,4	37,5	150	165	161
Feldaufgang %	90	92	88	95	93	89	95	93	87	48	71	89
VK (n=8)	8,9	15,1	11,4	12,5	9,8	13,7	9,6	12,3	14,2	18,9	16,1	12,0
Ähren/m_	-	-	-	604	578	541	537	569	521	-	-	-
VK (n=8)	-	-	-	12,9	10,8	14,6	12,9	15,2	9,6	-	-	-
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	1. Grubber 8 cm 2003 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2003 und 2004 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm		
Grundbodenbearbeitung	Grubber 20 cm			Grubber 20 cm			Grubber 20 cm			---		
Sekundärbodenbearbeitung	Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm			1. Grubber 8 cm 2. Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm		

Bewirtschaftungssystem 3 Ra– WW/Zf– Bl. Lup.– WW Konservierend

Die Tabelle 93 zeigt die Erträge der einzelnen Fruchtfolgefelder dieses Bewirtschaftungssystems. Die Rapsenerträge schwanken im Vergleich der Jahre stärker als die der anderen Kulturen (VK 25,3). Weizen steht in diesem Anbausystem nur nach Blattfrüchten in einer günstigen Anbaufolge. Die Erträge des Weizens zeigen deshalb kaum Schwankungen zwischen den Jahren. Das Fruchtfolgefeld Blaue Lupine erreicht ein Ertragsniveau von 28,4 dt/ha.

Tab. 93: Erträge im Bewirtschaftungssystem Ra-WW -Bl.-Lup.-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Jahr	Raps	1. Blattfruchtweizen	Blaue Lupine	2. Blattfruchtweizen
2003	40,6	95,6	28,9	101,4
VK (n=3)	6,4	1,2	33,5	10,4
2004	60,7	95,0	28,9	94,0
VK (n=3)	1,8	4,9	4,1	7,2
2005	39,7	85,9	27,6	83,4
VK (n=3)	8,8	9,5	12,2	9,5
Mittel 2003-2005	47,0	92,2	28,4	92,9
VK (n=3)	25,3	5,9	2,6	9,7

VK = Variationskoeffizient

Einen Überblick über pflanzenbaulichen Parameter sowie die durchgeführten Bodenbearbeitungsmaßnahmen vermittelt Tabelle 94. Bei Raps und Weizen ist ein hoher Feldaufgang in allen Jahren zu verzeichnen. Der Auflauf der Blauen Lupine wurde insbesondere im Jahr 2003 durch Wildschäden beeinträchtigt. Die Auszählungen der Bestandesdichte bei Weizen verdeutlichen eine einheitliche Entwicklung. Jahresspezifisch wurde in 2004 eine höhere Anzahl an ährentragenden Halmen ausgezählt. Durch eine intensive, mehrmalige Bodenbearbeitung zu Raps ist nach den hohen Strohmenngen des Weizens der Feldaufgang abzusichern. Die Bearbeitung erfolgte mit einem Exaktgrubber bei einer Bearbeitungstiefe bis zu 20 Zentimetern. Blattfruchtweizen ist je nach Jahr ebenfalls nach zwei- bis dreimaliger Bodenbearbeitung bestellt worden.

Tab. 94: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 3 Ra-WW -Bl.-Lup.-WW Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps			1. Blattfruchtweizen			Blaue Lupine			2. Blattfruchtweizen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	4,6	4,9	5,0	41,8	43,4	34,1	146	165	154	38,8	44,6	31,7
Feldaufgang %	89	92	88	90	92	94	52	76	87	93	90	89
VK (n=8)	12,9	8,3	10,6	13,4	10,1	8,4	19,2	15,9	13,8	10,6	16,2	12,7
Ähren/m ₂	-	-	-	570	610	589	-	-	-	541	646	533
VK (n=8)	-	-	-	9,7	10,8	8,2	-	-	-	10,5	10,7	9,6
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoppelbearbeitung	1. Grubber 8 cm 2003 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2003 und 2004 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm			1. Grubber 8 cm 2003 und 2004 2. Grubber 15 cm		
Grundbodenbearbeitung	Grubber 20 cm			Grubber 20 cm			---			Grubber 20 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm			1. Grubber 8 cm 2. Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrill- maschine 7 cm		

Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW/ZF-WeW-WRo/ZF Konservierend

Hafer übernimmt in dieser Fruchtfolge eine tragende Stellung und erreicht im Mittel 55,2 dt/ha. Die Streuung im Vergleich der Jahre ist relativ gering. Weizen nach Hafer liefert 89,2 dt/ha. Der zu Vegetationsende gesäte Wechselweizen kommt im Mittel der Jahre auf ein Ertragsniveau von 57,0 dt/ha und liegt damit deutlich unter dem des Blattfruchtweizens. Durch Wildschaden wurde der Ertrag des Winterroggens im Jahr 2005 negativ beeinflusst. Daher ist für die weitere Kalkulation nur der Durchschnittsertrag von 2003 und 2004 heran gezogen worden.

Tab. 95: Erträge im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WeW-WRo Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Jahr	Hafer	Blattfruchtweizen	Wechselweizen	Winterroggen
2003	54,8	88,7	44,1	86,5
VK (n=3)	22,5	31,1	14,7	11,2
2004	52,8	92,6	68,8	70,7
VK (n=3)	3,5	8,3	6,0	16,5
2005	58,0	86,4	58,2	52,0
VK (n=3)	5,3	3,1	16,4	15,3
Mittel 2003-2005	55,2	89,2	57,0	78,6*
VK (n=3)	4,8	3,5	21,7	

VK = Variationskoeffizient

* 2005 Wildschaden nicht im Mittelwert enthalten

Die begleitend erhobenen Feldbonituren sowie die durchgeführten Bodenbearbeitungsmaßnahmen zeigen Tabelle 96. Hafer wurde nach zweimaliger Bodenbearbeitung im Herbst und Frühjahr bestellt. Die Bestandesetablierung verlief zufrieden stellend.

Tab. 96: Pflanzenbauliche Parameter und Maßnahmen der Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW-WeW-WRo Konservierend am Standort Gülzow, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Hafer			Blattfruchtweizen			Wechselweizen			Winterroggen		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Erntejahr	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
TKG (g)	35,2	35,6	34,2	39,7	42,6	34,1	44,1	37,7	27,6	32,1	39,3	28,2
Feldaufgang %	90	89	87	88	90	91	82	87	90	95	92	90
VK (n=8)	8,4	12,4	13,6	12,6	10,2	14,2	16,2	13,9	14,2	10,5	9,8	10,2
Ähren/m_	384	420	436	539	594	587	405	490	445	532	508	432
VK (n=8)	16,2	12,3	13,2	12,7	9,5	13,5	14,3	12,6	14,7	12,7	13,8	18,9
Lager %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	25	0
Stoppelbearbeitung	1. Grubber 8 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm			1. Grubber 8 cm 2. Grubber 15 cm		
Grundbodenbearbeitung	---			Grubber 20 cm			Grubber 20 cm			Grubber 20 cm		
Sekundärbodenbearbeitung	1. Grubber 8 cm 2. Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm			Vorwerkzeuge der Universaldrillmaschine 7 cm		

Auch der Blattfruchtweizen erreicht begünstigt durch die Bodenbearbeitungsmaßnahmen einen guten Bestand. Die Bestandesetablierung des Wechselweizens ist dagegen kritisch zu beurteilen. Die späte Aussaat ermöglicht keine ausreichende Bestockung, was sich ertragsreduzierend auswirkt. Der Roggenbestand wurde im Jahr 2005 durch Wildschäden in Mitleidenschaft gezogen. Dies erklärt die geringere Zahl ährentragender Halme je Flächeneinheit und die Höhe des Variationskoeffizienten.

4.2.2 Ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme

Bewirtschaftungssystem 1 Ra-WW-WW-WW Pflug

Zur Aussaat wird eine Universaldrillmaschine eingesetzt. Durch die Ausstattung dieser Maschine mit Vorwerkzeugen kann auf einen weiteren Bearbeitungsgang zur Saatbettbereitung verzichtet werden. Außerdem ist aufgrund der höheren Arbeitsgeschwindigkeit mit diesen Maschinen im Vergleich zu herkömmlichen Kreiseleggen-Drillmaschinenkombinationen eine höhere Flächenleistung möglich. Zur Vermeidung von Strohmattebildung im Boden wird neben der wendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug darüber hinaus eine vorgeschaltete zweimalige Stoppelbearbeitung durchgeführt. Auf diesem Küstenstandort sollte die Aussaat des Wintergetreides bis spätestens Anfang Oktober abgeschlossen sein. Spätere Aussaattermine würden zwar die Arbeitsspitzen entzerren, allerdings ist dann eine ausreichende Herbstentwicklung als Grundlage für hohe Erträge in dieser Region nicht gewährleistet. Vor diesem Hintergrund sind die Arbeitsbelastungen in diesem Bewirtschaftungssystem in den Monaten August und September sehr ausgeprägt.

Der Maschinenneuwert für Bodenbearbeitungsgeräte, Aussaattechnik und Schlepper beträgt im 300 Hektar Modellbetrieb 992 €/ha und im 600 ha Modellbetrieb 967 €/ha.

Tab. 97: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Modellbetrieb 300 ha	Modellbetrieb 600 ha
Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW Schlepper 83 KW	Schlepper 215 KW Schlepper 176 KW Schlepper 176 KW Schlepper 120 KW
Drehpflug 2,45 m Universaldrillmaschine 4,5m Grubber 4,5 m	Drehpflug 3,5 m Drehpflug 2,45 m Universaldrillmaschine 6 m Grubber 5 m Grubber 7 m
Maschinenneuwert 992 €/ha	Maschinenneuwert 967 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,9 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 3,1 Akh/ha

Tabelle 98 weist die Wirtschaftlichkeit von Fruchtfolge 1 Pflug aus. Raps erzielt im Mittel der Jahre die höchsten Erlöse. Die geringen Erträge des Stoppelweizens wirken sich negativ auf die Erlössituation des gesamten Anbausystems aus.

Zudem weist der Stoppelweizen durch die höhere Fungizid- und Düngeintensität eine 31 €/ha höhere Direktkostenbelastung auf als der Blattfruchtweizen. Eine Spezialbeizung gegen Schwarzbeinigkeit, zusätzliche Fungizidaufwendungen zur Erhaltung der Fuß- und Blattgesundheit des Weizens und höhere Stickstoffdüngergaben sind hierfür auf diesem Standort verantwortlich. Auch die hohe Produktionsintensität zu Raps, insbesondere bei der Stickstoffdüngung und beim Pflanzenschutz, verursacht vergleichsweise hohe Direktkosten.

Die enge Zeitspanne zur Aussaat des Wintergetreides setzt eine schlagkräftige Mechanisierung voraus. In Verbindung mit der intensiven Bodenbearbeitung führt dies zu hohen Kosten der Arbeitserledigung. Die intensive Bodenbearbeitung und die häufigen Überfahrten für Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen tragen zu den hohen Arbeitserledigungskosten beim Raps bei. Blattfruchtweizen verursacht die geringsten Kosten der Arbeitserledigung. Bei Stoppelweizen sind diese etwas höher, da in einigen Jahren mehr Pflanzenschutzmaßnahmen notwendig waren.

Die in diesem wintergetreidebetonten Anbausystem entstandenen Verfahrenskosten können nicht durch die Markterlöse gedeckt werden. Dies trifft in besonderem Maße auf den Stoppelweizenanbau zu. Raps und Blattfruchtweizen erzielen zwar hohe Erträge und Erlöse, durch die kostenverursachende hohe Produktionsintensität beim Pflanzenschutz, der Düngung und in der Bodenbearbeitung werden diese aber mehr als aufgezehrt.

Tab. 98: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1a RA-WW-WW-WW Pflug, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfruchtweizen	1.Stoppelweizen	2.Stoppelweizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	920	813	670	614	755
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	920	813	670	614	755
Direktkosten					
Gesamt €/ha	475	410	441	441	442
Direktkostenfreie Leistung €/ha	445	404	230	174	313
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	484	468	470	470	473
DAL €/ha	-39	-65	-240	-296	-160
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 600 ha					
Gesamt €/ha	459	445	447	447	450
DAL €/ha	-14	-42	-217	-273	-137

Bewirtschaftungssystem 1b Ra – WW – WW – WW Konservierend

Im Bewirtschaftungssystem 1b wird auf die wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug verzichtet. Um in den kurzen Anbaupausen die hohen Strohmenen in den Boden einzumischen, wurde je nach Kultur und Jahr eine zwei bis dreimalige Bodenbearbeitung mit dem Grubber (8 cm, evtl. 15 cm, 20 cm) durchgeführt. Zur flachen und tiefen Bodenbearbeitung wird in der Modellkalkulation ein vierbalkiger Exaktgrubber unterstellt. Die intensive Bodenbearbeitung in Kombination mit der engen, wintergetreidebetonten Anbaufolge setzt die in Tabelle 99 aufgeführte Mechanisierung voraus. Der Maschinenneuwert für Bodenbearbeitungsgeräte, Aussaattechnik und Schlepper beträgt im 300 Hektar großen Betrieb 733 €/ha und im 600 ha Betrieb 660 €/ha.

Tab. 99: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 1b Ra-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 300 ha	Modellbetrieb 600 ha
Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW	Schlepper 215 KW Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW
Universaldrillmaschine 4 m Grubber 4,5 m	Universaldrillmaschine 6 m Grubber 5 m Grubber 7 m
Maschinenneuwert 733 €/ha	Maschinenneuwert 660 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,3 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,5 Akh/ha

Tabelle 100 zeigt die ökonomische Auswertung von Fruchtfolge 1b. Raps erzielt im Mittel der drei Prüfjahre um 84 €/ha geringere Erlöse als Blattfruchtweizen. Der Erlös des Stoppelweizens fällt dagegen im Vergleich zu den anderen Kulturen aufgrund geringerer Erträge deutlich ab.

Der Rapsanbau verursacht in diesem System die höchsten Direktkosten. Die Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, der mehrmalige Einsatz von Fungiziden, die hohe Stickstoffdüngintensität (ca. 250 kg/ha N) und das verwendete Hybridsaatgut verursachen Produktionsmittelkosten. Die höhere Pflanzenschutz- und Düngintensität des Stoppelweizens im Vergleich zum Blattfruchtweizen kommt in den Direktkosten zum Ausdruck. Eine Beizung gegen Schwarzbeinigkeit, weitere Fungizidaufwendungen zur Erhaltung der Fuß- und Blattgesundheit und eine höhere Stickstoffdüngung sind zusätzliche Maßnahmen im Stoppelweizenanbau. Daneben erfordert die pfluglose Bestellung des Stoppelweizens in Einzeljahren eine Zwischenbehandlung bzw. andere Wirkstoffwahl zu Bekämpfung von DTR Infektionen. Außerdem zeigte sich in den Versuchsjahren 2004 und 2005 im pfluglos bestellten Stoppelweizen ein hoher Trespdruck mit der Konsequenz höherer Herbizidaufwendungen.

Stoppelweizen verursacht in der Fruchtfolge die höchsten Kosten der Arbeitserledigung. In zwei Jahren wurde zu Blattfruchtweizen auf die dritte Bodenbearbeitung verzichtet, was zu geringeren Arbeitserledigungskosten führte. Zu Raps wurde zwar ebenfalls in einigen Jahren eine zweimalige Bearbeitung durchgeführt, die häufigeren Überfahrten für Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen schlagen jedoch mit entsprechenden Kosten zu Buche.

Die Erlöse der Fruchtfolgefelder Stoppelweizen und Raps reichen nicht aus, die entstandenen Verfahrenskosten zu decken. Blattfruchtweizen erzielt aufgrund geringerer Kosten und höherer Erlöse eine wesentlich höhere ökonomische Effizienz als die übrigen Fruchtfolgefelder.

Tab. 100: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 1b RA-WW-WW-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfruchtweizen	1.Stoppelweizen	2.Stoppelweizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	833	907	677	730	786
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	833	907	677	730	786
Direktkosten					
Gesamt €/ha	486	414	442	442	446
Direktkostenfreie Leistung €/ha	347	492	235	288	340
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	408	399	416	416	410
DAL €/ha	-61	93	-181	-128	-69
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 600 ha					
Gesamt €/ha	378	376	386	386	382
DAL €/ha	-31	117	-152	-98	-41

Bewirtschaftungssystem 2 Ra – WW – WW/Zf- Bl. Lup. Konservierend

Für die Modellbetriebe in Bewirtschaftungssystem 2 sind die in Tabelle 101 aufgeführten Maschinen und Schlepper zur Bodenbearbeitung und Aussaat zu Grunde gelegt. Durch die Integration der Sommerung Blauen Lupine werden die Arbeitsspitze zur Weizenaussaat entzerrt. Dieser Effekt wird jedoch zum Teil durch die Bestellung der Zwischenfrucht im arbeitsintensiven Monat August aufgehoben. Die Mechanisierung erfordert eine ausreichende Schlagkraft, um die Raps- und Zwischenfruchtaussaat mit der häufig parallel laufenden Weizen- und Lupinenernte termingerecht durchzuführen. Der Maschinenneuwert für Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik sowie Schlepper beträgt im 300 Hektar großen Betrieb 733 €/ha und im 600 ha Betrieb 660 €/ha. Der Arbeitszeitbedarf liegt bei 3,0 Akh/ha beziehungsweise 2,2 Akh/ha.

Tab. 101: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW-WW-Bl.-Lup. Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 300 ha	Modellbetrieb 600 ha
Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW	Schlepper 215 KW Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW
Universaldrillmaschine 4 m Grubber 4,5 m	Universaldrillmaschine 6 m Grubber 5 m Grubber 7 m
Maschinenneuwert 733 €/ha	Maschinenneuwert 660 €/ha
Arbeitszeitbedarf 3,0 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,2 Akh/ha

Die positiven Vorfruchteffekte der Blauen Lupine sind ausschlaggebend für die hohen Erträge beim Raps. Auch der Blattfruchtweizen erreicht hohe Erträge und Erlöse. Stoppelweizen fällt dagegen im Ertrag ab. Die Erträge der Blauen Lupinen lagen zwar im erwarteten Durchschnitt, wegen der unbefriedigenden Marktpreissituation wurden aber mit Abstand die niedrigsten Erlöse erzielt.

Die Direktkosten von Raps und Stoppelweizen bewegen sich auf deutlich höherem Niveau als die des Blattfruchtweizens. Die höhere Pflanzenschutz- und Düngeintensität führen wie im Bewirtschaftungssystem 1b zu diesem Ergebnis. Blaue Lupinen sind sehr kostengünstig zu produzieren. Neben dem Saatgut und dem anteiligen Entzug an Grundnährstoffen, sind lediglich ein bis zwei Herbizidmaßnahmen zu kalkulieren.

Tab. 102: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem 2 RA-WW-WW-Bl.-Lup. Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfruchtweizen	1.Stoppelweizen	Bl.-Lup.	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	1014	999	698	315	757
EU-Prämie €/ha	0	0	0	56	14
Gesamt €/ha	1014	999	698	371	771
Direktkosten					
Gesamt €/ha	465	414	442	169	373
Direktkostenfreie Leistung €/ha	549	585	256	201	398
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	413	400	418	350	395
DAL €/ha	137	185	-162	-149	3
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 600 ha					
Gesamt €/ha	379	377	388	333	369
DAL €/ha	170	208	-132	-131	29

Bei den Kosten der Arbeitserledigung sind in diesem Bewirtschaftungssystem ähnliche Kostenrelationen wie bei den Direktkosten erkennbar. Die Lupinen verursachen wesentlich geringere Kosten als die übrigen Kulturen, schneiden aber im direkten DAL-Vergleich

deutlich schlechter ab. Dieses Defizit wird allerdings durch die vielfältigen Vorfruchteffekte ausgeglichen. Raps als direkte Nachfrucht profitiert von diesen Vorfruchtwirkungen. Neben den Einsparungen an Produktionsmitteln führen insbesondere arbeitswirtschaftliche Vorteile zu sinkenden Arbeitserledigungskosten sowohl bei der Lupine selbst als auch bei der Folgekultur. In der beschriebenen Fruchtfolge können die durch den Stoppelweizen entstandenen Verfahrenskosten nicht gedeckt werden.

Bewirtschaftungssystem 3 Ra – WW/Zf – Bl. Lup. – WW Konservierend

Durch den Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht ergeben sich in diesem Bewirtschaftungssystem günstige Produktionsbedingungen. Insbesondere Weizen kann in dieser Anbaukonstellation hinsichtlich der Leistung und Produktionskosten profitieren. Die für dieses Bewirtschaftungssystem notwendige Mechanisierung ist in Tabelle 103 dargestellt. In diesem System ist die Arbeitsspitze im August besonders ausgeprägt. Die intensive Bearbeitung zu Raps (zwei bis dreimaliges Grubbern 8 cm, 15 cm, 20 cm), die Zwischenfruchtaussaat sowie parallel laufende Erntearbeiten (Weizen, Lupinen) sind als wesentliche Ursachen zu nennen. Der Maschinenneuwert für Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik sowie Schlepper beträgt 733 €/ha (300 ha) bzw. 660 €/ha (600 ha).

Tab. 103: Maschinenausstattung in den Modellbetrieben zur Bodenbearbeitung im Bewirtschaftungssystem 2 Ra-WW/Zf-Bl. Lup.-WW Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 300 ha	Modellbetrieb 600 ha
Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW	Schlepper 215 KW Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW
Universaldrillmaschine 4 m Grubber 4,5 m	Universaldrillmaschine 6 m Grubber 5 m Grubber 7 m
Maschinenneuwert 733 €/ha	Maschinenneuwert 660 €/ha
Arbeitszeitbedarf 2,9 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,1 Akh/ha

Die Erlössituation des Bewirtschaftungssystems wird durch das hohe Ertragsniveau des Weizens (Blattvorfrucht) aber auch des Rapses positiv beeinflusst. Lupinen erzielen dagegen deutlich geringere Erlöse (Tab. 104). Auch die Prämie für Eiweißpflanzen (56 €/ha) kann dies nicht kompensieren.

Die hohe Produktionsintensität des Rapses schlägt sich in den hohen Direktkosten nieder. Hohe Pflanzenschutzintensitäten, eine intensivere Stickstoffdüngung und teureres Hybridsaatgut führen zu hohen Direktkosten. Durch die Vorfruchtwirkungen der Blattfrüchte kann der Weizen in diesem System mit relativ geringem Produktionsmittelaufwand produziert werden. Lupinen sind mit den in dieser Fruchtfolge geringsten Kosten belastet. Saatgut,

Herbizide und die Anrechnung der Grundnährstoffe sind die wesentlichen Kostenblöcke in diesem Bereich.

Durch den 50 prozentigen Anteil an Blattfrüchten in der Rotation in Kombination mit dem Pflugverzicht wird im Bereich der Arbeiterledigung ein ähnliches Kostenniveau wie in Fruchtfolge 2 realisiert.

Lediglich im Lupinenanbau können die entstandenen Verfahrenskosten durch die Erlöse nicht gedeckt werden. Raps erzielt zwar die höchsten Erlöse, hohe Direktkosten und die Kosten der Arbeiterledigung führen jedoch zu einer geringeren DAL als beim Weizen. Blattfruchtweizen erreicht in diesem System die höchste DAL. Dieser Effekt ergibt sich aus der Wechselwirkung der günstigen Anbaufolge.

Tab. 104: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Bewirtschaftungssystem RA-WW/Zf-Bl.-Lup.-WW Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Raps	Blattfruchtweizen	Blaue Lupine	Blattfrucht-Weizen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	914	883	317	892	751
EU-Prämie €/ha	0	0	56	0	14
Gesamt €/ha	914	883	373	892	765
Direktkosten					
Gesamt €/ha	486	414	169	414	371
Direktkostenfreie Leistung €/ha	428	468	203	477	394
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	413	400	350	400	391
DAL €/ha	15	68	-147	78	3
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 600 ha					
Gesamt €/ha	379	377	333	377	366
DAL €/ha	49	91	-129	100	28

Bewirtschaftungssystem 4 Ha-WW/ZF-WeW-WRo/ZF Konservierend

Die für diese reine Getreidefruchtfolge notwendige Mechanisierung für Modellbetriebe ist in Tabelle 105 zusammen gefasst. Durch den Zwischenfruchtanbau und die intensive Bodenbearbeitung im August ist eine ausreichend schlagkräftige Mechanisierung erforderlich. Diese Fruchtfolge mit einem hohen Anteil an Zwischenfrüchten erfordert neben der Bodenbearbeitungstechnik ein Schlegelmulchgerät zum Abhäckseln des Zwischenfruchtaufwuchses insbesondere vor Wechselweizen. Der Maschinenneuwert der Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik sowie der Schlepper beträgt 811 €/ha (300ha) beziehungsweise 695 €/ha (600 €/ha).

Tab. 105: Maschinenausstattung zur Bodenbearbeitung in den Modellbetrieben im Bewirtschaftungssystem 2 Ha-WW/ZF-WeW/ZF-WRo Konservierend, 2003-2005

Modellbetrieb 300 ha	Modellbetrieb 600 ha
Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW	Schlepper 215 KW Schlepper 138 KW Schlepper 120 KW
Universaldrillmaschine 4 m Grubber 4,5 m Schlegelmulchgerät 6 m	Universaldrillmaschine 6 m Grubber 5 m, Grubber 7 m Schlegelmulchgerät 6 m
Maschinenneuwert 811 €/ha	Maschinenneuwert 695 €/ha
Arbeitszeitbedarf 2,8 Akh/ha	Arbeitszeitbedarf 2,3 Akh/ha

Die Erlöse von Hafer, Wechselweizen und Winterroggen liegen deutlich unter dem Niveau des Blattfruchtweizens. Bei Hafer und Wechselweizen sind primär die geringeren Erträge ausschlaggebend, bei Winterroggen spielen die geringen Marktpreise eine entscheidende Rolle. Der reduzierte Produktionsmitteleinsatz bei Hafer, Wechselweizen und Roggen führt im Vergleich zu Weizen zu geringeren Direktkosten.

Durch den Zwischenfruchtanbau auf 50 % der Fläche entsteht eine ausgeprägte Arbeitsspitze im August. Verschärft wird dieser Sachverhalt durch die intensive Bodenbearbeitung (zweimaliges Grubbern 5 cm, 15 cm) vor der Aussaat der Zwischenfrucht. Dadurch steigen die Kosten der Arbeitserledigung. Auch die Entzerrung der Arbeitsspitze zur Weizenaussaat durch die Integration von Wechselweizen und die damit verbundene Option zur späteren Aussaat ändert nichts an diesem Sachverhalt. Bei den Fruchtfolgefeldern Hafer, Roggen und Wechselweizen können aufgrund unbefriedigenden Erträge und Erlöse, die Verfahrenskosten nicht gedeckt werden.

Tab. 106: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) in der Fruchtfolge HA-WW/ZF-WeW-WRO/ZF Konservierend, 2003-2005

Fruchtfolgefeld	Hafer	Blattfruchtweizen	Wechselweizen	Winterroggen	Mittelwert der Fruchtfolge
Leistungen					
Erlös €/ha	504	853	611	453	605
EU-Prämie €/ha	0	0	0	0	0
Gesamt €/ha	504	853	611	453	605
Direktkosten					
Gesamt €/ha	223	414	283	327	312
Direktkostenfreie Leistung €/ha	281	439	328	126	293
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha					
Gesamt €/ha	384	420	415	412	408
DAL €/ha	-102	19	-87	-286	-114
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 600 ha					
Gesamt €/ha	357	391	389	377	379
DAL €/ha	-75	47	-62	-251	-85

5 Diskussion

5.1 Erträge und Wirkungen von Systemen der Bodenbewirtschaftung

Arbeitshypothese 1: Interaktionen zwischen Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Standort nehmen maßgeblichen Einfluss auf die Ertragsleistung der Kulturen.

Fruchtfolgewirkungen

Die Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesysteme auf den Ertrag werden in der Literatur unterschiedlich bewertet. Zur Ermittlung der Vorfruchtwirkungen von Blattfrüchten wird in den meisten Untersuchungen der Weizen als erste Nachfrucht verwendet. Neuere Ergebnisse aus Deutschland von CHRISTEN (2001) und ALBRECHT (2002) weisen 10 beziehungsweise 12 Prozent geringere Erträge in der Anbaufolge Weizen nach Weizen nach. Gleichwertige Erträge zwischen Blattfrucht- und Stoppelweizen werden dagegen in den einschlägigen Forschungsarbeiten nicht beschrieben. Auch die Analyse der vorliegenden Versuchsergebnisse ergibt ein differenziertes Bild (Tab. 107). Die Standorte Freising und Gülzow zeigen deutliche Ertragsvorteile für den Blattfruchtweizen im Mittel der Bodenbearbeitungsvarianten. Die varianzanalytische Auswertung des Versuchs am Standort Freising lässt die Aussage signifikant geringerer Stoppelweizenenerträge zu. Den Untersuchungen von SCHÖNHAMMER und FISCHBECK (1988) oder POMMER et al. (1989) zur Folge, ist dies mit der geringeren Wurzellängendichte des Stoppelweizens zu erklären. Auf den zur Vorsommertrockenheit neigenden Standorten Gülzow und Freising führt dies zu einem vorzeitigen Wasserdefizit. Dies wird auch durch die Ergebnisse der Einzeljahre bestätigt. Im Trockenjahr 2003 sind auf allen Standorten die deutlichsten Ertragseinbrüche beim Stoppelweizen zu verzeichnen. Unter den wüchsigen Bedingungen des

Tab. 107: Erträge (dt/ha) von Weizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten in einzelnen Jahren sowie im Mittel der Jahre und Bodenbearbeitungsvarianten

Standort	Gülzow		Braunschweig		Freising		Soest	
	Blatt*	WW	Blatt*	WW	Blatt*	WW	Blatt*	WW
Jahr								
2003	97,7	59,8	77,0	74,0	62,5	46,1	101,6	93,2
2004	97,0	80,1	97,0	89,8	94,3	85,9	101,4	104,9
2005	86,8	67,1	93,0	83,5	85,9	48,5	96,6	92,7
Mittel	93,8	69,0	89,0	82,4	80,9	60,2	99,9	96,9
Ertragsvorteil von Blattfruchtweizen (dt/ha und relativ)	+ 24,8 dt/ha + 26,4 %		+ 6,6 dt/ha + 7,4 %		+ 20,7 dt/ha + 25,6 %		+ 3,0 dt/ha + 3,0 %	

* Raps, Körnerleguminosen oder Körnermais

Erntejahres 2004 konnten dagegen die höchsten Erträge in diesem Fruchtfolgefeld festgestellt werden. Typische Fruchtfolgekrankheiten, die in zahlreichen Untersuchungen beschrieben werden (z.B. STEINBRENNER und OBENAUF 1986, GUTTERIDGE und HORNBLY 2003), scheiden als alleinige Ursache für Mindererträge aus, da entsprechende Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt worden sind. Am Standort Braunschweig treten im Mittel der Jahre zwischen Blattfrucht- und Stoppelweizen nur geringe Ertragsdifferenzen auf, in Soest sind dagegen die Weizenerträge nach Blatt- oder Weizen-Vorfrucht im Mittel der Jahre als gleichwertig anzusehen. Ausreichende Niederschläge und die hohe Wasserspeicherfähigkeit der Böden ermöglichen bei angepasster Produktionstechnik im Bereich der Bodenbearbeitung, der Düngung und des Pflanzenschutzes dieses Ergebnis. Im Mittel der vier Versuchsstandorte und drei Versuchsjahre sind 14,0 dt/ha beziehungsweise 15,4 Prozent geringere Stoppelweizenerträge zu dokumentieren.

Der Vergleich der Ertragsleistung des ersten und zweiten Stoppelweizens (Tab. 108) im Mittel der Bodenbearbeitungssysteme zeigt keine deutlichen Unterschiede. Am Standort Soest deuten sich leichte Mehrerträge des ersten Stoppelweizens an, am Standort Braunschweig kommt es hingegen zu geringfügig niedrigeren Erträgen des ersten Stoppelweizens. Ein Ertragsabfall des zweiten Stoppelweizens, wie er von SCHLÜTER (2002) bei Pflug- und Mulchsaat beschrieben wird, kann nicht bestätigt werden. Vielmehr tritt die von BOCKMANN (1976) beschriebene Ertragsstabilisierung im zweiten Stoppelweizen auf allen Standorten ein.

Tab. 108: Erträge (dt/ha) des ersten und zweiten Stoppelweizens sowie Ertragsdifferenzen im Mittel der Jahre und Bodenbearbeitungsvarianten, 2003-2005

Gülzow		Braunschweig		Freising		Soest	
1.StWW	2.StWW	1.StWW	2.StWW	1.StWW	2.StWW	1.StWW	2.StWW
68,9	67,5	81,8	83,0	60,6	60,5	98,3	95,9
- 1,4		+ 1,2		- 0,1		- 2,4	

Systemwirkungen der Bodenbearbeitung

Systemwirkungen der Bodenbearbeitung auf die Ertragsleistung können durch die Darstellung verschiedener Fruchtfolgen am Beispiel von Weizen und Raps verdeutlicht werden. Beide Kulturen wurden auf allen vier Standorten in wintergetreidebetonten Bewirtschaftungssystemen sowohl mit als auch ohne Pflug bestellt. Die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse zeigen ein differenziertes Bild. Der Erfolg der pfluglosen Bodenbearbeitung ist nach CARTER (1994) abhängig vom Boden, dem Klima und der angebauten Kultur. Danach sind schlecht strukturierte und zur Dichtlagerung neigende Böden

nicht geeignet. In Gebieten mit höheren Niederschlägen wirkt sich der Pflugverzicht tendenziell weniger vorteilhaft aus. Dennoch wird beispielsweise trotz feuchterer Witterungsbedingungen in Schottland über gleichwertige beziehungsweise höhere Erträge direkt gesäter Wintergerste im Vergleich zum Pflug berichtet (SOANE und BALL 1998).

Der Vergleich der Erträge nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung bestätigt das aus der Literatur bekannte differenzierte Bild. Die Unterschiede zwischen der konservierenden Bodenbearbeitung und dem Pflugsystem sind in Abhängigkeit des Standorts unterschiedlich stark ausgeprägt.

Während auf den Standorten Soest und Braunschweig der Rapsertag zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten im Mittel der Jahre als annähernd gleich angesehen werden kann, so sind auf den Standorten Gülzow und Freising geringere Erträge durch die konservierende Bestellung des Rapses nach Winterweizen aufgetreten (Tab. 109). Die kurze Anbaupause zwischen der Weizenernte und der Rapsaussaat stellt hohe Anforderungen an das Strohmanagement. Die von VOSSHENRICH (2001) beschriebenen physikalischen Wirkungen des Strohs auf den Feldaufgang und die Bestandesetablierung haben besonders bei der Feinsämerei Raps große Bedeutung. Auch die Ergebnisse von RYDBERG (1992) belegen die negativen Wirkungen des Strohs auf den Ertrag von Raps. Die pfluglose Rapsbestellung bleibt dann ohne Ertragseinbußen, wenn das Stroh geräumt wurde. Beim Verbleib des Strohs auf der Fläche sind hingegen signifikante Mindererträge festzustellen. Die Ergebnisse der Standorte Gülzow und Freising bestätigen diese Einschätzung.

Tab. 109: Erträge (dt/ha) von Raps nach Vorfrucht Weizen und nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Ertragsdifferenzen zu Pflug, 2003-2005

Standort Gülzow		Standort Braunschweig		Standort Freising		Standort Soest	
Pflug	Konserv.	Pflug	Konserv.	Pflug	Konserv.	Pflug	Konserv.
47,5	44,9	39,3	39,6	45,7	41,0	44,7	43,5
- 2,6		+ 0,3		- 4,7		- 1,2	

Auch die Bewertung der Weizenerträge nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung ist nicht losgelöst von der Vorfrucht zu führen. Am Standort Soest werden im Mittel mit Stoppelweizen ähnliche Erträge wie mit Blattfruchtweizen erzielt. Die drei Prozent geringeren Ertragsleistungen des pfluglos bestellten Stoppelweizens sind besonders durch den Ertragseinbruch im Jahr 2003 verursacht (Tab. 110). Die Bestandesetablierung dieser Fruchtfolgefelder war im Herbst 2002 nach hohen Niederschlägen nicht zufriedenstellend. Die schlechtere Entwicklung konnte während des gesamten Vegetationsverlaufs nicht mehr kompensiert werden. Ein Sachverhalt, der auch von WILHELM und WORTMANN (2004) oder GRAHAM et al. (1986) unter den niederschlagsreichen Bedingungen Englands

beobachtet wurde. Am Standort Freising sind sowohl beim Blattfrucht- als auch beim Stoppelweizen deutlich geringere Erträge durch den Pflugverzicht zu verzeichnen. Die Ertragsverluste lassen sich statistisch absichern und treten beim Stoppel- und Blattfruchtweizen im Mittel der Jahre in gleichem Maße auf. Der Ertragsverlust ist wesentlich höher als in der Literatur beschrieben. Die in den Versuchen eingesetzte Scheibenscharmaschine hat unter den vorherrschenden feuchten Bodenverhältnissen im Herbst keine optimale Saatguteinbettung gewährleistet. Die von BÖHRNSEN (1997) beschriebenen Nachteile eines mangelhaften Saatfurchenschlusses unter plastischen Bodenverhältnissen waren offensichtlich limitierend für die Bestandesetablierung des Weizens im Herbst. Versuche der Bayrischen Landesanstalt für Bodenkultur zur Überprüfung von Mulchsaattechniken bestätigen diese Einschätzung. Mit angepasster Aussaattechnik sind die Erträge des pfluglos bestellten Blattfruchtweizens sicherlich noch zu verbessern. Am Standort Braunschweig werden im Mittel der Jahre leicht höhere Erträge bei der pfluglosen Bestellung des Blattfruchtweizens erzielt, beim Stoppelweizen führt der Pflugverzicht zu geringen Ertragsverlusten. Der von ARNOLD-REIMER (1994) nachgewiesene erhöhte Krankheitsdruck (DTR) im pfluglos bestellten Stoppelweizen musste auf diesem Standort in Einzeljahren mit einer zusätzlichen Behandlung eingedämmt werden. Deutlich positive Ertragseffekte durch die pfluglose Bodenbearbeitung werden auf dem Standort Gülzow nach allen Vorfrüchten erreicht.

Tab. 110: Erträge (dt/ha) von Weizen nach differenzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlichen Vorfrüchten an vier Standorten, 2003-2005

Standort	Vorfrucht	2003		2004		2005		Mittel		Pflug = 100%
		Pflug	Kons.	Pflug	Kons.	Pflug	Kons.	Pflug	Kons.	
Soest	Blattfr.	102,0	101,6	102,7	101,1	94,2	97,2	99,6	100,0	100
	Weizen	100,6	90,4	103,6	104,1	91,9	92,0	98,7	95,5	97
Freising	Blattfr.	66,8	58,2	96,4	86,9	95,7	75,2	86,3	73,4	85
	Weizen	47,5	44,8	88,7	85,1	60,6	36,5	65,6	55,5	84
Braunschweig	Blattfr.	75,4	77,3	98,1	96,8	88,3	94,0	87,3	89,4	102
	Weizen	76,2	71,9	92,0	87,6	81,1	85,9	83,1	81,8	98
Gülzow	Blattfr.	82,1	101,5	90,8	98,6	82,6	87,9	85,2	96,0	113
	Weizen	51,6	61,9	85,9	76,2	65,0	70,3	67,5	69,5	103
Mittel Standorte und Anbaufolgen		75,3	76,0	94,8	92,1	82,4	79,9	84,2	82,6	

Der wassersparende Effekt der pfluglosen Bodenbearbeitung, wie er beispielsweise von CHERVET et al. (2003) beschrieben wird, spielt eine bedeutende Rolle. Auch BISCHOFF

und RICHTER (2004) führen höhere Erträge nach pflugloser Bestellung bei ähnlichen Standortvoraussetzungen auf eine verbesserte Wassereffizienz zurück.

Zusammenfassung Arbeitshypothese 1: Fruchtfolge, Bodenbearbeitung (Pflug-, Mulchsaat) und der Standort haben Rückwirkungen auf die Ertragsleistung von Weizen und Raps. Unter günstigen Wachstumsbedingungen sind in der Anbaufolge Weizen nach Weizen bei angepasster Produktionstechnik keine oder nur geringe Ertragsdepressionen beim Stoppelweizen zu erwarten. Auf schwächeren Standorten fallen die Erträge aber deutlich ab. Eine risikoarme konservierende Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat zu Weizen ist nach Blattfrüchten möglich. Beim Pflugverzicht im Stoppelweizenanbau muss hingegen eher mit Ertragseinbußen gerechnet werden, nur auf einem Standort wurden durch die konservierende Bestellung des Stoppelweizens höhere Erträge erzielt. Zur pfluglosen Bestellung des Rapses nach Weizen kann keine klare Aussage getroffen werden. Auf zwei Standorten treten keine oder nur geringe Ertragsverluste auf, auf den beiden anderen Standorten ist deutlicherer Ertragsverlust festzustellen.

5.2 Bewirtschaftungssysteme und Wirtschaftlichkeit

Ertragsreaktionen von Feldfrüchten auf die Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung sind in der Literatur zahlreich publiziert worden. Die Verknüpfung der in Großflächenversuchen ermittelten pflanzenbaulichen Ergebnisse mit einer umfassenden ökonomischen Bewertung auf der Basis des Erfolgsmaßstabes „Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)“ wird hier erstmals vorgenommen. In diesem Bewertungsansatz werden bei der Analyse des vorliegenden Datenmaterials die Auswirkungen der Bodenbewirtschaftungssysteme auf die Kosten deutlich.

Arbeitshypothese 2: Die Bodenbearbeitungsintensität und die Fruchtfolgegestaltung sind wichtige Determinanten der Direkt- und Arbeitserledigungskosten. Dabei sind die pflanzenbaulichen Wechselwirkungen entscheidend für die Gesamtkostenbelastung.

Arbeitshypothese 3: Durch den konsequenten Pflugverzicht sinken die systembedingten festen Maschinenkosten bei gleichzeitig geringerem Arbeitszeitaufwand. Diese Effizienzsteigerung wird in erweiterten pfluglos bestellten Fruchtfolgen noch verbessert.

Direktkosten in differenzierten Systemen der Bodenbewirtschaftung

In einer Reihe von Veröffentlichungen (URI 2000, PARSCH et al. 2001) werden höhere Kosten für Pflanzenschutz und Düngung als Konsequenz der pfluglosen Bodenbearbeitung beschrieben. Der damit verbundene Anstieg der Direktkosten kann jedoch nicht pauschal bestätigt werden. Tabelle 112 verdeutlicht, dass bei konservierender Bodenbearbeitung nur in der wintergetreidebetonten Fruchtfolge die Direktkosten auf allen Standorten steigen. Auch das Referenzsystem wintergetreidebetonte Fruchtfolge Pflug weist im Vergleich zu den

erweiterten pfluglos bestellten Anbausystemen höhere Direktkosten auf. Daraus lässt sich eine vom Fruchtfolgesystem abhängige höhere Kostenbelastung ableiten, die in engem Zusammenhang mit dem Stoppelweizenanbau zu sehen ist. Stoppelweizen verursacht im Mittel aller Standorte bei konventioneller Bodenbearbeitung mit dem Pflug 32 €/ha höhere Direktkosten als Blattfruchtweizen (Tab. 111). Diese Mehrkosten können durch die höhere Krankheitsanfälligkeit mit *Gaeumannomyces graminis* sowie *Pseudocercospora herpotrichoides* und durch den höheren Stickstoffbedarf erklärt werden (SCHÄFER 2003). Das Ausmaß einzelner pflanzenbaulicher Maßnahmen/Problemfelder wie DTR- und Fusariuminfektionen sowie die Notwendigkeit einer Strohausgleichsdüngung vor dem pfluglos bestellten Stoppelweizen ist von Standort zu Standort unterschiedlich ausgeprägt. Im Mittel der vier Standorte sind im konservierend ausgesäten Stoppelweizen 36 €/ha höhere Kosten für verschiedene Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen im Vergleich zum Blattfruchtweizen zu verzeichnen.

Tab. 111: Mehrkosten (€/ha) des Stoppelweizens im Vergleich zum Blattfruchtweizen durch höhere produktionstechnische Aufwendungen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Mittel von vier Standorten, 2003-2005

		Pflug	Konservierend
Fungizide incl. Wurzelschutzbeizung	Variationsbreite Mittel	0-29 16	1-38 21
Stickstoffdüngung	Variationsbreite Mittel	0-18 10	0-31 9
Herbizide	Variationsbreite Mittel	0-23 6	0-23 6
Gesamt		32	36

Die von BARTELS (1999) pauschal formulierte Aussage, dass durch den Pflugverzicht im Stoppelweizenanbau ca. 50 €/ha höhere Fungizidkosten entstehen, kann nach den vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden. Der Anbau von Stoppelweizen verursacht in beiden Systemen der Bodenbewirtschaftung höhere Fungizidkosten, die Differenz beträgt lediglich 5 €/ha zu Lasten des konservierenden Systems.

In Mulchsaat bis hin zur Direktsaat bestellte erweiterte Fruchtfolgesysteme verursachen – mit Ausnahme der Körnermaisfruchtfolge am Standort Freising – geringere Direktkosten als konventionell bestellte wintergetreidebetonte Fruchtfolgen. Ähnliches berichten ZENTNER et al. (2002) aus kanadischen Forschungsvorhaben. Begründen lässt sich dies mit den von BAILEY und DUCZEK (1996) beschriebenen pflanzenbaulichen Wirkungen des Wechsels von Halmfrucht und Blattfrucht bei konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat. Als einzige zusätzliche Pflanzenschutzmaßnahme ist in allen pfluglos bestellten Anbausystemen der Einsatz eines Totalherbizids einzuplanen. Die damit bewirkten phytosanitären Effekte

sind Grundlage der pfluglosen Bodenbearbeitung (UNGER et al. 1999). Alle weiteren Auswirkungen des Pflugverzichtes auf die Direktkosten stehen in engem Zusammenhang mit der Fruchtfolgegestaltung. Dies ist auch aus den Versuchsergebnissen des Standorts Freising abzuleiten, da hier die mit Leguminosen erweiterten Fruchtfolgen auch im Pflugsystem geprüft wurde. Selbst eine Direktsaat ist im Vergleich zur Mulchsaat in erweiterten Fruchtfolgen nicht mit wesentlich höheren Direktkosten verbunden, wie die Ergebnisse vom Standort Braunschweig zeigen. Lediglich das von VOSS (1997) beschriebene Schneckenproblem kann

zu höheren Molluskizidkosten in feuchten Jahren führen.

Tab. 112: Direktkosten (€/ha und relativ) in einem 300 ha Modellbetrieb in Abhängigkeit des Bewirtschaftungssystems, 2003-2005

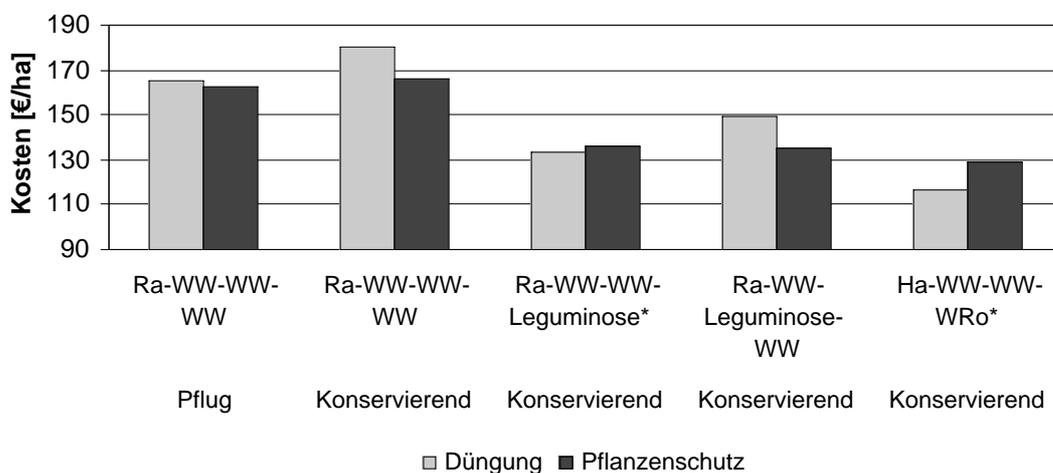
Bewirtschaftungssystem	Soest		Freising		Braunschweig		Gülzow	
	abs.	Rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Ra-WW-WW-WW Pflug	411	100	411	100	394	100	442	100
Ra-WW-WW-WW Konservierend	430	105	445	108	408	104	446	101
Ra-WW-WW-Legumin. Konservierend	370	90	--	--	--	--	373	84
Ra-WW-Legumin.-WW Konservierend	380	92	388	94	351	89	371	84
Ra-WW-Legumin.-WW Direktsaat	--	--	--	--	365	93	--	--
Ra-WW-Legumin.-WW Pflug	--	--	379	92	--	--	--	--
Ra-WW-KM-WW Konservierend	--	--	438	106	--	--	--	--
Ra-WW-KM-WW Pflug	--	--	427	104	--	--	--	--
Ha-WW-WW-WRo Konservierend	359	87	--	--	--	--	312	71

-- = Am Standort nicht geprüft

Die hohen Direktkosten in der mit Körnermais erweiterten Fruchtfolge am Standort Freising stehen in engem Zusammenhang mit den hohen Trocknungskosten des feuchten Erntegutes.

Auch in dem Bewirtschaftungssystem, in dem Hafer eine tragende Stellung in der Fruchtfolge einnimmt, liegen die Direktkosten im Vergleich auf niedrigem Niveau. Hafer erfordert keine hohen Herbizid- und Fungizidkosten und ist mit geringem Stickstoffdüngemittleinsatz günstig zu führen. Der nachfolgende Weizen ist produktionstechnisch mit dem typischen Blattfruchtweizen zu vergleichen. Roggen verursacht als abtragendes Fruchtfolgefeld ebenfalls deutlich geringere Kosten im Pflanzenschutz und in der Düngung im Vergleich zum kostenintensiven Stoppelweizen.

Die Kosten für Pflanzenschutz und Düngung werden in Abbildung 15 beispielhaft für einige Bewirtschaftungssysteme grafisch dargestellt. Die höchsten Kosten sind in engen, wintergetreidebetonten Fruchtfolgen zu verzeichnen. Dabei ist der Anstieg vorrangig auf eine höhere Stickstoffdüngung und eine höhere Fungizidintensität zurückzuführen. Die von PALLUT (2003) und STREIT et al. (2003) beschriebenen Wirkungen enger Fruchtfolgen auf das Auftreten von Ungräsern und die damit verbundenen höheren Herbizidkosten können nur ansatzweise nachgewiesen werden. Es ist zu vermuten, dass sich bei einer längeren Versuchsdauer die typischen Ungrasprobleme wintergetreidebetonter Fruchtfolgen besonders beim Pflugverzicht einstellen würden. Mit der Integration von Sommerungen, idealerweise Leguminosen, sinken die Aufwendungen für Pflanzenschutz und Düngung im gesamten Fruchtfolgesystem.



Nicht auf allen Standorten geprüft*

Abb. 15: Höhe der Pflanzenschutz und Düngekosten in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem im Mittel der Prüfstandorte, 2003-2005

Kosten der Arbeiterledigung in differenzierten Systemen der Bodenbewirtschaftung

Im Kostenblock der Arbeiterledigung werden in der Literatur die größten Einsparungen durch konservierende Bodenbearbeitung / Direktsaat beschrieben. Einige Veröffentlichungen beschränken sich bei der Quantifizierung der Einsparpotenziale durch den Pflugverzicht auf Arbeits-, Treibstoff- und Verschleißkosten. Bei dieser isolierten Betrachtung werden von UPPENKAMP (2001) geringere Aufwendungen von 25 – 50 €/ha genannt. Da in diesen Kalkulationen die Rückwirkungen der Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung auf feste Maschinenkosten keine Berücksichtigung finden, bleiben weitere wesentliche Einsparpotenziale bei den Arbeiterledigungskosten unberücksichtigt. Mit diesen Ergebnissen können nur die kurzfristig zu nutzenden Minderungspotenziale beschrieben werden. Auch BRUNOTTE und WAGNER (2001) stellten einen geringeren Kraftstoffverbrauch bei

konservierender Bodenbearbeitung fest, der nach eigenen Kalkulationen (Tab. 113) bestätigt werden kann. Nach den Berechnungen sind für die Bodenbearbeitung mit Pflug Treibstoffkosten von 33,75 €/ha ohne Gasölbeihilfe zu erwarten. Wird der Pflug durch das System der intensiven Mulchsaat ersetzt, reduzieren sich die Kosten um 24 Prozent (25,64 €/ha). Aussaaten mit einer Universaldrillmaschine in Kombination mit einer einmaligen flachen Bodenbearbeitung verursachen nochmals 33 Prozent geringere Treibstoffkosten im Vergleich zur Pflugvariante.

Tab. 113: Treibstoffkosten bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren*

Verfahren (alle Arbeitsgänge mit 102 kW Schlepper)	Diesel l/ha	Kosten €/ha** mit Rückvergütung	Kosten €/ha ** ohne Rückvergütung
Pflug			
Scheibenegge 3m	8,45	33,55	43,39 (100=Relativ)
Volldrehpflug 4-Schar	23,20		
Aussat KSE/Drillm. 3m	13,09		
Mulchsaat (intensiv)			
Scheibenegge 3m	8,45	25,64	33,16 (76 %)
Scheibenegge (tief) 3m	10,85		
Spritzung Totalherbizid	1,80		
Aussaat KSE/Drillm. 3m	13,09		
Mulchsaat (extensiv)			
Scheibenegge 3m	8,45	11,32	13,59 (33 %)
Spritzung Totalherbizid	1,80		
Universaldrillmaschine 3m	4,85		

* Bei durchschnittlicher Hof-Feldentfernung (2 km) und 2 ha großen Schlägen, Datengrundlage KTBL

** Dieselpreis 75 ct/l (Durchschnitt von 2003, 2004, 2005), Gasölbeihilfe-Rückvergütung 22 ct/l

Da die Rückvergütung nur bis zu einem Dieserverbrauch von 10.000 Litern pro Betrieb gewährt wird und auch ein Wegfall dieser Rückvergütung in Zukunft nicht auszuschließen ist, haben extensive Verfahren der Bodenbearbeitung deutliche wirtschaftliche Vorteile. Neben diesen ökonomischen Aspekten ist mit einer Verbesserung der Energieeffizienz beim Pflugverzicht zu rechnen.

Geringere Arbeitszeitanprüche pflugloser Bearbeitungssysteme sind besonders für Betriebe mit Fremdarbeitskräften sowie für wachsende Familienbetriebe von Interesse. BOISGONTIER et al. (1995) oder LINKE (1995) beschreiben eine höhere Arbeitsproduktivität von 30 bis 70 Prozent bei pflugloser Bestellung. Diese verfahrenstechnisch orientierten Vergleiche von Pflug, Mulch- und Direktsaat vermindern mit jeder Reduzierung der Eingriffsintensität in den Boden auch den Arbeitszeitanpruch, halten aber andere Parameter wie die Schlepperleistung konstant. Soll jedoch ein Bewirtschaftungssystem bei gegebener Betriebsgröße ökonomisch optimiert werden, so ist nach den Grundsätzen der Betriebswirtschaft (KUHLMANN 2002) die eingesetzte

Arbeitskraft mit möglichst kostengünstiger Mechanisierung voll auszulasten. Bei intensiverer Bodenbearbeitung mit dem Pflug ist für eine termingerechte Arbeitserledigung die notwendige höhere Schlagkraft mit automatisch steigenden Maschinenneuwerten verbunden. Bei geringerer Bearbeitungsintensität kann die eingesetzte Arbeitskraft weniger schlagkräftig und damit günstiger mechanisiert sein, um die gleiche Flächeneinheit zu bewirtschaften. Systemimmanent sinken die Maschinenneuwerte, der Arbeitszeitanpruch steigt dagegen in Relation durch die weniger schlagkräftige Mechanisierung an, liegt aber immer noch deutlich unter dem Referenzsystem Pflug.

Zur weiteren Verdeutlichung des Einsparpotenzials an Maschinenfestkosten bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung ist die notwendige Mechanisierung zur Weizenaussaat exemplarisch für den Naturraum Soester Börde in Tabelle 114 dargestellt. Zur termingerechten Arbeitserledigung stehen 192 Stunden zur Verfügung. Diese Zahl leitet sich aus den Daten für durchschnittliche Boden- und Klimaverhältnisse im Monat Oktober und einer Tagesarbeitszeit von 12 Stunden ab. Beim Vergleich der zwei Extremvarianten – enge Fruchtfolge (hohe Weizenanteile) und intensive Bodenbearbeitung mit dem Pflug beziehungsweise Direktsaatvarianten bei niedrigen Weizenanteilen – wird die notwendige Mechanisierung und damit auch das gebundene Maschinenkapital deutlich.

Tab. 114: Notwendiger Maschinenbedarf zur Weizenaussaat bei unterschiedlichen Weizenanteilen in der Fruchtfolge und differenzierter Bodenbearbeitung

Bodenbearbeitung	Arbeitszeit zur Weizensaart ¹⁾	Betriebsgröße 200 ha		
		Maschinenbedarf bei $\frac{2}{3}$ Weizen ²⁾	Maschinenbedarf bei $\frac{1}{2}$ Weizen ²⁾	Maschinenbedarf bei $\frac{1}{3}$ Weizen ²⁾
Pflug	192 h	2 Schlepper 5-Scharpflug Kreiselegge/Drille 3m Ausschöpfung ⁴⁾: 82% Masch.-neuwert: 725 €/ha	2 Schlepper 4-Scharpflug Kreiselegge/Drille 2,5m Ausschöpfung ⁴⁾: 76%	1 Schlepper 5-Scharpflug Kreiselegge/Drille 3m Ausschöpfung ⁴⁾: 93%
Mulchsaat	192 h	2 Schlepper Scheibenegge 3m Kreiselegge/Drille 3m Ausschöpfung ⁴⁾: 70%	1 Schlepper Scheibenegge 3m Kreiselegge/Drille 2,5m Ausschöpfung ⁴⁾: 92%	1 Schlepper Scheibenegge 2m Kreiselegge/Drille 2,5m Ausschöpfung ⁴⁾: 71%
Direktsaat	192 h	1 Schlepper Direktsaatmaschine 3m ³⁾ Ausschöpfung ⁴⁾: 53%	1 Schlepper Direktsaatmaschine 3m ³⁾ Ausschöpfung ⁴⁾: 32%	1 Schlepper Direktsaatmaschine 3m ³⁾ Ausschöpfung ⁴⁾: 21% Masch.-neuwert: 530 €/ha

¹⁾ Durchschnittliche Arbeitszeit zur Weizensaart im Mittel von 10 Jahren bei durchschnittlichem Klima und Boden

²⁾ 5 ha Schlaggröße

³⁾ Kleinste Arbeitsbreite, theoretisch kleinere Arbeitsbreiten möglich

⁴⁾ Gibt den Anteil der mit den vorgegebenen Schleppern und Geräten ausgenutzten Zeit an

Durch den niedrigeren Maschinenneuwert und insbesondere durch die bessere Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit besteht ein hohes Potenzial zur Festkostenminimierung bei konservierender Bodenbearbeitung. Mit dieser Betrachtung wird eine bisher wenig beachtete Einsparmöglichkeit bei den Maschinenfestkosten exemplarisch aufgezeigt und entspricht damit der Forderung von KLISCHAT (2003), Maschinenkosten einzusparen.

Bei der ökonomischen Interpretation der Versuchsergebnisse steht neben der effizienten Nutzung der eingesetzten Arbeitskraft eine kostengünstige Mechanisierung im Vordergrund. Deshalb ist die Betrachtung des Arbeitszeitanspruches in Verbindung mit den systembedingten Maschinenneuwerten deutlich umfassender. Die in Tabelle 115 aufgeführten Kennzahlen zeigen bei intensiver Bodenbearbeitung mit dem Pflug und enger wintergetreidebetonter Fruchtfolge den höchsten Maschinenneuwert und den größten Arbeitszeitanspruch. Durch den Pflugverzicht und die Beibehaltung der Fruchtfolge sinkt der Maschinenneuwert um 25 Prozent und erreicht damit das von BECKER (1997) angegebene Einsparpotenzial. Das in der Mechanisierung gebundene Kapital kann mit der Entzerrung der Arbeitsspitzen und der weiteren Reduzierung der Bearbeitungsintensität nach Blattfrüchten bzw. zu Sommerkulturen in erweiterten Fruchtfolgen weiter verringert werden. Auch der Arbeitszeitanspruch sinkt deutlich in diesen Systemen. Die Verknüpfung von Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung stellt ein Potenzial zur Einsparung von Festkosten dar, das in Wissenschaft und Praxis bisher kaum Berücksichtigung findet.

Tab. 115: Arbeitskraftstunden (Akh/ha) und Maschinenneuwerte (€/ha) verschiedener Systeme der Bodenbewirtschaftung, 2003-2005

Standort	Kennzahl	Ra-WW-WW-WW Pflug	Ra-WW-WW-WW Konservierend	Ra-WW- Leguminose-WW Konservierend
Soest	Akh/ha	4,1	3,6	3,1
	Ma.Neuwert €/ha*	841	578	518
Freising	Akh/ha	3,7	3,2	2,4
	Ma.Neuwert €/ha*	816	639	421
Braun- schweig	Akh/ha	3,8	3,5	3,3
	Ma.Neuwert €/ha*	814	660	535
Gülzow	Akh/ha	3,9	3,3	2,9
	Ma.Neuwert €/ha*	992	733	733
Mittel	Akh/ha	3,9 (100 %)	3,4 (87 %)	2,9 (74 %)
	Ma.Neuwert €/ha*	866 (100 %)	653 (75%)	551 (64 %)

* Maschinenneuwert für Bodenbearbeitungs-/Aussaattechnik und Schlepper €/ha

Die Kosten der Arbeitserledigung erfassen alle Einflussfaktoren des Bewirtschaftungssystems auf die variablen/festen Maschinenkosten und den Lohnanspruch. Nur in wenigen Veröffentlichungen wird dieser aus der Vollkostenrechnung abgeleitete Kostenblock

analysiert, obwohl Betriebswirtschaftler (z.B. PLESSMANN 2001, DEECKE und KRECECK 2002) bei den Kosten der Arbeitserledigung die höchsten Einsparpotenziale im Marktfruchtbau sehen. So nennt HOLLMANN (2003) einen Vorteil von 50 €/ha durch den Pflugverzicht bei den Arbeitserledigungskosten in Großbetrieben. BECKER (1997) geht sogar von Einsparungen von 143 €/ha bei Mulchsaat und bis 224 €/ha bei Direktsaat auch in kleineren Betrieben aus. Die Kalkulationen berücksichtigen jedoch nicht die Auswirkungen der Fruchtfolge, beide Autoren gehen von wintergetreidebetonten Anbausystemen aus. In internationalen Veröffentlichungen wird eine Aufteilung der Produktionskosten in feste und variable Kosten praktiziert, ein Vergleich mit den Arbeitserledigungskosten ist somit nicht möglich. In Tabelle 116 wird die Bedeutung der Fruchtfolge im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitung auf die Kosten der Arbeitserledigung herausgestellt. In engen Fruchtfolgen sinken die Kosten der Arbeitserledigung durch den Pflugverzicht auf allen Standorten. Bei einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht und konservierender Bodenbearbeitung werden nochmals geringere Kosten erreicht. Auch der Doppelfruchtwechsel, der an den Standorten Soest und Gülzow geprüft wurde, weist ähnlich niedrige Arbeitserledigungskosten auf. In dieser Fruchtfolge kommt es zu einer deutlichen Entzerrung der Arbeitsspitzen im August. Die Rapsaussaaf nach Leguminosen kann nach einmaliger Bodenbearbeitung oder auch in Direktsaat erfolgen. Dies hat deutliche Auswirkungen auf die insgesamt notwendige Mechanisierung des Betriebes.

Tab. 116: Kosten der Arbeitserledigung (€/ha und relativ) in einem 300 ha Modellbetrieb in Abhängigkeit des Bewirtschaftungssystems, 2003-2005

Bewirtschaftungssystem	Soest		Freising		Braunschweig		Gülzow	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Ra-WW-WW-WW Pflug	453	100	441	100	435	100	473	100
Ra-WW-WW-WW Konservierend	388	86	384	87	392	90	410	87
Ra-WW-WW-Legumin. Konservierend	343	76	--	--	--	--	395	84
Ra-WW-Legumin.-WW Konservierend	349	77	324	73	361	83	391	83
Ra-WW-Legumin.-WW Direktsaat	--	--	--	--	318	73	--	--
Ra-WW-Legumin.-WW Pflug	--	--	428	97	--	--	--	--
Ra-WW-KM-WW Konservierend	--	--	376	85	--	--	--	--
Ra-WW-KM-WW Pflug	--	--	444	101	--	--	--	--
Ha-WW-WW-WR Konservierend	379	84	--	--	--	--	408	86

-- = Am Standort nicht geprüft

Die weiteren Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten bei einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht/Sommerung in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat im Vergleich zur engen pfluglos bestellten Fruchtfolge sind mit der Nutzung folgender pflanzenbaulicher Effekte zu begründen:

- Pflanzenbaulich: Nach BOISGONTIER et al. (1994) ermöglichen die längeren Anbaupausen vor Sommerkulturen eine Strohrotte ohne tiefere Einarbeitung, das „Strohproblem“ ist kostengünstig gelöst. Infektionszyklen werden beim Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht unterbrochen, es ist aus phytosanitärer Sicht kein tieferes Einmischen des Strohes notwendig (BAILEY et al. 1992). Blattfrüchte wie Lupinen, Ackerbohnen, Erbsen oder Raps hinterlassen eine biologisch stabilisierte Bodenstruktur, die in vielen Fällen durch mechanische Eingriffe nicht zu verbessern ist. Ein Sachverhalt, der bereits von BRINKMANN (1943) erkannt wurde.
- Verfahrenstechnisch: Durch die Entzerrung der Arbeitsspitzen kann die notwendige Mechanisierung in aufgelockerten Fruchtfolgen reduziert werden (CLEMENT 1988). Das eingesetzte Maschinenkapital wird über das Jahr effizienter ausgenutzt.

Die niedrigsten Kosten der Arbeitserledigung werden am Standort Braunschweig bei dem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht und der konsequenten Direktsaat erzielt. Mit der Einsparung von 117 €/ha im Vergleich zum Referenzsystem Pflug werden aber auch bei der extensivsten Form der Bodenbearbeitung die von BECKER (1997) skizzierten Einsparpotenziale nicht erreicht. Die Effekte der Fruchtfolgegestaltung auf die Kosten der Arbeitserledigung kommen auch im Pflugsystem zum Tragen. Am Standort Freising sinken die Kosten der Arbeitserledigung bei dem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht im Pflugsystem, da Arbeitsspitzen zur Weizenaussaat im Vergleich zur engen Fruchtfolge mit 75-prozentigem Weizenanteil gebrochen werden. Ein anderes Bild zeichnet sich im Fruchtfolgesystem mit Körnermais und konventioneller Bodenbearbeitung ab. Die späte Weizenaussaat nach Körnermais erfordert eine hohe Schlagkraft, dadurch steigt die notwendige Mechanisierung. Außerdem wird für den Produktionszweig Körnermais Spezialtechnik für die Aussaat und Ernte benötigt, was weitere Kosten verursacht.

Zusammenfassung Arbeitshypothesen 2 und 3: Die Höhe der Direktkosten eines Bewirtschaftungssystems steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Fruchtfolge. Höhere Direktkosten durch die pfluglose Bodenbearbeitung sind nur bei einer einseitigen Fruchtfolgegestaltung festzustellen.

Die klassischen und bekannten Einspareffekte pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren bei den variablen Maschinenkosten und der Arbeitszeit sind ebenfalls nachzuweisen. Bisher weitgehend unberücksichtigt sind die Einsparpotenziale bei den Maschinenfestkosten besonders in erweiterten pfluglos bestellten Bewirtschaftungssystemen. Bei einer Anpassung

der Mechanisierung an diese Bewirtschaftungssysteme können die Arbeiterledigungskosten erheblich gesenkt werden. Der Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht und/oder Winterung und Sommerung zeigt an dieser Stelle das größte Einsparpotenzial.

Systeme der Bodenbewirtschaftung im ökonomischen Vergleich

Arbeitshypothese 4: Die Rentabilität konservierender Bodenbearbeitungsverfahren (Mulchsaat/Direktsaat) ist abhängig von der Fruchtfolge und dem Standort.

Ökonomische Bewertungen von Pflanzenbau-Systemversuchen auf der Basis des Deckungsbeitrages können nur eine erste Einschätzung hinsichtlich der Effizienz eines Bewirtschaftungssystems liefern, da wesentliche Kostenstellen an den gesamten Produktionskosten nicht erfasst werden. Deshalb ist nachvollziehbar, dass auf der Basis der Deckungsbeitragsrechnung konventionelle Verfahren der Bodenbearbeitung und tradierte Fruchtfolgesysteme häufig besser dargestellt werden. In der weiteren Diskussion werden deshalb die Versuchsergebnisse mit ökonomischen Kalkulationen der Autoren verglichen, die über den Deckungsbeitrag I hinaus weitere Kostenstellen erfasst haben.

Die sehr flache Bodenbearbeitung oder Direktsaat in Kombination mit engen Fruchtfolgen belastet die Rentabilität, wie von PRINGAS (2005) von süd- und ostdeutschen Standorten oder von PARSCH et al. (2001) aus Nordamerika berichtet wird. Diese Aussage bestätigt sich am Standort Freising. Problematisch sind insbesondere die Fruchtfolgefelder des Stoppelweizens. Trotz angepasster Produktionstechnik sowohl im Pflanzenschutz und in der Düngung sowie mehrmaliger intensiverer Bodenbearbeitung mit dem Grubber (bis 18 cm), fallen die Erträge und damit die DAL deutlich ab (Tab. 117). Der Stoppelweizen belastet das gesamte Bewirtschaftungssystem. Aber auch bei der Bestellung mit dem Pflug ist der Stoppelweizenanbau am Standort Freising durch hohe Kosten und unzureichende Erträge nicht rentabel. Ähnlich gestaltet sich die Situation der winterweizenbetonten Fruchtfolge am Standort Gülzow. Hier bewirken allerdings die kostendegressiven Effekte des Pflugverzichts in Kombination mit etwas höheren Erträgen bei konservierender Bodenbearbeitung die deutlich geringere Rentabilität im Pflugsystem. An den Standorten Soest und Braunschweig wird eine Deckung der Verfahrenskosten im 300 ha Modellbetrieb in der engen Fruchtfolge erreicht. Der Pflugverzicht verbessert die Rentabilität in dieser Fruchtfolge in ähnlicher Weise, wie es beispielsweise bei BRUNOTTE und WAGNER (2001) angegeben ist. Auf diesen besser mit Wasser versorgten Standorten fallen die Erlöse des Stoppelweizens nicht im gleichen Maße ab. Die Kosteneinsparungen werden daher nicht oder nur in geringem Umfang durch geringere Erlöse aufgezehrt. Eine pauschale Ablehnung (ODÖRFER 1996, TREMEL

und KÖHNE 2000) der konsequent konservierenden Bodenbearbeitung in engen Anbaufolgen kann damit nicht unterstützt werden.

Die höchste Rentabilität wird durch den Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht auf allen Standorten in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung oder Direktsaat erzielt. Die bereits skizzierten Einsparungen bei den Direkt- und vor allem bei den Arbeitserledigungskosten in Verbindung mit stabilen Erträgen in derartig gestalteten Fruchtfolgesystemen sind wesentliche Gründe für dieses Ergebnis. Ähnliche Versuchsergebnisse, die eine umfassende ökonomische Bewertung von Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungssystemen anhand der Vollkostenrechnung aufzeigen, sind von ZENTNER et al. (2002) aus Kanada bekannt. Hier spielt jedoch die Fruchtfolgegestaltung zur besseren Verteilung von Arbeitsspitzen nur eine untergeordnete Rolle, da in den Untersuchungsregionen ohnehin nur Sommerkulturen angebaut werden können und der Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht eine risikoarme Direktsaat ermöglicht. Die Ergebnisse von DIETSCH und MILLER (1999) aus Süddeutschland, BISCHOFF und RICHTER (2004) aus Ostdeutschland sowie von SCHRÖDER (2003) aus Norddeutschland zeigen ebenfalls wirtschaftliche Vorteile der erweiterten Fruchtfolgen in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung auf. Die Aussagen dieser Autoren können durchaus gestützt werden, wenngleich auch die in diesen Kalkulationen gewählte Methodik, die meist auf der Basis von Teilkostenrechnungen basiert, noch optimiert werden kann. Auch die bei der Literaturrecherche entstandene Einschätzung, dass wirtschaftliche Vorteile erweiterter Fruchtfolgen auf trockeneren Standorten ausgeprägter sind, ist zu belegen. Die beiden zur Vorsommertrockenheit neigenden Standorte Gülzow und Freising weisen mit + 163 €/ha und + 76 €/ha eine höhere Wirtschaftlichkeit zu Gunsten erweiterter Bewirtschaftungssysteme auf (Tab. 117). Hier spielt der bereits diskutierte Sachverhalt deutlich sinkender Stoppelweizenerträge eine entscheidende Rolle, ähnlich wie dies DACHLER und KÖCHEL (2003) berichten. Auf den Standorten Soest und Braunschweig ist eine Steigerung der Rentabilität durch den Pflugverzicht bei einem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht von 59 €/ha beziehungsweise 68 €/ha zu verzeichnen (Tab. 117). Die am Standort Freising mit und ohne Pflug bestellte Fruchtfolge Ra-WW-KE-WW ist in der Wirtschaftlichkeit gleichwertig. Die signifikant höheren Erträge bei Weizen und Raps in den konventionell bestellten Varianten können durch die Kosteneinsparungen bei der pfluglosen Bestellung kompensiert werden.

In dem Fruchtfolgesystem Ra-WW-KM-WW gelingt dies nicht. Hier können systembedingt die Kosten der Arbeitserledigung nicht in dem Maße durch eine konservierende Bestellung

gesenkt werden. Die pfluglose Bestellung führt im Ergebnis zur Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich zu den anderen am Standort geprüften Systemen belasten die hohen Trocknungskosten des Körnermaises und der Wegfall der in Bayern bisher gezahlten höheren Maisprämie die Wirtschaftlichkeit. Die Aussage von HENNING et al. (2005), dass sich durch die Agrarreform (Luxemburger Beschlüsse von 2003) die Produktionsstrukturen ändern, wird an dieser Stelle offensichtlich.

Ökonomische Vorteile bietet auch der Doppelfruchtwechsel (2x Blattfrucht, 2x Halmfrucht). Die von v. BOGUSLAWSKI (1981) oder BAEUMER (1992) beschriebenen Vorfruchtwirkungen von Blattfrüchten werden auch von der Blattfrucht Raps effizient genutzt. Besonders am Standort Gülzow steigen die Rapsertträge nach Blatt-Vorfrucht im Vergleich zur pfluglosen Rapsbestellung nach Weizen an. Außerdem kann auf die Strohausgleichsdüngung und die Bekämpfung von Ausfallgetreide verzichtet werden. Die Wirtschaftlichkeit dieses Fruchtfolgesystems zeigt Tabelle 117.

In der reinen Getreidefruchtfolge nimmt Hafer eine tragende Stellung ein. Der von KÖNNECKE (1966) hoch eingeschätzte Vorfruchtwert von Hafer ist auch aus ökonomischer Sicht zu bestätigen, denn der nachfolgende Weizen unterscheidet sich im Ertragsniveau kaum vom typischen Blattfruchtweizen. Allerdings wird dieses Bewirtschaftungssystem durch die geringen Markterlöse des Hafers und des Roggens belastet. Daneben erfordern die anfallenden hohen Strohmenngen eine intensivere Bodenbearbeitung mit entsprechend höheren Kosten der Arbeitserledigung.

Die von Betriebswirtschaftlern aufgezeigten Produktionskosten erfordern in Kombination mit niedrigen Markterlösen Handlungsbedarf. Darauf reagierten die Betriebe mit einer Intensivierung des Produktionsmitteleinsatzes zur Steigerung der Erträge und durch die Spezialisierung auf wenige gut zu vermarktende Kulturen.

Diese Anpassungsstrategie scheint mittlerweile ausgereizt, da der Produktionsmitteleinsatz nach Auswertungen von DEERBERG und KLEINGARN (2003) weitgehend optimiert ist und die Spezialisierung auf wenige Kulturen Arbeitsspitzen mit der Folge weiterer Investitionen in schlagkräftige Mechanisierung auslöst. Der Beitrag des Pflanzenbaus zur Verbesserung dieser Situation und zu den von HEIßENHUBER (2005) geforderten Kostensenkungen ist nach den vorliegenden Ergebnissen in der Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität sowie in der Erweiterung der Fruchtfolge zu sehen. Auf ertragsschwachen Standorten kann mit kostenoptimierten Verfahren der Bodenbewirtschaftung die Grenzertragssituation verbessert und der Ausstieg aus der Produktion als Konsequenz der aktuellen Agrarreform bis zu einem gewissen Grad vermieden werden. Als Argument gegen eine Erweiterung der

Fruchtfolge durch Leguminosen wird häufig die mangelnde Vermarktungsfähigkeit aufgeführt. Da sich dies in den niedrigen Markterlösen widerspiegelt, könnte bei verbesserten Vermarktungschancen die Rentabilität dieser Systeme weiter gesteigert werden. Eine unmittelbare Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Körnerleguminosenanbaus ist nach ABEL (1996) mit der Veredlung in der Tierproduktion möglich.

Tab. 117: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL, €/ha) in einem 300 ha Modellbetrieb in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem, 2003-2005

Bewirtschaftungssystem	Soest		Freising		Braunschweig		Gülzow	
	abs.	Diff. zu Pflug	abs.	Diff. zu Pflug	abs.	Diff. zu Pflug	abs.	Diff. zu Pflug
Ra-WW-WW-WW Pflug	69	0	- 73	0	3	0	- 160	0
Ra-WW-WW-WW Konservierend	90	+ 21	- 186	- 113	24	+ 21	- 66	+ 94
Ra-WW-WW-Legumin. Konservierend	129	+60	--	--	--	--	3	+163
Ra-WW-Legumin.-WW Konservierend	128	+59	3	+76	71	+ 68	3	+163
Ra-WW-Legumin.-WW Direktsaat	--	--	--	--	67	+64	--	--
Ra-WW-Legumin.-WW Pflug	--	--	- 5	+68	--	--	--	--
Ra-WW-KM-WW Konservierend	--	--	- 46	+27	--	--	--	--
Ra-WW-KM-WW Pflug	--	--	- 4	+67	--	--	--	--
Ha-WW-WW-WRo/ZF Konservierend	67	-2	--	--	--	--	- 114	+46

-- = Am Standort nicht geprüft

Neben diesen betriebswirtschaftlichen Aspekten entkräften erweiterte, pfluglos bestellte Anbausysteme vielfach geäußerte Umweltvorwürfe wie mangelnde Kulturartendiversität, Wind- und Wassererosion sowie Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer und unterstreichen damit die Nachhaltigkeit dieser Systeme.

Bewertung des Vorfruchtwertes von Körnerraps und Körnerleguminosen

Die komplexen pflanzenbaulichen Wirkungen der Vorfrüchte auf die Nachfrüchte sind Gegenstand vor allem älterer Untersuchungen. Mit den zunehmenden Einflussmöglichkeiten durch Pflanzenschutz und Düngung traten die positiven Vorfruchteffekte vieler Blattfrüchte und von Sommergetreide in den Hintergrund. Die höhere Ertragsleistung des Wintergetreides und das Streben nach Höchstserträgen unterstützte diese Entwicklung, sodass heute der Wintergetreideanbau dominiert. Den bekannten Vorfruchtwirkungen von Blattfrüchten wird

demzufolge keine große Bedeutung mehr zugemessen. Ein markantes Beispiel dafür ist die negative Entwicklung des Leguminosenanbaus in Deutschland. Anhand von Deckungsbeitragsrechnungen wird die mangelnde Wirtschaftlichkeit dieser Kulturen belegt (PETERSEN 2003). PAHL (1996) ergänzt den Deckungsbeitrag durch eine kalkulatorische Bewertung des Vorfruchtwertes und wertet damit die einfache Deckungsbeitragsrechnung im Vergleich der einzelnen Kulturen auf.

Die Versuchsergebnisse aus dem Forschungsvorhaben ermöglichen eine detaillierte Quantifizierung des Vorfruchtwertes von Blattfrüchten (Tab. 118). Die Kalkulation des monetären Vorfruchtwertes setzt sich aus Einsparungen bei den Direkt- sowie den Arbeitserledigungskosten und den höheren Erträgen der Folgefrucht zusammen. Der von PAHL (1996) abgeschätzte Vorfruchtwert der Körnerleguminosen von 50-125 €/ha ist auch anhand der Fruchtfolgeanalysen nachzuweisen. In einigen Anbaukonstellationen ergeben sich sogar noch deutlich höhere Werte. Blattfrüchte bewirken nicht nur Einsparungen beim Pflanzenschutz und der Düngung, sondern führen auch zu Mehrerlösen durch höhere Erträge beim nachfolgenden Weizen. Darüber hinaus tragen sie maßgeblich zur Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität bei. Die Folgekultur nach Blattfrüchten kann pfluglos mit minimaler Eingriffsintensität bestellt werden. Ein Potenzial, das bereits von SEKERA (1943) erkannt wurde. Mit einer weiteren Blattfrucht/Sommerung in der Rotation und dem klassischen Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht können weitere Einsparpotenziale erschlossen werden. Durch die Entzerrung der Arbeitsspitzen und die damit verbundene bessere Auslastung der Technik sinken die Arbeitserledigungskosten. Zusätzlich kann die Bodenbearbeitungsintensität in der gesamten Rotation minimiert werden.

Tabelle 118 zeigt die berechneten Vorfruchtwerte von Raps, Leguminosen und Hafer in den Prüffruchtfolgen der vier Standorte. In den konventionell bewirtschafteten Anbausystemen liegt der Vorfruchtwert der Blattfrüchte deutlich niedriger. Besonders am Standort Soest mit nahezu gleichen Erträgen bei Blattfrucht- und Stoppelweizen, können nur Kosten im Bereich des Pflanzenschutzes und der Düngung eingespart werden. Eine Ausnahme stellen die Standorte Freising und Braunschweig dar. Hier wurde der Blattfruchtweizen im Referenzsystem Pflug nach mehrmaliger Bearbeitung mit dem Grubber bestellt. Die im Vergleich zum Pflugeinsatz geringeren Arbeitserledigungskosten erhöhen den Vorfruchtwert des Rapses.

Tab. 118: Vorfruchtwert von Raps, Leguminosen, Mais und Hafer zu Weizen in Abhängigkeit von dem Bewirtschaftungssystem und dem Standort, gemessen am Durchschnittsertrag des 1. und 2. Stoppelweizens im Referenzsystem Pflug, 2003-2005

Standort	Bewirtschaftungssystem/ Anbaufolge	Mehrertrag		Kosteneinsparungen			Vorfruchtwert €/ha
		dt/ha	€/ha	Düngung €/ha	PSM €/ha	Arbeitsersparung €/ha	
Soest	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Pflug)	0,9	9	16	35	--	60
	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Konservierend)	0,5	5	16	- 4	81	98
	<i>Ra-WW-AB-WW</i> (Konservierend)	1,8	17	16	- 4	100	129
	<i>Ra-WW-AB-WW</i> (Konservierend)	- 0,5	-5	16	- 4	121	128
	<i>Ha-WW-WW-WRo</i> (Konservierend)	2,1	20	- 12	- 4	52	56
Freising	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Pflug)	23,2	232	--	28	51	311
	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Konservierend)	4,8	48	-4	8	86	138
	<i>Ra-WW-KE-WW</i> (Pflug)	22,3	222	--	28	15	265
	<i>Ra-WW-KE-WW</i> (Konservierend)	7,9	79	-4	8	125	208
	<i>Ra-WW-KM-WW</i> (Pflug)	21,2	211	--	28	4	243
	<i>Ra-WW-KM-WW</i> (Konservierend)	11,0	110	-4	8	90	204
Braunschweig	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Pflug)	4,2	42	--	23	40	105
	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Konservierend)	8,7	86	--	23	55	164
	<i>Ra-WW-KE-WW</i> (Konservierend)	4,7	47	--	11	90	148
	<i>Ra-WW-KE-WW</i> (Konservierend)	4,4	44	--	11	90	145
	<i>Ra-WW-KE-WW</i> (Direktsaat)	4,8	48	--	11	122	181
	<i>Ra-WW-KE-WW</i> (Direktsaat)	8,8	87	--	11	122	220
Gülzow	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Pflug)	17,5	174	3	28	2	207
	<i>Ra-WW-WW-WW</i> (Konservierend)	24,1	284	3	23	71	380
	<i>Ra-WW-Lup.-WW</i> (Konservierend)	24,5	245	3	23	70	341
	<i>Ra-WW-Lup.-WW</i> (Konservierend)	25,2	251	3	23	70	347
	<i>Ha-WW-WW-WRo</i> (Konservierend)	21,5	214	3	23	50	290

Sowohl auf den Standorten Gülzow und Freising, die durch niedrigere Stoppelweizenerträge gekennzeichnet sind, als auch in Systemen mit geringer Bodenbearbeitungsintensität bis hin

zur Direktsaat steigen die Vorfruchtwerte der Blattfrüchte deutlich an. Dies ist auf die bereits erläuterten Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten zurückzuführen. Die Kostensenkungspotenziale erweiterter Fruchtfolgen sollten deshalb in Zukunft stärkere Berücksichtigung finden. Der von ALBRECHT (2003) höher eingeschätzte Vorfruchtwert der Körnerleguminosen im Vergleich zu Raps kann nicht bestätigt werden. Die Vorfruchtwerte von Raps und Leguminosen liegen in vergleichbaren Bewirtschaftungssystemen auf ähnlichem Niveau. Hafer fällt dagegen im Vorfruchtwert ab, da die Notwendigkeit einer intensiveren Bodenbearbeitung zur Nachfrucht aufgrund höherer und schwerer zersetzbarer Ernterückstände bestehen bleibt. Außerdem fehlt im Gegensatz zu den Leguminosen die biologische Stickstofffixierung, so dass die N-Düngung nicht reduziert werden kann.

Analyse der Stückkosten in der Weizen- und Rapsproduktion

Im internationalen Wettbewerb ist die vergleichende Analyse der Stückkosten von entscheidender Bedeutung. Bei zu hohen Differenzen besteht die Gefahr, dass mit der zunehmenden Liberalisierung hiesiger Agrarmärkte die Primärproduktion in Drittländer abwandert (ISERMEYER 2006). HORSCH (2006) stellt fest, dass der zentrale Kostenblock der Arbeitserledigung im internationalen Wettbewerb in gut organisierten Betrieben ca. 3,5 €/dt Getreideeinheit nicht überschreiten darf. Dieser Wert ist auch in den getreideexportierenden Ländern Osteuropas und Nordamerikas trotz der dort vorherrschenden Standort- und Witterungsbedingungen nicht mehr deutlich zu senken.

Die Analyse der vorliegenden Ergebnisse auf Basis der Stückkosten spiegelt die von Standort zu Standort unterschiedlichen pflanzenbaulichen Wechselwirkungen differenzierter Bodenbewirtschaftungssysteme wider. In der Abbildung 16 sind die Verfahrenskosten (Basis DAL-Berechnungen eines 300 ha Modellbetriebes) von Weizen am Standort Soest in unterschiedlichen Fruchtfolgesystemen dargestellt. Die Differenzierungen der Stückkosten zwischen Stoppel- und Blattfruchtweizen, wintergetreidebetonter und erweiterter Fruchtfolge sind auf diesem Standort am geringsten ausgeprägt, da Stoppelweizen und Blattfruchtweizen annähernd gleichwertige Erträge erzielen. In den meisten Veröffentlichungen neueren Datums (z.B. ALBRECHT 2002) wird von einem 5- bis 10-prozentigen Ertragsrückgang beim Stoppelweizen mit entsprechender Steigerung der Stückkosten ausgegangen. Die geringeren Kosten des Blattfruchtweizens im Pflugsystem sind auf die bereits dargestellten niedrigeren Pflanzenschutz- und Düngekosten zurückzuführen. Stoppelweizen, pfluglos bestellt, ist nur geringfügig günstiger zu produzieren als nach einer wendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Zwar ist der Anteil der Arbeitserledigungskosten geringer, dafür steigen jedoch die

Direktkosten durch die Strohausgleichsdüngung und den höheren Fungizideinsatz an Blattfruchtweizen ist am Standort Soest in erweiterten Fruchtfolgen 1,20 bzw. 1,16 €/dt günstiger zu produzieren als Stoppelweizen im Referenzsystem Pflug. Der Kostenvorteil des Weizens nach Raps in der erweiterten Fruchtfolge im Vergleich zur wintergetreidebetonten Fruchtfolge ist auf geringere feste Maschinenkosten in diesen Anbausystemen zurückzuführen.

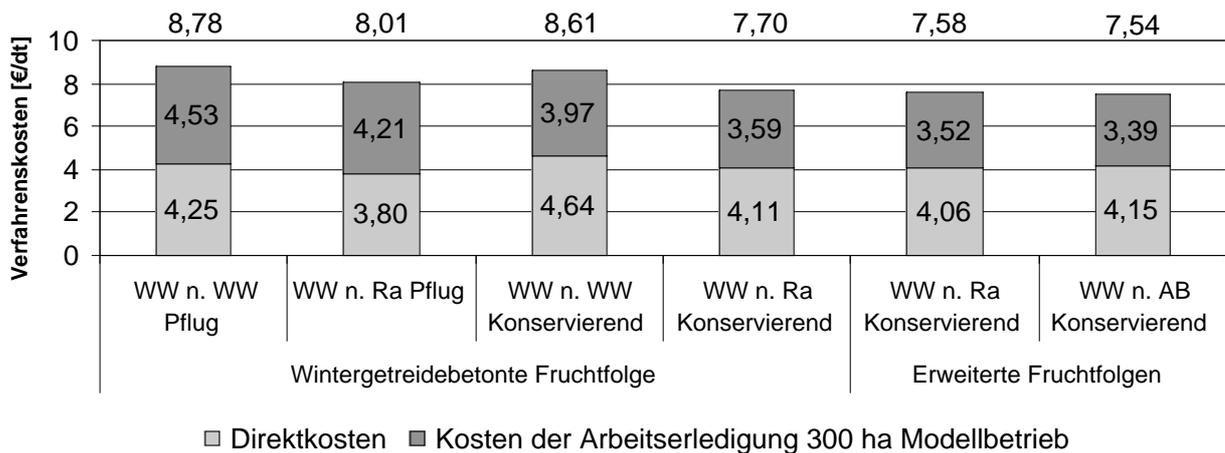


Abb. 16: Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Soest für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Am Standort Freising (Abb. 17) sind deutlich größere Differenzen in den Stückkosten festzustellen. Niedrige Stoppelweizenerträge und varianzanalytisch abgesichert geringere Erträge in den konservierend bestellten Systemen prägen das Ergebnis. Im pfluglos bestellten Stoppelweizen steigen die Verfahrenskosten auf 15,19 €/dt an. Geringere Erträge und deutlich höhere Fungizidkosten aufgrund eines hohen DTR-Infektionsdrucks, wie er auch z.B. von HEITEFUSS (2000) beschrieben wird, führen trotz Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten zu diesem Ergebnis. Die Ertragsverluste in dem konservierend bestellten Blattfruchtweizen können durch Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten größtenteils kompensiert werden. Dennoch führt die eingeschränkte Effizienz der pfluglosen Bodenbearbeitung zu einem erheblichen Standortnachteil, da beispielsweise MÜNCH (2003) in den konservierenden Verfahren ein wesentliches Anpassungspotenzial an zukünftige Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau sieht. Im Mittel der Bodenbearbeitungsvarianten ist Stoppelweizen auf diesem Standort 4,35 €/dt teurer zu produzieren als Blattfruchtweizen.

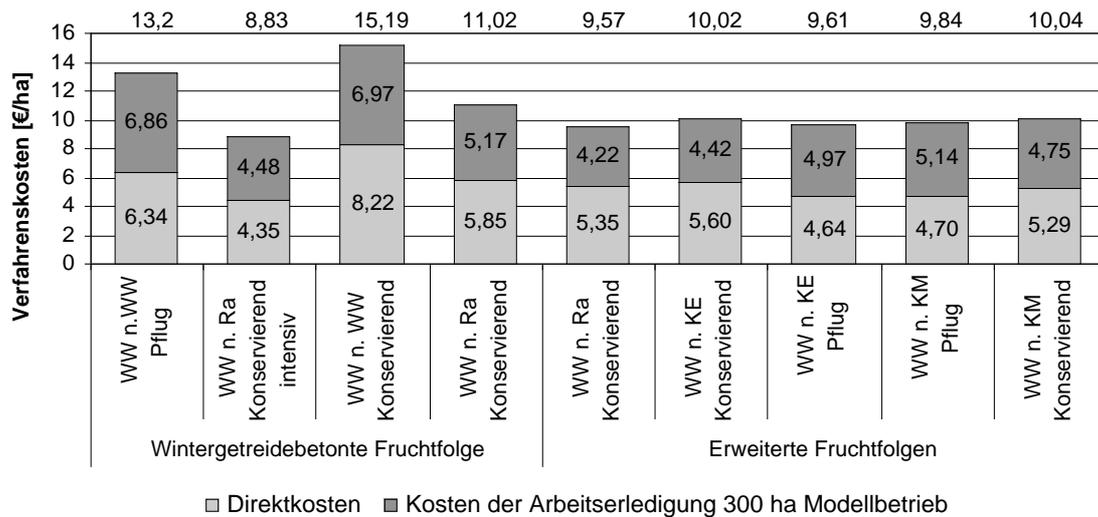


Abb. 17: Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Freising für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Auch am Standort Braunschweig sind die Stückkosten des Stoppelweizens durch Ertragseinbußen und höhere Pflanzenschutz aufwendungen am höchsten. Der Pflugverzicht führt beim Anbau von Weizen nach Weizen zu nochmals ansteigenden Pflanzenschutz- und Düngekosten. Dieser Kostenanstieg wird allerdings durch sinkende Arbeitserledigungskosten kompensiert, sodass insgesamt die Verfahrenskosten des konventionell und konservierend bestellten Stoppelweizens auf einem Niveau liegen. Eindrucksvoll wird die Effizienz der Direktsaat auf diesem Standort in erweiterten Fruchtfolgen demonstriert. Die Arbeitserledigungskosten sinken deutlich. Durch den Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht werden die Infektionskreisläufe gebrochen, sodass die Direktkosten kaum ansteigen. Pauschale Aussagen von BECKER (1997), dass Direktsaaten wirtschaftlich schlechter abschneiden, können durch die Ergebnisse nicht bestätigt werden.

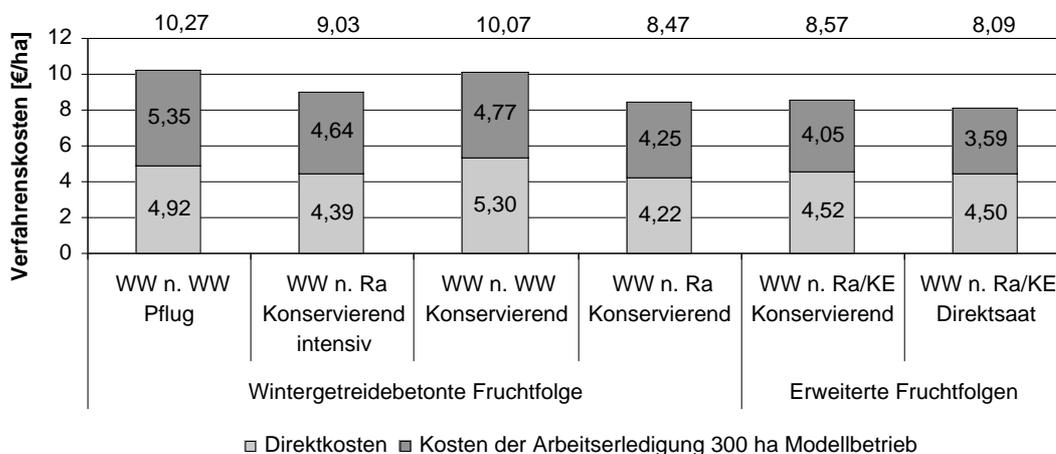


Abb. 18: Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Braunschweig für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Am Standort Gülzow (Abb. 19) treten ähnliche Ertragsverluste beim Anbau von Stoppelweizen wie in Freising auf. Allerdings steigen auf dem zur Vorsommertrockenheit neigenden Standort Gülzow die Erträge durch die pfluglose Bodenbearbeitung in allen Anbaufolgen an. Dennoch wird Stoppelweizen im Mittel der Bodenbearbeitungssysteme 3,98 €/dt teurer produziert als Blattfruchtweizen. Durch die geringeren Erträge des konventionell bestellten Stoppelweizens steigen die Stückkosten nochmals an. Eine kostengünstige Weizenproduktion kann in Gülzow nur pfluglos nach einer Blattfrucht realisiert werden. Durch die Fruchtfolgeerweiterung sind auf diesem Standort keine weiteren Stückkostensenkungen gegeben, da der Boden auch in den aufgelockerten Anbausystemen intensiv bearbeitet wurde.

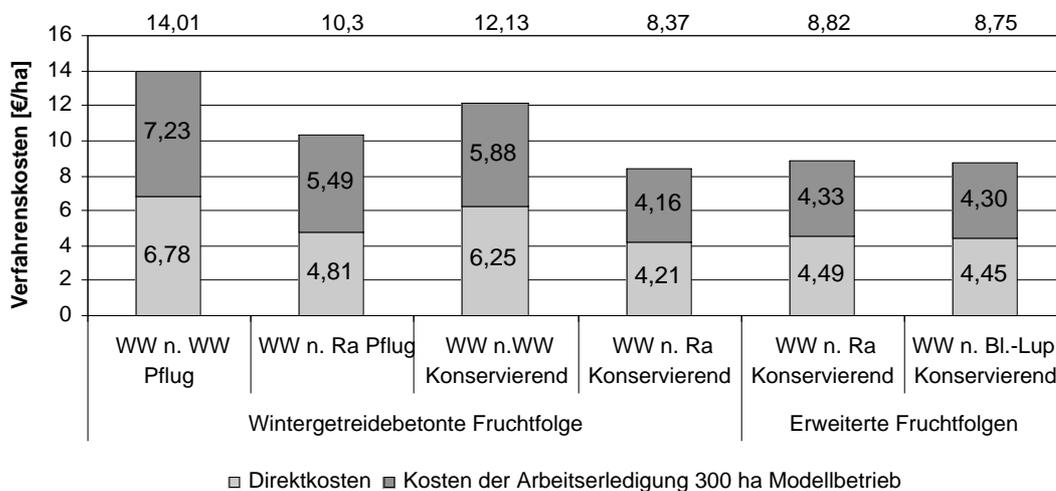


Abb. 19: Verfahrenskosten (€/dt) von Weizen auf Stückkostenbasis am Standort Gülzow für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Die Stückkostenanalysen unterschiedlicher Weizenanbaufolgen belegen die Wirtschaftlichkeit pflugloser Bodenbearbeitung in Kombination mit erweiterten Fruchtfolgen. Die Bodenbearbeitung ist also in engem Zusammenhang mit der Fruchtfolgegestaltung zu sehen. Aussagen von PARSCH et al. (2001), dass mögliche Einsparungen bei der Bodenbearbeitung durch höhere Pflanzenschutzkosten aufgezehrt werden, ist nur in begrenztem Umfang in fruchtfolgetechnisch ungünstigen Anbausituationen wie dem Stoppelweizenanbau zu bestätigen. Die Direktkosten steigen in erweiterten pfluglos bestellten Systemen kaum an. Bei den Herbizidkosten sind lediglich zusätzliche Kosten für den Einsatz eines Totalherbizids einzuplanen. Die von BAILEY und DUCZEK (1996) beziehungsweise PALLUT (2003) belegten pflanzenbaulichen Wechselwirkungen zwischen der Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung auf den Krankheitsdruck beziehungsweise die Verungrasung kommen hier zum Tragen. In erweiterten Fruchtfolgen sinken die Stückkosten im Weizenanbau auf allen

Standorten durch die Minimierung der Bodenbearbeitungsintensität und der besseren Auslastung der Maschinen. Stoppelweizen kann auf drei von vier Standorten nicht mehr kostendeckend produziert werden. Der von BRUNOTTE und WAGNER (2001) dargestellte Anstieg der Stückkosten im Stoppelweizenanbau kann durch die Versuchsergebnisse bestätigt werden. Nur am Standort Soest werden im Stoppelweizenanbau die entstandenen Verfahrenskosten über die Markterlöse gedeckt. Die von HORSCH (2006) aufgestellte Forderung, dass bei einer am Weltmarkt orientierten Weizenproduktion die Kosten der Arbeitserledigung 3,50 €/dt nicht übersteigen sollten, ist nur in erweiterten Fruchtfolgen in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat zu erreichen. Die Forderung von Marktexperten nach höheren Weizenanteilen in Fruchtfolgen muss aus pflanzenbaulich – ökonomischer Sicht kritisch hinterfragt werden. Weizenanteile über 50 Prozent in der Fruchtfolge führen zwangsläufig zum vermehrten Stoppelweizenanbau, der zu den heutigen Marktpreisen nicht kostendeckend produziert werden kann. Mit dem Wechsel von Halmfrucht und Blattfrucht in Anbausystemen kann dagegen eine hochproduktive und international wettbewerbsfähige Weizenproduktion organisiert werden.

PLESSMANN et al. (2005) fordern auch für die Rapsproduktion in Deutschland deutliche Kosteneinsparungen. Im internationalen Vergleich sind die Stückkosten in Mittel- und Westeuropa am höchsten. Auffallend ist der hohe Anteil der Arbeitserledigungskosten in diesen Regionen.

Bei der Berechnung der Stückkosten im Rapsanbau sind am Standort Soest (Abb. 20) ähnliche Tendenzen wie in der Weizenproduktion festzustellen. Die Rapsenerträge lagen in allen Anbaufolgen auf einheitlichem Niveau. Die höchsten Verfahrenskosten sind in der Pflugvariante zu dokumentieren. Auch Einsparungen bei den Direktkosten bei dieser Verfahrensweise sind kaum zu realisieren. Selbst eine Bekämpfung des Ausfallgetreides war nach wendender Bodenbearbeitung in jedem Jahr aufgrund der kurzen Anbaupause zwischen der Ernte des Weizens und der Rapssaat notwendig. Die höchsten Kosteneinsparungen sind in der Anbaufolge Raps nach Körnererbsen zu erzielen. Die Vorfrucht ermöglicht die Rapsaussaat nach flacher Bodenbearbeitung. Außerdem kann auf die Bekämpfung von Ausfallgetreide und eine Herbststickstoffgabe verzichtet werden. Dadurch sinken auch die Direktkosten in dieser Anbaufolge. Raps nach Körnererbsen führt zu Stückkostenvorteilen von 3,12 €/dt.

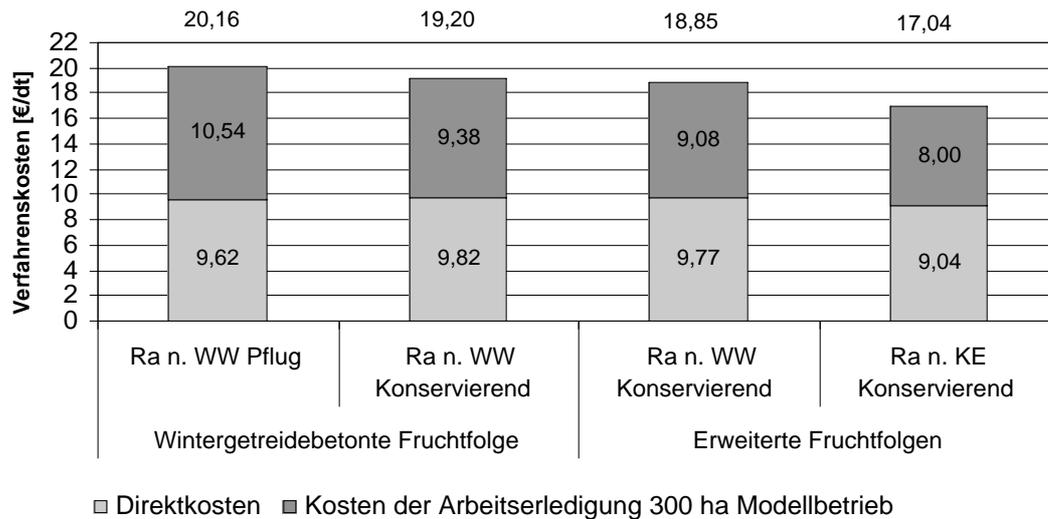


Abb. 20: Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Soest für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Am Standort Freising (Abb. 21) prägen signifikant geringere Erträge der pfluglosen Rapsbestellung die Ergebnisse. Die Stückkosten liegen in allen Anbaufolgen auf ähnlichem Niveau. Die Ertragsverluste in den konservierend bestellten Varianten von ca. 5 dt/ha werden durch Kosteneinsparungen bei der Arbeitserledigung kompensiert. Dieser Effekt ist in der erweiterten Fruchfolge durch geringere Maschinenfestkosten ausgeprägter. Eine Kostendeckung ist durch die Markterlöse (€/dt) in allen Anbaufolgen zu realisieren.

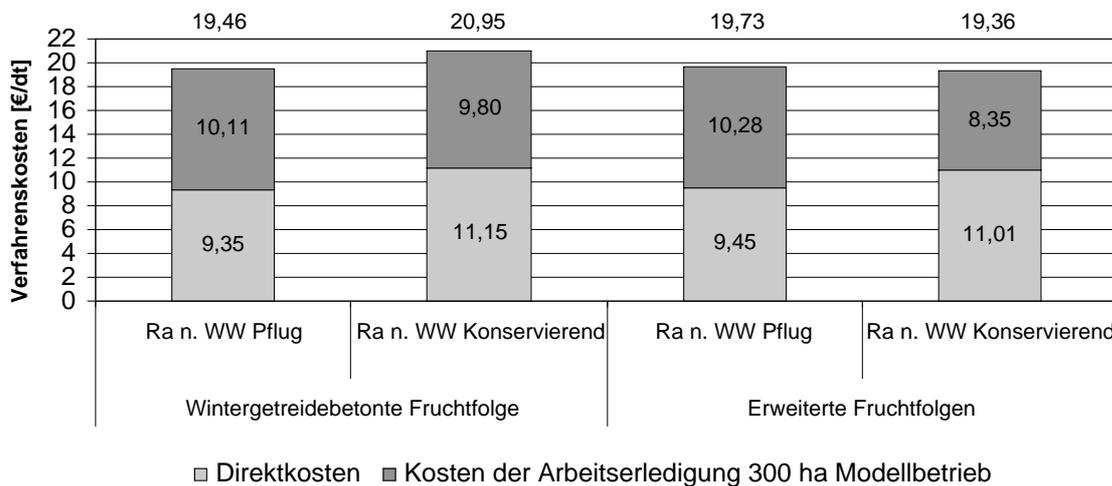


Abb. 21: Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Freising für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Raps wird am Standort Braunschweig (Abb. 22) in den geprüften Bewirtschaftungssystemen sowohl nach Pflugfurche als auch in Mulch- und Direktsaat angebaut. Die Erträge der Mulch- und Pflugsaat sind einheitlich, bei der Direktsaat von Raps nach Weizen ist der Ertrag ca. 3

dt/ha niedriger. Bei den Direktkosten sind keine Unterschiede zwischen Mulch- und Pflugsaat zu verzeichnen. Der in einigen Jahren hohe Schneckendruck in der Direktsaat verursachte zusätzliche Aufwendungen an Molluskiziden, ein zusätzlicher Pflanzenschutzaufwand, der auch von GLEN (1996) unter Direktsaatverhältnissen beschrieben wird. Dadurch steigen die Stückkosten auf das Niveau des Pfluges an. Am kostengünstigsten ist die Rapsproduktion in den Mulchsaatvarianten zu organisieren, da die Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten durch geringere Erträge und höhere Direktkosten nicht aufgezehrt werden.

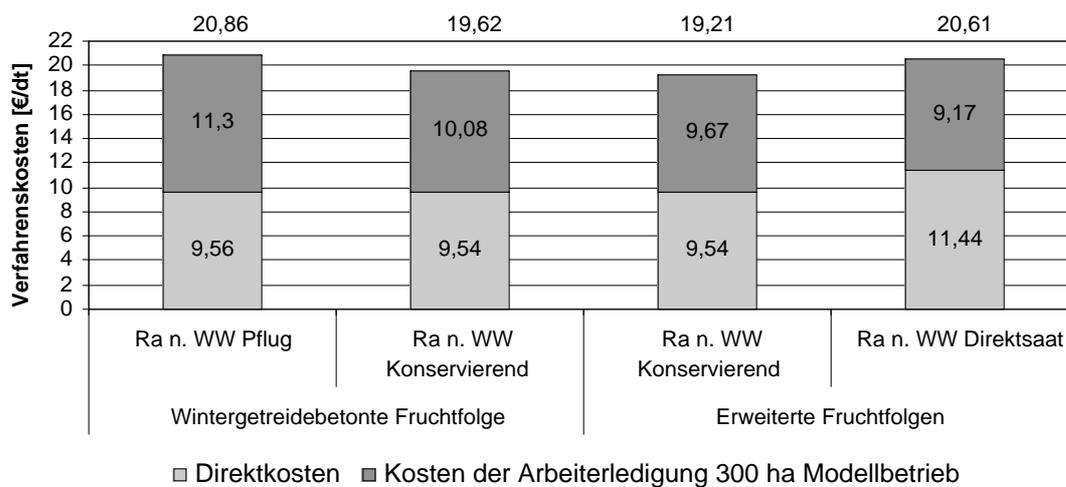


Abb. 22: Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Braunschweig für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Abbildung 22 zeigt die Verfahrenskosten von Raps am Standort Gülzow. Die Ergebnisse sind mit denen des Standortes Soest vergleichbar. Besonders durch den Rapsanbau nach Lupinen können die Kosten gesenkt und gleichzeitig die Erträge gesteigert werden.

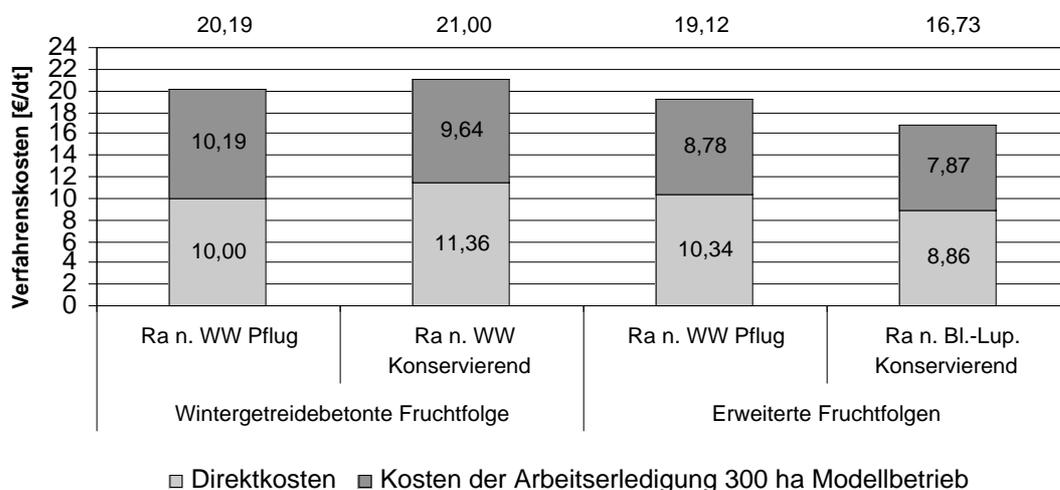


Abb. 23: Verfahrenskosten (€/dt) von Raps auf Stückkostenbasis am Standort Gülzow für einen 300 ha Modellbetrieb, 2003-2005

Die pflanzenbauliche Vorzüglichkeit des Rapsanbaus nach Leguminosen wurde schon von KÖNNECKE (1966) beschrieben. Die leicht erhöhten Stückkosten beim Anbau von Raps nach Weizen im konservierenden System werden durch etwas geringere Erträge verursacht. Der pfluglose Rapsanbau führt in wintergetreidebetonten Fruchtfolgen nicht zur deutlichen Reduzierung der Stückkosten. Die Intensität der Bodenbearbeitung kann durch die kurze Anbaupause zwischen Weizenernte und Rapsaussaat nicht reduziert werden. Die Forderung von KÖLLER und BUCHNER (1994), je 10 dt/ha Strohertrag 1,5 cm Bodenbearbeitungstiefe einzuhalten, muss in dieser Anbausituation beachtet werden. Ansonsten sind saatechnische Probleme, wie sie von DAHM (2001) besonders bei Raps beschrieben wurden, nicht auszuschließen. Durch die Fruchtfolgeerweiterung sinken die im Verfahren gebundenen festen Maschinenkosten. Davon kann auch der Raps nach Weizen in einem erweiterten Anbausystem profitieren, obwohl sich dieser pflanzenbaulich nicht von dem pfluglos bestellten Raps in der winterweizenbetonten Fruchtfolge unterscheidet. Erst die Vorfruchtwirkungen der Leguminosen lassen die Produktionskosten des Rapses sinken.

Zusammenfassung Arbeitshypothese 4: Erweiterte Fruchtfolgen in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat zeichnen sich im Vergleich zu konventionell bestellten wintergetreidebetonten Fruchtfolgen durch eine höhere Rentabilität aus. Diese ist unmittelbar auf Einsparungen durch pflanzenbauliche Wechselwirkungen in aufgelockerten Fruchtfolgen bei den Direkt- und vor allem bei den Arbeitserledigungskosten zurückzuführen. Der Pflugverzicht in wintergetreidebetonten Fruchtfolgen kann zwar ebenfalls rentabler als in konventionell bestellten Systemen organisiert werden, die ökonomische Effizienz erweiterter Anbausysteme ist allerdings nicht zu erzielen. Bei sehr feuchter Herbst- und trockener Vorsommerwitterung ist es durchaus auch möglich, dass die Wirtschaftlichkeit in engen, pfluglos bestellten System unter das Niveau des Referenzsystems Pflug fällt. Kritisch zu hinterfragen ist vor allem der kostenintensive Stoppelweizen in engen Fruchtfolgen. Die Kalkulation des Vorfruchtwertes zeigt, dass die Einsparpotenziale, die Blattfrüchte bieten, auf schwächeren Standorten am effektivsten zu nutzen sind. Die durchgeführten Detailauswertungen auf Stückkostenbasis demonstrieren vorrangig in erweiterten pfluglos bestellten Anbausystemen eine international wettbewerbsfähige Weizenproduktion.

Bewertung der wirtschaftlichen Stabilität unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme

Arbeitshypothese 5: Bei den derzeitigen Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau sind Bewirtschaftungssysteme durch die Erweiterung der Fruchtfolgen kostensparender und im Vergleich zu engen und intensiven Anbausystemen von einer besseren wirtschaftlichen Stabilität geprägt.

Die wirtschaftliche Stabilität ist nach SCHEUERLEIN (1997) neben der Rentabilität und Liquidität eine zentrale Größe zur Beurteilung der Finanzströme eines Betriebes. Dies ist bei

der Gestaltung von Bodenbewirtschaftungssystemen mit zu beachten. Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung weisen in der landwirtschaftlichen Praxis besonders in der Umstellungsphase Managementfehler auf. Die Stabilität kann beim Pflugverzicht nach LINKE (1997) durch mögliche produktionstechnische Fehlentscheidungen verringert werden. Die Umstellung der Fruchtfolge hat zusätzliche Konsequenzen auf die Vermarktung und die erzielbaren Erlöse. Sinkende Weizenanteile in der Fruchtfolge können bei steigenden Getreidepreisen nur bis zu einem gewissen Grad durch Kosteneinsparungen kompensiert werden. Für den Landwirt ist an dieser Stelle entscheidend, in welchem Maße sich Änderungen am Markt, in der Betriebsorganisation oder pflanzenbauliche Fehlentscheidungen auf das wirtschaftliche Ergebnis des Betriebes auswirken. Bei der Diskussion der Forschungsergebnisse drängen sich an dieser Stelle drei wichtige Fragen auf:

1. Wie wirken sich steigende Weizenpreise auf die Rentabilität der Bewirtschaftungssysteme aus?
2. Wie hoch muss der Körnerleguminosenertrag mindestens sein, um wirtschaftlich das Niveau der wintergetreidebetonten Fruchtfolgen zu erzielen?
3. Welche Bedeutung hat die Entlohnung der eingesetzten Arbeit auf die Rentabilität des Anbausystems?

Zur Beantwortung der ersten Frage sind im Folgenden die direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DAL) des Referenzsystems „wintergetreidebetonte Fruchtfolge (Pflug)“ mit der DAL der erweiterten pfluglos bestellten Fruchtfolge bei unterschiedlich hohen Weizenpreisen verglichen worden.

Am Standort Soest (Abb. 24) ist ab einem Weizenpreis von etwa 12 €/dt zur Ernte die konventionell bestellte wintergetreidebetonte Fruchtfolge wirtschaftlich gleichwertig.

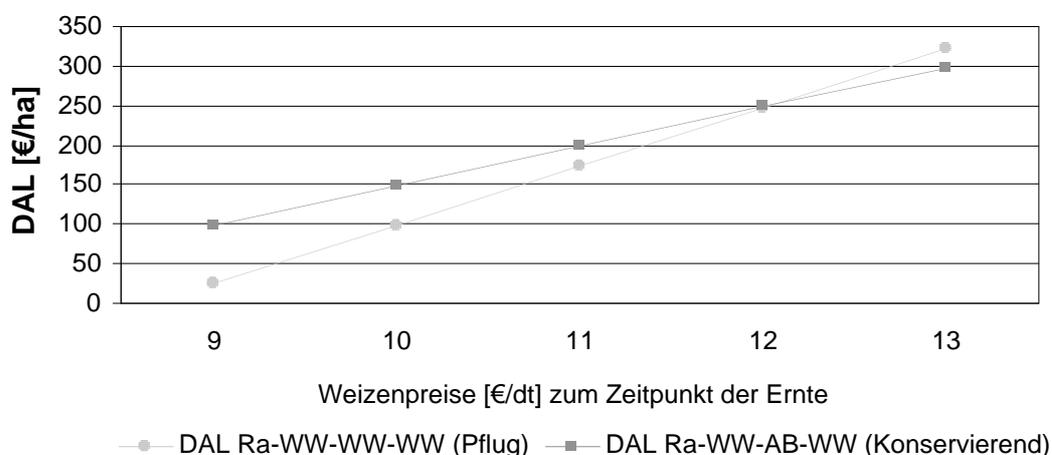


Abb. 24: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/dt) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Soest, 2003-2005

Bei weiter steigenden Weizenpreisen würde die erweiterte, pfluglos bestellte Fruchtfolge in der ökonomischen Effizienz abfallen.

Abbildung 25 zeigt den Verlauf der DAL bei den Prüfsystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Freising. Die hohen Vorfruchtwirkungen der Blattfrüchte haben auf das dargestellte Ergebnis wesentlichen Einfluss. Die Systeme erreichen eine gleich hohe DAL bei einem Weizenpreis von etwa 13,75 €/dt. Dies ist ein 1,75 €/dt höherer Weizenpreis als am Standort Soest. Die Analyse belegt, dass unter Vollkostenansatz die Fruchtfolgeerweiterung am Standort Freising auch bei steigenden Weizenpreisen von hoher Stabilität geprägt ist. Dies ist auf die Ertragseinbußen beim Stoppelweizen und die systembedingt hohen Direkt- und Arbeitserledigungskosten zurückzuführen. Belastet wird die erweiterte pfluglos bestellte Fruchtfolge durch signifikant geringere Weizen- und Rapsertträge. Wäre dies nicht der Fall, so würde der Gleichgewichtspreis noch wesentlich höher liegen.

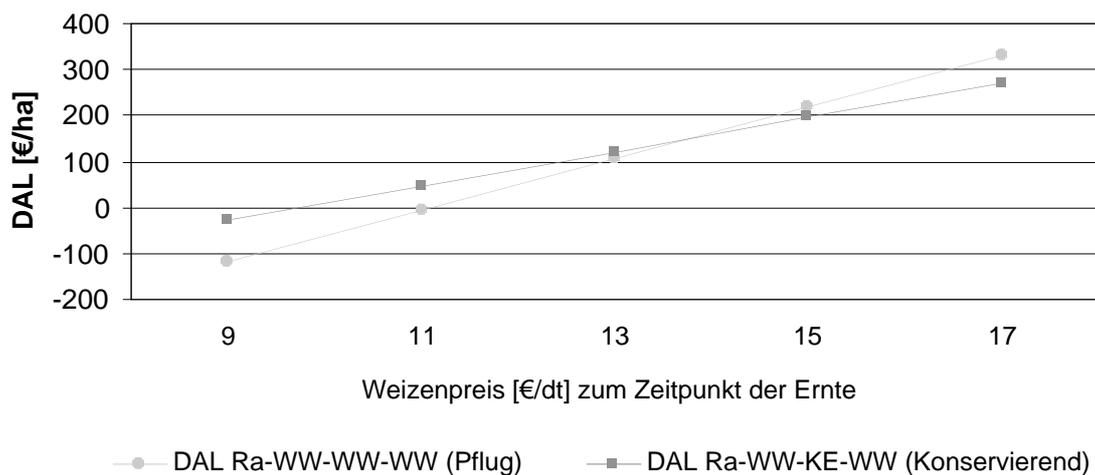


Abb. 25: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Freising, 2003-2005

Stabile und hohe Weizen- und Rapsertträge in der erweiterten Fruchtfolge in Kombination mit reduzierten Produktionskosten führen am Standort Braunschweig (Abb. 26) erst ab einem Weizenpreis von etwa 13,80 €/dt zur besseren Vorzüglichkeit der winterweizenbetonten Fruchtfolge. Die Fruchtfolgefelder Stoppelweizen verursachen einen zu hohen Produktionsmitteleinsatz und erfordern eine zu intensive Bodenbearbeitung.

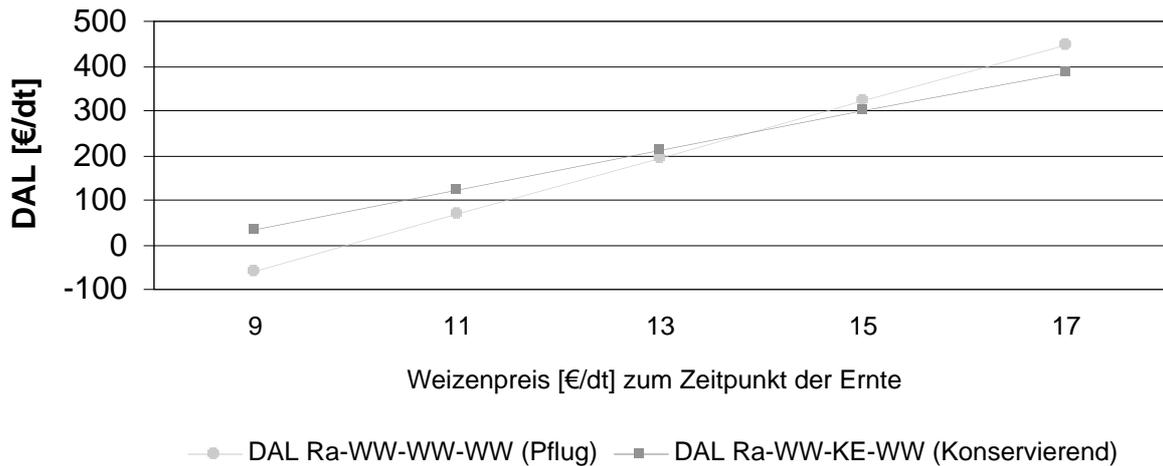


Abb. 26: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/dt) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Braunschweig, 2003-2005

Bei der Berechnung des Gleichgewichtserlöses für den Standort Gülzow (Abb. 27) werden die Effekte des Wechsels von Halmfrucht und Blattfrucht und des Pflugverzichtes deutlich. Sehr hohe Blattfruchtweizenenerträge in Verbindung mit Ertragszunahmen bei konservierender Bestellung lassen erweiterten pfluglos bestellten Anbausystemen eine hohe Stabilität zukommen. Die Weizenpreise müssten weit über 20 €/dt steigen, um bei engen Anbausystemen eine annähernd gleich hohe Rentabilität zu erzielen. Dies ist ein weiterer Beleg für die Vorzüglichkeit erweiterter Fruchtfolgen auf Grenzstandorten des Stoppelweizenanbaus.

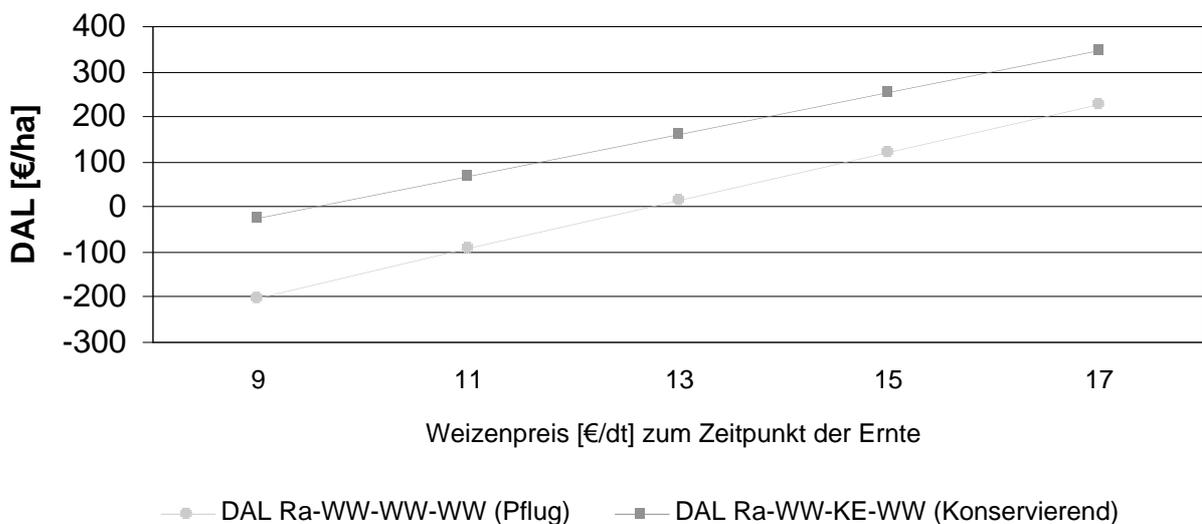


Abb. 27: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen in Abhängigkeit vom Weizenpreis am Standort Gülzow, 2003-2005

Die Analyse über alle Standorte erlaubt die Aussage, dass erweiterte Fruchtfolgen bei den derzeitigen Marktpreisen für Getreide, die auch nach KIRSCHKE et al. (2005) kurz- bis mittelfristig nicht steigen werden, von hoher Stabilität geprägt sind. Würden die Getreidepreise mittel- bis langfristig steigen, nimmt die Vorzüglichkeit wintergetreidebetonter Fruchtfolgen zunächst auf den besseren Standorten zu. Aufgelockerte pfluglos bestellte Bewirtschaftungssysteme zeichnen sich auch bei steigenden Marktpreisen auf Grenzstandorten des Stoppelweizenanbaus durch hohe Stabilität aus.

Neben den Entwicklungen am Markt ist der Einstieg in den Körnerleguminosenanbau mit Risiken behaftet. Höhere Ertragsschwankungen prägen das Bild. Bei ungünstigen Voraussetzungen für den Leguminosenanbau ist die Frage zu stellen, auf wie viel Ertrag man bei Körnerleguminosen verzichten kann, um mindestens die DAL der Standardfruchtfolge im Pflugsystem zu erlangen. Tabelle 119 informiert über diesen Zusammenhang. Am Standort Soest, der durch hohe Stoppelweizenenerträge gekennzeichnet ist, kann auf etwa 20 dt/ha Ertrag bei Ackerbohnen verzichtet werden. Bei steigenden Weizenpreisen muss allerdings das Ertragspotenzial der Ackerbohnen ausgeschöpft werden, um eine gleich hohe Rentabilität zu erreichen. Die Standorte Freising und Gülzow nehmen eine Mittelstellung ein. Bei den gegebenen Weizenpreisen kann am Standort Freising auf 24,1 dt/ha und am Standort Braunschweig auf 25,5 dt/ha Körnererbsenertrag verzichtet werden. Extrem fallen die Ergebnisse am Standort Gülzow aus. Selbst bei steigenden Weizenpreisen verursachen die positiven Wechselwirkungen von Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung, dass theoretisch auf die Ernte der Lupinen verzichtet werden kann. Die sehr hohen Kosten des Stoppelweizens in Verbindung mit niedrigen Erträgen prägen dieses Ergebnis.

Tab. 119: Mindestens notwendiger Leguminosenertrag in erweiterten, pfluglos bestellten Fruchtfolgen im Vergleich zum Referenzsystem wintergetreidebetonte Fruchtfolge Pflug bei durchschnittlichen und 20 Prozent höheren Weizenpreisen, 2003-2005

Standort	Leguminosen-art	Ist-Ertrag (dt/ha)	Mindest notwendiger Ertrag (dt/ha)	Mindest notwendiger Ertrag bei 20 % höheren Weizenpreisen
Soest	Ackerbohnen	59,6	36,02	54,22
Freising	Körnererbsen	46,3	22,19	36,03
Braunschweig	Körnererbsen	41,5	15,96	29,33
Gülzow	Bl. Lupine	29,5	0*	0*

* Ernte nicht zwingend erforderlich, da auch bei Ertragsverzicht die Vorfruchtwirkungen das Anbausystem stabilisieren

Bedeutung des Lohnes/Lohnansatzes für die Rentabilität unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme

In den Kostenkalkulationen ist eine Entlohnung der Arbeitszeit von 15 € je Stunde in Ansatz gebracht. Dies entspricht nach ROST et al. (2001) etwa den durchschnittlichen gezahlten Löhnen (brutto) für landwirtschaftliche Facharbeiter. KUHLMANN (2002) weist darauf hin, dass der Lohnansatz in Familienbetrieben flexibel gestaltet werden muss. Je nach alternativer Verwertungsmöglichkeit der eingesetzten Arbeit und Freizeitansprüchen ist eine Entlohnung der eingesetzten Arbeit vorzunehmen. Um dieser Forderung gerecht zu werden, sind die Bewirtschaftungssysteme an den vier Standorten hinsichtlich ihrer Stabilität bei unterschiedlich hohen Lohnansprüchen analysiert worden. Nach den Kalkulationen ergeben sich keine entscheidenden Änderungen. Erweiterte pfluglos bestellte Fruchtfolgen sind auf allen Standorten selbst bei einem Lohnverzicht engen wintergetreidebetonten Fruchtfolgen überlegen (Abb. 28-31). Am Standort Freising kommt es lediglich zu Veränderungen in der Rentabilität zwischen den erweiterten Fruchtfolgesystemen. Hier ist bei der standardmäßig angesetzten Entlohnung von 15 € je Stunde zwischen dem Pflug- und Mulchsaatsystem in der durch Erbsen aufgelockerten Fruchtfolge eine annähernd gleich hohe DAL festzustellen. Bei einem Lohnverzicht steigt dagegen die Rentabilität in dem arbeitsintensiveren Pflugsystem an. Davon kann auch die durch Körnermais erweiterte Fruchtfolge profitieren. Eine geringfügige Änderung ergibt sich auch durch die Variation des Lohnansatzes zwischen der konventionellen und konservierenden Bodenbearbeitung in der wintergetreidebetonten Fruchtfolge am Standort Soest. Bei einem völligen Lohnverzicht verringert sich die Rentabilität des Pflugverzichtes im Verhältnis zur Pflugvariante. Die geringsten Veränderungen durch die Variation des Lohnansatzes sind am Standort Gülzow zwischen den Systemen zu beobachten. Ein weiterer Beleg für die hohe Stabilität erweiterter Fruchtfolgen in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung auf diesem Standort.

Zusammenfassung Arbeitshypothese 5: Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau sind erweiterte pfluglos bestellte Bewirtschaftungssysteme neben der Verbesserung der Rentabilität auch durch eine hohe Stabilität bei sich ändernden Markt- und Ertragsrelationen sowie unterschiedlicher Arbeitsorganisation gekennzeichnet. Die Stabilität erweiterter Anbausysteme ist auf ertragsschwächeren Standorten am deutlichsten ausgeprägt.

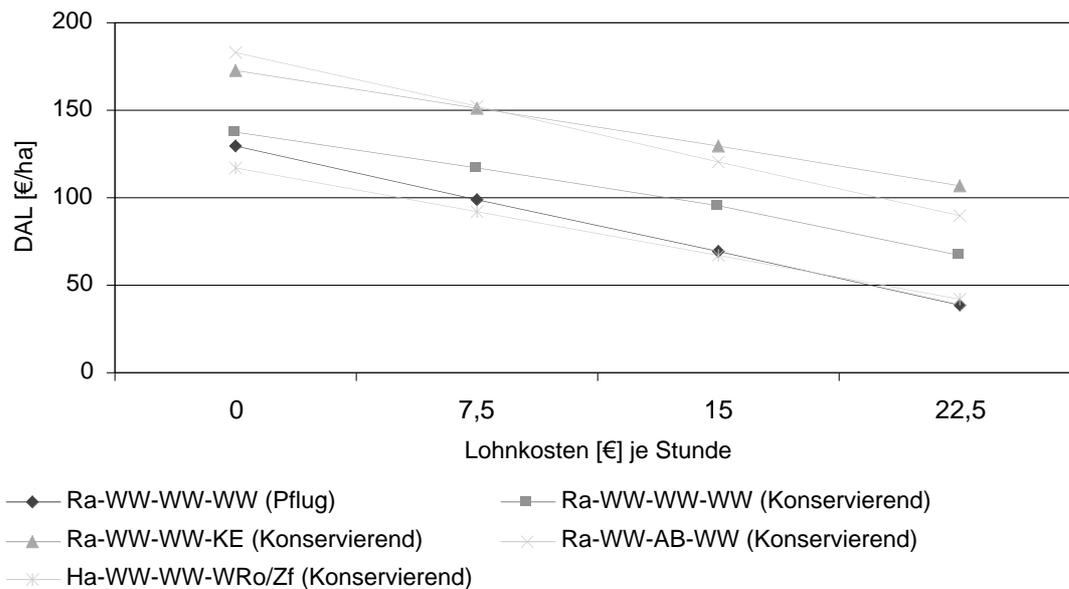


Abb. 28: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Soest, 2003-2005

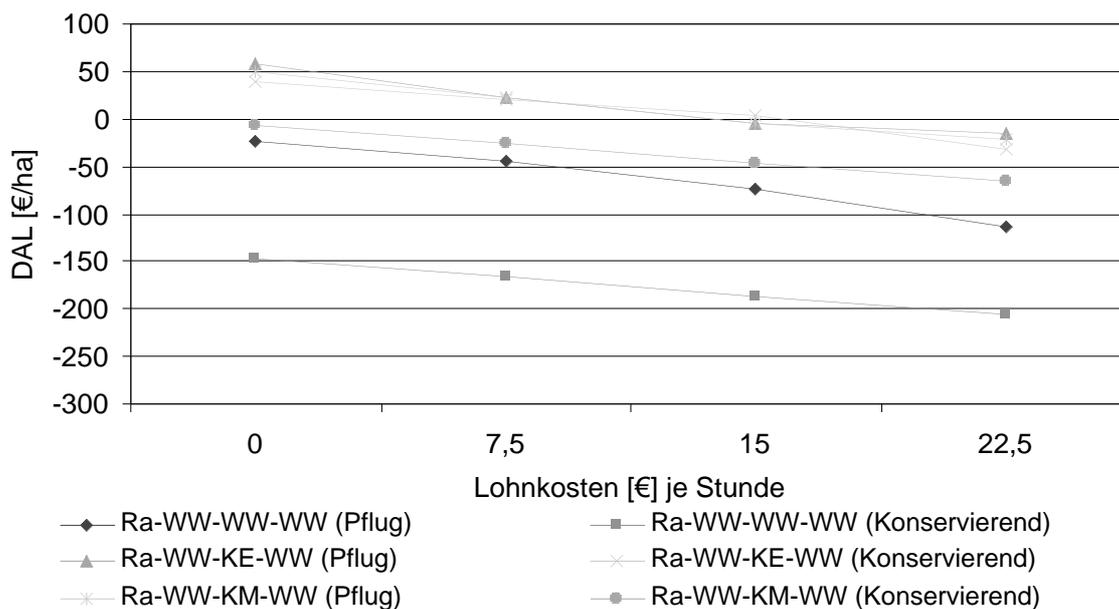


Abb. 29: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Freising, 2003-2005

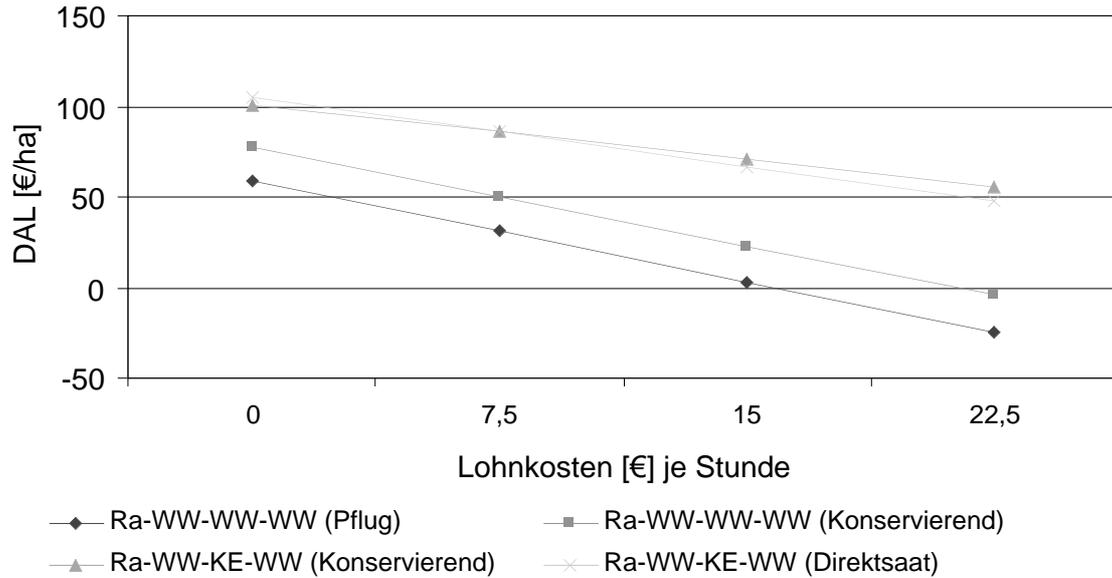


Abb. 30: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Braunschweig, 2003-2005

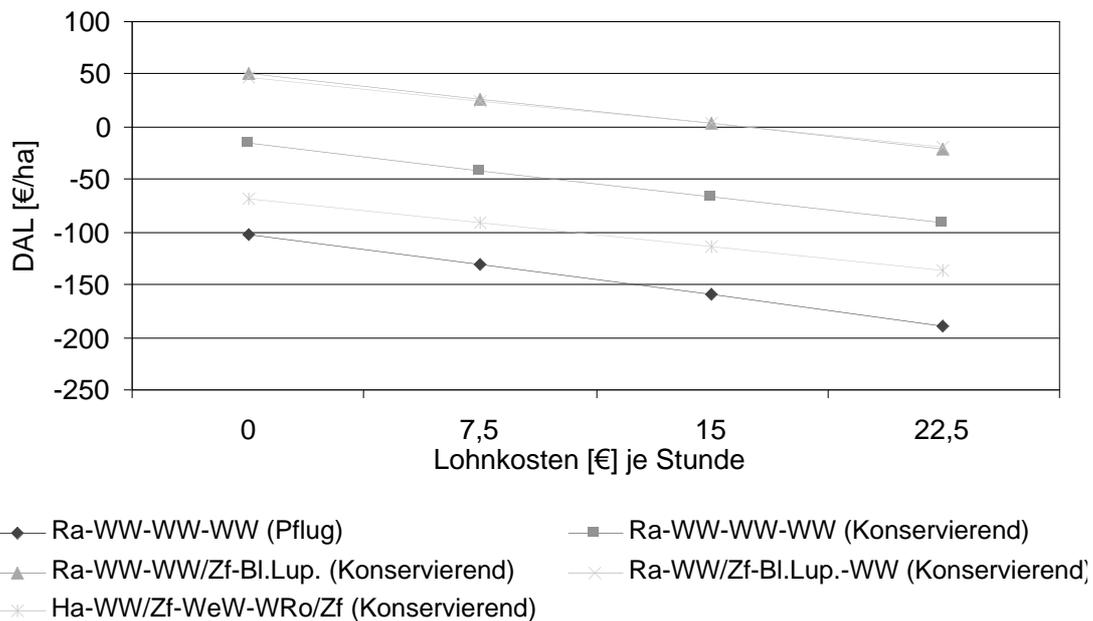


Abb. 31: Entwicklung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL, €/ha) verschiedener Bewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten am Standort Gülzow, 2003-2005

5.3 Bewirtschaftungssysteme und Arbeitswirtschaft / Betriebsorganisation

Durch die Spezialisierung im Marktfruchtbau auf wenige Kulturen treten zunehmend organisatorische Probleme im Bereich der Arbeitswirtschaft auf (CLEMENT 1988). In wachsenden Familienbetrieben und in Lohnarbeitsbetrieben hat eine unausgeglichene Arbeitszeitverteilung mit vielen arbeitsarmen Zeiträumen und wenigen extremen Arbeitsspitzen zur Aussaat und Ernte Auswirkungen auf die Produktionskosten. Anpassungsmöglichkeiten an diese vom Bewirtschaftungssystem abhängigen Rahmenbedingungen sind kaum vorhanden. Als pflanzenbauliche Gegenstrategie in winterweizenbetonten Fruchtfolgen schlägt ANIOL (1996) eine Frühsaat des Weizens ab Anfang September vor. Dieser Lösungsvorschlag verschärft allerdings Problemfelder enger Fruchtfolgen wie Verungrasung, Krankheitsdruck oder Resistenzbildung. Damit ist die Nachhaltigkeit als Zielvorgabe von Produktionsverfahren in Frage zu stellen. Die in landwirtschaftlichen Betrieben am häufigsten anzutreffende Anpassungsstrategie für Probleme in der Arbeitswirtschaft ist die Investition in schlagkräftige und damit teure Mechanisierung (KLISCHAT 2003). Es wird Arbeit durch Kapital substituiert mit dem Ergebnis einer hohen Festkostenbelastung des Produktionssystems. Die Fruchtfolgerweiterung in Kombination mit dem Pflugverzicht durchbricht diesen kausalen Zusammenhang.

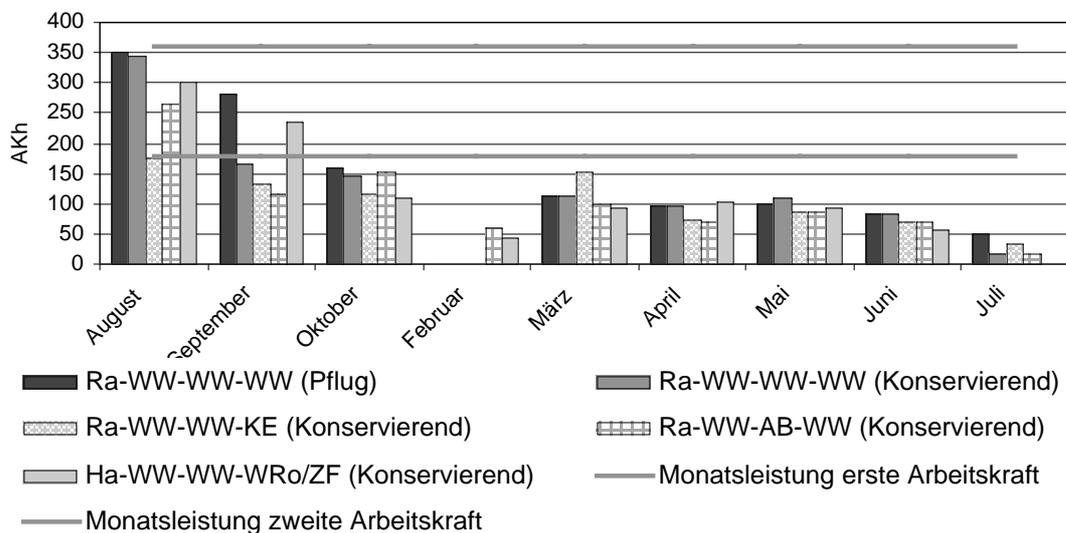


Abb. 32: Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Soest, 2003-2005

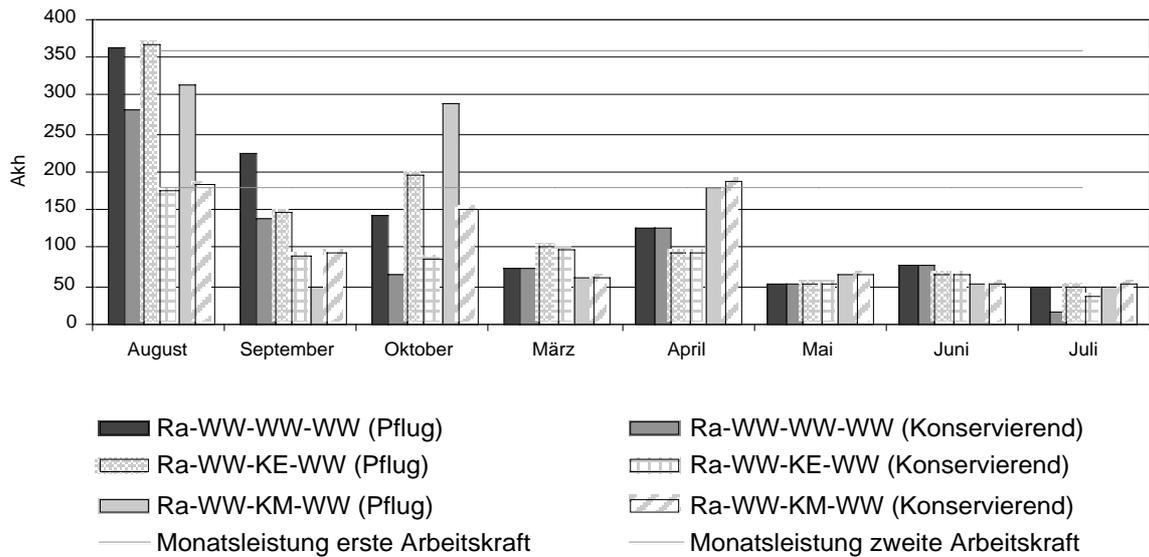


Abb. 33: Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Freising, 2003-2005

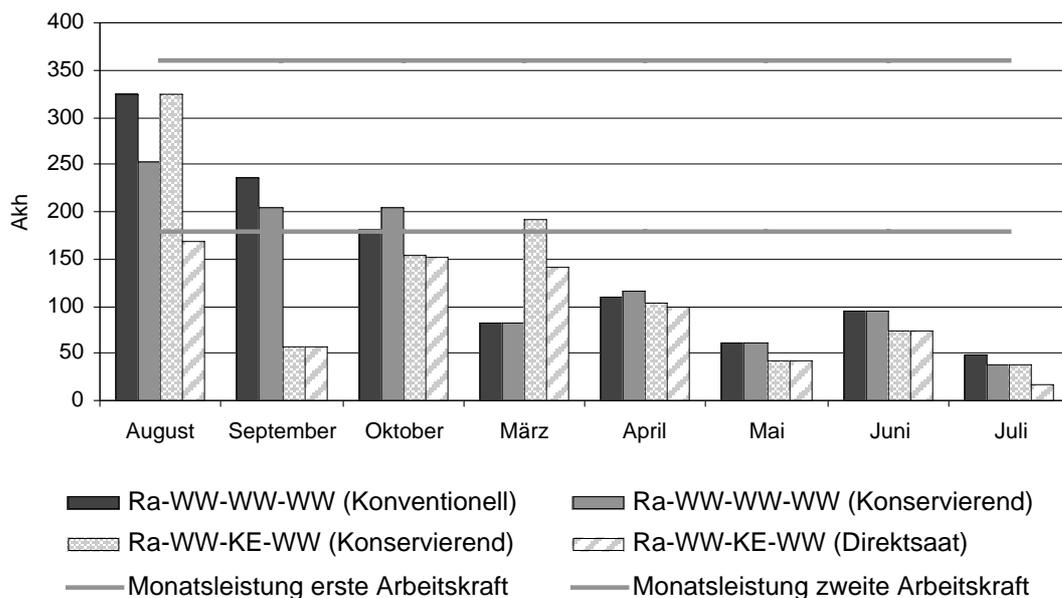


Abb. 34: Arbeitszeitverteilung (Akh/Monat) geprüfter Bewirtschaftungssysteme in einem 300 ha großen Modellbetrieb am Standort Braunschweig, 2003-2005

Standorts Gülzow zeigen. Der Arbeitszeitbedarf im August steigt durch die Zwischenfruchtaussaat und Düngung im Vergleich zur pfluglos bestellten wintergetreidebetonten Fruchtfolge an. Auch die Weizenaussaat nach Körnermais am Versuchsstandort Freising verursacht eine deutliche Arbeitsspitze im Herbst, besonders ausgeprägt im Pflugsystem trotz hoher Schlagkraft. Der Verzicht auf den Winterweizenanbau nach Körnermais zu Gunsten einer Sommerung würde dieses Problem entschärfen. Bemerkenswert für die Verteilung der Arbeitsspitzen ist auch der Einfluss der zur Verfügung stehenden Feldarbeitszeit. Am Standort Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern) sollte die Aussaat des Wintergetreides möglichst bis Ende September abgeschlossen sein. Dadurch entsteht in der winterweizenbetonten Fruchtfolge eine erhebliche Arbeitsspitze. Die Auflockerung der Fruchtfolge führt hier zu einer deutlich effizienteren Nutzung des eingesetzten Maschinenkapitals.

Die günstigste Arbeitszeitverteilung ergibt sich durch die Direktsaat in erweiterter Fruchtfolge am Standort Braunschweig. Mit drei unterschiedlichen Kulturen (Raps, Winterweizen, Körnererbsen) im vierfeldrigen System und dem Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung kann mit kostengünstiger Technik eine hohe Arbeitsproduktivität der eingesetzten Arbeitskraft erreicht werden.

In wachsenden Betrieben sind die Einsparpotenziale im umgekehrten Sinne zu nutzen. Die Aussage von SANDHÄGER (2000) ist damit zu bestätigen, dass durch die Integration von Sommerkulturen zusätzliche Flächen bewirtschaftet werden können und zwar ohne Maschineninvestitionen und ohne weitere Arbeitskräfte.

Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungssysteme auf die Wirtschaftlichkeit in kleineren Betriebseinheiten und bei geänderter Betriebsorganisation

Die für die Auswertung gewählten Modellbetriebsgrößen von 150 ha und 300 ha für die westdeutschen Versuchsstandorte sind als Ist-Zustand und als Zielgröße für wachsende Marktfruchtbaubetriebe in diesen Regionen konzipiert. Veredlungsbetriebe oder Ackerbaubetriebe, die im Nebenerwerb bewirtschaftet werden, weisen häufig eine Betriebsgröße von unter 100 ha auf. Um die Versuchsergebnisse in Zusammenhang mit der Betriebsgröße zu diskutieren, ist exemplarisch für den Standort Freising eine Modellbetriebsgröße von 75 ha mit folgenden praxisorientierten Annahmen in die Kalkulationen aufgenommen worden (Tab. 120): In den Bewirtschaftungssystemen mit konventioneller Bodenbearbeitung ist eine um 50 Prozent verlängerte Nutzungsdauer der

Maschinen und Geräte angesetzt worden. Dadurch sinken die Abschreibungen für die eigene Mechanisierung.

Tab. 120: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL, €/ha) aller Bewirtschaftungssysteme am Standort Freising, 2003-2005, 75 ha Modellbetrieb

Fruchtfolgefeld	Ra-WW- WW-WW Pflug	Ra-WW- WW-WW Mulchsaat	Ra-WW- KE-WW Pflug	Ra-WW- KE-WW Mulchsaat	Ra-WW- KM-WW Pflug	Ra-WW- KM-WW Mulchsaat
Kennzeichnung	1a	1b	2a	2b	3a	3b
Leistungen						
Erlös €/ha	779	643	788	701	867	769
EU-Prämie €/ha	0	0	14	14	0	0
Gesamt €/ha	779	643	802	715	867	769
Direktkosten						
Gesamt €/ha	412	445	379	388	427	438
Direktkosten- freie Leistung	368	198	422	327	440	330
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 75 ha						
Gesamt* €/ha	557	417	546	428	609	419
Steigerung der Arbeitserledig- ungskosten**	+116	+33	+118	+50	+165	+43
DAL €/ha	-189	-219	-124	-101	-169	-89

* Arbeitserledigungskosten in einem 75 ha großen Betrieb nach den getroffenen Annahmen kalkuliert

** Steigerung der Arbeitserledigungskosten im Vergleich zwischen dem 75 ha und 150 ha großen Modellbetrieb

Diese Vorgehensweise ist in der Praxis in kleineren und mittleren Betrieben anzutreffen. Da diese Betriebe vielfach mittelfristig ausscheiden, werden Investitionen in spezielle Mulchsaattechnik vermieden. Für die Kalkulationen wurde deshalb die Option gewählt, dass die Bodenbearbeitung und Aussaat sowie die Ernte vom Lohnunternehmer in den Bewirtschaftungssystemen ohne Pflug erledigt wird. Weiterhin spielt in den kleineren Betrieben die Entlohnung der eigenen Arbeitskraft mangels alternativer Verwertung vielfach keine Rolle. Deshalb sind in den Kalkulationen auch keine Ansätze für die eigenen Arbeitskräfte berücksichtigt.

Die Ergebnisse verdeutlichen auch mit diesen Annahmen die ökonomische Vorzüglichkeit der erweiterten Fruchtfolgen. Von Bedeutung sind die Verschiebungen bei den Arbeitserledigungskosten. Trotz der verlängerten Nutzungsdauer und ohne Lohnansatz steigen in den konventionellen Bodenbearbeitungssystemen die Arbeitserledigungskosten stärker als in den konservierenden Bewirtschaftungssystemen. Die pfluglose Bodenbearbeitung ist also auch in kleineren Betrieben über den Einsatz des Lohnunternehmers für die Bodenbearbeitung und Aussaat rentabel zu betreiben.

5.4. Übertragbarkeit der Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis

Arbeitshypothese 6: Die mangelnde Akzeptanz der konservierenden Bodenbearbeitung/Direktsaat und erweiterter Fruchtfolgen in der landwirtschaftlichen Praxis ist in hohem Maße durch eine unzureichende methodische Vorgehensweise beim Vergleich komplexer Bodenbewirtschaftungssysteme zu sehen.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Forschungsprojektes mit der umfangreichen Datenbasis aus dem Vergleich unterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesysteme stellt sich die Frage nach der Übertragbarkeit in die landwirtschaftliche Praxis. Grundlage der Ergebnisse ist die Versuchskonzeption und deren Durchführung. Im Vergleich zu Fruchtfolgeversuchen mit statischen Behandlungsplänen werden in Systemanalysen die Ansprüche der einzelnen Kulturen optimiert. Diese Vorgehensweise wird bereits von KLAPP (1961) für die Durchführung pflanzenbaulicher Systemversuche mit betriebswirtschaftlicher Fragestellung favourisiert. BAEUMER (1994) spricht in diesem Zusammenhang von der „entscheidungsorientierten Pflanzenbaulehre“. Eine kausale Interpretation der Ergebnisse ist dadurch erschwert, da im System Einzeleffekte nicht gesondert bewertet werden können. Die Aussagekraft der Versuchsergebnisse wird damit auch von der Qualifikation des Versuchsanstellers bestimmt. Durch die Versuchskonzeption ist auch nicht zu gewährleisten, dass in allen Versuchsvarianten das pflanzenbauliche oder ökonomische Optimum erreicht wurde. Es fehlen Vergleichsmöglichkeiten (z.B. Null-Parzellen) zu den getroffenen Entscheidungen. Die Alternative zu diesem Konzept ist ein statisch klar vorgegebener Behandlungs- und Bearbeitungsplan, der jedoch nur in den seltensten Fällen den Anspruch eines praxisorientierten Versuchsdesigns erfüllt. Damit scheidet diese Konzeption für betriebswirtschaftlich orientierte Systemvergleiche aus.

Ob in ökonomisch orientierten Systemversuchen Wiederholungen vorhanden sein sollten, ist nicht eindeutig zu beantworten. Aus der Literatur läßt sich eine einheitliche Vorgehensweise nicht ableiten. Es bestehen im Prinzip zwei mögliche Versuchsdesigns, die beide Vor- und Nachteile aufweisen:

1. Die Anlage von Systemversuchen mit mehrfacher Wiederholung und Randomisation in Anlehnung an faktorielle Versuchsanlagen unter Berücksichtigung von Behandlungstreifen. Vorteilhaft ist hierbei die Möglichkeit der varianzanalytischen Auswertung, um unkontrollierbare Störfaktoren zu minimieren. Nachteil ist sicherlich die

teils erzwungene Zusammenlegung von Behandlungen und von sonstigen anbautechnischen Maßnahmen unter der Berücksichtigung von Bearbeitungszyklen.

Fehlentscheidungen bei der Durchführung produktionstechnischer Maßnahmen können allerdings auch hier nicht identifiziert werden.

2. Die zweite Alternative wäre die randomisierte Streifenanlage. Dabei muss auf jegliche statistische Auswertung verzichtet werden. Vorteilhaft ist, dass jedes System unabhängig voneinander optimiert werden kann.

In der Konzeption der Versuchsansätze wurde am Standort Freising die Versuchsanlage in 4-facher Wiederholung angelegt, die übrigen Standorte bevorzugten randomisierte Streifenanlagen. Aus den unterschiedlichen Anlageformen sind keine Rückwirkungen auf das ökonomische Ergebnis abzuleiten. Mit beiden Versuchsdesigns ist das gleiche Ergebnis erzielt worden. Erweiterte Fruchtfolgen, in Kombination mit der konservierenden Bodenbearbeitung/ Direktsaat sind winterweizenbetonten Fruchtfolgen ökonomisch überlegen.

Bei der Konzeption der Bewirtschaftungssysteme wurde nur auf dem Standort Freising jedes Fruchtfolgefeld sowohl im Pflugverfahren als auch pfluglos geprüft. Dieser direkte Vergleich ermöglicht somit auch Aussagen zur Wirtschaftlichkeit erweiterter Fruchtfolgen bei konventioneller Bodenbearbeitung. Das Ergebnis, dass bei erweiterter Fruchtfolgegestaltung in beiden Bodenbearbeitungsverfahren eine gleich hohe Rentabilität zu erzielen ist, ist auf den anderen Standorten nicht zu erwarten. Der Pflugverzicht führt in den erweiterten Fruchtfolgen auf diesen Standorten nicht zu geringeren Erträgen. Die Kosteneinsparungen durch verringerte Eingriffsintensität in den Boden kommen somit voll zum Tragen.

Die Versuchsdauer von vier Jahren mit drei auswertbaren Jahresergebnissen ist im Vergleich zu anderen Systemversuchen als kurz einzustufen. Eine Versuchsdauer von zwei Fruchtfolgeumläufen mit acht auswertbaren Jahresergebnissen, wie dies in typischen Fruchtfolgeversuchen zu finden ist, wäre sicherlich wünschenswert (COCHRAN 1939). Dennoch ist bei genauerer Analyse pflanzenbaulicher Wechselwirkungen nicht von einer grundlegenden Änderung zentraler Ergebnisse auszugehen. Pfluglose Bodenbearbeitungssysteme gewinnen mit der Zeit an Stabilität wie dies beispielsweise von BRÄUTIGAM (1994) für phytopathologische Aspekte beschrieben wurde. Daneben ist mit einer Verstärkung negativer Effekte einseitiger Fruchtfolgen zu rechnen. PALLUT (2003) hat dies für den Ungrasdruck belegt.

Kernstück der Arbeit stellt die ökonomische Bewertung der Bewirtschaftungssysteme auf der Basis der Vollkostenrechnung dar. Die in der landwirtschaftlichen Praxis ablehnende Haltung

zur Fruchtfolgeerweiterung wird meist mit zu geringen Deckungsbeiträgen einzelner Kulturen begründet. Zahlreiche Veröffentlichungen aus Wissenschaft und Beratung unterstützen diese Aussagen. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass mit dem Deckungsbeitrag etwa nur ein Drittel der gesamten Produktionskosten erfasst wird. Die aus der einfachen Deckungsbeitragsrechnung heraus getroffenen Schlussfolgerungen zur Wirtschaftlichkeit von Fruchtfolgen können vielfach nicht mehr aufrechterhalten werden. Nur Vollkostenanalysen erlauben sichere Entscheidungen. Der bei der Auswertung der Versuche getroffene Vollkostenansatz stellt eine Neuerung in der ökonomischen Bewertung von Fruchtfolgen dar. Mit der Ableitung der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL) aus der Vollkostenrechnung wird eine umfassende Bewertung von Bodenbewirtschaftungssystemen gewährleistet. Die DAL - berechnet als Mittelwert eines Bewirtschaftungssystems - weist im Vergleich zum Deckungsbeitrag folgende Vorteile auf:

- Auswirkungen der Fruchtfolgegestaltung und der Intensität der Bodenbearbeitung auf die festen Maschinenkosten, auf Arbeitsspitzen und den Arbeitskräftebedarf werden durch die Berechnung der Arbeitserledigungskosten erfasst.
- Unterschiede im Produktionsmittelaufwand, vorrangig beim Pflanzenschutz und der Düngung werden deutlich.
- Methodisch besteht eine direkte Ableitung aus der Vollkostenanalyse.

Vollkostenrechnungen zur Auswertung pflanzenbaulicher Systemversuche sind in internationalen Veröffentlichungen zu finden. ZENTNER et al. (2002) nutzten diese für die Auswertung ihrer Versuche, in denen aus klimatischen Gründen nur Sommerkulturen geprüft wurden. Deshalb kommt der Fruchtfolgeerweiterung unter kanadischen Bedingungen nicht die Bedeutung im Bereich der Reduktion der Maschinenfestkosten zu, wie dies in gemäßigten Klimabereichen möglich ist. Andere Autoren wie KATISAVARIO und COX (2000) nutzen zur Bewertung von Anbausystemen Leihmaschinensätze zur Berechnung der Maschinenkosten für Bodenbearbeitung und Aussaat. Diese Vorgehensweise erscheint jedoch eher theoretischer Natur, auch wenn in gewisser Weise Maschinenfestkosten mit in die Kalkulation einfließen. Denn es wird nicht berücksichtigt, dass verschiedene Fruchtfolgen unterschiedliche Kapitalansprüche durch unterschiedlich schlagkräftige Mechanisierung haben. Somit schneiden erweiterte Fruchtfolgen in diesen Kalkulationen verhältnismäßig schlechter ab.

Mit dem Datenkatalog des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) wurde für die Berechnung der Arbeitserledigungskosten eine umfassende und an hiesige Verhältnisse angepasste Datensammlung genutzt. Andere Datenkataloge in Europa

bieten nicht die notwendigen Einzeldaten, um die unterschiedlichen Modellbetriebe sachgerecht zu kalkulieren. So wurde von AMMANN (2006) ein detaillierter Datenkatalog veröffentlicht, der jedoch nur auf die Schweizer Betriebsstrukturen zugeschnitten ist. Ähnlich ist der Datenkatalog aus Österreich zu bewerten. Mit den vorliegenden Daten aus Frankreich von HÈNIN (2005) können Modellrechnungen nicht in der Genauigkeit, wie dies mit den KTBL-Daten möglich ist, durchgeführt werden. Auch das von dem englischen Agrarökonom NIX jährlich veröffentlichte Farm Management Pocketbook bietet nicht die gewünschte Datenvielfalt. Einzelanalysen, wie die von BRUNOTTE und WAGNER (2001) oder KALK und HÜLSBERGEN (1999) zum Dieserverbrauch unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme bieten zwar sehr genaue Informationen, diese beziehen sich aber nur auf eng eingegrenzte Fragestellungen. Für die auf Modellbetriebe basierenden ökonomischen Kalkulationen differenzierter Systeme der Bodenbewirtschaftung ist der KTBL-Datenkatalog durch Sicherheit und Praxisnähe gekennzeichnet. Die weitere Entwicklung dieser Datenbasis ist für zukünftige ökonomische Kalkulationen von großer Bedeutung.

Zusammenfassung Arbeitshypothese 6: Zentraler Ansatzpunkt zur Umsetzung pflugloser Systeme der Bodenbewirtschaftung in die Praxis ist die Bewertung unter Vollkostenansatz. Vollkostenanalysen, in denen unterschiedliche Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesysteme mit gleicher Festkostenbelastung verglichen werden, sind kritisch zu hinterfragen. Nur mit einer dem Bewirtschaftungssystem angepassten Mechanisierung sind systemkonforme Ergebnisse zu erreichen. Hier besteht für die Zukunft noch erheblicher Forschungsbedarf. Versuche, die dem ökonomischen Vergleich verschiedener Anbausysteme dienen, müssen möglichst großflächig angelegt sein und der Situation angepasst produktionstechnisch optimiert durchgeführt werden. Auf dieser Basis können exakte Empfehlungen für die Praxis erarbeitet werden.

6 Zusammenfassung

Im Forschungsvorhaben wurden verschiedene produktionstechnisch optimierte Systeme der Bodenbewirtschaftung standortspezifisch mit den Schwerpunkten Fruchtfolgegestaltung und Bodenbearbeitung auf deren ökonomische Effizienz unter Vollkostenansatz geprüft.

Zur Klärung dieser Fragenkomplexe wurden in den Jahren 2001-2005 auf vier Standorten in Deutschland (Soest in Nordrhein-Westfalen, Braunschweig in Niedersachsen, Freising in Bayern und Gülzow in Mecklenburg-Vorpommern) Feldversuche angelegt. Dabei standen weniger produktionstechnische Einzelmaßnahmen im Vordergrund, als vielmehr die monetäre Quantifizierung der in Pflanzenbausystemen auftretenden Wechselwirkungen zwischen der Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung. Mit der ökonomischen Bewertung dieser

Interaktionen kann den Ergebnissen ein systembewertender Charakter zugesprochen werden. Der ökonomische Ansatz des Projekts erfordert den Verzicht auf statische Vorgaben der Versuchsdurchführung. Jedes Bodenbewirtschaftungssystem war als Modell konzipiert und wurde nach dem wissenschaftlichen Kenntnisstand produktionstechnisch optimiert durchgeführt. Aus den Ergebnissen sind folgende Schlussfolgerungen zu formulieren:

1. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Marktfruchtbau sind durch sinkende Markterlöse und hohe Kosten gekennzeichnet. Zur Verbesserung der Rentabilität ist ein konsequentes Kostenmanagement notwendig, um Kosteneinsparpotenziale zu identifizieren. Betriebszweigauswertungen und horizontale Betriebsvergleiche geben hierfür wichtige Informationen. Werden die Kosten für Pflanzenschutz, Düngung und Saatgut - also wesentliche Bereiche der Direktkosten - analysiert, so unterscheiden sich in dieser Position die erfolgreichen Betriebe nur geringfügig von den weniger erfolgreichen. Dies lässt den Schluss zu, dass in der landwirtschaftlichen Praxis der Einsatz dieser Produktionsmittel weitgehend optimiert ist. Reduzierungen im Pflanzenschutz und bei der Düngung über das Optimum hinaus verursachen Ertragseinbußen, sodass die Kosten je Dezitonne Ertrag wieder steigen. Ein anderes Bild ergibt sich im Bereich der Arbeitserledigungskosten, die im Wesentlichen durch Maschinenkosten, Lohn, Lohnansatz und Kosten für den Lohnunternehmer bestimmt werden. Die Kosten der Arbeitserledigung haben in den meisten Betrieben einen hohen Anteil an den gesamten Produktionskosten. Vielfach ist dieser Bereich noch zu optimieren. Dazu sind Wechselwirkungen zwischen Fruchtfolge und Bodenbearbeitung in Bodenbewirtschaftungssystemen zu überprüfen, um Lösungsansätze zur Senkung der Kosten der Arbeitserledigung zu erarbeiten.
2. Diskutierte pflanzenbauliche Problemfelder der pfluglosen Bodenbearbeitung wie das Strohmanagement, die Verungrasung, der höhere Krankheits- und Schädlingsdruck sind effizient über die Gestaltung der Fruchtfolge zu lösen. In durch Blattfrüchte erweiterten Fruchtfolgen sinkt das Risiko einer unzureichenden Bestandesetablierung, das Ertragsniveau der Folgekultur wird erhöht.
3. Die ökonomische Bewertung von Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesystemen erfordert den Vollkostenansatz, um alle Wechselwirkungen in dem Produktionssystem erfassen und monetär bewerten zu können. Die einfache Deckungsbeitragsrechnung

wird dieser Forderung nicht gerecht. Mit dem aus der Vollkostenrechnung abgeleiteten ökonomischen Bewertungsmaßstab der „direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL)“ ist es gelungen, Systeme der Bodenbewirtschaftung methodisch korrekt und umfassend zu bewerten. Bei der Konstruktion der Modellbetriebe ist insbesondere auf eine systemkonforme Mechanisierung zu achten. Die Frage nach der mindestens notwendigen Mechanisierung wird in landwirtschaftlichen Betrieben nicht ausreichend berücksichtigt. Dieser Bereich bietet erhebliche Potenziale, die Rentabilität des Pflanzenbaus über das Kostenmanagement zu verbessern.

4. Die Höhe der Direktkosten steht in engem Zusammenhang mit der Fruchtfolgegestaltung. Bei pflugloser Bodenbearbeitung steigen die Direktkosten nur in engen wintergetreidebetonten Fruchtfolgen an. Die bekannten pflanzenbaulichen Problemfelder erfordern dann einen höheren Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Dies gilt insbesondere für ungünstige Anbaufolgen wie beispielsweise Weizen nach Weizen. In erweiterten pfluglos bestellten Anbausystemen sinken die Direktkosten im Vergleich zum Referenzsystem „enge Fruchtfolge und konventionelle Bodenbearbeitung“. Die geringeren Direktkosten werden durch die geringere Intensität des Produktionsmitteleinsatzes im Sommergetreide oder Körnerleguminosen und weiteren Einsparungen bei der Folgekultur verursacht.
5. Mit dem Pflugverzicht in wintergetreidebetonten Fruchtfolgen sinken die Kosten der Arbeitserledigung. Durch die Vermeidung ungünstiger Anbaufolgen wie Weizen nach Weizen und die dadurch mögliche Integration von Blattfrüchten in die Fruchtfolge ist eine weitere Kostendegression zu verzeichnen. In aufgelockerten Fruchtfolgen kann aus pflanzenbaulicher Sicht die Eingriffsintensität in den Boden in Abhängigkeit vom Standort soweit gesenkt werden, dass eine Direktsaat möglich wird. In Verbindung mit der Vielfalt der Kulturen werden Arbeitsspitzen entzerrt und das in der Mechanisierung gebundene Kapital verringert. Blattfrüchte wie Raps und Körnerleguminosen als auch das Sommergetreide wirken kostensenkend im gesamten Anbausystem.
6. Die im Vollkostenansatz kalkulierte Rentabilität ist standortübergreifend in erweiterten pfluglos bestellten Bewirtschaftungssystemen am höchsten. Die Wirtschaftlichkeit auflockernder Fruchtfolgefelder ist zwar beim direkten Vergleich der Einzelkulturen meist geringer, die pflanzenbaulichen Auswirkungen auf die Gesamtkostenbelastung

eines Bewirtschaftungssystems kompensieren aber deren geringere Rentabilität. Wintergetreidebetonte Fruchtfolgen verursachen hohe Arbeitsspitzen. In Verbindung mit der notwendigen intensiven Bestandesführung und Bodenbearbeitung besonders in ungünstigen Anbaufolgen entstehen höhere Kosten. Auf schwächeren Standorten und in kleineren Betriebseinheiten können in diesen Produktionssystemen die entstandenen Verfahrenskosten nicht mehr gedeckt werden.

7. Bei den derzeitigen Preis-Kostenrelationen zeichnen sich erweiterte, pfluglos bestellte Bewirtschaftungssysteme durch eine hohe Stabilität aus. Auf schwächeren Standorten ist diese wirtschaftliche Stabilität besonders stark ausgeprägt. Weder steigende Weizenpreise noch Änderungen im Kostengefüge führen zur deutlichen Verbesserung der Rentabilität konventionell bestellter enger Fruchtfolgen.
8. Neben den ökonomischen Vorteilen diversifizierter Fruchtfolgen in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat ergeben sich in diesen Systemen vielfältige positive Umweltwirkungen. Besonders im Bereich des Bodenschutzes werden durch eine höhere Wasseraufnahmefähigkeit, eine geringere Verschlammungsneigung, eine Minderung der Erosion und ein aktiveres Edaphon natürliche Bodenfunktionen erhalten und verbessert.

7. Kurzfassung

Niedrige Markterlöse, veränderte agrarpolitische Rahmenbedingungen und der internationale Wettbewerb verschärfen den Kostendruck im Marktfruchtbau. Vollkostenkalkulationen und horizontale Betriebsvergleiche zeigen besonders im Bereich der Kosten der Arbeitserledigung Einsparmöglichkeiten. Mit einem Anteil von zu bis 60 Prozent an den gesamten Produktionskosten im Marktfruchtbau ist dieser Kostenblock in vielfach noch nicht optimiert. Einsparmöglichkeiten, die sich aus einer Betriebsvergrößerung, der Nutzung eines gemeinschaftlichen Maschinenparks oder durch den Einsatz eines Lohnunternehmers auf die Kosten der Arbeitserledigung ergeben, werden zunehmend bei der Betriebsorganisation berücksichtigt. Ein weiterer wichtiger Schritt zur Senkung der Arbeitserledigungskosten ist die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität. Tiefe Bodenbearbeitung erfordert einen höheren Arbeitszeit- und Zugleistungsbedarf bei gleichzeitig hohem Kraftstoffverbrauch. Insgesamt ist in diesen Systemen von einer höheren Kapitalbindung auszugehen. In der Diskussion um die notwendige Bodenbearbeitungsintensität wird vielfach die wendende

Bearbeitung mit dem Pflug als einziger Lösungsansatz zur Bewältigung bestimmter pflanzenbaulicher Probleme wie Verungrasung oder erhöhter Krankheitsdruck genannt. In erweiterten Anbausystemen sind jedoch diese Problemfelder vermeidbar.

Zur Überprüfung der ökonomischen Effizienz verschiedener Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesysteme wurde in einem Systemvergleich auf vier Standorten in Deutschland eine winterweizenbetonte Fruchtfolge in Pflug- und Mulchsaat mit erweiterten pfluglos bestellten Fruchtfolgen verglichen. Im Rahmen dieses Versuch sollte

- der Einfluss zwischen Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und dem Standort auf die Ertragsleistung der Kulturen,
- die Bedeutung der Bodenbearbeitungsintensität und der Fruchtfolgegestaltung auf die Höhe der Direkt- und Arbeitserledigungskosten,
- die Systemwirkungen bei einem konsequenten Pflugverzicht auf die festen Maschinenkosten dem Arbeitszeitanpruch,
- die wirtschaftliche Stabilität und Rentabilität unterschiedlicher Bodenbewirtschaftungssysteme in Abhängigkeit vom Standort
- ein methodischer Ansatz zur ökonomischen Bewertung entwickelt werden, der beim Vergleich komplexer Bodenbewirtschaftungssysteme alle wesentlichen Systemwirkungen erfasst

werden. Die im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeiteten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen. Die ökonomische Bewertung von Bodenbearbeitungs- und Fruchtfolgesystemen erfordert den Vollkostenansatz, um alle Wechselwirkungen in dem Produktionssystem erfassen und monetär bewerten zu können. Die einfache Deckungsbeitragsrechnung wird dieser Forderung nicht gerecht. Mit dem aus der Vollkostenrechnung abgeleiteten ökonomischen Bewertungsmaßstab der „direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL)“ ist es möglich, Systeme der Bodenbewirtschaftung methodisch korrekt und umfassend zu bewerten. Bei der Konstruktion der Modellbetriebe ist insbesondere auf eine systemkonforme Mechanisierung zu achten. Die Frage nach der mindestens notwendigen Mechanisierung wird in landwirtschaftlichen Betrieben nicht ausreichend berücksichtigt. Dieser Bereich bietet erhebliche Potenziale, die Rentabilität des Pflanzenbaus über das Kostenmanagement zu verbessern. Die Höhe der Direktkosten steht in engem Zusammenhang mit der Fruchtfolgegestaltung. Bei pflugloser Bodenbearbeitung steigen die Direktkosten nur in engen wintergetreidebetonten Fruchtfolgen an. Die bekannten pflanzenbaulichen Problemfelder erfordern dann einen höheren Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Dies gilt insbesondere für ungünstige Anbaufolgen wie beispielsweise Weizen nach Weizen. In erweiterten pfluglos bestellten Anbausystemen sinken

die Direktkosten im Vergleich zum Referenzsystem enge Fruchtfolge und konventionelle Bodenbearbeitung. Mit dem Pflugverzicht in wintergetreidebetonten Fruchtfolgen sinken erwartungsgemäß die Kosten der Arbeitserledigung. Durch die Vermeidung ungünstiger Anbaufolgen wie Weizen nach Weizen und die dadurch mögliche Integration von Blattfrüchten in die Fruchtfolge ist eine weitere Kostendegression zu verzeichnen. In aufgelockerten Fruchtfolgen kann aus pflanzenbaulicher Sicht die Eingriffsintensität in den Boden in Abhängigkeit vom Standort soweit gesenkt werden, dass eine Direktsaat möglich wird. In Verbindung mit der Vielfalt der Kulturen werden Arbeitsspitzen entzerrt und das in der Mechanisierung gebundene Kapital verringert. Die im Vollkostenansatz kalkulierte Rentabilität ist standortübergreifend in erweiterten pfluglos bestellten Bewirtschaftungssystemen am höchsten. Die Wirtschaftlichkeit auflockernder Fruchtfolgefelder ist zwar beim direkten Vergleich der Einzelkulturen meist geringer, die pflanzenbaulichen Wirkungen auf die Gesamtkostenbelastung eines Bewirtschaftungssystems kompensieren aber deren geringere Rentabilität. Bei den derzeitigen Preis-Kostenrelationen zeichnen sich erweiterte, pfluglos bestellte Bewirtschaftungssysteme durch eine hohe Stabilität aus. Auf schwächeren Standorten ist diese wirtschaftliche Stabilität besonders stark ausgeprägt. Weder steigende Weizenpreise noch Änderungen im Kostengefüge führen zur deutlichen Verbesserung der Rentabilität konventionell bestellter enger Fruchtfolgen.

- ABEL, H. (1996): Verwertungspotenziale und Probleme. In: BRINKMANN, J. und H. ABEL (Hrsg.) (1996): Potenziale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland, UFOP Schrift 3, 161-200.
- ALBRECHT, R. (2002): Vorfruchtwert von Körnerleguminosen in getreidebetonten Fruchtfolgen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Jena, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt, 32-37.
- AL-KAISI, M. und A. LICHT (2004): Effect of Strip Tillage on Corn Nitrogen Uptake and Residual Soil Nitrate Accumulation Compared with No-tillage and Chisel Plow. Agron. Jour. 96(4), 1164-1171.
- AMMANN, H. (2005): Maschinenkosten 2006. FAT – Bericht 643, 1-44.
- ANKEN, T., HEUSSER, J., WEISSKOPF, P., ZIHLMANN, U., FORRER, H.-F., HÖGGER, C., SCHERRER, C., MOZAFAR, A. und W.G. STURNY (1997): Bodenbearbeitungssysteme – Direktsaat stellt höchste Anforderungen. FAT – Berichte Nr. 501, 1-14.
- ANONYM 1 (2005): Meilensteine der Agrarpolitik. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Selbstverlag, Berlin, 13-17.
- ANONYM 2 (1993): Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL Arbeitsblatt 0236, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt (Hrsg.), 1-4.
- ANONYM 3 (1988): Fruchtfolge Analyse und Ausblick. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 361, 4-10.
- ANONYM 4 (2004): Verordnung zur Änderung der Mykotoxinhöchstmengenverordnung und der Diätverordnung, Bundesgesetzblatt 2004 Teil 1 Nr. 5, ausgegeben am 12.2.2004.
- ANONYM 5 (2005): Statistisches Bundesamt schriftliche Mitteilung.
- ARCHER, D. W., PIKUL, J. L. und W.E. RIDELL (2002): Economic risk, returns and input use under ridge and conventional tillage in the northern Corn Belt. Soil Till. Res. 67(1), 1-8.
- ARNOLD-REIMER, C. (1994): Einfluß konservierender Bodenbearbeitung auf Pflanzenkrankheiten und Unkräuter im Getreide und Konsequenzen für einen gezielten Pflanzenschutz. Dissertation an der GAU Göttingen.
- BACH, P. (1994): Konsequenzen für Betriebsführung und Strukturentwicklung. Landtechnikschrift Weihenstephan 4, 27-36.
- BACH, P., HONDELE, A., FISCHER, A., STARK, F., STOCKINGER, C. und J. WEISS (2000): Wirtschaftslehre – Die Landwirtschaft. Band 4, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 599.
- BACHTHALER, G. (1979): Fruchtfolge und Produktionstechnik. BLV Verlagsgesellschaft, München, 16-29.
- BAEUMER, K. (1984): Körnerleguminosen – Lückenbüßer oder Glied einer leistungsstarken Fruchtfolge? RAPS 2, 28-31.
- BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 344-360.
- BAEUMER, K. (1994): Gedanken zu einer entscheidungsorientierten Pflanzenbaulehre. Ber. ü. Ldw. 72, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 493-511.

- BAEUMER, K. (1994): Grundlagen der Integration einschließlich Planungs- und Entscheidungskriterien für den Praktiker – Verfahren und Wirkungen der Bodenbearbeitung. In: DIERKS, R. und R. HEITEFUSS (Hrsg.) (1994): Integrierter Landbau: Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion – Grundlagen, Praxiserfahrungen, Entwicklungen. BLV Verlagsgesellschaft, München, 68-87.
- BAEUMER, K., EHLERS, W. und G. PAPE (1971): Erste Erfahrungen im Ackerbau ohne Bodenbearbeitung in Göttingen. Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft, 264-272.
- BAILEY, K. L. und L. J. DUCZEK (1996): Managing cereal diseases under reduced tillage. Can. Jour. of Pl. Path. 18, 159-167.
- BAILEY, K.L., MORTENSEN, K. und G.P. LAFOND (1992): Effects of tillage systems and crop rotations on root and foliar diseases of wheat, flax, an peas in Saskatchewan. Can. J. Plant. Sci. 72, 583-591.
- BAKER, C.J., SAXTON, K.E. und W.R. RITCHIE (1996): No-tillage Seeding - Science and Practice. Cab International, Wallingfort, 80-98.
- BALL, B.C. (1994): Experience with minimum and zero tillage in Scotland. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSEN (Hrsg.) (1994): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band I, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 15-24.
- BALL, B.C. und D.H.K. DAVIES (1996): Weed and pest control in various systems in Scotland. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSEN (Hrsg.) (1996): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band III, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 9-16.
- BALL, B.C., TEBRÜGGE, F., SARTORI, L., GONZÁLEZ, P. und J.V. GIRÁLDEZ (1998): Influence of no-tillage on physical, chemical and biological soil properties. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSEN (Hrsg.) (1998): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Final Report, Fachverlag Köhler, Gießen, 7-27.
- BARBERI, P. und B. LO CASCIO (2001): Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition. Weed Research 41(4), 325-340.
- BARTELS, G. (1999): Höhere Kosten bei Stoppelweizen. Landwirtschaft ohne Pflug 2, 13.
- BARTELS, G. (2003): Pflugloser Anbau braucht speziellen Pflanzenschutz. Top Agrar 4, 62-66.
- BARTELS, G. und B. RODEMANN (1998): Möglichkeiten der Bekämpfung von *Drechslera tritici-repentis* (Died). Shoem., dem Erreger der Blattfleckenkrankheit an Weizen nach pflugloser Bestellung, Mitteilung aus der Biologischen Bundesanstalt 357, 87-88.
- BÄUMLER, W. (1999): Feldmäuse und Bodenbearbeitung. Landwirtschaft ohne Pflug 1, 8-11.
- BECK, R. und J. LEPSCHY (2000): Ergebnisse aus dem Fusarium-Monitoring 1989-1999 – Einfluss der produktionstechnischen Faktoren Fruchtfolge und Bodenbearbeitung. In: Risiken durch Ährenparasiten Fusarium graminearum – Ergebnisse eines LPB Forschungsverbundes. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau 3, 39-47.

- BECKER, C. (1997): Dauerhaft pfluglose Anbausysteme und Betriebsgröße – eine pflanzenbaulich-ökonomische Analyse. Dissertation an der GAU Göttingen.
- BECKER, C. und H.-J. KOCH (1997): Ertrag und Qualität von Winterweizen, Triticale und Körnerleguminosen nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Großflächen verschiedener Standorte. *Pflanzenbauwissenschaften* 1(4), 183-191.
- BISCHOFF, J. (2002): Weizen ohne Pflug. *Neue Landwirtschaft* 8, 26-28.
- BISCHOFF, J. und R. RICHTER (2002): Pfluglose Bodenbearbeitung – Praktiken und Wirtschaftlichkeit. *Bernburger Agrarberichte* 1, 27-30.
- BISCHOFF, J. und R. RICHTER (2004): Pflugverzicht verlangt vielfältige Fruchtfolgen. *Neue Landwirtschaft* 3, 40-42.
- BOCKMANN, H. (1976): Ertragsleistung und Ertragssicherheit von Weizen nach verschiedenen Vorfrüchten. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 28, 1-4.
- BOCKMANN, H. und H. MIELKE (1983): Bedeutung der Fruchtfolge für die Höhe der Weizenenerträge. *Kali-Briefe (Büntehof)* 16(8), 439-449.
- BOGUSLAWSKI VON, E. (1981): *Ackerbau – Grundlagen der Pflanzenproduktion*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 383-403.
- BOGUSLAWSKI VON, E. und J. DEBRUCK (1977): *Strohüngung und Bodenfruchtbarkeit*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 31-42.
- BÖHRENSSEN, A. (1997): Untersuchungen zur Direktsaat von Winterraps und Winterweizen nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung der Vorfruchtreste. Dissertation an der JLU Giessen.
- BOISGONTIER, D., BARTHÉLÉMY, P., BORDES, J.P. und L. LESCAR (1995): Criteria for choosing implements for minimum tillage practice. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSSEN (Hrsg.) (1995): *Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries*. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band II, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 143-151.
- BOISGONTIER, D., BARTHÉLÉMY, P. und L. LESCAR (1994): Feasibility of minimum tillage practice in France. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSSEN (Hrsg.) (1994): *Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries*. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band I, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 81-92.
- BRANDT, S.A. (1992): Zero vs. Conventional tillage and their effects on crop yield and soil moisture. *Can. Jor. of Pl. Sci.* 72(3), 679-688.
- BRÄUTIGAM, V. (1993): Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf Halmbasiskrankheiten des Getreides, die Unkrautentwicklung und -bekämpfung. Dissertation an der JLU Giessen, 121-161.
- BRÄUTIGAM, V. (1994): Einfluß verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf Halmbasiskrankheiten des Getreides und die Unkrautentwicklung. In: TEBRÜGGE, F. und M. DREIER (Hrsg.) (1994): *Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden*. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 225-232.

- BRINKMANN, J. (1996): Bedeutung in Bodennutzungssystemen. In: BRINKMANN, J. und H. ABEL (Hrsg.) (1996): Potenziale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland. UFOP Schrift 3, 100.
- BRINKMANN, T. (1943): Das Fruchtfolgebild des deutschen Ackerbaus. In: CHUDOWA, F. (Hrsg.) (1943): Kriegsvorträge der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn Heft 74, 1-28.
- BRUNOTTE, J. (2003): Trends der Bodenbearbeitung. Landtechnik 58(6), 356-357.
- BRUNOTTE J. und C. SOMMER (1999): Mulchsaat – ein wichtiger Bestandteil zukünftiger Landbewirtschaftung. Informationsschrift Amazone-Werke, Hasbergen-Gaste, 30.
- BRUNOTTE, J. und M. WAGNER (2001): Bodenschonung und Kosteneinsparung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, Schriftenreihe 398, 38-47.
- BUCHNER, W. (2001): Möglichkeiten zur Verbesserung des Bodengefüges durch fruchtfolge-technische Anbaumaßnahmen. In: BRÜMMER, G. (2001) (Hrsg.): Schadverdichtungen in Ackerböden. Tagungsband der 14. Wissenschaftlichen Fachtagung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, 125-135.
- BUCHNER, W. und K. KÖLLER (1990): Integrierte Bodenbearbeitung. Ulmer Verlag, Stuttgart, 20-32.
- CADY, F. B. (1991): Experimental-design and data management of rotation experiments. Agr. Jour. 83(1), 50-56.
- CAMPBELL, C.A., READ, D. W.L., ZENTNER, R.P., LEYSHOW, A.J. und W.S. FERGUSON (1983): First 12 years of a long-term crop rotation study in Southwestern Saskatchewan - Yields and quality of grain. Can. Jour. of Pl. Sci. 63(1), 91-108.
- CARTER, M. R. (1994): A review of conservation tillage strategies for humid temperature regions. Soil Till. Res. 31(4), 289-301.
- CHAUDHRY, M.A. und J.C. BAKER (1988): Barley seeding establishment by direct drilling in a wet soil. Soil Till. Res. 11(1), 43-61.
- CHAUDHRY, M.A., GUO, P.U. und J.C. BAKER (1985): Seed placement effects on seeding establishment in direct drilling fields. Soil Till. Res. 6(1), 79-93.
- CHERVET, A., HOFER, P. und W. STURNY (2003): Direktsaat auf der Dauerbeobachtungsparzelle „Oberacker“- Bodenleben profitiert von Direktsaat. Landwirtschaft ohne Pflug 4, 22-26.
- CHRISTIAN, D.G. (1994): Experience with direct drilling cereals and reduced cultivation in England. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSSEN (Hrsg.) (1994): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band I, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 25-32.
- CHRISTEN, O. (1990): Ertragsbildung, Ertragsstruktur und Fußkrankheitsbefall in Abhängigkeit von Vorfruchtkombinationen und variierter Produktionstechnik. Dissertation an der CAU Kiel.
- CHRISTEN, O. (1997): Untersuchungen zur Anbautechnik nach unterschiedlichen Vorfruchtkombinationen. Habilitationsschrift an der CAU Kiel.

- CHRISTEN, O. (2001): Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. *Pflanzenbauwissenschaften* 5(1), 33-39.
- CZERATZKI, W. (1972): Die Ansprüche der Pflanze an den physikalischen Bodenzustand. *Landbauforschung Völkenrode* 1, 29-36.
- CLEMENS, F.-J. (1988): Der Einfluss der Arbeitswirtschaft auf Anbauverhältnis und Fruchtfolgen in Ackerbaubetrieben unter veränderten Preis-/Kostenverhältnissen. Dissertation an der CAU Kiel.
- COCHRAN, W. G. (1939): Long-term agricultural experiment. *Jour. Roy. Stat. Soc.* 6(2), 104-148.
- COCHRAN, V.L., ELLIOTT, L.F. und R.I. PAPENDICK (1977): The production of phytotoxins from surface crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. Jor.* 41(5), 903-908.
- COLBACH, N. und L. SAUR (1998): Influence of crop management on eyespot development and infection cycles of winter wheat. *Euro. Jour. of Pl. Path.* 104, 37-48.
- CRISTIAN, D. und N.L. CARRECK (1996): Strategies to control volunteer cereals in cereal rotations. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSSEN (Hrsg.) (1996): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band III, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 31-42.
- DACHLER, M. und A. KÖCHL (2003): Der Einfluss von Fruchtfolge, Vorfrucht, Stickstoffdüngung und Einarbeitung der Ernterückstände auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen und nachfolgender Sommergerste. *Die Bodenkultur* 54(1), 23-34.
- DAHM, U. (2000): Möglichkeiten zur Adaptierung nordamerikanischer Geräte für die konservierende Bodenbearbeitung in Mitteleuropa. Dissertation an der Universität Hohenheim.
- DAO, T.H. (1987): Sorption and mineralization of plant phenolic acids in soils. In: WALLER, D.R. (Hrsg.) (1987): Alleochemicals: Rolls in agriculture und forestry. ACS Symposium 330, 358-370.
- DAVIES, D.B. und R.Q. CANNELL (1975): Review of experiments on reduced cultivation and direct drilling in the United Kingdom, 1957-1974. *Outlook Agric.* 8, 216-220.
- DEBRUCK, J. (2001): Wie weiter nach der Ernte. *Neue Landwirtschaft* 7, 39-41.
- DEECKE, U. und A. KRECECK (2002): Kostenreserven entdecken – Bessere Leistung und geringere Kosten. *DLG-Mitteilungen* 6, 13-15.
- DEERBERG, K.-H. und P. KLEINGARN (2003): Produktionseffizienz und Produktionskosten im Marktfruchtbau Schleswig-Holsteins – Datenmaterial und Auswertungsergebnisse aus der Beratung von Marktfruchtbetrieben 2000/01. In: *Mitteilungen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein* (Hrsg.) (2003): Marktfruchtreport 2003, 6-13.
- DERKSEN, D.A., ANDERSON, R.L., BLACKSHAW, R.E., und B. MAXWELL (2002): Weed Dynamics and Management Strategies for Cropping Systems in Northern Great Plains. *Agron. Jour.* 94(2), 174-185.
- DIERCKS, R., BACHTHALER, G. und G. POMMER (1980): Langjährige Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge- und Anbausysteme auf Ertrag und Schaderregerbefall von Winterweizen und Sommergerste. *Z. Ackerbau und Pflanzenbau* 149, 454-471.

- DIETSCH, A. und H. MILLER (1999): Mit Mulchsaat mehr Erfolg. DLG-Mitteilungen 7, 44-46.
- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT (DLG) (Hrsg.) (2004): Die neue Betriebszweigabrechnung. DLG-Band 197, 2. Aufl., DLG-Verlag Frankfurt, 35-43.
- DÜRING, R.-A. und H.E. HUMMEL (1994): Der Einfluß differenzierter Bodenbearbeitung auf das Verhalten ausgewählter Herbizide im Boden. In: TEBRÜGGE, F. und M. DREIER (Hrsg.) (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 65-82.
- DURST, L., KAHNT, G. und E. KÜBLER (1988): Vorfruchtwirkungen verschiedener Blattfrüchte auf Winterweizen und Einfluß von Anbaumaßnahmen. J. Agron. and Crop Sci. 160, 239-249.
- EDWARDS, C.A. und J.R. LOFTY (1980): Effects of earthworm incultation upon the root growth of direct drilled cereals. J. Appl. Ecol. 17, 533-543.
- EHLERS, W. (1992): Reduzierte Bodenbearbeitung – Ökologische Folgen und ackerbauliche Grenzen. Kongressband 1992 Göttingen, VDLUFA-Schriftenreihe 35, 35-59.
- EHLERS, W. und W. CLAUPEIN (1994): Approaches towards conservation tillage in Germany. In: CARTER, M.R. (Hrsg.) (1994): Conservation tillage in temperate agroecosystems. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo.
- EICHHORN, H. (1994): Ergebnisse langjähriger Versuche mit reduzierten Bodenbearbeitungssystemen. Landtechnikschrift Weihenstephan 4, 57-74.
- ELLNER, F.M. (2001): Toxine in Getreide – Vorkommen und Vermeidungsstrategien. In: DEHNE, H.-W. (Hrsg.) (2001): Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrichs-Wilhelms-Universität, Tagungsband der 13. Wissenschaftlichen Fachtagung: Fusariumbefall und Mykotoxinbelastung, 14-22.
- EL TITI, A. (2003): Konzepte gegen Schadschnecken bei konservierender Bodenbearbeitung - Schnecken ackerbaulich vorbeugen. Landwirtschaft ohne Pflug 4, 15-19.
- EPPLIN, F.M., AL-SAKKAF, G.A. und T.F. PEPPER (1996): Impacts of alternative tillage methods for continuous wheat on grain yield and economics. Jour. of Soil and Water Conserv. 51(2), 394-399.
- ESTLER, M., KNITTEL, H. und E. ZELTNER (2000): Praktische Bodenbearbeitung, 2. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt, 23-26.
- FINCK, A. (1992): Dünger und Düngung. 2. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 319-380.
- FISCHBECK, G., HANUS, H. und H. FRANKEN (1969): Systemwirkungen von Fruchtfolgen. Z. Acker- und Pflanzenbau 129, 310-324.
- FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen. Ulmer Verlag, Stuttgart, 11-17.
- FRIEBE, B. und W. HENKE (1991): Bodentiere und deren Strohabbauleistungen bei reduzierter Bodenbearbeitung. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 32, 121-126.
- FRIEBE, B. und W. HENKE (1992): Regenwürmer und deren Abbauleistung bei abnehmender Bearbeitungsintensität. In: FRIEBE, B. (Hrsg.) (1992): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 139-145.

- GARBE, V. (2001): Strategien zur Bekämpfung von Krankheiten in Pflanzenbausystemen mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): Bodenbewirtschaftung im Umbruch, 58-59.
- GAWRONSKA-KULESZA, A. und W. ROSZAK (1988): Einfluß unterschiedlicher Monokulturen auf die Bodenfruchtbarkeit. In: Tag.-Ber. Fruchtfolgeforschung und Fruchtfolgegestaltung der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 261, Berlin, 37-46.
- GAYL, S. (2001): Arbeitskosten optimieren. Neue Landwirtschaft 9, 20-22.
- GLEN, D.M. (2002): Biologie und Kontrolle von Schnecken im Raps. Skript zum Vortrag einer Fachtagung des Rapoolringes in Melle, 2/2002.
- GLEN, D.M., WILTSHIRE, C.W., WALKER, A.J., WILSON, M.J. und P.R. SHEWRY (1996): Slug problems and control strategies in relation to crop rotation. *Asp. of Appl. Biol.* 47, 153-160.
- GODAN, D. (1979): Schadschnecken und ihre Bekämpfung. Ulmer Verlag, Stuttgart, 121-128
- GRAHAM, J.P., ELLIS, F.B., CHRISTIAN, D.G. und R.Q. CANNELL (1986): Effects of Straw Residues on the Establishment, Growth and Yield of Autumn-sown Cereals. *Jour. Agric. Eng. Res.* 33(1), 39-49.
- GRETHE, H., HÄGER, A. und D. KIRSCHKE (2005): Aspekte der Agrarpolitik 2004. *Agrarwirtschaft* 54(1), 1-13.
- GRÖBLINGHOFF, F.-F. (2002): Mykotoxine in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge. Vortrag im Rahmen der Fachveranstaltung Bodenbearbeitung mit oder ohne Pflug – ein Meinungsstreit oder technischer Fortschritt? 22.5.2002 in Rosendahl – Darfeld.
- GUTTERIDGE, R.J. und D. HORNBY (2003): Effects of sowing date and volunteers on the infectivity of soil infested with *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and on take-all disease in successive crops of winter wheat. *Ann. of App. Biol.* 143(3), 275-282.
- HAO, X., CHANG, C., CONNER, R.L. und P. BERGEN (2001): Effect of minimum tillage and crop sequence on crop yield and quality under irrigation in a southern Alberta clay loam soil. *Soil Till. Res.* 59(1-2), 45-55.
- HARRACH, T. und U. RICHTER (1994): Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf die Durchwurzelbarkeit des Bodens und die Stickstoffverlagerung mit dem Sickerwasser. In: TEBRÜGGE, F. und M. DREIER (Hrsg.) (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf den Boden, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 129-176.
- HEINRICH, J. (2002): Lösungsansätze der Bewirtschaftung bei unterschiedlichen Betriebsstrukturen. *Neue Landwirtschaft* 3, 22-24.
- HEITEFUSS, R. (2000): Pflanzenschutz – Grundlagen der praktischen Phytomedizin, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 69-70.
- HEITEFUSS, R., KÖNIG, K., OBST, A. und M. RESCHKE (2000): Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im Ackerbau, DLG- Verlag, Frankfurt, 16-17.
- HEIßENHUBER, A., LIPPERT, C. und R. BIRNER (2004): Konsequente Liberalisierung versus Förderung einer multifunktionalen Landwirtschaft durch Agrarstützung – Ein Vergleich der

- beiden agrarpolitischen Ansätze. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. 39, 303-311.
- HEIßENHUBER, A., HOFFMANN, H. und G. BAUHUBER (2005a): Allgemeine Entwicklung – Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen. Jahrbuch Agrartechnik 2005, 13-17.
- HEIßENHUBER, A. (2005b): Landbewirtschaftung morgen – Visionen für 2015. In: KTBL-Schrift Landwirtschaft – Visionen 2015 438, 18-32.
- HELMERS, G.A., YAMOA, C.F. und G.E. VARVEL (2001): Separating the Impacts of Crop Diversification and Rotations on Risk, Agron. Jor. 93(6), 1337-1340.
- HÈNIN, R. (2005): Le cout indicatif des facons culturales. La France agricole 4, 46-49.
- HENNING, C., HENNINGSEN, A., STRUVE, C. und J. MÜLLER-SCHEEßEL (2005): Agrarreform ohne Ende? Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, Heft 104, 25-32.
- HENTSCHEL, B. (2000): Den Deckungsbeitrag vom Thron gestürzt? Neue Landwirtschaft 10, 23-25.
- HERMAN, M. (1988): Der Einfluß der Fruchtfolge auf den Befall des Winterweizens mit Fußkrankheiten. In: Tag.-Ber. Fruchtfolgenforschung und Fruchtfolgegestaltung der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 261, Berlin, 265-270.
- HEYLAND, K.-U. (1988): Systemwirkungen von Fruchtfolgen und Monokulturen auf dem Diekophof. In: Tag.-Ber. Fruchtfolgenforschung und Fruchtfolgegestaltung der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 261, Berlin, 47-56.
- HEYLAND, K.U. und J. KÜHNHOLD (1984): Fußkrankheitsbefall und dessen Einfluß auf die Ertragsbildung von Winterweizen in extremen Getreidefruchtfolgen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 91(4), 354-370.
- HOFFMANN, G.M. und H. SCHMUTTERER (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Ulmer Verlag, Stuttgart, 31-156.
- HOLLAND, J.M., FRAMPTON, G.K., CILGI, T. und S.D. WRATTEN (1994): Arable acronyms analysed – a review of integrated arable farming systems research in Western Europe. Ann. appl. Biol. 125, 399-438.
- HOLLAND, J.M. (2004): The environmental consequences of Adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment 103,1-25.
- HOLLMANN, F. (2003): Ökonomische Beurteilung pflugloser Bestellverfahren im nationalen und internationalen Maßstab. In: ARTMANN und BOCKISCH (Hrsg.) (2003): Nachhaltige Bodennutzung – Aus technischer, pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Sicht. Tagungsband zum Fachsymposium am 16.10.2003, 97-101.
- HÖLZMANN, H.J. (2005): Rheinischer Ackerbau ohne Zukunft? LZ 26, 26-31.
- HÖLZMANN, H.J. (2001): Rechnen sich erweiterte Fruchtfolgesysteme mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat?. In: LÜTKE ENTRUP und GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): Bodenbewirtschaftung im Umbruch, 193-208.
- HONERMEIER, B. und M. GAUDCHAU (2004): Analyse und Bewertung der Vorfruchtwirkung von Winterraps. UFOP Schriften 25, 1-28.

- HORN, H., KÜHNLER, S. und C. WIERMANN (1997): Was leisten Bodenbewirtschaftungsverfahren in Lehmböden für die Bodenstabilität? In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und Institut für Agrartechnik e.V. (ATB) (Hrsg.) (1997): Konservierende Bodenbearbeitung auf Lehmböden. Landbauforschung Völknerode Sonderheft 178, 43-52.
- HÖRNER, R. und M. PÜTZ (2003): DLG – Prüfberichte: 5207 F, 5211 F, 5213 F.
- HUTCHEON, J.A., STRIDE, C.D. und K.J. WRIGHT (1998): Manipulation of weed seedbanks in reduced tillage systems for sustainable weed control. *Aspects Appl. Biol.* 51, 249-254.
- HUTCHEON, J.A., ILES, D.R. und D.A. KENDALL (2001): Earthworm populations in conventional and integrated farming systems in the LIFE Project (SW England) in 1990 – 2000. *Ann. of Appl. Biol.* 139, 361- 372.
- ISERMEYER, F. (2005): Perspektiven für die Landwirtschaft 2005-2025. In: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V (Hrsg.) (2005): Mehr Markt für Landwirte, DLG-Verlag, Frankfurt, 11-28.
- ISERMEYER, F. (2006): Agrarstandort Deutschland im internationalen Vergleich. Plenarvortrag am 12.01.2006 im Rahmen der DLG-Wintertage in Berlin.
- JANOSKY, J.S., YOUNG, D.L. und W.F. SCHILINGER (2002): Economics of Conservation Tillage in a Wheat-Fallow Rotation. *Agron. Jour.* 94(3), 527-531.
- JOHNSTON, A.E. und G.E.G. MATTINGLY (1976): Experiments on the continuous growth of arable crops at Rothamsted and Woburn experimental stations: Effects of treatments on crop yields and soil analyses and recent modifications in purpose and design. *Ann. agron.* 27(5-6), 927-956.
- JORDAN, V.W.L., HUTCHEON, J.A. und D.A. KENDALL (1997): Influences of cultivation practices on arable crop pests, diseases and weeds and their control requirements. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRENSSEN (Hrsg.) (1997): Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band III, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 43-50.
- JOSCHKO, M., AUGUSTIN, J., ROGASIK, H., WIRTH, S. und J. BRUNOTTE (2001): Aufgaben, Funktionen und Leistungen der Bodenlebewesen bei differenzierter Bodenbearbeitung. In: LÜTKE ENTRUP und GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): Bodenbewirtschaftung im Umbruch, 209-229.
- JOSCHKO, M., ROGASIK, H. und J. BRUNOTTE (1997): Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Bodentiere und Bodengefüge von Lehmböden. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und Institut für Agrartechnik e.V. (ATB) (Hrsg.) (1997): Konservierende Bodenbearbeitung auf Lehmböden. Landbauforschung Völknerode Sonderheft 178, 69-82.
- JOSSI, W., ZIHLMANN, U., VALENTA, A., SCHERRER, C., KREBS, H., DUBOIS, D. und P.M. FRIED (2002): Vielseitige Fruchtfolge fördert die Ertragsfähigkeit. *Agrarforschung* 9(3), 90-95.
- JUERGENS, L.A., YOUNG, D.L., SCHILLINGER, W.F. und H.R. HINMAN (2004): Economics of Alternative No-Till Spring Crop Rotations in Washington's Wheat-Fallow Region. *Agron. Jour.* 96(1), 164-158.

- KALK, W.-D. und K.-J. HÜLSBERGEN (1999): Dielelkraftstoffeinsatz in der Pflanzenproduktion. Landtechnik 54(6), 332-333.
- KÄMPF, N. (1983): Fruchtfolge aktuell, 5. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- KATSVAIRO, T.W. und W.J. COX (2000): Economics of Cropping Systems Featuring Different Rotations, Tillage and Management. Agron. Jour. 92(3), 485-493.
- KLAPP, E. (1961): Versuche mit Feldsystemen. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau Band 113(3), 213-228.
- KLAPP, E. (1967): Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaus. Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, 301-315.
- KLIMSA, K.G. (1996): Sorption, Verlagerung und Abbau von ausgewählten Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen in Böden unterschiedlichen Stoffbestandes mit und ohne Mulch – Labor und Freilanduntersuchungen. Dissertation an der FWU Bonn.
- KLINGENHAGEN, G. und J. FRAHM (2001): Unterschiedliche Anbauintensitäten und Fusariumbelastung. In: DEHNE, H.-W. (Hrsg.) (2001): Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Tagungsband der 13. Wissenschaftlichen Fachtagung: Fusariumbefall und Mykotoxinbelastung, 23-31.
- KLISCHAT, U. (2003): Kosten senken heißt die eigenen Kosten kennen – Vollkostenrechnung im Ackerbau. In: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein: Marktfruchtreport 2003, 14-17.
- KNAB, W. (1988): Auswirkungen wendender und nicht wendender Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in Abhängigkeit von der Fruchtfolge und der Unkrautbekämpfung. Dissertation an der Universität Hohenheim.
- KOCH, H.-J. (1990): Pflanzenbauliche Risiken und erosionsmindernde Wirkungen von Strohmulchdecken im Getreidebau. Dissertation an der GAU Göttingen.
- KOCH, H.-J. (1993): Einfluss der Strohzerkleinerung auf pflanzenbauliche Risiken von Strohmulchdecken. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landtechnik (KTBL) e.V. (Hrsg.) (1993): Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 20-24.
- KOCHS, H.J. (1978): Einfluß acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen auf den Fußkrankheitsbefall und die Ertragsbildung von Weizen in Abhängigkeit von der Vorfrucht. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 85(4), 257-274.
- KÖLLER, K.-H. (2003): Trends bei der Saat und Mineraldüngung. Landtechnik 58(6), 358-359.
- KÖLLER, K.H. und C. LINKE (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug, Wissenschaftliche Ergebnisse - Praktische Erfahrungen. 2. Auflage DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- KÖNIG, H.-P., KOCH, H.-J. und B. MÄRLÄNDER (2005): Wirkung von langjährig differenzierter Bodenbearbeitung und N-Düngung auf N-Aufnahme und N-Bilanz einer Zuckerrüben-Wintergetreide-Fruchtfolge, Pflanzenbauwissenschaften 9(1), 19-28.
- KÖNNECKE, G. (1966): Fruchtfolgegestaltung unter den Bedingungen industriemäßiger Produktion. Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin Band 15, Heft 3, 3-23.
- KÖNNECKE, G. (1967): Fruchtfolgen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 60-87.

- KÖPKE, U. (1989): N₂-Fixierung, Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgegestaltung. Raps 7, 90-92.
- KORNMANN, M., SCHMIDT, W. und O. NITZSCHE (2004): Fruchtfolgegestaltung ist das Kernstück erfolgreicher konservierender Bodenbearbeitung. Neue Landwirtschaft 11, 36-38.
- KORSAETH, A., MÜLLER-BERGHÖFER, P., MOLLENHAUER, K., FISCHER, P., BACH, M. und H.-G. FREDE (1997): Zum Einfluß organischer Bodenbedeckung auf den lateralen Transport von Isoproturon auf der Bodenoberfläche. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 160, 519-523.
- KÖRSCHENS, M., STEGMANN, K., PFEFFERKORN, A., WEISE, V. und A. MÜLLER (1994): Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 18-24.
- KRAUTHAUSEN, H.-J., WEINERT, J., BAUERMANN, W. und G.A. WOLF (2003): Mehrjährige Erhebungen zum Vorkommen von Ährenfusarien und dem Mykotoxin Deoxynivalenol in Getreide aus Rheinland-Pfalz. Gesunde Pflanzen 55(5), 136-143.
- KREBS, H., DUBOIS, D., KÜLLING, C. und H.-R. FORRER (2000): Fusarien- und Toxinbelastung des Weizens bei Direktsaat. Agrarforschung 7(6), 264-268.
- KREUZ, E. (1986): Reaktion des Winterweizens auf Fruchtfolgestellung und komplexe Anbauintensivierung auf Löss – Schwarzerde. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 30, 317-323.
- KRUPINSKY, J.M., BAILEY, K.L., MCMULLEN, M.P., GOSSSEN, B.D. und T.K. TURKINGTON (2002): Managing Plant Disease Risk in Diversified Cropping Systems. Agron. Jour. 94(2), 198-209.
- KRUPINSKY, J.M., TANAKA, D.L., LARES, M.T. und S.D. MERRILL (2004): Leaf Spot Diseases of Barley and Spring Wheat as Influenced by Proceeding Crops. Agron. Jour. 96(1), 259-266.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.) (2002): KTBL Datensammlung 2002/03.
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (Hrsg.) (2004): KTBL Datensammlung 2004/05.
- KÜBLER VON, E. (1988): Wirkung enger und weiter Winterrapsfruchtfolgen. In: BAEUMER, K. (Hrsg.) (1988): Dauerversuche zur Lösung aktueller Probleme im Pflanzenbau. Ber. Ges. Pflanzenbauwiss. 1, 83-104.
- KUNDLER, P. (1989): Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 144-149.
- KUS, J. (1988): Der Einfluss langjährig differenzierter Fruchtfolgen auf die Getreideerträge und die Bodenfruchtbarkeit im Fruchtfolgeversuch Garbow. In: Tag.-Ber. Fruchtfolgeforschung und Fruchtfolgegestaltung der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 261, Berlin, 123-128.
- LAFOND, G. (2005): No till on Canadian Prairies: Past, Present, Future. Vortrag zur Jahrestagung der Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung, Braunschweig, 25.1.2005.
- LAFOND, G.P., MAY, W.E., STEVENSON, F.C. und D.A. DERKSEN (2005): Effects of tillage systems and rotations on crop production for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. Soil Till. Res. im Druck, online verfügbar www.sciencedirect.com.

- LARINK, O. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenleben. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landtechnik (KTBL) e.V. (Hrsg.) (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 80-90.
- LEBERT, M., BRUNOTTE, J. und C. SOMMER (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. UBA-Schriften 46, 5-27.
- LEDUC, P. und G. HULTGREEN (2000): Seeding und Fertility. In: Prairie Agricultural Machinery Institute Canada (PAMI) (Hrsg.) (2000): Direct Seeding Manual, 29-58.
- LEZOVIC, P. (1998): Beitrag zur Methodik der Dauerfeldversuche. Dissertation an der MLU Halle-Wittenberg. Herbert Utz Verlag GmbH, München.
- LEHFELDT, J. (1988): Auswirkungen von Krumbasisverdichtungen auf die Durchwurzelbarkeit sandiger und lehmiger Bodensubstrate bei Anbau verschiedener Kulturpflanzen. Archiv Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 32(8), 533-539.
- LICKFETT, T. (1997): Nitratproblem nach Winterraps vermeiden. Raps 4, 167-169.
- LIEBMAN, M. und A.S. DAVIS (2000): Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. Weed Research 40(1), 27-47.
- LINKE, C. (1995): Direktsaat – eine Bestandesaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Dissertation an der Universität Hohenheim.
- LINKE, C. (1998): Was tun mit dem Stroh? DLG-Mitteilungen 7, 30-32.
- LIU, S. und M.D. DUFFY (1996): Tillage Systems and Profitability: An Economic Analysis of the Iowa MAX Program. Jour. of Prod. Agri. 9(4), 522-527.
- LÜTKE ENTRUP, N. (2005): Verändern aktuelle politische Rahmenbedingungen die pflanzenbauliche Produktionstechnik und Anbaustrategien? Tagungsunterlagen zur Fachtagung des Deutschen Maiskomitees am 19.11.2005, 1-24.
- LÜTKE ENTRUP, N., GRÖBLINGHOFF, F.-F. und G. STEMANN (1993): Untersuchungen zur Effizienz von Gras-Untersaaten. Gesunde Pflanzen, 45(5), 178-182.
- LÜTKE ENTRUP, N., GRÖBLINGHOFF, F.-F., DASENBROOK, C. und G. STEMANN (2005): Pflanzengesundheit, Qualität und Mykotoxinbelastung von Winterweizen als Brotgetreide und Futtermittel in differenzierten Systemen der Bodenbewirtschaftung. Forschungsbericht des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest 16, 65-74.
- LÜTKE ENTRUP, N. und M. SCHNEIDER (2004): Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Systeme der Bodennutzung durch Fruchtfolgegestaltung und konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat. In: Schriften des Umweltbundesamtes (Hrsg.) (2004): Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung – Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung, Heft 35, 7-35.
- LÜTKE ENTRUP, N., SCHNEIDER, M., KIVELITZ, H. und G. STEMANN (2003): Sommersaaten lösen Probleme. DLG-Mitteilungen 3, 21-23.
- LÜTKE ENTRUP, N., SCHÜTTERT, R., KIVELITZ, H. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (2001): Langzeitwirkungen integrierter Pflanzenbausysteme bei praxisgerechter Bewirtschaftung

sowie ökologischer und ökonomischer Bewertung. Forschungsbericht des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest Nr. 10, 144-147.

- LÜTKE ENTRUP, N. und G. STEMANN (2002): Schneckenkontrolle in Rapsfruchtfolgen. In: UFOP Praxisinformationen, 1-11.
- MAIDL, F.X. (1989): Einfluß landwirtschaftlicher Anbausysteme auf Größe und Verminderung des Nitratreintrags in tiefere Bodenschichten. Kali-Briefe (Büntehof) 19 (9), 649-662.
- MAIDL, F.X., SUCKERT, J., FUNK, R. und G. FISCHBECK (1991): Standorterhebungen zur Stickstoffdynamik nach Anbau von Körnerleguminosen. J. Agronomy and Crop Science 167, 259-268.
- MAIDL, F.X., HAUNZ, F.X., PANSE, A. und G. FISCHBECK (1996): Transfer of Grain Legume Nitrogen within a Crop Rotation Containing Winter Wheat and Winter Barley. J. Agronomy and Crop Science 176, 47-57.
- MAIDL, F.X., MÜLLER, R., DENNERT, J., HUTTERER, W. und G. FISCHBECK (1988): Wirkung differenzierter Bodenbearbeitung auf die Ertragsbildung von Getreide – dargestellt an einem langjährigen Dauerversuch. In: BAEUMER, K. (Hrsg.) (1988): Dauerversuche zur Lösung aktueller Probleme im Pflanzenbau. Ber. Ges. Pflanzenbauwiss. 1, Wissenschaftsverlag Vauk Kiel, 167-182.
- MASTEL, K. und K. MICHELS (2000): Dauerbrenner Fusarium. Landinfo 9, 9-13.
- MELANDER, B., TEBRÜGGE, F., CARVALHO M., LESCAR, L. und P. VIAUX (1998): Agronomical and economic aspects. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRNSEN (Hrsg.) (1998): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Final Report, Fachverlag Köhler, Gießen, 75-77.
- MELANDER, B. (1998): A review of the major experiences with weeds in non-inversion tillage within the European Economic Community (EEC). In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRNSEN (Hrsg.) (1998): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Final Report, Fachverlag Köhler, Gießen, 63-68.
- MELE, P.M. und M.R. CARTER (1999): Impact of crop management factors in conservation tillage farming on earthworm density, age structure and species abundance in south-eastern Australia. Soil Till. Res. 50(1), 1-10.
- METZ, R. (2002): Die Ursachen von Schaderregern nachhaltig beseitigen. Neue Landwirtschaft 6, 40-42.
- METZ, R., HOFFMANN, H., VOGES, M., HÜBNER, W. und F. ELLMER (1988): Methoden und Ergebnisse zur Quantifizierung von Fruchtfolgewirkungen. In: Tag.-Ber. Fruchtfolgeforschung und Fruchtfolgegestaltung der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 261, Berlin, 243-250.
- METZNER, C. (1982): Einfluß von Ernterückständen im Saatbett auf die Sätechnik bei Getreide. Dissertation an der FWU Bonn.
- MILLER, P.R., GAN, Y., MCCONKEY, B.G. und C.L. MCDONALD (2003): Pulse Crops for the Northern Great Plains: II. Cropping Sequence Effects on Cereal, Oilseed, and Pulse Crops. Agron. Jour. 95(4), 980-986.

- MISRA, A.K., DANIEL, H., TILL, R. und G.J. BLAIR (1999): Effect of long term crop rotations and rewetting of soil on stability. *Soil Use and Management* 15(4), 254-255.
- MÜNCH, T. (2003): Anpassungsstrategien für Marktfruchtunternehmen an zukünftige externe und interne Rahmenbedingungen am Beispiel der sächsischen Marktfruchtunternehmen. Dissertation an der MLU Halle-Wittenberg.
- NIEMANN, P. (2001): Resistenzprobleme bei Unkräutern und Ungräsern – Ist Situation und Lösungsansätze bei pfluglosen Pflanzenbausystemen. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*, 45-58.
- NIEMANN, P. (2002): Eliminierung von Ausfallweizen durch Formen der Stoppelbearbeitung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII*, 625-632.
- NIX, J. (1990): *Farm Management Pocketbook*. 20. Auflage, London.
- OBST, A. und V.H. PAUL (1993): *Krankheiten und Schädlinge des Getreides*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, 16-21.
- OBST, A. (1997): Die Fusarium-Toxine-Vorkommen, Wirkung bei Mensch und Tier, Bedeutung für die Pathogenese. *Gesunde Pflanzen*, 49(8), 276-279.
- ODENING, M. (2000): Anpassungsstrategien für Agrarunternehmen. *Neue Landwirtschaft* 2, 14-16.
- OERKE, W.-C., MEIER, A., LIENEMANN, K., MEYER, G., MUTHOMI, J., SCHADE-SCHÜTZ, A., STEINER, U. und H.-W. DEHNE (2001): Auftreten und Bekämpfung von Fusarium-Arten im Rheinland. In: DEHNE, H.-W. (Hrsg.) (2001): *Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrichs-Wilhelms-Universität, Tagungsband der 13. Wissenschaftlichen Fachtagung: Fusariumbefall und Mykotoxinbelastung*, 32-44.
- OLDENBURG, E., VALENTA, H. und C. SATOR (2000): Risikoabschätzung und Vermeidungsstrategien bei der Futtermittelerzeugung. *Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 216*, 5-34.
- OLSON, K.R., LANG, J.M. und S.A. EBELHAR (2005): Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. *Soil Till. Res.* 81(2), 217-225.
- PAHL, H. (1996): Betriebswirtschaftliche Aspekte. In: BRINKMANN, J. und H. ABEL (Hrsg.) (1996): *Potenziale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland*, 17-34.
- PALLUT, B. (1999): Einfluß von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf die Konkurrenz von Unkräutern in Wintergetreide. *Gesunde Pflanzen*, 51(4), 109-120.
- PALLUT, B. (2003): Grenzen des Systems. *DLG-Mitteilungen* 1, 44.
- PALLUT, B. und A. BENNEWITZ (1996): Einfluß von pflugloser Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung und den Ertrag von Wintergetreide. *Zeitschrift Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft 15*, 325-332.
- PARSCH, L.D., KEISLING, T.C., SAUER, P.A., OLIVER, L.R. und N.S. CRABTREE (2001): Economic Analysis of Conservation and Conventional Tillage Cropping Systems on Clayey Soil in Eastern Arkansas. *Agron. Jour.* 93(6), 1296-1304.
- PATTERSON, H.D. (1953): The analysis of the results of a rotation experiment on the use of straw and fertilizers. *Jour. Agric. Sci. Cambridge* 43, 30-39.

- PATTERSON, H.D. (1964): Theory of cyclic rotation experiments with discussion. *Jour. Roy. Stat. Soc.* 26, 1-45.
- PATTERSON, D.E., CHAMEN, W.C.T. und C.D. RICHARDSON (1980): Long-term Experiments with tillage Systems to improve the Economy of Cultivations for Cereals. *Jour. of Agric. Engng. Res.* 25, 1-35.
- PAUL, R. (2004): Verfahren zur Ermittlung der Schadverdichtungsrisiken auf ackerbaulich genutzten Böden. Zwischenbericht 46.02 / Bodendauerbeobachtungsflächen / Bodenschutzberatung, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- PEARCE, D.A. (1986): Some general principles of crop rotation experiments. *Experimental Agriculture* 22, 187-198.
- PECHER, A. (1996): Wirkung der Strohdüngung in Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil in einem 20-jährigem Dauerversuch auf Tieflehm-Fahlerde. Dissertation an der HU Berlin.
- PEKRUN, C. und W. CLAUPEIN (1998): Forschung zur reduzierten Bodenbearbeitung in Mitteleuropa: eine Literaturübersicht. *Pflanzenbauwissenschaften* 2(4), 160-175.
- PETELKAU, H. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschadverdichtungen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V. (Hrsg.) (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 56-79.
- PETERSEN, V. (2004): Die Wettbewerbsposition der großen Kulturen des Ackerbaus. *Neue Landwirtschaft* 12, 16-20.
- PETERSEN, J. (2001): Nacktschnecken und ihre Bekämpfung. *Zuckerrübe* 2, 94-95.
- PIKUL, J.L., CARPENTER-BOGGS, L., VIGIL, M., SCHUMACHER, T.E., LINDSTROM, M.J. und W.E. RIEDELL (2001): Crop yield and soil condition under ridge chisel-plow tillage in the northern Corn Belt, USA. *Soil Till. Res.* 60(1-2), 21-33.
- PLESSMANN, F., EBMEYER, C. und K. GÖRG (2005): International farm comparison network oilseed report 2005. Zwischenbericht UFOP- Forschungsprojekt, 14-26.
- PLESSMANN, F. (2001): Vergleichende Produktionskostenanalyse des Marktfruchtbaus in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung unterschiedlicher Methoden der Effizienzanalyse aus betriebswirtschaftlicher Sicht. Dissertation an der CAU Kiel.
- POLEGI, J. (2000): Rotations. In: *Prairie Agricultural Machinery Institute Canada (PAMI)* (Hrsg.) (2000): *Direct Seeding Manual*, 8-18.
- POMMER, G., BECK, T. und H. BORCHERT (1989): 15-jähriger Vergleich von Daueranbau und Fruchtwechsel bei Winterweizen – Auswirkungen auf Ertrag, Ertragsbildung, Wurzelwachstum, Krankheitsbefall und Merkmale der Bodenfruchtbarkeit. *Kali-Briefe (Büntehof)* 19 (9), 663-675.
- PÖßNECK, J. und C. WALLBAUM (2001): Agenda contra Fruchtfolge. *Neue Landwirtschaft* 1, 30-31.

- PREECE, D.A. (1986): Some general principles of crop rotation experiments. *Experimental Agriculture* 22, 187-198.
- PRINGAS, C. (2005): Reduzierte Bodenbearbeitungsintensität in einer Zuckerrüben-Winterweizen-Winterweizen-Fruchtfolge – Konzept für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Dissertation an der GAU Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen.
- PRINGAS, C., MILLER, H. und H.-J. KOCH (2001): Einfluß der Bodenbearbeitung auf Ertrag und Ertragskomponenten von Rüben- und Stoppelweizen. In: MAIDL, F.-X. und W. DIEPENBROCK (2001) (Hrsg.): *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften* 13, 230-231.
- REICH, R. (1979): Überlegungen zur Konstruktion des Tiefengrubbers. *Agrartechnische Berichte der Universität Hohenheim*, 23-29.
- REICH, J. und J. WURLITZER (2004): Anwendungsumfang der Grundbodenbearbeitung mit und ohne Pflug in Thüringen. *Neue Landwirtschaft* 11, 39-42.
- REISCH, E. und J. ZEDDIES (1983): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre Band 2: Spezieller Teil. Ulmer Verlag, Stuttgart, 129-138.
- RICHTER, R. (2003): Leguminosen sollten ihren Stammplatz in der Fruchtfolge behalten. *Neue Landwirtschaft* 4, 44-45.
- RICHTER, U. und F. TEBRÜGGE (1997): Bodenbearbeitung von Lehmböden und Gefügeveränderungen. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und Institut für Agrartechnik e.V. (ATB) (Hrsg.) (1997): *Konservierende Bodenbearbeitung auf Lehmböden. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft* 178, 27-42.
- RODEMANN, B. (2003): Möglichkeiten zur Nutzung von Resistenzen im aktuellen und zukünftigen Weizensortiment. In: SCHÄFER (Hrsg.) (2003): *Tagungsband Weizenbetonte Fruchtfolgen – Probleme und Alternativen. Fachtagung an der Fachhochschule Südwestfalen*, 16-25.
- RODEMANN, B. und G. BARTELS (2002): DTR – Blattdürre und partielle Taubähigkeit bei pflugloser Bodenbearbeitung – Spritzen allein reicht nicht. *Landwirtschaft ohne Pflug* 3, 11-16.
- ROGASIK, H. und O. WENDROTH (1999): Veränderungen des Bodengefüges. In: SEYFARTH, W., JOSCHKO, M., ROGASIK, J., HÖHN, W., AUGUSTIN, J. und S. SCHROETTER (Hrsg.) (1999): *Bodenökologische und pflanzenbauliche Effekte konservierender Bodenbearbeitung auf sandigen Böden. ZALF-Bericht* 39, 45-51.
- ROSCHKE, I. (1988): Allelopathische Wirkungen als Ursache von Verträglichkeitsbeziehungen. In: *Tag.-Ber. Fruchtfolgeforschung und Fruchtfolgegestaltung der Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR* 261, Berlin, 287-290.
- ROST, D., DIEZEL, H., DIPPMMANN, L., DIETZSCH, A., HEINRICH, J., KOPPRASCH, S., SCHMIDT, A., WIESNER, F., HELZER, M., TILLACK, P. und E. SCHULZE (2001): *Betriebswirtschaftliche Entscheidungen im Agrarunternehmen. Agrimedia-Verlag Bergen/Dumme*, 51-68.
- RUSSELL, E.W., KEEN, B.A. und H.H. MANN (1942): Studies in soil cultivation 11. The effect of inter-tillage on sugar-beet crop. *Journal of Agr. Sci.* 32, 330-337.
- RUMP, B. (2002): Untersuchungen zur Bestimmung der Arbeitsqualität von Scheibensächaren für die Direktsaat. Dissertation an der Universität Hohenheim.

- RYDBERG, T. (1992): Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trails. *Soil Till. Res.* 22(3-4), 253-264.
- SANDHÄGER, A. (2000): Wachsen mit Sommerungen. *Praxisnah* 1, S.4-5.
- SCHÄFER, B.C. (2003): Probleme und Risiken von wintergetreide- und/oder weizenbetonten Anbaufolgen. In: SCHÄFER (Hrsg.) (2003): *Tagungsband Weizenbetonte Fruchtfolgen – Probleme und Alternativen*. Fachtagung an der Fachhochschule Südwestfalen, 2-15.
- SCHÄFER, B.C. und G. STEMANN (2004): Schriftliche Mitteilung.
- SCHEUERLEIN, A. (1997): *Finanzmanagement für Landwirte: Beispiele, Anwendungen, Beurteilungen*. BLV Verlagsgesellschaft München, 57-84.
- SCHINDLER, M. (2004): Richtwertdeckungsbeiträge 2004 der Landwirtschaftskammer Hannover, Sonderheft B,10-30.
- SCHLÜTER, K. (2002): Vergleich von Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungssystemen im schleswig-holsteinischen Ackerbau am Versuchsstandort Ostfeld der FH Kiel. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt, 31-42.
- SCHMIDT, W., NITZSCHE, O., KRÜCK, S. und B. ENGELMANN (2001): Fruchtfolgesysteme für pfluglose Anbauverfahren entwickeln und gestalten. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*, 141-158.
- SCHNEIDER, M., LÜTKE ENTRUP, N. und G. STEMANN (2005): Tricks und Kniffe für pfluglose Fruchtfolgen. *Top agrar* 12, 48-52.
- SCHÖN, H. (1994): Ackerbau unter verstärktem Kostendruck – Neue Techniken und Verfahren. *Landtechnik*schrift Weihenstephan 4, 9-19.
- SCHÖNBECK, F. (1956): Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung von Hemmstoffen in Getreiderückständen innerhalb der Fruchtfolge. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 63, 513-545.
- SCHÖNHAMMER, A. (1988): Fruchtfolgeabhängige Differenzierung der Durchwurzelung und ihre Bedeutung für Nährstoffaufnahme und Bodenstruktur. In: BAEUMER, K. (Hrsg.) (1988): *Dauerversuche zur Lösung aktueller Probleme im Pflanzenbau*. *Ber. Ges. Pflanzenbauwiss.* 1, 126-149.
- SCHÖNHAMMER, A. und G. FISCHBECK (1987): Untersuchungen an getreidereichen Fruchtfolgen und Getreidemonokulturen. II. Die Veränderungen an Sproß und Wurzel. *Bayr. Landw. Jahrbuch* 64, 293-307.
- SCHRÖDER, H. (2003): Extensivierung im Marktfruchtbau unter Berücksichtigung der Fruchtfolge – Ergebnisse aus dem Anbausystemversuch in Futterkamp. In: *Mitteilungen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.) (2003): Marktfruchtreport 2003*, 24-31.
- SCHROETTER, S. (1999): Einfluss konservierender Bodenbearbeitungsintensität auf Pflanzenentwicklung, Ertragsbildung und Verfahrensgestaltung. In: SEYFARTH, W., JOSCHKO, M., ROGASIK, J., HÖHN, W., AUGUSTIN, J. und S. SCHROETTER (Hrsg.) (1999): *Bodenökologische und pflanzenbauliche Effekte konservierender Bodenbearbeitung auf sandigen Böden*. *ZALF-Bericht* 39, 62-65.

- SCHUHMANN, P., MICHEL, V. und U. THAMM (2001): Bonus für die Nachfrucht – Vorfruchtwert der wichtigsten Fruchtfolgevorgänger für Winterraps und Winterweizen. *Neue Landwirtschaft* 11, 36-39.
- SEGGER, V. (2005): Die Folgen der jüngsten Agrarreform. In: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V. (Hrsg.) (2005): Mehr Markt für Landwirte. DLG- Verlag Frankfurt, 29-43.
- SEKERA, F. (1941): Was ist Bodengare? *Die Phosphorsäure* 10, 35-36.
- SIELING, K. und H. HANUS (1988): Effekte progressiver Monokultur auf die Ertragsbildung von Weizen. In: BAEUMER, K. (Hrsg.) (1988): Dauerversuche zur Lösung aktueller Probleme im Pflanzenbau. *Ber. Ges. Pflanzenbauwiss.* 1, Wissenschaftsverlag Vauk Kiel, 54-66.
- SIJTSMA, C.H., CAMPBELL, A.J., MCLAUGHLIN, N.B. und M.R. CARTER (1998): Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. *Soil and Tillage Research* 49(3), 223-231.
- SIMON, W. (1961): Zur Methodik der Fruchtfolgeforschung. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat.* 10(2/3), 369-376.
- SIEVERS, B. (2003): Raps gedeiht auch ohne Pflug. *Neue Landwirtschaft* 9, 32-34.
- SIEVERT, M. (1999): Aspekte des Pflanzenschutzes in Winterraps, Winterweizen und Wintergerste bei nichtwendender Bodenbearbeitung. Dissertation an der GAU Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen.
- SOANE, B.D. und B.C. Ball (1998): Review of management and conduct of long-term studies with special reference to a 25-yr experiment on barley in Scotland. *Soil and Till. Res.* 45(1-2), 17-37.
- SPANAKAKIS, A. (2003): Stand der Resistenzzüchtung gegen Fusarien bei Winterweizen. *Gesunde Pflanzen* 55(5), 144-150.
- SPOOR, G. (1994): Machinery experiences with direct drilling in the United Kingdom. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRNSEN (Hrsg.) (1998): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. *Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Band I*, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, 9-14.
- SPOOR, G., BÖHRNSEN, A., BOISGONTIER, D., GONZALEZ, P., LORRE, M., RASMUSSEN, K.J., SANDRI, R. und C.A. TASATSARELIS (1998): Not till drills and straw management. In: TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRNSEN (Hrsg.) (1998): Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. *Proceedings of EC-workshop on EC-concerted Action No. AIR 3-CT93-1464 Final Report*, Fachverlag Köhler, Gießen, 71-74.
- SPRENGER, B. (2004): Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen im integrierten und organischen Anbausystem. Dissertation an der TU München.
- STAHL, H., SCHMIDT, W. und U. GIERKE (2001): Beratung zur guten fachlichen Praxis zum Schutze des Bodengefüges – Ansätze, Strategien, offene Fragen. In: BRÜMMER, W. (Hrsg.) (2001): *Schadverdichtungen in Ackerböden*. Tagungsband der 14. Wissenschaftlichen Fachtagung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, 101-113.

- STEINBRENNER, K., GRABBERT, D., ROTH, R. und U. OBENAUF (1990): Fruchtfolgegestaltung – eine grundlegende Maßnahme des umweltbewussten Pflanzenschutzes. *Nachr.-Bl. Pflanzenschutz* 44(7), 139-141.
- STEINBRENNER, K. und U. OBENAUF (1986): Untersuchungen zum Einfluß der Vorfrucht und Vorvorfrucht auf den Ertrag der Wintergetreidearten und den Befall durch *Gaeumannomyces graminis*. *Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 773-779.
- STEINERT, K. (2004): Standortangepasste Bodenbearbeitung. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1, 20-23.
- STEINHAUSER, H., LANGBEHN, C. und U. PETERS (1992): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre Allgemeiner Teil. 5. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 182-199.
- STEMANN, G. (2001): Pflanzenbausysteme für konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat entwickeln und verfahrenstechnisch gestalten. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*, 165-185.
- STEMANN, G. (2004a): Raps nach Weizen pfluglos bestellen. *Top agrar* 8, 40-41.
- STEMANN, G. (2004b): Schriftliche Mitteilung: Bodenbearbeitungsstrategien zu Raps.
- STEMANN, G. (2004c): Raps nach Weizen und Weizen nach Mais pfluglos bestellen?. Vortrag im Rahmen der Fachveranstaltung „Bodenbewirtschaftung im Focus von Agrarpolitik, Umwelt und Ökonomie am 18.5.2004 in Marienmünster.
- STREIT, B., RIEGER, S.B., STAMP, P. und W. RICHTNER (2003): Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Research* 43(1), 20-32.
- STURNY, W.G. (1986): Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens auf lange Sicht unter dem Einfluss von Fruchtfolge, Düngung und Herbizideinsatz. Dissertation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, 64-75.
- SUHARJO, B. (1995): Biometrische Probleme der Auswertung von Dauerversuchen. Dissertation an der JLU Gießen.
- TEBRÜGGE, F. (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen unter den Aspekten von Bodenschutz und Ökonomie. In: TEBRÜGGE, F. und M. DREIER (Hrsg.) (1994): *Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden*. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck Gießen, 5-16.
- TEBRÜGGE, F. (2001): Chancen und Risiken der Direktsaat aus landwirtschaftlicher und umweltbezogener Perspektive. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*, 91-109.
- TEBRÜGGE, F. und H. EICHHORN (1992): Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystemen. In: FRIEBE, B. (Hrsg.) (1992): *Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden*, 7-20.
- TEBRÜGGE, F., GRIEBEL, J. und W. HENKE (1985): Bodenbearbeitung und Bestelltechnik heute energie-, arbeits-, kostensparend und bodenschonend. *Landtechnik* 40(2), 73-76.
- TEIWES, K. (1997): Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen auf Bodenleben und Bodengefüge. In: GEROWITT, B. und M. WILDENHAYN (Hrsg.) (1997): *Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau – Ergebnisse des Göttinger INTEX Projektes 1990-94*, 61-90.

- TEIWES, K. und W. EHLERS (1987): Der Einfluß der Bodenbearbeitung auf Porenraumgliederung, ungesättigte Wasserleitung und Gasdiffusion. II. Porenraumgliederung und Gasdiffusion. Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft 53, 479-484.
- TURLEY, D.B., PHILLIPS, M.C., JOHNSON, P., JONES, A.E. und B.J. CHAMBERS (2003): Long-term straw management effects on yields of sequential wheat (*Triticum aestivum* L.) crops in clay and silty clay loam soils in England. *Soil Till. Res.* 71(1), 59-69.
- UNGER, P.W., MILLER, S.D. und O.R. JONES (1999): Weed seeds in long-term dryland tillage and cropping system plots. *Weed Research* 39(3), 219-223.
- UPPENKAMP, N. (2001): Technische Anforderungen und Kostenstrukturen in pfluglosen Pflanzenbausystemen. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*, 186-193.
- URI, N.D. (2000): An evaluation of the economic benefits and costs of conservation tillage. *Environmental Geology* 39(3-4), 238-248.
- VEREIJKEN, P. (1992): A methodic way to more sustainable farming systems. *Netherlands Journal of Agriculture Science* 40, 209-223.
- VINTHER, F.P. und L. DAHLMANN-HANSEN (2005): Effects of ridging on crop performance and symbiotic N₂-fixation of fababean (*Vicia faba* L.). *Soil Use and Manag.* 21(2), 205-211.
- VOß, M. (1997): Einfluß einer reduzierten Bodenbearbeitung und Direktsaat auf das Auftreten von Ackerschnecken (Mollusca, Gastropoda), die Verunkrautung sowie den Befall mit der Wurzelhals- und Stengelfäule (*Phoma lingam*) in Winterraps. Dissertation an der GAU Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen.
- VOSSHENRICH, H.H. (2001a): Strohmanagement – Die Wirkungen von Stroh im Saatbett. *Innovation* 3, 13-15.
- VOSSHENRICH, H.H. (2001b): Strohmanagement in pfluglosen Anbausystemen. In: LÜTKE ENTRUP, N. und F.-F. GRÖBLINGHOFF (Hrsg.) (2001): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*, 31-44.
- VOSSHENRICH, H.-H., BRUNOTTE, J. und B. ORTMEIER (2003): Methoden zur Bewertung der Strohverteilung und Einarbeitung – Arbeitsqualität schnell bestimmt. *Landwirtschaft ohne Pflug* 3, 22-24.
- VOSSHENRICH, H.-H. und S.-M. WILLERT (1993): Frässaat ohne Bodenlockerung im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in Schleswig-Holstein. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V. (Hrsg.) (1993): *Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung*. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 90-101.
- WALLBAUM, C. und A. SCHAERFF (2000): Reserven aufdecken und nutzen. *Neue Landwirtschaft* 5, 20-23.
- WEI, W., ALLDREDGE, J.R., DOUGLAS, L.Y. und F.L. YOUNG (2001): Downsizing an Integrated Crop Management Field Study Affects Economic and Biological Results. *Agron. Jour.* 93(2), 412-417.

- WICHMANN, S. (2004): Ertragsleistung, Futterqualitätsentwicklung, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwirkung von verschiedenen Körnerleguminosenarten in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. Dissertation an der CAU Kiel.
- WIERMANN, C. (1998): Auswirkungen differenzierter Bodenbearbeitung auf die Bodenstabilität und das Regenerationsvermögen lößbürtiger Ackerstandorte. Dissertation an der CAU Kiel.
- WILDENHAYN, M. und B. GEROWITT (1994): Überblick über die Anbausysteme. In: GEROWITT, B. und M. WILDENHAYN (1994) (Hrsg.): Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau – Ergebnisse des Göttinger INTEX-Projekts 1990-1994, 13-19.
- WILHELM, W.W. und C.S. WORTMANN (2004): Tillage and Rotation Interactions for Corn and Soybean Grain Yield as Affected by Precipitation and Air Temperature. *Agron. Jour.* 96(2), 452-432.
- WILKENS, K. (1992): Kennzeichnung des Makroporensystems des Bodens bei abnehmender Bearbeitungsintensität (P, FR, D) mittels digitaler Bildanalyse. In: FRIEBE, B. (Hrsg.) (1992): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden – Beiträge zum 3. Symposium vom 12. – 13. Mai 1992 in Gießen. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 43-49.
- WINKELMANN, C. (1997): Ertragsbildung von Winterweizen in Abhängigkeit von Fruchtfolgestellung, Anbautechnik und Bodenunterschieden. Dissertation an der CAU Kiel.
- WÖRZ, M. (2005): Versuche zur Schneckenbekämpfung. *Landpost* 3, 37-39.
- YI, C., KAUL, H.-P., KÜBLER, E., SCHWADORF, K. und W. AUFHAMMER (2001): Head blight (*Fusarium graminearum*) and deosynivalenol concentration in winter wheat as affected by pre-crop, soil tillage and nitrogen fertilization. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 108(3), 217-230.
- YOUNG, D.L., KWON, T.-J. und F.L. YOUNG (1994): Profit and risk for integrated conservation farming systems in the Palouse. *Jour. Soil and Water Conserv.* 49, 601-606.
- ZADOKS, J.C. (1989): Comments on the research methodology for DFS. In: ZADOKS, J.C. (1989) (Hrsg.): Development of farming systems, Wageningen, 73-82.
- ZENTNER, R.P., LAFOND, G.P., DERKSEN, D.A., NAGY, C.N., WALL, D.D. und W.E. MAY (2004): Effect of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency on a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil Till. Res.* 77(2), 125-136.
- ZENTNER, R.P., SPRATT, E.D., REISDORF, H. und C.A. CAMPBELL (1987): Effect of crop rotation and N and P fertilizer on yields of spring wheat grown on a black chernozemic. *Can. L. Plant Sci.* 67, 965-972.
- ZENTNER, R.P., TESSIER, S., DYCK, F.B. und C.A. CAMPBELL (1991): Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan (Canada). *Soil Till. Res.* 21(3-4), 225-242.
- ZENTNER, R.P., WALL, D.D., NAGY, C.N., SMITH, E.G., YOUNG, D.L., MILLER, P.R., CAMPBELL, C.A., MCCONKEY, B.G., BRANDT, S.A., LAFOND, G.P., JOHNSTON, A.M. und D.A. DERKSEN (2002): Economics of Crop Diversification and Soil Tillage Opportunities in the Canadian Prairies. *Agron. Jour.* 94(2), 216-230.

Standort: Soest

Raps

Leistungen	
Markterlös	882,65
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	882,65
Direktkosten	
Saatgut	57,87
PSM-Herbizide	70,96
PSM-Fungizide	73,37
PSM-Insektizide	24,71
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	107,70
Düngung-Phosphat	27,60
Düngung-Kalium	14,40
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	14,40
Hagesversicherung	19,77
Zinsansatz	9,97
Gesamt	430,24
Direktkostenfreie Leistung	452,41
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	283,64
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	73,20
Gesamt	498,34
DAL Modellbetrieb 150 ha	- 45,94
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	268,05
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	61,05
Gesamt	470,60
DAL Modellbetrieb 300 ha	- 18,19

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Pflug

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	955,08
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	955,08
Direktkosten	
Saatgut	50,66
PSM-Herbizide	40,93
PSM-Fungizide	89,36
PSM-Insektizide	9,83
PSM-Wachstumsregler	13,81
PSM-Molluskizide	6,60
Düngung-Stickstoff	86,21
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	4,87
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	7,95
Gesamt	376,49
Direktkostenfreie Leistung	578,60
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	273,44
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	70,20
Gesamt	470,15
DAL Modellbetrieb 150 ha	108,45
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	258,64
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	61,80
Gesamt	446,94
DAL Modellbetrieb 300 ha	131,66

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	958,91
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	958,91
Direktkosten	
Saatgut	49,22
PSM-Herbizide	40,93
PSM-Fungizide	118,01
PSM-Insektizide	12,30
PSM-Wachstumsregler	15,58
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	103,79
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	3,60
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	9,01
Gesamt	418,71
Direktkostenfreie Leistung	540,20
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	273,44
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	70,20
Gesamt	470,15
DAL Modellbetrieb 150 ha	70,05
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	258,64
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	61,80
Gesamt	446,94
DAL Modellbetrieb 300 ha	93,27

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	933,15
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	933,15
Direktkosten	
Saatgut	49,22
PSM-Herbizide	40,93
PSM-Fungizide	118,01
PSM-Insektizide	12,30
PSM-Wachstumsregler	15,58
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	103,79
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	3,60
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	9,01
Gesamt	418,71
Direktkostenfreie Leistung	514,44
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	273,44
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	70,20
Gesamt	470,15
DAL Modellbetrieb 150 ha	44,29
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	258,64
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	61,80
Gesamt	446,94
DAL Modellbetrieb 300 ha	67,50

Standort: Soest

Raps

Leistungen	
Markterlös	852,99
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	852,99
Direktkosten	
Saatgut	57,87
PSM-Herbizide	91,41
PSM-Fungizide	56,76
PSM-Insektizide	18,89
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	111,24
Düngung-Phosphat	28,62
Düngung-Kalium	13,73
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	8,68
Hagesversicherung	19,77
Zinsansatz	9,86
Gesamt	426,32
Direktkostenfreie Leistung	426,67
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	242,64
Lohnunternehmer	141,5
Lohnansatz	57,6
Gesamt	440,84
DAL Modellbetrieb 150 ha	-14,17
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	217,01
Lohnunternehmer	141,5
Lohnansatz	48,6
Gesamt	407,16
DAL Modellbetrieb 300 ha	19,50

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	951,61
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	951,61
Direktkosten	
Saatgut	50,66
PSM-Herbizide	58,45
PSM-Fungizide	94,96
PSM-Insektizide	9,83
PSM-Wachstumsregler	13,81
PSM-Molluskizide	13,90
Düngung-Stickstoff	86,21
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	4,87
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	8,71
Gesamt	407,67
Direktkostenfreie Leistung	543,94
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	219,38
Lohnunternehmer	126,52
Lohnansatz	52,2
Gesamt	398,08
DAL Modellbetrieb 150 ha	145,86
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	193,39
Lohnunternehmer	126,5
Lohnansatz	45,75
Gesamt	365,64
DAL Modellbetrieb 300 ha	178,29

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	923,38
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	923,38
Direktkosten	
Saatgut	49,22
PSM-Herbizide	54,77
PSM-Fungizide	118,01
PSM-Insektizide	12,30
PSM-Wachstumsregler	11,99
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	117,04
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	2,53
Hagesversicherung	10,10
Zinsansatz	9,62
Gesamt	443,65
Direktkostenfreie Leistung	479,73
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	247,27
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	68,03
Gesamt	421,31
DAL Modellbetrieb 150 ha	58,43
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	222,99
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	59,90
Gesamt	388,89
DAL Modellbetrieb 300 ha	90,84

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	903,84
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	903,84
Direktkosten	
Saatgut	49,22
PSM-Herbizide	54,77
PSM-Fungizide	118,01
PSM-Insektizide	12,30
PSM-Wachstumsregler	11,99
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	117,04
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	2,53
Hagesversicherung	10,10
Zinsansatz	9,62
Gesamt	443,65
Direktkostenfreie Leistung	460,19
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	247,27
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	68,03
Gesamt	421,31
DAL Modellbetrieb 150 ha	38,88
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	222,99
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	59,90
Gesamt	388,89
DAL Modellbetrieb 300 ha	71,30

Standort: Soest

Raps

Leistungen	
Markterlös	861,24
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	824,61
Direktkosten	
Saatgut	57,85
PSM-Herbizide	86,95
PSM-Fungizide	53,30
PSM-Insektizide	20,49
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	86,53
Düngung-Phosphat	28,62
Düngung-Kalium	13,73
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	8,68
Hagesversicherung	19,77
Zinsansatz	9,01
Gesamt	394,44
Direktkostenfreie Leistung	466,80
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	196,16
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	44,20
Gesamt	381,86
DAL Modellbetrieb 150 ha	84,94
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	171,47
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	35,80
Gesamt	384,77
DAL Modellbetrieb 300 ha	118,03

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-KE Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	976,07
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	976,07
Direktkosten	
Saatgut	50,66
PSM-Herbizide	58,45
PSM-Fungizide	94,96
PSM-Insektizide	9,83
PSM-Wachstumsregler	13,81
PSM-Molluskizide	13,90
Düngung-Stickstoff	86,21
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	4,87
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	8,71
Gesamt	407,67
Direktkostenfreie Leistung	568,40
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	198,37
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	58,35
Gesamt	362,72
DAL Modellbetrieb 150 ha	205,67
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	172,67
Lohnunternehmer	10,60
Lohnansatz	45,75
Gesamt	324,42
DAL Modellbetrieb 300 ha	248,98

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	925,57
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	925,57
Direktkosten	
Saatgut	49,22
PSM-Herbizide	54,77
PSM-Fungizide	118,01
PSM-Insektizide	12,30
PSM-Wachstumsregler	11,99
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	117,04
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	2,53
Hagesversicherung	10,10
Zinsansatz	9,62
Gesamt	443,65
Direktkostenfreie Leistung	481,92
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	224,26
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	74,40
Gesamt	425,16
DAL Modellbetrieb 150 ha	56,76
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	196,99
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	55,70
Gesamt	379,19
DAL Modellbetrieb 300 ha	102,73

Körnererbsen

Leistungen	
Markterlös	550,61
Direktzahlungen	55,00
Gesamt	605,61
Direktkosten	
Saatgut	51,64
PSM-Herbizide	79,76
PSM-Fungizide	6,80
PSM-Insektizide	21,72
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	27,15
Düngung-Kalium	24,76
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	1,65
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	2,69
Gesamt	233,87
Direktkostenfreie Leistung	371,74
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	189,77
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	38,50
Gesamt	354,77
DAL Modellbetrieb 150 ha	16,97
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	163,60
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	30,55
Gesamt	320,65
DAL Modellbetrieb 300 ha	51,09

Standort: Soest

Raps

Leistungen	
Markterlös	855,58
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	855,58
Direktkosten	
Saatgut	57,87
PSM-Herbizide	91,41
PSM-Fungizide	56,76
PSM-Insektizide	18,89
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	111,24
Düngung-Phosphat	28,62
Düngung-Kalium	13,73
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	8,68
Hagesversicherung	19,77
Zinsansatz	9,86
Gesamt	426,32
Direktkostenfreie Leistung	429,26
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	220,35
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	64,51
Gesamt	426,36
DAL Modellbetrieb 150 ha	2,90
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	194,94
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	59,15
Gesamt	395,59
DAL Modellbetrieb 300 ha	33,67

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-AB-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	963,31
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	963,31
Direktkosten	
Saatgut	50,66
PSM-Herbizide	58,45
PSM-Fungizide	94,96
PSM-Insektizide	9,83
PSM-Wachstumsregler	13,81
PSM-Molluskizide	13,90
Düngung-Stickstoff	86,21
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	4,87
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	8,71
Gesamt	407,67
Direktkostenfreie Leistung	555,64
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	189,78
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	55,50
Gesamt	371,78
DAL Modellbetrieb 150 ha	183,86
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	170,81
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	49,20
Gesamt	346,51
DAL Modellbetrieb 300 ha	209,13

Ackerbohnen

Leistungen	
Markterlös	611,85
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	667,85
Direktkosten	
Saatgut	70,69
PSM-Herbizide	73,28
PSM-Fungizide	28,73
PSM-Insektizide	25,28
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	29,03
Düngung-Kalium	26,96
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	1,74
Hagesversicherung	11,16
Zinsansatz	3,09
Gesamt	279,49
Direktkostenfreie Leistung	388,39
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	181,36
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	37,00
Gesamt	388,39
DAL Modellbetrieb 150 ha	344,86
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	166,80
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	33,30
Gesamt	326,60
DAL Modellbetrieb 300 ha	61,80

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	941,72
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	941,72
Direktkosten	
Saatgut	50,66
PSM-Herbizide	58,45
PSM-Fungizide	94,96
PSM-Insektizide	9,83
PSM-Wachstumsregler	13,81
PSM-Molluskizide	13,90
Düngung-Stickstoff	86,21
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	4,87
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	8,71
Gesamt	407,67
Direktkostenfreie Leistung	534,05
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	189,55
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	55,50
Gesamt	351,05
DAL Modellbetrieb 150 ha	182,77
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	170,81
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	49,20
Gesamt	326,01
DAL Modellbetrieb 300 ha	208,04

Standort:Soest

Hafer

Leistungen	
Markterlös	647,61
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	647,61
Direktkosten	
Saatgut	70,02
PSM-Herbizide	32,89
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	7,56
PSM-Wachstumsregler	5,70
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	70,02
Düngung-Phosphat	25,62
Düngung-Kalium	11,93
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	1,83
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	2,60
Gesamt	245,87
Direktkostenfreie Leistung	401,74
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	228,58
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	41,70
Gesamt	376,28
DAL Modellbetrieb 150 ha	25,46
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	204,88
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	33,90
Gesamt	344,78
DAL Modellbetrieb 300 ha	59,96

Bewirtschaftungssystem: Ha-WW-WW-WRo/Zf Konservierend

Battfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	966,10
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	966,10
Direktkosten	
Saatgut	50,66
PSM-Herbizide	57,55
PSM-Fungizide	60,54
PSM-Insektizide	7,00
PSM-Wachstumsregler	17,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	91,81
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	4,87
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	7,63
Gesamt	363,32
Direktkostenfreie Leistung	602,78
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	257,05
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	69,60
Gesamt	432,65
DAL Modellbetrieb 150 ha	170,13
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	223,86
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	59,40
Gesamt	395,26
DAL Modellbetrieb 300 ha	207,52

1.Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	923,12
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	923,12
Direktkosten	
Saatgut	49,22
PSM-Herbizide	54,77
PSM-Fungizide	84,02
PSM-Insektizide	12,02
PSM-Wachstumsregler	11,99
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	110,26
Düngung-Phosphat	34,32
Düngung-Kalium	14,25
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	2,53
Hagesversicherung	10,10
Zinsansatz	8,59
Gesamt	401,57
Direktkostenfreie Leistung	521,54
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	257,05
Lohnunternehmer	107,30
Lohnansatz	70,30
Gesamt	438,68
DAL Modellbetrieb 150 ha	86,86
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	231,01
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	60,20
Gesamt	397,21
DAL Modellbetrieb 300 ha	124,34

Winterroggen

Leistungen	
Markterlös	682,48
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	682,48
Direktkosten	
Saatgut	93,23
PSM-Herbizide	60,06
PSM-Fungizide	36,32
PSM-Insektizide	2,62
PSM-Wachstumsregler	13,64
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	68,14
Düngung-Phosphat	26,81
Düngung-Kalium	16,54
Düngung-Kalk	9,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	8,20
Zinsansatz	6,05
Gesamt	341,10
Direktkostenfreie Leistung	341,38
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	245,71
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	63,00
Gesamt	414,71
DAL Modellbetrieb 150 ha	-73,33
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	221,51
Lohnunternehmer	106,00
Lohnansatz	51,00
Gesamt	378,51
DAL Modellbetrieb 300 ha	-37,13

Standort: Freising

Raps

Leistungen	
Markterlös	783,96
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	783,96
Direktkosten	
Saatgut	65,75
PSM-Herbizide	101,17
PSM-Fungizide	19,39
PSM-Insektizide	18,92
PSM-Wachstumsregler	15,17
PSM-Molluskizide	15,70
Düngung-Stickstoff	118,03
Düngung-Phosphat	33,72
Düngung-Kalium	14,43
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,53
Hagesversicherung	33,64
Zinsansatz	10,44
Gesamt	455,66
Direktkostenfreie Leistung	328,31
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	216,51
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	53,20
Gesamt	411,22
DAL Modellbetrieb 150 ha	-82,91
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	209,60
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	48,90
Gesamt	400,00
DAL Modellbetrieb 300 ha	-71,69

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	689,47
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	689,47
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,25
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,70
Gesamt	411,73
Direktkostenfreie Leistung	277,74
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	200,42
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	50,95
Gesamt	377,87
DAL Modellbetrieb 150 ha	-100,13
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	192,38
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	45,20
Gesamt	364,07
DAL Modellbetrieb 300 ha	-86,33

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	546,64
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	546,64
Direktkosten	
Saatgut	60,92
PSM-Herbizide	60,98
PSM-Fungizide	113,19
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	36,94
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	9,64
Gesamt	456,33
Direktkostenfreie Leistung	90,31
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	209,82
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	58,70
Gesamt	395,02
DAL Modellbetrieb 150 ha	-304,71
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	202,82
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	57,25
Gesamt	386,02
DAL Modellbetrieb 300 ha	-296,26

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	552,88
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	552,88
Direktkosten	
Saatgut	60,92
PSM-Herbizide	60,98
PSM-Fungizide	113,19
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	36,94
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	9,64
Gesamt	456,33
Direktkostenfreie Leistung	96,55
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	209,82
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	58,70
Gesamt	395,02
DAL Modellbetrieb 150 ha	-298,47
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	202,82
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	57,25
Gesamt	386,57
DAL Modellbetrieb 300 ha	-290,02

Standort: Freising

Raps

Leistungen	
Markterlös	891,57
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	891,57
Direktkosten	
Saatgut	65,75
PSM-Herbizide	74,97
PSM-Fungizide	19,39
PSM-Insektizide	18,92
PSM-Wachstumsregler	15,17
PSM-Molluskizide	15,70
Düngung-Stickstoff	118,03
Düngung-Phosphat	33,72
Düngung-Kalium	14,43
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,53
Hagesversicherung	33,64
Zinsansatz	9,71
Gesamt	428,73
Direktkostenfreie Leistung	462,84
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	314,22
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	81,31
Gesamt	537,03
DAL Modellbetrieb 150 ha	-74,19
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	261,90
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	62,00
Gesamt	465,40
DAL Modellbetrieb 300 ha	-2,56

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Pflug

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	866,36
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	866,36
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	45,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	2,27
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,06
Gesamt	385,51
Direktkostenfreie Leistung	480,85
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	276,13
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	55,25
Gesamt	457,88
DAL Modellbetrieb 150 ha	22,97
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	226,27
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	42,70
Gesamt	389,48
DAL Modellbetrieb 300 ha	82,37

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	721,35
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	721,35
Direktkosten	
Saatgut	60,92
PSM-Herbizide	45,95
PSM-Fungizide	96,79
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,66
Gesamt	415,79
Direktkostenfreie Leistung	305,55
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	297,01
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	70,12
Gesamt	511,63
DAL Modellbetrieb 150 ha	-206,07
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	248,03
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	57,15
Gesamt	449,68
DAL Modellbetrieb 300 ha	-144,12

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	638,51
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	638,51
Direktkosten	
Saatgut	60,92
PSM-Herbizide	45,95
PSM-Fungizide	96,79
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,66
Gesamt	415,79
Direktkostenfreie Leistung	222,71
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	297,01
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	70,127
Gesamt	511,63
DAL Modellbetrieb 150 ha	-288,91
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	248,03
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	57,15
Gesamt	449,68
DAL Modellbetrieb 300 ha	-226,96

Standort: Freising

Raps

Leistungen	
Markterlös	797,18
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	797,18
Direktkosten	
Saatgut	65,75
PSM-Herbizide	101,17
PSM-Fungizide	19,39
PSM-Insektizide	18,92
PSM-Wachstumsregler	15,17
PSM-Molluskizide	15,70
Düngung-Stickstoff	118,03
Düngung-Phosphat	33,72
Düngung-Kalium	14,43
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,53
Hagesversicherung	33,64
Zinsansatz	10,44
Gesamt	455,66
Direktkostenfreie Leistung	341,53
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	199,91
Lohnunternehmer	141,00
Lohnansatz	48,00
Gesamt	389,91
DAL Modellbetrieb 150 ha	-48,39
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	167,28
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	36,45
Gesamt	345,23
DAL Modellbetrieb 300 ha	-3,70

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-KE-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	753,98
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	753,98
Direktkosten	
Saatgut	550,7
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,25
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,70
Gesamt	411,73
Direktkostenfreie Leistung	342,25
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	189,15
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	48,05
Gesamt	363,70
DAL Modellbetrieb 150 ha	-21,45
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	155,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	43,30
Gesamt	324,96
DAL Modellbetrieb 300 ha	17,30

Körnererbsen

Leistungen	
Markterlös	523,68
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	579,68
Direktkosten	
Saatgut	117,08
PSM-Herbizide	63,93
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	9,42
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	27,48
Düngung-Kalium	24,03
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	20,62
Zinsansatz	2,31
Gesamt	273,65
Direktkostenfreie Leistung	306,22
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	181,17
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	35,65
Gesamt	343,22
DAL Modellbetrieb 150 ha	-37,22
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	146,75
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	26,85
Gesamt	300,12
DAL Modellbetrieb 300 ha	-5,92

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	727,89
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	727,89
Direktkosten	
Saatgut	550,7
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,25
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,70
Gesamt	411,73
Direktkostenfreie Leistung	316,17
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	189,15
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	48,05
Gesamt	363,70
DAL Modellbetrieb 150 ha	-47,54
Arbeiterledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	155,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	43,30
Gesamt	324,96
DAL Modellbetrieb 300 ha	-8,79

Standort: Freising

Raps

Leistungen	
Markterlös	881,98
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	881,98
Direktkosten	
Saatgut	65,75
PSM-Herbizide	74,97
PSM-Fungizide	19,39
PSM-Insektizide	18,92
PSM-Wachstumsregler	15,17
PSM-Molluskizide	15,70
Düngung-Stickstoff	118,03
Düngung-Phosphat	33,72
Düngung-Kalium	14,43
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,53
Hagesversicherung	33,64
Zinsansatz	9,71
Gesamt	428,73
Direktkostenfreie Leistung	453,25
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	314,22
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	129,50
Gesamt	537,03
DAL Modellbetrieb 150 ha	-83,25
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	261,52
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	64,90
Gesamt	467,92
DAL Modellbetrieb 300 ha	-14,67

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-KE-WW Pflug

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	870,63
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	870,63
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,60
Gesamt	407,82
Direktkostenfreie Leistung	462,82
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	276,13
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	55,25
Gesamt	457,88
DAL Modellbetrieb 150 ha	4,94
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	223,11
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	45,40
Gesamt	395,01
DAL Modellbetrieb 300 ha	67,80

Körnererbsen

Leistungen	
Markterlös	533,95
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	589,95
Direktkosten	
Saatgut	117,08
PSM-Herbizide	65,22
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	9,42
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	27,48
Düngung-Kalium	24,03
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	20,62
Zinsansatz	0,23
Gesamt	272,86
Direktkostenfreie Leistung	317,09
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	209,99
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	64,50
Gesamt	482,00
DAL Modellbetrieb 150 ha	317,09
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	238,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	47,55
Gesamt	412,21
DAL Modellbetrieb 300 ha	-95,12

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	863,99
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	863,99
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,60
Gesamt	407,82
Direktkostenfreie Leistung	456,17
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	297,08
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	77,05
Gesamt	500,63
DAL Modellbetrieb 150 ha	-44,46
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	248,62
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	59,80
Gesamt	434,92
DAL Modellbetrieb 300 ha	21,25

Standort: Freising

Raps

Leistungen	
Markterlös	792,94
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	792,94
Direktkosten	
Saatgut	65,75
PSM-Herbizide	101,17
PSM-Fungizide	19,39
PSM-Insektizide	18,92
PSM-Wachstumsregler	15,17
PSM-Molluskizide	15,70
Düngung-Stickstoff	118,03
Düngung-Phosphat	33,72
Düngung-Kalium	14,43
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,53
Hagesversicherung	33,64
Zinsansatz	10,44
Gesamt	455,66
Direktkostenfreie Leistung	337,29
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	240,66
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	47,15
Gesamt	429,31
DAL Modellbetrieb 150 ha	-92,02
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	215,79
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	39,50
Gesamt	396,79
DAL Modellbetrieb 300 ha	-59,51

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-KM-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	695,57
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	695,57
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,25
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,70
Gesamt	411,73
Direktkostenfreie Leistung	283,85
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	215,97
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	47,15
Gesamt	389,62
DAL Modellbetrieb 150 ha	-105,77
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	196,76
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	39,30
Gesamt	362,56
DAL Modellbetrieb 300 ha	-78,72

Körnermais

Leistungen	
Markterlös	834,15
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	834,15
Direktkosten	
Saatgut	142,63
PSM-Herbizide	89,88
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	114,90
Düngung-Phosphat	5,15
Düngung-Kalium	15,33
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	89,48
Hagesversicherung	13,32
Zinsansatz	5,05
Gesamt	484,50
Direktkostenfreie Leistung	349,65
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	240,66
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	49,35
Gesamt	416,51
DAL Modellbetrieb 150 ha	-66,86
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	215,99
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	44,40
Gesamt	386,89
DAL Modellbetrieb 300 ha	-37,24

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	751,56
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	751,56
Direktkosten	
Saatgut	
PSM-Herbizide	
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,25
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	115,76
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,45
Gesamt	401,41
Direktkostenfreie Leistung	350,15
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	213,27
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	47,15
Gesamt	386,92
DAL Modellbetrieb 150 ha	-36,77
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	193,93
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	39,30
Gesamt	359,73
DAL Modellbetrieb 300 ha	-9,57

Standort: Freising

Raps

Leistungen	
Markterlös	882,01
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	882,01
Direktkosten	
Saatgut	65,75
PSM-Herbizide	74,97
PSM-Fungizide	19,39
PSM-Insektizide	18,92
PSM-Wachstumsregler	15,17
PSM-Molluskizide	15,70
Düngung-Stickstoff	118,03
Düngung-Phosphat	33,72
Düngung-Kalium	14,43
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,53
Hagesversicherung	33,64
Zinsansatz	9,71
Gesamt	428,73
Direktkostenfreie Leistung	453,27
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	340,99
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	73,95
Gesamt	556,45
DAL Modellbetrieb 150 ha	-103,17
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	273,80
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	62,00
Gesamt	477,30
DAL Modellbetrieb 300 ha	-24,03

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-KM-WW Pflug

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	875,10
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	875,10
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,60
Gesamt	407,82
Direktkostenfreie Leistung	467,28
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	310,79
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	52,25
Gesamt	489,54
DAL Modellbetrieb 150 ha	-22,26
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	248,33
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	45,70
Gesamt	420,53
DAL Modellbetrieb 300 ha	46,76

Körnermais

Leistungen	
Markterlös	863,16
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	863,16
Direktkosten	
Saatgut	142,63
PSM-Herbizide	69,88
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	114,90
Düngung-Phosphat	5,15
Düngung-Kalium	15,33
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	89,48
Hagesversicherung	13,32
Zinsansatz	4,75
Gesamt	464,20
Direktkostenfreie Leistung	398,96
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	328,14
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	70,50
Gesamt	525,14
DAL Modellbetrieb 150 ha	-126,18
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	252,38
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	53,10
Gesamt	431,98
DAL Modellbetrieb 300 ha	-33,02

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	848,27
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	848,27
Direktkosten	
Saatgut	55,07
PSM-Herbizide	65,95
PSM-Fungizide	74,72
PSM-Insektizide	15,86
PSM-Wachstumsregler	2,27
PSM-Molluskizide	4,03
Düngung-Stickstoff	111,93
Düngung-Phosphat	32,65
Düngung-Kalium	13,45
Düngung-Kalk	8,77
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	14,52
Zinsansatz	8,60
Gesamt	407,82
Direktkostenfreie Leistung	440,45
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	331,82
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	61,40
Gesamt	519,72
DAL Modellbetrieb 150 ha	-79,27
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	268,08
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	50,95
Gesamt	445,53
DAL Modellbetrieb 300 ha	-5,08

Standort: Braunschweig

Raps

Leistungen	
Markterlös	814,00
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	814,00
Direktkosten	
Saatgut	57,98
PSM-Herbizide	84,01
PSM-Fungizide	43,27
PSM-Insektizide	23,01
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	97,98
Düngung-Phosphat	26,05
Düngung-Kalium	11,17
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	16,13
Zinsansatz	8,50
Gesamt	375,60
Direktkostenfreie Leistung	
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	260,40
Lohnunternehmer	159,50
Lohnansatz	63,20
Gesamt	483,10
DAL Modellbetrieb 150 ha	- 44,70
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	248,75
Lohnunternehmer	159,50
Lohnansatz	54,20
Gesamt	462,45
DAL Modellbetrieb 300 ha	- 24,05

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Pflug

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	871,00
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	871,00
Direktkosten	
Saatgut	58,00
PSM-Herbizide	53,00
PSM-Fungizide	81,00
PSM-Insektizide	9,00
PSM-Wachstumsregler	4,00
PSM-Molluskizide	8,00
Düngung-Stickstoff	102,00
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,00
Düngung-Kalk	8,00
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,00
Zinsansatz	8,00
Gesamt	383,00
Direktkostenfreie Leistung 488,00	
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	240,07
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	56,05
Gesamt	441,00
DAL Modellbetrieb 150 ha	-47,00
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	255,91
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	49,55
Gesamt	449,96
DAL Modellbetrieb 300 ha	37,69

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	829,00
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	829,00
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	76,37
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	10,17
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	10,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,56
Gesamt	409,00
Direktkostenfreie Leistung 420,00	
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	242,96
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	72,70
Gesamt	460,00
DAL Modellbetrieb 150 ha	-40,00
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	275,21
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	62,10
Gesamt	481,81
DAL Modellbetrieb 300 ha	-61,69

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	829,00
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	829,00
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	76,37
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	10,17
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	10,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,56
Gesamt	409,00
Direktkostenfreie Leistung 420,00	
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	242,96
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	72,70
Gesamt	460,00
DAL Modellbetrieb 150 ha	-40,00
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	275,21
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	62,10
Gesamt	481,81
DAL Modellbetrieb 300 ha	61,69

Standort: Braunschweig

Raps

Leistungen	
Markterlös	808,03
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	808,03
Direktkosten	
Saatgut	57,98
PSM-Herbizide	84,01
PSM-Fungizide	43,27
PSM-Insektizide	23,01
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	100,49
Düngung-Phosphat	26,05
Düngung-Kalium	11,17
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	16,13
Zinsansatz	8,57
Gesamt	378,18
Direktkostenfreie Leistung	429,85
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	222,24
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	54,00
Gesamt	417,74
DAL Modellbetrieb 150 ha	12,11
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	207,82
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	49,55
Gesamt	398,87
DAL Modellbetrieb 300 ha	30,98

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	905,02
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	905,02
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	53,09
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	7,72
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	102,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,02
Gesamt	386,92
Direktkostenfreie Leistung	518,10
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	223,69
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	56,95
Gesamt	407,14
DAL Modellbetrieb 150 ha	110,95
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	209,44
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	53,70
Gesamt	389,64
DAL Modellbetrieb 300 ha	128,46

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	780,20
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	780,20
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	76,37
PSM-Fungizide	103,26
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	104,30
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	15,37
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	9,18
Gesamt	434,31
Direktkostenfreie Leistung	345,89
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	223,69
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	56,95
Gesamt	407,14
DAL Modellbetrieb 150 ha	-61,25
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	209,44
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	53,70
Gesamt	389,64
DAL Modellbetrieb 300 ha	-43,75

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	802,00
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	802,00
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	76,37
PSM-Fungizide	103,26
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	104,30
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	15,37
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	9,18
Gesamt	434,31
Direktkostenfreie Leistung	367,69
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	223,69
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	56,95
Gesamt	407,14
DAL Modellbetrieb 150 ha	-39,46
Arbeiterledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	209,44
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	53,70
Gesamt	389,64
DAL Modellbetrieb 300 ha	-21,96

Standort: Braunschweig

Raps

Leistungen	
Markterlös	871,37
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	871,37
Direktkosten	
Saatgut	57,98
PSM-Herbizide	84,01
PSM-Fungizide	43,27
PSM-Insektizide	23,01
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	100,49
Düngung-Phosphat	26,05
Düngung-Kalium	11,17
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	16,13
Zinsansatz	8,57
Gesamt	378,18
Direktkostenfreie Leistung	493,19
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	214,08
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	59,40
Gesamt	414,98
DAL Modellbetrieb 150 ha	78,21
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	190,26
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	51,70
Gesamt	383,46
DAL Modellbetrieb 300 ha	109,73

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-KE-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	860,17
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	860,17
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	65,64
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	102,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,25
Gesamt	396,22
Direktkostenfreie Leistung	463,95
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	201,54
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	55,45
Gesamt	383,49
DAL Modellbetrieb 150 ha	80,46
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	177,51
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	50,70
Gesamt	354,72
DAL Modellbetrieb 300 ha	109,23

Körnererbsen

Leistungen	
Markterlös	484,66
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	540,66
Direktkosten	
Saatgut	86,00
PSM-Herbizide	75,16
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	18,63
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	19,63
Düngung-Kalium	15,84
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	10,07
Zinsansatz	2,20
Gesamt	235,04
Direktkostenfreie Leistung	305,62
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	208,81
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	46,05
Gesamt	381,36
DAL Modellbetrieb 150 ha	-75,74
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	180,48
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	45,50
Gesamt	352,48
DAL Modellbetrieb 300 ha	-46,86

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	864,32
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	864,32
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	65,64
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	8,40
Düngung-Stickstoff	102,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,25
Gesamt	396,22
Direktkostenfreie Leistung	468,10
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	201,54
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	55,45
Gesamt	383,49
DAL Modellbetrieb 150 ha	84,61
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	177,51
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	50,70
Gesamt	354,72
DAL Modellbetrieb 300 ha	113,38

Standort: Braunschweig

Raps

Leistungen	
Markterlös	745,42
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	754,42
Direktkosten	
Saatgut	57,98
PSM-Herbizide	91,46
PSM-Fungizide	43,27
PSM-Insektizide	23,01
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	25,20
Düngung-Stickstoff	102,31
Düngung-Phosphat	26,05
Düngung-Kalium	11,17
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	16,13
Zinsansatz	9,52
Gesamt	413,59
Direktkostenfreie Leistung	331,82
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	175,61
Lohnunternehmer	159,50
Lohnansatz	44,15
Gesamt	379,26
DAL Modellbetrieb 150 ha	-47,44
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	135,64
Lohnunternehmer	159,50
Lohnansatz	37,25
Gesamt	332,40
DAL Modellbetrieb 300 ha	-0,57

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-KE-WW Direktsaat

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	861,43
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	861,43
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	65,64
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	16,92
Düngung-Stickstoff	102,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,46
Gesamt	404,95
Direktkostenfreie Leistung	456,48
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	175,61
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	46,30
Gesamt	366,41
DAL Modellbetrieb 150 ha	90,07
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	135,65
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	42,6
Gesamt	322,75
DAL Modellbetrieb 300 ha	133,73

Körnererbsen

Leistungen	
Markterlös	435,29
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	491,29
Direktkosten	
Saatgut	86,00
PSM-Herbizide	75,16
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	18,63
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	19,63
Düngung-Kalium	15,84
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	10,07
Zinsansatz	2,20
Gesamt	235,04
Direktkostenfreie Leistung	256,25
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	168,86
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	31,27
Gesamt	344,55
DAL Modellbetrieb 150 ha	-88,39
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	123,27
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	27,50
Gesamt	295,27
DAL Modellbetrieb 300 ha	-39,02

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	902,87
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	902,87
Direktkosten	
Saatgut	57,96
PSM-Herbizide	65,64
PSM-Fungizide	81,05
PSM-Insektizide	8,56
PSM-Wachstumsregler	4,24
PSM-Molluskizide	16,92
Düngung-Stickstoff	102,33
Düngung-Phosphat	33,00
Düngung-Kalium	13,12
Düngung-Kalk	7,50
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	6,17
Zinsansatz	8,46
Gesamt	404,95
Direktkostenfreie Leistung	497,92
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	175,61
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	46,30
Gesamt	366,41
DAL Modellbetrieb 150 ha	131,51
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	135,65
Lohnunternehmer	144,50
Lohnansatz	42,6
Gesamt	322,75
DAL Modellbetrieb 300 ha	175,17

Standort: Gülzow

Raps

Leistungen	
Markterlös	920,02
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	920,02
Direktkosten	
Saatgut	81,39
PSM-Herbizide	87,81
PSM-Fungizide	62,51
PSM-Insektizide	23,28
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	110,66
Düngung-Phosphat	15,82
Düngung-Kalium	19,47
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	39,61
Hagesversicherung	12,38
Zinsansatz	12,72
Gesamt	475,31
Direktkostenfreie Leistung	444,71
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	383,29
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	59,10
Gesamt	483,89
DAL Modellbetrieb 150 ha	-39,18
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	273,80
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	43,85
Gesamt	459,15
DAL Modellbetrieb 300 ha	-14,44

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Pflug

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	813,45
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	813,45
Direktkosten	
Saatgut	49,24
PSM-Herbizide	52,86
PSM-Fungizide	121,23
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	83,04
Düngung-Phosphat	30,74
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	9,99
Gesamt	409,74
Direktkostenfreie Leistung	403,71
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	283,39
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	58,40
Gesamt	468,29
DAL Modellbetrieb 150 ha	-64,95
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	271,90
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	46,90
Gesamt	445,30
DAL Modellbetrieb 300 ha	-41,60

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	670,40
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	670,40
Direktkosten	
Saatgut	77,14
PSM-Herbizide	52,86
PSM-Fungizide	120,97
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	84,62
Düngung-Phosphat	31,78
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,75
Gesamt	440,78
Direktkostenfreie Leistung	229,62
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	284,35
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	59,25
Gesamt	470,10
DAL Modellbetrieb 150 ha	-240,48
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	272,86
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	47,65
Gesamt	447,01
DAL Modellbetrieb 300 ha	-217,39

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	614,45
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	614,45
Direktkosten	
Saatgut	77,14
PSM-Herbizide	52,86
PSM-Fungizide	120,97
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	84,62
Düngung-Phosphat	31,78
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,75
Gesamt	440,78
Direktkostenfreie Leistung	173,67
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	284,35
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	59,25
Gesamt	470,10
DAL Modellbetrieb 150 ha	-296,43
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	272,86
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	47,65
Gesamt	447,01
DAL Modellbetrieb 300 ha	-273,34

Standort: Gülzow

Raps

Leistungen	
Markterlös	832,61
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	832,61
Direktkosten	
Saatgut	81,39
PSM-Herbizide	98,95
PSM-Fungizide	62,51
PSM-Insektizide	22,88
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	112,56
Düngung-Phosphat	15,82
Düngung-Kalium	19,47
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	39,61
Hagesversicherung	10,16
Zinsansatz	13,01
Gesamt	486,00
Direktkostenfreie Leistung	346,61
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	220,36
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	46,2
Gesamt	408,06
DAL Modellbetrieb 150 ha	-61,45
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	206,91
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	29,40
Gesamt	377,81
DAL Modellbetrieb 300 ha	-31,20

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	906,52
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	906,52
Direktkosten	
Saatgut	49,24
PSM-Herbizide	57,41
PSM-Fungizide	121,23
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	83,04
Düngung-Phosphat	30,74
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,11
Gesamt	414,14
Direktkostenfreie Leistung	503,03
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	224,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	48,03
Gesamt	398,76
DAL Modellbetrieb 150 ha	93,36
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	211,83
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	32,25
Gesamt	375,58
DAL Modellbetrieb 300 ha	116,53

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	676,91
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	676,91
Direktkosten	
Saatgut	77,14
PSM-Herbizide	53,39
PSM-Fungizide	121,95
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	84,62
Düngung-Phosphat	31,78
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,64
Zinsansatz	10,77
Gesamt	442,32
Direktkostenfreie Leistung	234,59
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	234,84
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	54,45
Gesamt	414,51
DAL Modellbetrieb 150 ha	-181,21
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	219,42
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	40,55
Gesamt	386,47
DAL Modellbetrieb 300 ha	-151,87

2. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	729,91
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	729,91
Direktkosten	
Saatgut	77,14
PSM-Herbizide	53,39
PSM-Fungizide	121,95
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	84,62
Düngung-Phosphat	31,78
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	27,39
Hagesversicherung	3,64
Zinsansatz	10,77
Gesamt	441,69
Direktkostenfreie Leistung	288,22
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	234,84
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	54,45
Gesamt	414,51
DAL Modellbetrieb 150 ha	-127,57
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	219,42
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	40,55
Gesamt	386,47
DAL Modellbetrieb 300 ha	-98,25

Standort: Gülzow

Raps

Leistungen	
Markterlös	1014,41
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	1014,41
Direktkosten	
Saatgut	81,39
PSM-Herbizide	80,31
PSM-Fungizide	62,51
PSM-Insektizide	23,08
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	110,66
Düngung-Phosphat	15,82
Düngung-Kalium	19,47
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	39,61
Hagesversicherung	10,16
Zinsansatz	12,45
Gesamt	465,12
Direktkostenfreie Leistung	549,29
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	220,36
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	50,92
Gesamt	378,78
DAL Modellbetrieb 150 ha	170,51
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	206,91
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	30,70
Gesamt	379,11
DAL Modellbetrieb 300 ha	170,18

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW-WW/Zf-BL. Lup. Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	999,06
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	999,06
Direktkosten	
Saatgut	49,24
PSM-Herbizide	57,41
PSM-Fungizide	121,23
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	83,04
Düngung-Phosphat	30,74
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,11
Gesamt	414,14
Direktkostenfreie Leistung	584,65
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	224,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	49,20
Gesamt	375,26
DAL Modellbetrieb 150 ha	209,40
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	211,83
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	38,60
Gesamt	376,93
DAL Modellbetrieb 300 ha	207,72

1. Stoppelweizen

Leistungen	
Markterlös	698,27
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	698,27
Direktkosten	
Saatgut	77,14
PSM-Herbizide	53,39
PSM-Fungizide	121,95
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	84,62
Düngung-Phosphat	31,78
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,64
Zinsansatz	10,77
Gesamt	442,32
Direktkostenfreie Leistung	255,95
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	234,84
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	56,80
Gesamt	389,74
DAL Modellbetrieb 150 ha	-133,79
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	219,42
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	41,85
Gesamt	387,77
DAL Modellbetrieb 300 ha	-131,82

Blaue Lupine

Leistungen	
Markterlös	374,75
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	370,75
Direktkosten	
Saatgut	86,17
PSM-Herbizide	42,05
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	14,60
Düngung-Kalium	10,18
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	4,14
Zinsansatz	2,50
Gesamt	169,31
Direktkostenfreie Leistung	201,44
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	200,76
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	114,56
Gesamt	338,76
DAL Modellbetrieb 150 ha	-137,31
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	184,55
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	114,50
Gesamt	332,55
DAL Modellbetrieb 300 ha	-131,10

Standort: Gülzow

Raps

Leistungen	
Markterlös	913,71
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	913,71
Direktkosten	
Saatgut	81,39
PSM-Herbizide	98,95
PSM-Fungizide	62,51
PSM-Insektizide	22,88
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	112,56
Düngung-Phosphat	15,82
Düngung-Kalium	19,47
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	39,61
Hagesversicherung	10,16
Zinsansatz	13,01
Gesamt	486,00
Direktkostenfreie Leistung	427,70
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	220,36
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	50,58
Gesamt	387,28
DAL Modellbetrieb 150 ha	40,42
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	206,91
Lohnunternehmer	141,50
Lohnansatz	30,70
Gesamt	379,11
DAL Modellbetrieb 300 ha	48,59

Bewirtschaftungssystem: Ra-WW/Zf -Bl. Lup.-WW Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	882,60
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	882,65
Direktkosten	
Saatgut	49,24
PSM-Herbizide	57,41
PSM-Fungizide	121,23
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	83,04
Düngung-Phosphat	30,74
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,11
Gesamt	414,11
Direktkostenfreie Leistung	468,24
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	224,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	49,20
Gesamt	375,26
DAL Modellbetrieb 150 ha	92,98
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	211,83
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	38,60
Gesamt	376,93
DAL Modellbetrieb 300 ha	91,31

Blaue Lupine

Leistungen	
Markterlös	316,61
Direktzahlungen	56,00
Gesamt	372,61
Direktkosten	
Saatgut	86,17
PSM-Herbizide	42,05
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	0,00
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	0,00
Düngung-Phosphat	14,60
Düngung-Kalium	10,18
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	0,00
Hagesversicherung	4,14
Zinsansatz	2,50
Gesamt	169,31
Direktkostenfreie Leistung	203,31
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	200,76
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	23,50
Gesamt	338,76
DAL Modellbetrieb 150 ha	-135,45
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	184,35
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	21,70
Gesamt	332,55
DAL Modellbetrieb 300 ha	-129,24

2. Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	891,77
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	891,77
Direktkosten	
Saatgut	49,24
PSM-Herbizide	57,41
PSM-Fungizide	121,23
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	83,04
Düngung-Phosphat	30,74
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,11
Gesamt	414,11
Direktkostenfreie Leistung	477,36
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	224,16
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	49,20
Gesamt	375,26
DAL Modellbetrieb 150 ha	102,11
Arbeitserledigungskosten	
Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	211,83
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	38,60
Gesamt	376,93
DAL Modellbetrieb 300 ha	100,43

Standort: Gülzow

Hafer

Leistungen	
Markterlös	504,20
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	504,20
Direktkosten	
Saatgut	55,95
PSM-Herbizide	44,80
PSM-Fungizide	0,00
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	2,40
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	57,03
Düngung-Phosphat	21,39
Düngung-Kalium	9,04
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	16,02
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	3,30
Gesamt	223,05
Direktkostenfreie Leistung	281,15
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	226,74
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	30,40
Gesamt	368,44
DAL Modellbetrieb 150 ha	-87,28
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	205,85
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	25,04
Gesamt	356,62
DAL Modellbetrieb 300 ha	-75,47

Bewirtschaftungssystem: Ha-WW/Zf – WeW-WRo/Zf Konservierend

Blattfruchtweizen

Leistungen	
Markterlös	853,12
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	853,12
Direktkosten	
Saatgut	49,24
PSM-Herbizide	57,41
PSM-Fungizide	121,23
PSM-Insektizide	2,74
PSM-Wachstumsregler	7,73
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	83,04
Düngung-Phosphat	30,74
Düngung-Kalium	11,06
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	28,00
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	10,11
Gesamt	414,41
Direktkostenfreie Leistung	438,72
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	241,35
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	52,25
Gesamt	394,00
DAL Modellbetrieb 150 ha	44,72
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	222,11
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	42,85
Gesamt	391,46
DAL Modellbetrieb 300 ha	47,26

Wechselweizen

Leistungen	
Markterlös	610,17
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	610,67
Direktkosten	
Saatgut	76,63
PSM-Herbizide	39,51
PSM-Fungizide	43,07
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	1,38
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	47,40
Düngung-Phosphat	25,02
Düngung-Kalium	8,95
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	21,32
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	2,90
Gesamt	283,03
Direktkostenfreie Leistung	327,64
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	235,76
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	52,25
Gesamt	388,41
DAL Modellbetrieb 150 ha	-60,78
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	219,96
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	42,85
Gesamt	389,31
DAL Modellbetrieb 300 ha	-61,67

Winterroggen

Leistungen	
Markterlös	453,06
Direktzahlungen	0,00
Gesamt	453,06
Direktkosten	
Saatgut	760,00
PSM-Herbizide	45,50
PSM-Fungizide	35,77
PSM-Insektizide	0,00
PSM-Wachstumsregler	24,96
PSM-Molluskizide	0,00
Düngung-Stickstoff	60,54
Düngung-Phosphat	30,72
Düngung-Kalium	12,90
Düngung-Kalk	9,67
Düngung- Sonstiges	21,28
Hagesversicherung	3,46
Zinsansatz	6,41
Gesamt	326,95
Direktkostenfreie Leistung	126,11
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 150 ha	
Maschinenkosten	222,68
Lohnunternehmer	116,50
Lohnansatz	48,45
Gesamt	387,63
DAL Modellbetrieb 150 ha	126,11
Arbeitserledigungskosten Modellbetrieb 300 ha	
Maschinenkosten	210,30
Lohnunternehmer	126,50
Lohnansatz	40,10
Gesamt	376,90
DAL Modellbetrieb 300 ha	-250,79